الجمهورية العربية السورية

وزارة التربية

المركز الوطني لتطوير المناهج التربوية

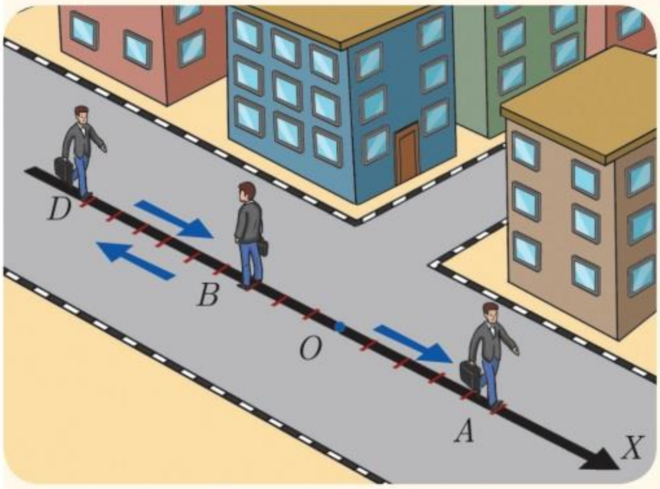
حلول كتاب الفيزياء للصف العاشر

الوحدة الأولى: الحركة والتحريك

الدرس الأول: الحركة

حل أختبر نفسي صفحة 11

أختبر نفسي



1. انظر إلى الشّكل المُجاوِر، وحدِّد طويلة شعاع الإزاحة $\overrightarrow{AB}$؟
2. انطلقَ شخصٌ من النقطة B فاصلتُها (-3) باتّجاه النقطة D فاصلتها (-9)، ثمَّ عادَ باتّجاه النقطة A فاصلتُها $(+5)$.

المطلوب:

- حسابُ المسافة التي قطعَها الشخصُ.
- ما هي جهةُ شعاع الإزاحة الحاصِل؟ حدِّد بدايتَه ونهايتَه وطويلتَه

الحل: 1- طويلة شعاع الإزاحة $\overrightarrow{AB}$ هي 8 لأن : الإزاحة هي : $AB = x_B - x_A = (-3) - (+5) = -8$

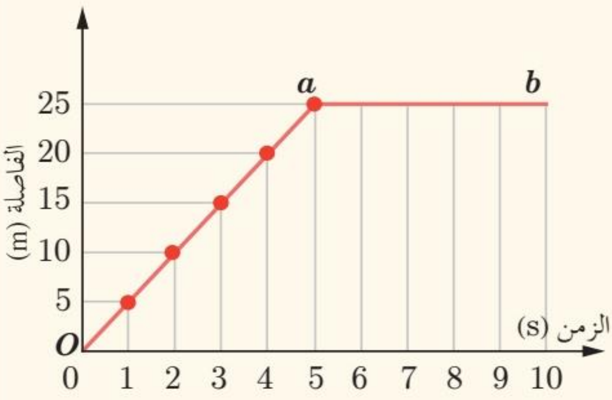
2- • المسافة التي قطعها الشخص: من B إلى A مروراً بالنقطة D هي : 20 و السبب:

$$d = BD + DB + BA$$
$$= 6 + 6 + 8 = 20$$

• جهة شعاع الإزاحة الحاصل هو $\overrightarrow{BA}$ بدايته هي B و نهايته هي A

حل أختبر نفسي صفحة 14

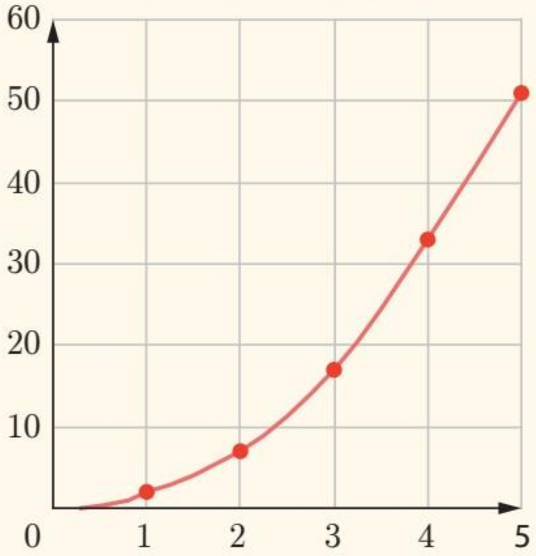
أختبر نفسي



1. يصفُ الرّسم البياني الآتي تغيُّر فاصلة جسمٍ مُتحرِّك بتغيُّر الزّمن. **المطلوب:** أجيبُ عن الأسئلة:
   a. ما فاصلةُ الجسم في الثانية الثالثة من حركته؟
   b. ما اللّحظة الزّمنية التي تكونُ فيها فاصلةُ الجسم $20\ m$؟
   c. ما سرعةُ الجسم خلالَ المرحلة Oa؟ ولماذا؟
   d. ما سرعةُ الجسم خلال المرحلة ab؟ ولماذا؟

الأجوبة: $a)$ $15m$, $b)$ $4s$, $c)$ $v = 5\ m.s^{-1}$, $d)$ $v = 0$

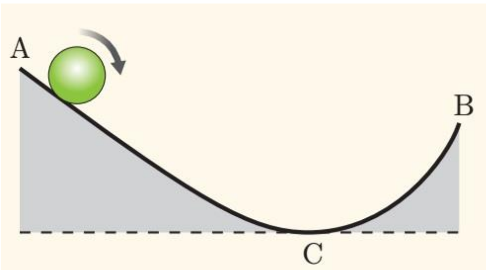
2. يمثّل المنحني البياني الآتي تغيُّراتِ فاصلة، مُتحرّك مع الزّمن. هل سرعةُ الجسم ثابتةٌ أم مُتغيِّرة؟ ولماذا؟



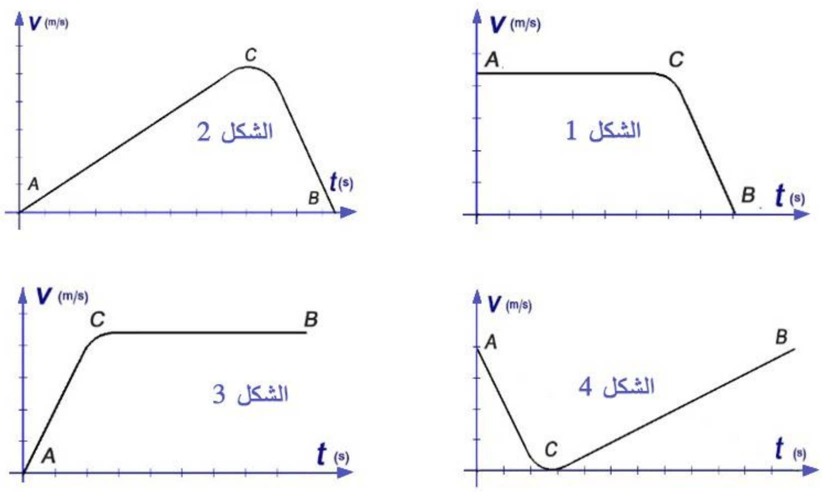
الجواب: سرعة الجسم متغيّرة لأن الخط البياني لتغيّرات الفاصلة مع الزمن ليس مستقيماً وإنما منحني.

حل أختبر نفسي صفحة 17

يبدأ دولاب حركته من السكون من النقطة A في قمة منحدر أملس كما في الشكل الآتي ليصل إلى النقطة C ومن ثم يتابع حركته صعوداً نحو الأعلى ليصل إلى النقطة B. **المطلوب:**



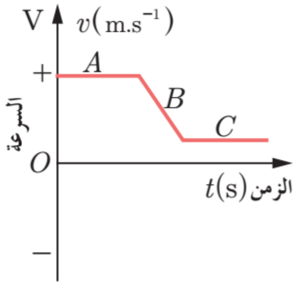
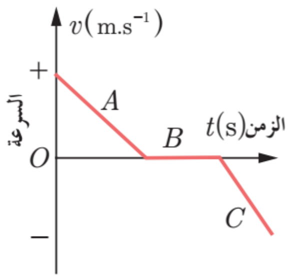
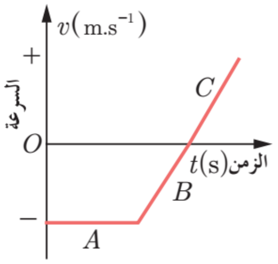
1- هل حركته من A إلى C متسارعة أم متباطئة؟
2- هل حركته من C إلى B متسارعة أم متباطئة؟
3- أي شكل من الأشكال التالية يعبّر عن تغير سرعة الدولاب أثناء حركته من A إلى B:



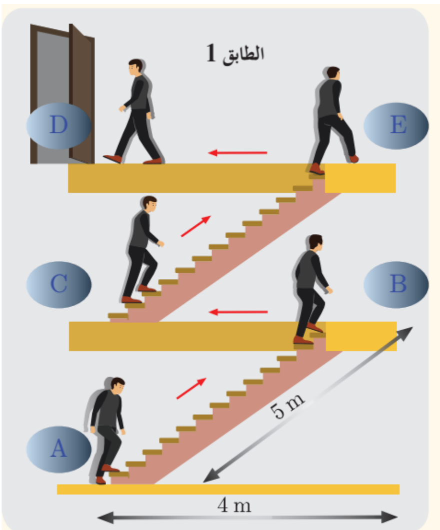
الأجوبة:1- متسارعة 2- متباطئة 3- الشكل (2)

تمرين (2):

الأجوبة:

الشكل									
مراحل حركة الجسم	مرحلة A	مرحلة B	مرحلة C	مرحلة A	مرحلة B	مرحلة C	مرحلة A	مرحلة B	مرحلة C
هل الجسم ساكن أم متحرك بسرعةٍ ثابتةٍ أم متغيرةٍ	ثابته	متغيرة	ثابته	متغيرة	ساكن	متغيرة	ثابته	متغيرة	متغيرة
هل حركة الجسم منتظمة أم متسارعة أم متباطئة	منتظمة	متباطئة	منتظمة	متباطئة	$v=0$	متسارعة	منتظمة	متباطئة	متسارعة

التمرين (3)



يصعد طالب من الصف الأول الثانوي إلى غرفة الصف وفق الشكل المبين

1- ماهي المسافة التي قطعها ليصل إلى غرفة الصف؟
2- ما هو شعاع الازاحة الحاصل؟
3- احسب المسافة الشاقولية AD .

الأجوبة:

1- المسافة التي قطعها هي:

$$d=5+4+5+4=18\,\text{m}$$

2- شعاع الازاحة:

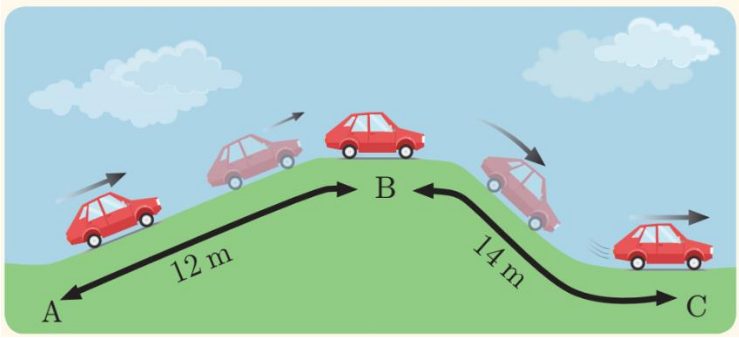
$$\vec{AB}+\vec{BC}+\vec{CE}+\vec{ED}=\vec{AD}$$

3- نحسب ارتفاع الطابق h :

$$h=\sqrt{5^2-4^2}=3\text{ m}$$

$$AD=2\times 3=6\text{ m}$$

التمرين (4)



تتحرك سيارة وفق الشكل المجاور

فإذا كانت:

سرعتها عند A : $v_A = 18\ m.s^{-1}$

وسرعتها عند B : $v_B = 2\ m.s^{-1}$

و بلغت سرعتها عند النقطة C $v_C = 10\ m.s^{-1}$ كما أنها استغرقت $8s$ لقطع المسافة AB و $5s$ لقطع المسافة BC :

1- قارن بين سرعتها الوسطى في مرحلة الصعود وسرعتها الوسطى في مرحلة الهبوط.

2- ما قيمة التسارع الوسطي في مرحلة الصعود ومرحلة الهبوط؟ وما نوع الحركة في كلّ مرحلة؟

الأجوبة:	المرحلة AB	المرحلة BC
السرعة الوسطى	$v_{avg} = \frac{12}{8} = 1.5\,m.s^{-1}$	$v_{avg} = \frac{14}{5} = 2.8\,m.s^{-1}$
التسارع الوسطي	$a_{avg} = \frac{v_B - v_A}{\Delta t} = \frac{2-18}{8} = -2\ m.s^{-2}$ متباطئة	$a_{avg} = \frac{v_C - v_B}{\Delta t} = \frac{10-2}{5} = 1.6\ m.s^{-2}$ متسارعة

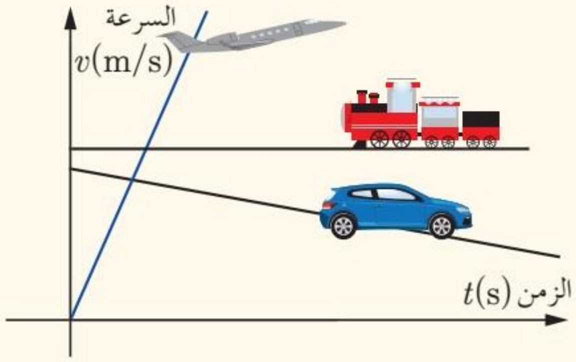
الدرس الثاني: الحركة المستقيمة

أختبر نفسي الصفحة 26

أختبر نفسي

أولًا: أجب عن الأسئلة التالية:

1. بالاعتماد على الخطّ البياني الموضَّح في الشّكل المُجاوِر، ما طبيعةُ حركة كل من الطائرة والقطار والسيّارة؟

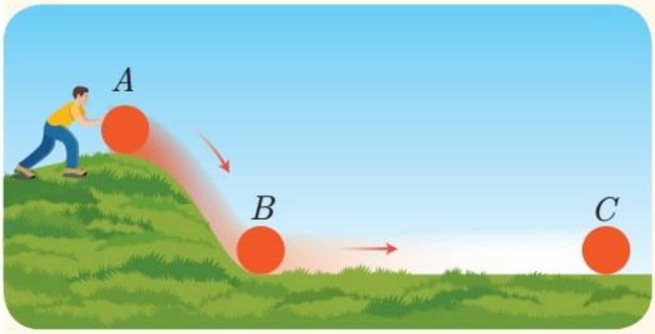


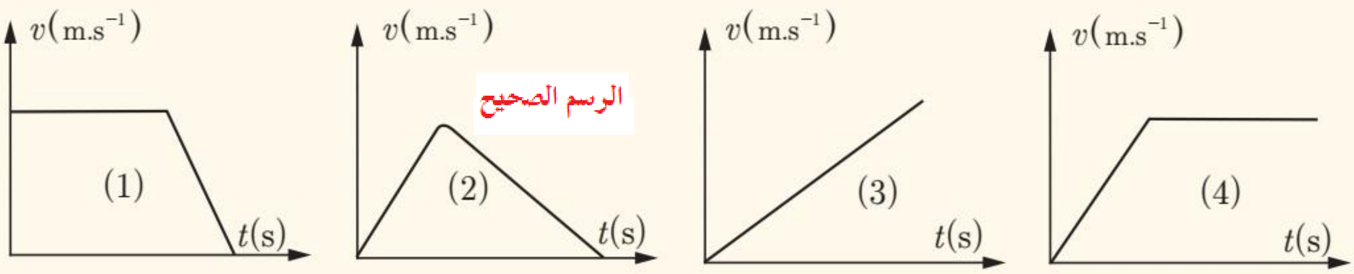
الطائرة متسارعة بانتظام.

القطار مستقيمة منتظمة.

السيارة متباطئة بانتظام.

2. يتركُ شخصٌ كرةً إسفنجيّة لتهبطَ من النقطة A لتصلَ للنقطة B، وتتابعُ حركتَها لتقفَ عند النقطة C كما في الشّكل المُجاور: أي رسم بياني من الرُّسوم البيانيّة الآتية يصفُ حركة الكرة:

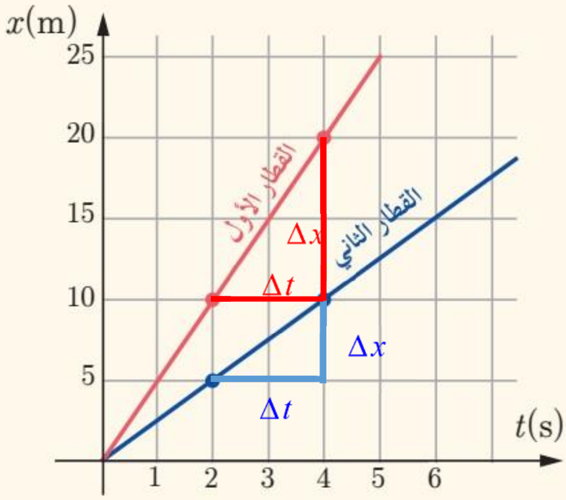




3. هبطت طائرةٌ مدنيّة على مُدرجِ مطارٍ، فاحتاجَت لقطع مسافة 1 km من لحظة مُلامَستها أرضَ المُدرَج حتّى التوقُّف عن الحركة، فإذا كانَت سرعتُها لحظةَ مُلامَسة المُدرَج 180 km/h فإنَّ تسارعَها:

a. $2.5\ m.s^{-2}$ b. $\boxed{-1.25\ m.s^{-2}}$ c. $+2.25\ m.s^{-2}$ d. $-2\ m.s^{-2}$

ثانياً:



يسير قطاران على سكتين مستقيمتين بسرعتين ثابتتين وفق الخط البياني الموضح لكل منهما المطلوب:

استنتج التابع الزمني لكل منهما وبين أيهما أسرع.

القطار الأول	القطار الثاني
بما أن سرعته ثابتة فتابع الفاصلة: $x_1 = v_1 t + x_0$ **و حسب الخط البياني** $x_0 = 0$ ، $v_1 = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{20-10}{4-2} = 5\ m.s^{-1}$ **التابع الزمني هو:** $x_1 = 5\,t$ **القطار الأول هو الأسرع.**	**بما أن سرعته ثابتة فتابع الفاصلة:** $x_2 = v_2 t + x_0$ **و حسب الخط البياني** $x_0 = 0$ ، $v_2 = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{10-5}{4-2} = 2.5\ m.s^{-1}$ **التابع الزمني هو:** $x_2 = 2.5\,t$

التمرين (3)

قام أحد الباحثين بدراسة حركة مركبتين على طريق مستقيمة أفقية وسجل نتائج المسافات المقطوعة في جدولين الأول لمركبة تسير بسرعة ثابته والثاني لمركبة تسير بسرعة متغيرة بانتظام انطلقت من السكون ولكنه بعد فترة نسي بعض المعلومات التي قام بتسجيلها فهل تستطيع مساعدته في استرداد ما فقده وتحديد سرعة المركبة الأولى وتسارع المركبة الثانية:

الفاصلة (m)	2	6	10	14	18	22	26
الزمن (s)	0	1	2	3	4	5	6

السرعة هي: $v = ..4........\text{m.s}^{-1}$

الفاصلة (m)	1	3	9	19	33	51	73
الزمن (s)	0	1	2	3	4	5	6

التسارع هو: $a = ..4........\text{m.s}^{-2}$

حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

يتحرك جسم على طريق مستقيمة أفقية ويحدد موضعه كتابع للفاصلة بالعلاقة $x = 2t^2 - 3t + 4$، احسب:

1- سرعته الابتدائية؟

2- كم تبلغ سرعته بعد $4\ \text{s}$ من بدء حركته؟

3- المسافة المقطوعة عندما تكون سرعته $15\ \text{m.s}^{-1}$.

الحل:

1- نطابق بين التابع المعطى و التابع الزمني لإيجاد ثوابت الحركة: $v_0 = -3\,\text{m.s}^{-1}$, $a = 4\ \text{m.s}^{-2}$

2- من تابع السرعة: $v = at + v_0 \Rightarrow v = 4\times 4 - 3 = 13\ \text{m.s}^{-1}$

3- من التابع اللازمني: $v^2 - v_0^2 = 2a\,\Delta x \Rightarrow (15)^2 - (-3)^2 = 2\times 4\times \Delta x$

$$\Delta x = 27\,\text{m}$$

ملاحظة : قد يفهم البعض السؤال المسافة المقطوعة على **طول المسار** و من بدء الحركة فيكون الجواب: المسافة التي يقطعها الجسم وحتى يقف عن الحركة:

نحسب الزمن اللازم للتوقف $v = at + v_0 \Rightarrow 0 = 4t - 3 \Rightarrow t = 0.75\ \text{s}$

فاصلته الجديدة تصبح: $x = 2(0.75)^2 - 3(0.75) + 4 = 2.875\ \text{m}$ السير عكس المحور.

فقطع مسافة $d_1 = 4 - 2.875 = 1.125\ \text{m}$ ، ثمّ عاد لقطع نفس المسافة بالاتجاه المعاكس

لتصبح المسافة المقطوعة $d_1 \times 2 = 1.125\times 2 = 2.25\ \text{m}$

و هنا يعاود الجسم للتحرك بالاتجاه الموجب للمحور وبسرعة ابتدائية معدومة

حساب الزمن اللازم ليبلغ السرعة $15\ \text{m.s}^{-1}$: $v = at \Rightarrow 15 = 4t \Rightarrow t = 3.75\ \text{s}$

الفاصلة الجديدة $x = 2(3.75)^2 + 2.875 = 31\ \text{m}$

المسافة الكلية التي قطعها: $d = 27 + 2.25 = 29.25\ \text{m}$

المسألة الثانية:

تتحرك سيارة وفق مسار مستقيم بسرعة ابتدائية $v_0 = 6\ \mathrm{m.s^{-1}}$ ، وبتسارع ثابت $a = 4\ \mathrm{m.s^{-2}}$ المطلوب حساب:

1- سرعة السيارة في اللحظتين: $t_1 = 3\ \mathrm{s}$ ، $t_2 = 5\ \mathrm{s}$

2- المسافة المقطوعة في كلّ من اللّحظتين السابقتين.

3- المسافة التي تقطعها السيارة عندما تصبح سرعتها $30\ \mathrm{m.s^{-1}}$.

الحل:

1- حساب سرعة السيارة في كل من اللحظتين السابقتين :

$$v_1 = at_1 + v_0 = 4\times 3 + 6 = 18\ \mathrm{m.s^{-1}}$$

$$v_2 = at_2 + v_0 = 4\times 5 + 6 = 26\ \mathrm{m.s^{-1}}$$

2- حساب المسافتين في كلّ من اللحظتين السابقتين :

$$v_1^2 - v_0^2 = 2\,a\,d_1 \Rightarrow (18)^2 - (6)^2 = 2\times 4\times d_1 \Rightarrow d_1 = 36\ \mathrm{m}$$

$$v_2^2 - v_0^2 = 2\,a\,d_2 \Rightarrow (26)^2 - (6)^2 = 2\times 4\times d_2 \Rightarrow d_2 = 80\ \mathrm{m}$$

3- حساب المسافة التي تقطعها السيارة عندما تصبح سرعتها $30\ \mathrm{m.s^{-1}}$:

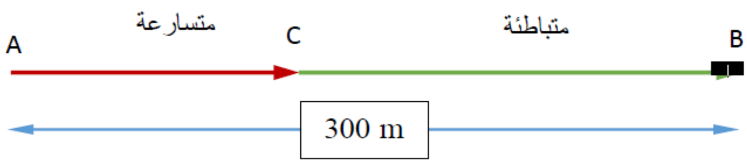
$$v_3^2 - v_0^2 = 2\,a\,d_3 \Rightarrow (30)^2 - (6)^2 = 2\times 4\times d_3 \Rightarrow d_3 = 108\ \mathrm{m}$$

المسألة الثالثة:

تتحرك حافلة لنقل الركاب لتقطع المسافة المستقيمة $AB = 300\ \mathrm{m}$ ، تبدأ حركتها من النقطة A دون سرعة ابتدائية وبتسارع $+2\,\mathrm{m.s^{-2}}$ ، وعندما تصل إلى النقطة C الواقعة بين A و Bتصبح حركتها متباطئة بانتظام تسارعها $-1\ \mathrm{m.s^{-2}}$ ، وتنعدم سرعتها عند وصولها إلى $B.$ ، المطلوب:

1- حساب الزمن اللازم لقطع المسافة AB .

2- تحديد موضع النقطة C.



الحل:

1- **الحركة من** A **إلى** C مستقيمة متسارعة بانتظام توابعها :

تابع السرعة : $① \quad v_c = a_1\, t_1 + v_0 \Rightarrow v_c = 2\,t_1$

و لدينا من تابع الفاصلة : $② \quad x_c = \dfrac{1}{2}a_1\, t_1^2 + v_0\, t_1 + x_0 \Rightarrow x_c = t_1^2$

الحركة من C **إلى** B مستقيمة متباطئة بانتظام توابعها :

تابع السرعة : $③ \quad v_B = a_2\, t_2 + v_c \Rightarrow 0 = (-1)\times t_2 + v_c \Rightarrow v_c = t_2$ نعوض في ① فنجد $④ \quad t_2 = 2t_1$

و لدينا تابع الفاصلة : $x_B = \dfrac{1}{2}a_2\, t_2^2 + v_c\, t_2 + x_c$

نعوض كلّ من x_c ، a_2 ، v_c ، x_B ، t_2 بما يساويها:

$$300 = \frac{1}{2}(-1)\times(2t_1)^2 + 2t_1(2t_1) + t_1^2$$

$$300 = 3t_1^2$$

$t_1 = 10\ \mathrm{s}$ و حسب ④ نجد أن : $t_2 = 20\ \mathrm{s}$

فالزمن الكلي هو : $t_1 + t_2 = 10 + 20 = 30\ \mathrm{s}$

2- أما موقع النقطة C فمن العلاقة ② نجد : $x_c = t_1^2 = (10)^2 = 100\ \mathrm{m}$

المسألة الرابعة:

ينطلق قطار سريع من السكون ليتحرك حركة مستقيمة أفقية بتسارع ثابت فيقطع مسافة $AB = 120\ \text{m}$ خلال زمناً قدره $20\ \text{sec}$ ، والمطلوب حساب:

1- تسارعه.
2- سرعته في نهاية المسافة AB .
3- الزمن اللازم ليقطع مسافة $30\,\text{m}$ من بدء حركته.

الحل: 1-
$$x = \frac{1}{2} a\, t^2 + v_0\, t + x_0$$

$$120 = \frac{1}{2} a (20)^2 \Rightarrow a = 0.6\ \text{m.s}^{-2}$$

2-
$$v^2 - v_0^2 = 2\alpha d$$

$$v^2 - (0)^2 = 2 \times 0.6 \times 120 \quad \Rightarrow v = 12\ \text{m.s}^{-1}$$

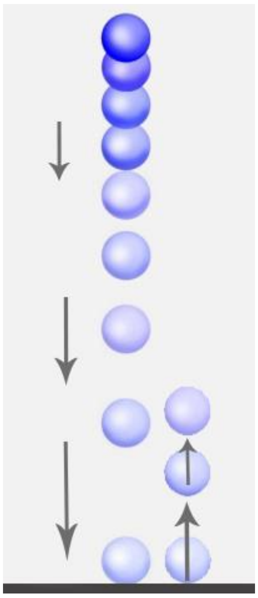
3-
$$x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + x_0$$

$$30 = \frac{1}{2} \times 0.6 \times t^2 \quad \Rightarrow t = 10\ \text{s}$$

حركة السقوط الحر

أختبر نفسي الصفحة 31

تمرين (1): تسقط كرة مطاطية كتلتها $m = 100\ \text{g}$ من ارتفاع (y) عن سطح الأرض في مكان تسارع الجاذبية الأرضية $g \approx 10\ \text{m.s}^{-2}$ سقوطاً حراً فتستغرق لتصل إلى سطح الأرض زمناً قدره 3s



والمطلوب:

1- احسب الارتفاع الذي سقطت منه الكرة .
2- إذا فرضنا أن الكرة فقدت 85% من طاقتها الكلية نتيجة اصطدامها بالأرض. فما الارتفاع الذي سترتدُّ الكرة إليه عن سطح الأرض؟

الحل:

1- حساب الارتفاع الذي سقطت منه الكرة:

من العلاقة $y = \frac{1}{2} g\, t^2$ و بالتعويض نجد $\Leftarrow$ $y = \frac{1}{2} \times 10 \times (3)^2 = 45\ \text{m}$

2- لنحسب سرعة الكرة لحظة اصطدامها بالأرض: $v = g\, t = 10 \times 3 = 30\ \text{m.s}^{-1}$

وتكون طاقتها الحركية عند سطح الأرض:

$$E_{tot} = E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times (30)^2 = 45\ \text{J}$$

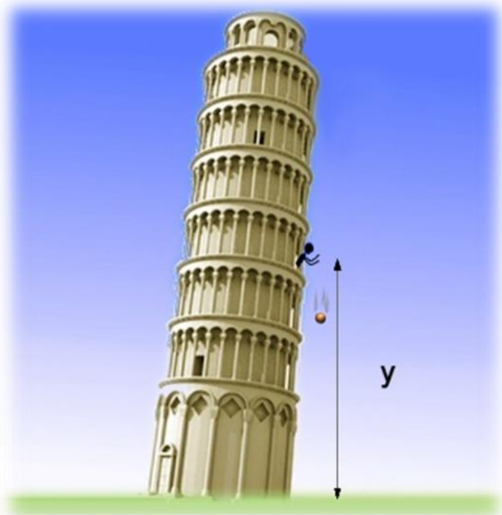
و باعتبار أن الكرة فقدت من طاقتها الكلية 85% فالطاقة المتبقية تساوي

$E'_{tot} = E_{tot} - \frac{85}{100} \times E_k = 45 - \frac{85}{100} \times 45 = 6.75\ \text{J}$ هذه الطاقة تتحوّل إلى طاقة كامنة ثقالية، فترتد إلى ارتفاع:

$E'_{tot} = E_P = m\,g\,h \Rightarrow h = \frac{E'_{tot}}{m\,g} \Rightarrow h = \frac{6.75}{0.1 \times 10} = 6.75\ \text{m}$ (عند أعلى ارتفاع ستصل إليه)

تمرين (2): يسقط جسم من ارتفاع y عن سطح الأرض، فيقطع في الثانية الأخيرة من حركته 75% من الارتفاع

الكلي الذي سقط منه. والمطلوب حساب:



1- الارتفاع الذي سقط منه الجسم.
2- سرعته لحظة ملامسته الأرض.

الحل:

1- لنفرض أن زمن سقوطه هو t $\Leftarrow$ $(1).....y = \frac{1}{2} g\,t^2$

وبالتالي المسافة التي قطعها خلال زمن قدره $(t-1)$

$\Leftarrow$ $(2).......y_1 = \frac{1}{2} g\,(t-1)^2$

لكن خلال الزمن($t-1$) المسافة التي قطعها هي: $y_1 = \frac{25}{100} \times y = \frac{1}{4} y$

$$\frac{1}{2} g\,(t-1)^2 = \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} g\,t^2$$

$$(t-1)^2 = \frac{1}{4} \times t^2$$

$$4\,(t-1)^2 = t^2$$

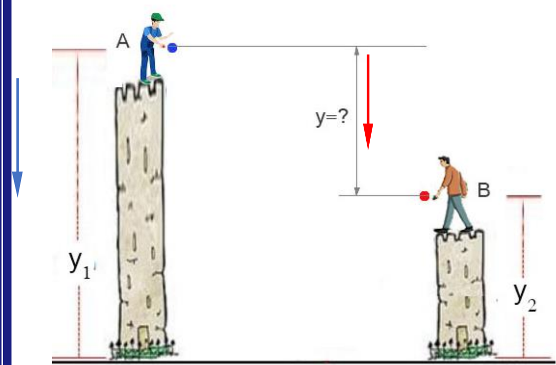
بالجذر: $2(t-1) = t \Rightarrow 2t - 2 = t \Rightarrow t = 2\ \text{s}$

نعوض قيمة $t = 2\ \text{s}$: فيكون الارتفاع مساوياً : $y = \frac{1}{2} \times 10 \times (2)^2 = 20\ \text{m}$

و سرعته تساوي : $v = g\,t = 10 \times 2 = 20\ \text{m.s}^{-1}$

تمرين (3):

يلقي شخص A كرة بلاستيكية من ارتفاع y_1 عن سطح الأرض الأفقية فاستغرقت 2 s لتصل إلى الأرض و يلقي الشخص B كرة بلاستيكية مماثلة من ارتفاع y_2 عن سطح الأرض، فاستغرقت 1.5 s لتصل إلى الأرض. المطلوب: احسب المسافة y بين الشخصين.



الحل :

$$y_1 = \frac{1}{2} g\,t_1^2 \Rightarrow y_1 = \frac{1}{2} \times 10 \times (2)^2 = 20\ \text{m}$$

$$y_2 = \frac{1}{2} g\,t_2^2 \Rightarrow y_2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (1.5)^2 = 11.25\ \text{m}$$

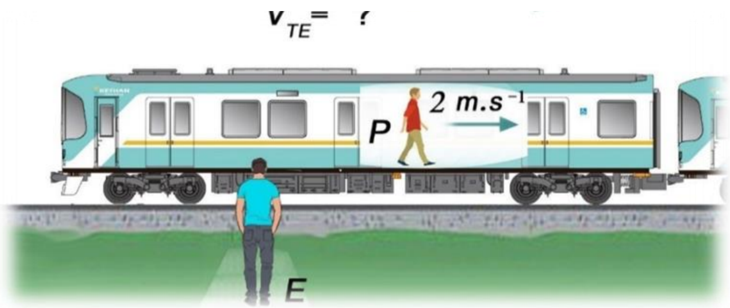
$$y = y_1 - y_2 = 20 - 11.25 = 8.75\ \text{m}$$

المقصود بالمسافة هنا : الارتفاع بين الشخصين

الدرس الثالث: الحركة النسبية

أنا أختبر نفسي الصفحة 37

احسب السرعة النسبية لكلّ من الحالات الآتية:



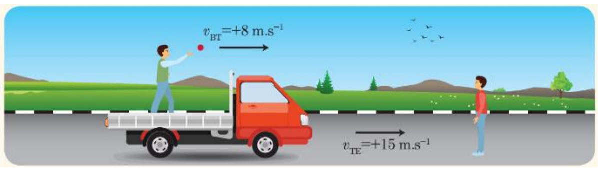
1- شخص يركب قطار نرمز له بالرمز (p) سرعته بالنسبة للقطار هي: $v_{PT}=+2\ \text{m.s}^{-1}$ والقطار يتحرك بسرعة v_{TE} بالنسبة للأرض فكانت سرعة الشخص (p) بالنسبة للأرض هي $v_{PE}=+11\ \text{m.s}^{-1}$. فما سرعة القطار؟

الحل:

من العلاقة

$$v_{PE}=v_{PT}+v_{TE}$$

$$+11=+2+v_{TE}\ \Rightarrow\ v_{TE}=11-2=9\ \text{m.s}^{-1}$$



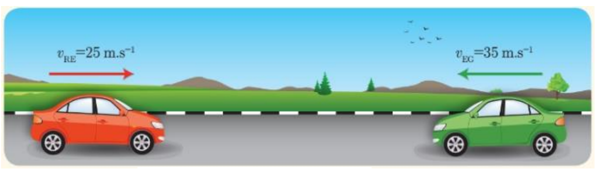
2- يلقي شخص موجود بشاحنة كرة لصديقه الذي يقف على الأرض بسرعة $v_{BT}=+8\text{m.s}^{-1}$ (سرعة الكرة بالنسبة للشاحنة) والشاحنة تسير بسرعة قدرها $v_{TE}=+15\ \text{m.s}^{-1}$. احسب سرعة الكرة عندما يلتقطها صديقه.

الحل:

من العلاقة:

$$v_{BE}=v_{BT}+v_{TE}$$

$$v_{BE}=+8+15\Rightarrow v_{BE}=23\ \text{m.s}^{-1}$$



3- ما سرعة السيارة الحمراء بالنسبة للسيارة الخضراء؟

R	سيارة حمراء
G	سيارة خضراء
E	الأرض

الحل:

$$v_{RG}=v_{RE}+v_{EG}$$

$$v_{RG}=25+35=60\ \text{m.s}^{-1}$$

التفسير: تفكير ناقد

سرعة المدفع نحو اليسار $+30\ \text{m.s}^{-1}$

سرعة الكرة بالنسبة للمدفع نحو اليمين $-30\ \text{m.s}^{-1}$

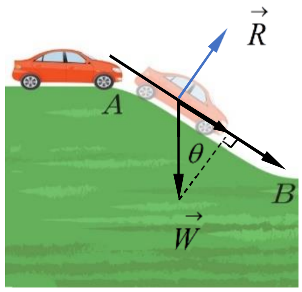
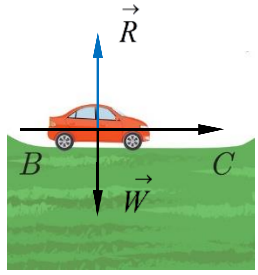
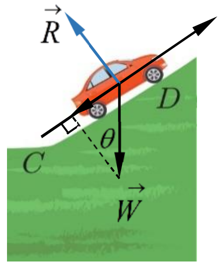
$$v_{SE}=v_{ST}+v_{TE}$$

$$v_{SE}=-30+30=0$$

حركة الكرة ستكون سقوطاً حراً لأن: $v_{SE}=0$

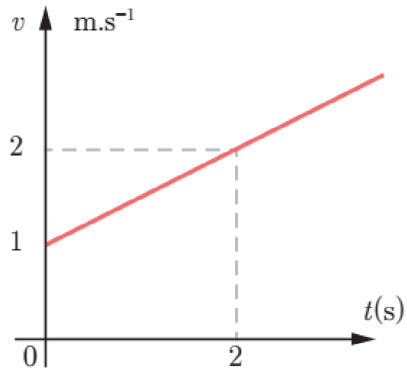
الدرس الرابع: قوانين نيوتن وتطبيقاتها

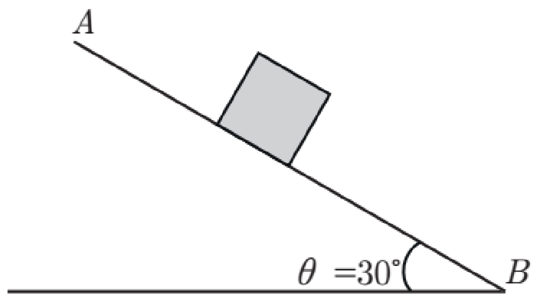
حل تمرين (1) صفحة 47:

		
$\sum \vec{F} = m\vec{a}$ $\vec{R}+\vec{W} = m\vec{a}$ $+mg\sin\theta = ma$ $+g\sin\theta = a$	$\sum \vec{F} = \vec{0}$ $\vec{R}+\vec{W} = \vec{0}$	$\sum \vec{F} = m\vec{a}$ $\vec{R}+\vec{W} = m\vec{a}$ $-mg\sin\theta = ma$ $-g\sin\theta = a$
المرحلة من A إلى B	المرحلة من B إلى C	المرحلة من C إلى D
الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام	الحركة مستقيمة منتظمة	الحركة مستقيمة متباطئة بانتظام

حل تمرين (2) صفحة 47

نُعطي لجسم كتلتُه $m = 100\text{ g}$ سرعةً ابتدائيّةً v_0 مُوازية للمستوي AB الذي يميلُ عن الأفق بزاوية $\theta = 30°$ فيخضعُ لقوَّة احتكاكٍ نعدُّها ثابتة، إذا بدأ حركتُه من A إلى B.





1. استنتج من الخطّ البياني السّرعة الابتدائيّة للجسم وتسارُعه.
2. ما طبيعةُ حركة الجسم في أثناء حركته من A إلى B؟
3. احسب شدّةَ قوّة الاحتكاك التي يخضعُ لها الجسم في أثناء حركته.

-1 الحل: من الخط البياني $v_0 = 1\text{ m.s}^{-1}$ حيث هي السرعة في اللحظة $t = o$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2-1}{2-0} = \frac{1}{2}\text{ m.s}^{-2}$$

-2 بما أن الجسم يخضع لمحصلة قوى ثابتة فالحركة مستقيمة متغيّرة بانتظام.

-3 $\sum \vec{F} = m\,\vec{a} \Rightarrow \vec{R}+\vec{W}+\vec{F'} = m\,\vec{a}$ بالإسقاط على محور يوازي مستوى الحركة وبجهتها

$$0 + m\,g\sin\theta - F' = m\,a \quad \Rightarrow \quad F' = m\,g\sin\theta - m\,a$$

$$F' = 10^{-1}\times 10\times\frac{1}{2} - 10^{-1}\times\frac{1}{2} = \frac{1}{2} - \frac{1}{20} = \frac{9}{20} = \frac{45}{100} = 0.45\text{ N}$$

حل تمرين (3) صفحة 47

سيارةٌ تسحبُ سيارةً أخرى مُعطَّلة، كتلتُها $2000\ \text{kg}$ على طريقٍ مُستقيمةٍ أفقيَّة، فإذا أردْنا أن تتسارعَ السيّارة بانتظام مِنَ السّكون إلى سرعة $2.5\ \text{m.s}^{-1}$ (نهملُ قوى الاحتكاك) خلال $50\ \text{s}$، ما مقدارُ القوّة التي يجبُ أن يؤثِّرَ بها حبلُ السّحب على تلكَ السيّارة.

الحل:

$$v = at + v_0 \quad \Rightarrow \quad 2.5 = a(50) + 0$$

$$a = \frac{2.5}{50} = \frac{5}{100} = 5\times 10^{-2}\ \text{m.s}^{-2}$$

$$F = m\,a \ \Rightarrow \ F = 2000\times 5\times 10^{-2}$$

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

حل التطبيق صفحة 48:

احسب شدة القوّة التي تؤثّر بها أرضيّة مصعد ساكن على رجل كتلته $75\ \text{kg}$ يقف داخل المصعد.
(باعتبار $g = 10\ \text{m.s}^{-2}$)

الحل:

حسب مبدأ الفعل وردّ الفعل :

$$F = W \ \Rightarrow F = m\,g = 75\times 10 = 750\ \text{N}$$

أختبر نفسي

أولاً: اخترِ الإجابة الصَّحيحة لكلٍّ ممَّا يأتي:

1. سيّارة كتلتها m عندما تكونُ مُتوقِّفة فإنّ:

a. مُحصّلة القوى المؤثّرة في مركز عطالتها معدومة.

b. تؤثِّر فيها قوّة وحيدة .

c. تسارُعها ثابتٌ غيرُ معدوم.

d. مُحصِّلة القوى المؤثِّرة في مركز عطالتها ثابتة غيرُ معدومة.

2. سيّارة كتلتُها m عندَما تسيرُ على طريقٍ مُستقيمٍ بسرعةٍ ثابتةٍ، فإنَّ:

a. مُحصّلة القوى المؤثِّرة في مركز عطالتها معدومة.

b. تؤثّر فيها قوّة وحيدة.

c. تسارعها ثابت غير معدوم.

d. محصلّة القوى المؤثّرة في مركز عطالتها ثابتة غير معدومة.

3. سيّارة كتلتُها m عندَما تتسارعُ حركتُها بانتظامٍ فإنّ:

a. سرعتَها ثابتة.

b. تسارعَها معدوم.

c. مُحصّلة القوى المُؤثِّرة في مركز عطالتها ثابتة غير معدومة.

d. مُحصّلة القوى المُؤثِّرة في مركز عطالتها معدومة.

4. عندَما ندفعُ بالقوّة ذاتها كتلتَين $m_1 = 5m_2$ فإنَّ:

a. $a_1 = a_2$

b. $a_1 = 2a_2$

c. $a_1 = 5a_2$

d. $a_2 = 5a_1$

5. إذا زادَت سرعةُ سيارة كتلتُها 800 Kg من $10\,m.s^{-1}$ إلى $30\,m.s^{-1}$ خلالَ 5 s، فإنَّ مُحصِّلة القوّة المؤثِّرة على السّيارة تساوي:

a. 1600 N

b. 4800 N

c. 3200 N

d. 200 N

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

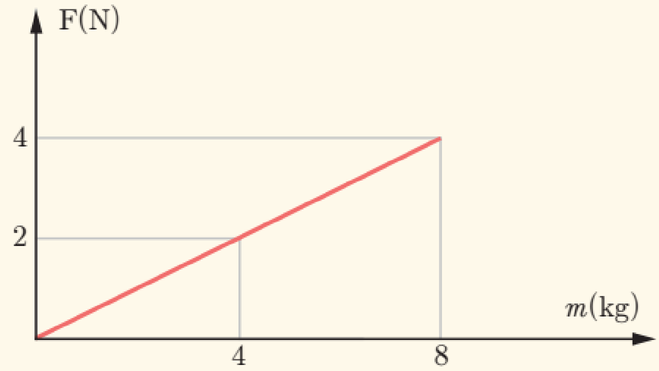
1- يقف رجل كتلتُه 50 kg على أرض مستوية أفقيّة، ما قيمةُ القوة التي يؤثِّر بها سطح الأرض على الرجل، وما اتّجاهُها؟) باعتبار ($g=10\ m.s^{-2}$)

الحل:

باعتبار الرجل واقف (ساكن): فالقوى التي تؤثر عليه هي ثقله $\vec{w}$ و ردّ فعل الأرض عليه $\vec{R}$ ،

و هما قوتان متعاكستان مباشرة ، أي: $R = w = m\,g = 50\times10 = 500\ N$ واتجاهها نحو الأعلى.

2. الخطّ البياني المُقابِل يمثِّلُ العلاقةَ بينَ الكتلةِ والقوّة المؤثّرة في مركزِ العطالة، ما هو تسارُع مركزِ العطالة؟



الحل: من الملاحظ أن الخط البياني مستقيم و بالتالي فهو يعبّر عن مبدأ القوة الثابتة (القانون الثاني نيوتن) :

$$F = m\,a$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{2}{4} = 0.5\ \ m.s^{-2}$$ ((التسارع هنا يمثّل ميل المستقيم))

3. احسب شدّة ثقلِ رائد فضاءٍ على سطح الأرض، ثمَّ على سطحِ القمر، إذا كانَت كتلتُه على سطح الأرض 90 kg، حيثُ تسارُعُ الجاذبيّة على سطحِ القمر $1.67\,m.s^{-2}$، و تسارُعُ الجاذبيّة على سطح الأرض $9.8\,m.s^{-2}$.

الحل:

من العلاقة:

$$w_E = m\,g = 90\times9.8 = 882.0\ N$$

$$w_M = m\,g = 90\times1.67 = 150.3\ N$$

ثالثاً: حلَّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

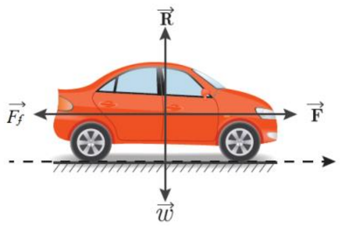
تجرُّ عربة كتلتُها 24 kg بدءاً من السكون على طريقٍ مستقيمةٍ أفقيَّةٍ، فلزمَ لذلك تطبيقُ قوَّة أفقيّة شدَّتُها 75 N فبلغَت سرعتُها $5\,m.s^{-1}$ بعد قطعِها مسافةَ 10 m **المطلوب حساب:**

a. شدّة قوّة الاحتكاك بينَ الأرض والعربة.

b. الزّمن اللّازم لقطعِ تلك المسافة.

الحل: a) لنحسب تسارع العربة:
$$v^2 - v_0^2 = 2ad \Rightarrow (5)^2 - 0 = 2\times a\times 10 \Rightarrow a = \frac{25}{20} = 1.25\ \text{m.s}^{-2}$$

ومن القانون الثاني لنيوتن:



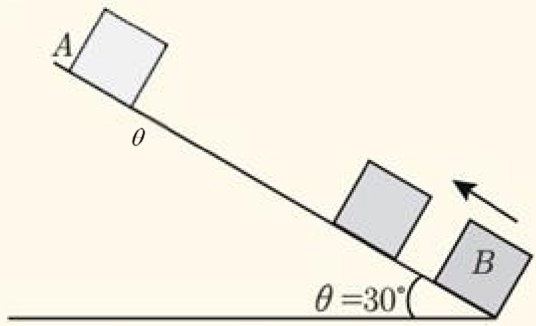
$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} + \vec{R} + \vec{F_f} + \vec{w} = m\vec{a}$$

بالإسقاط على محور يوازي مستوي الحركة وبجهتها الحركة:
$$F + 0 - F_f + 0 = m\,a$$
$$F_f = F - m\,a = 27 - 24\times 1.25 = 45\ \text{N}$$

b) الزمن اللازم :
$$v = at + v_0 \Rightarrow 5 = 1.25\,t + 0 \Rightarrow t = \frac{5}{1.25} = 4\ \text{s}$$

المسألة الثانية:

نقذفُ جسماً كتلتُه 1 kg من B أسفلِ مستوٍ يميلُ عن الأفقِ بزاوية $\theta = 30°$، بسرعةٍ ابتدائيّة توازي المستوي، فيتوقفُ الجسمُ في النقطة A، ويكونُ التابعُ الزّمني لسرعة الجسم $v = -6t + 3$، علماً أنَّ الجسمَ يخضعُ في أثناء حركته إلى قوّة احتكاكٍ ثابتةِ الشّدة.



a. استنتجْ تسارُعَ الجسم وسرعتَه الابتدائيّة.

b. احسبِ المسافةَ التي قطعَها الجسمُ حتّى توقّف.

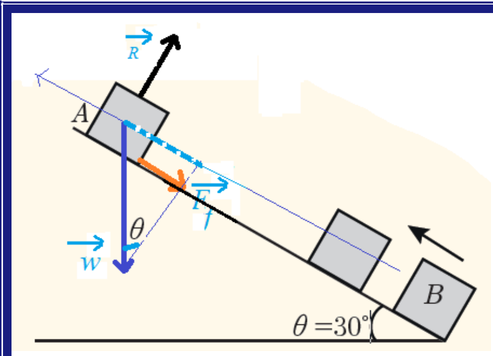
c. احسب شدّةَ قوة الاحتكاك.

الحل: a) باعتبار الجسم يخضع لقوى ثابته أثناء الحركة فحركته مستقيمة متغيرة بانتظام تابع السرعة فيها من الشكل:
$$v = at + v_0$$

وبالمقارنة مع التابع المعطى
$$v = -6t + 3$$

نجد أن :
$$a = -6\ \text{m.s}^{-2} \quad , \quad v_0 = +3\ \text{m.s}^{-1}$$

b) من العلاقة :
$$v^2 - v_0^2 = 2ad$$
$$(0)^2 - (3)^2 = 2(-6)(d)$$
$$d = \frac{-9}{-12} = 0.75\ \text{m}$$
(المسافة التي يقطعها الجسم حتي يتوقف آنياً)



C) بتطبيق القانون الثاني لنيوتن:

$\sum \vec{F} = m\,\vec{a} \Rightarrow \vec{w} + \vec{F_f} + \vec{R} = m\,\vec{a}$ بالإسقاط على محور موجه بجهة الحركة:

$$-w\,\sin 30 - F_f + 0 = m\,a$$
$$-m\,g\,\sin 30 - F_f = m\,a$$
$$F_f = -m\,g\,\sin 30 - m\,a$$
$$F_f = -1\times 10\times 0.5 - 1(-6) = -5 + 6 = 1\ \text{N}$$

المسألة الثالثة:

تنطلقُ سيارةٌ كتلتُها $1350\ \text{kg}$ من السكون على طريق مستقيمة افقيّة بتسارع ثابت، فتبلغ سرعتها $21\ \text{m.s}^{-1}$ خلالَ زمن 7s . (بإهمال قوى الاحتكاك ومقاوَمة الهواء)، **المطلوب** حساب:

a. تسارُع حركة مركز عطالة السيارة.

b. شدّة قوّة جرّ مُحرِّك السيّارة في أثناء الحركة السابقة.

الحل: a) بتطبيق العلاقة: $v = at + v_0$ (لأن الحركة مستقيمة متغيّرة بانتظام)

$$21 = a(7) + 0$$
$$a = \frac{21}{7} = 3\ \text{m.s}^{-2}$$

b) بتطبيق قانون الثاني لنيوتن : $F = m\,a$

$$F = 1350 \times 3 = 4050\ \text{N}$$

المسألة الرابعة:

بينَما كانَ سائق يقودُ سيّارتَه على طريق مُستقيمة أفقية بسرعة $20\ \text{m.s}^{-1}$ ، تفاجأَ بإشارة المرور الحمراء، فاستخدم المكابحَ لتصبح حركةُ سيّارته مُتباطئةً بانتظام فتوقّفت خلال 4s **المطلوب** حساب:

a) تسارع السيّارة خلال مرحلة التباطؤ .

b) بُعد السيَّارة عن إشارة المرور لحظةَ استخدام المكابح .

الحل:

السرعة: $v = 20\ \text{m.s}^{-1}$ و الزمن $t = 4\ \text{s}$:

a) حساب تسارع السيارة : بتطبيق العلاقة : $v = at + v_0$

$$0 = a(4) + 20 \Rightarrow a = -5\ \text{m.s}^{-2}$$

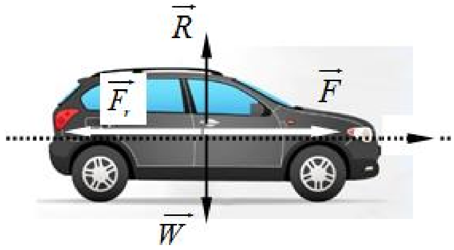
b)حساب بُعد السيارة عن إشارة المرور، بتطبيق العلاقة المستقلة عن الزمن:

$$v^2 - v_0^2 = 2ad$$
$$0 - (20)^2 = 2(-5)d$$
$$d = \frac{-400}{-10} = 40\ \text{m}$$

المسألة الخامسة:

1. تسيرُ سيّارةٌ على طريقٍ مُستقيمٍ أفقيّ بسرعةٍ ثابتة $20\,m.s^{-1}$ ، بتأثير قوّة جرّ محرّكها الثّابتة والتي تبلغ قيمتها $7500\,N$. احسب شدّة مُحصّلة القوى المُعيقة المُؤثّرة في مركز عطالة السيّارة.
2. تصلُ السيّارة بعدئذٍ بسرعتِها السّابقة $20\,m.s^{-1}$ إلى طريقٍ صاعِدةٍ تميلُ على الأفق بزاويةِ $30°$ ، احسب المسافةَ التي يقطعُها مركزُ عطالة السيّارة حتّى تقفَ مع بقاء قوى الاحتكاك ثابتةً.

الحل:



1- حساب قوة الاحتكاك:

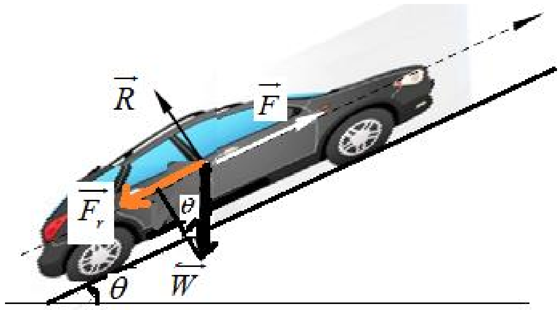
بما أن السرعة ثابتة ، والمسار مستقم ، فالحركة مستقيم منتظمة،

وبالتالي تسارعها معدوم. $\sum \vec{F} = \vec{0}$

$$\vec{F} + \vec{R} + \vec{F_r} + \vec{w} = \vec{0}$$

وبالإسقاط على محور يوازي مستوي الحركة وبجهتها:

$$F + 0 - F_r + 0 = 0 \quad \Rightarrow \quad F_r = F = 7500\ N$$



2- الحركة مستقيمة متباطئة بانتظام: الحركة صاعدة

$$\sum \vec{F} = m\,\vec{a}$$

بالإسقاط: $\vec{F} + \vec{F_r} + \vec{w} + \vec{R} = m\,\vec{a}$

$$F - F_r - m\,g\sin\theta + 0 = m\,a$$

$$-m\,g\sin\theta = m\,a$$

$$a = -\,g\sin\theta$$

$$a = -\,10\sin 30° = -5\ m.s^{-2}$$

والحركة متباطئة بانتظام:

$$v^2 - v_0^2 = 2\,a\,d \quad \Rightarrow \quad 0 - (20)^2 = 2(-5)\,d \Rightarrow d = 40\ m$$

المسألة السادسة:

تتحرَّكُ سيارةٌ، شدّة ثقلُها $3000\,N$ ، على طريقٍ مُستقيمةٍ أفقيّةٍ بسرعةٍ ثابتةٍ، قيمتُها $50\,m.s^{-1}$ ، و في لحظةٍ ما ضغطَ السّائقُ على المكابح فتباطأت السّيارة بانتظام حتّى توقّفت، إذا علِمتَ أنَّ السّيارة تعرّضَت لقوى احتكاكٍ شدتُها 50% من شدّة ثقل السّيارة، ما المسافةُ التي تقطعُها السّيارة حتّى تقفَ تماماً.

الحل: - حساب شدة قوة الاحتكاك: $F_f = \dfrac{50}{100} \times w = \dfrac{50}{100} \times 3000 = 1500\ N$

و كذلك كتلة السيارة: $m = \dfrac{w}{g} = \dfrac{3000}{10} = 300\ kg$

- حساب التسارع: $\vec{F_r} + \vec{W} + \vec{R} = m\,\vec{\alpha} \Leftarrow \sum \vec{F} = m\,\vec{\alpha}$ بالإسقاط على محور موجه بجهة الحركة:

$$-F_f + 0 + 0 = m\,a$$

$$a = \frac{-F_f}{m} = \frac{-1500}{300} = -5\ m.s^{-2}$$

$$v^2 - v_0^2 = 2\,\alpha\,d$$

$$0 - (50)^2 = 2(-5)\,d \quad \Rightarrow \quad d = 250\ m$$

الدرس الخامس: العمل والاستطاعة

حل تمرين صفحة 58:

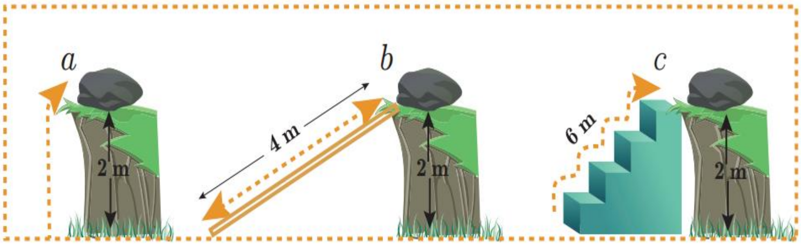
تجرُّ قاطرةٌ عدّةَ عربات بقوّة شدّتُها $48 \times 10^3\ N$ على مَسارٍ مُستقيم، طولُه $100\ km$، خلال $1\ h, 20\ min$.
احسب عملَ هذه القوّة واستطاعتَها خلالَ المَسار السّابق.

الحل:

$$d = 100\ km = 100 \times 10^3\ m$$
$$t = 60 + 20 = 80\ min = 80 \times 60\ s$$
$$W = F\ d$$
$$W = 48 \times 10^3 \times 100 \times 10^3 = 48 \times 10^8\ J$$
$$P = \frac{W}{t} = \frac{48 \times 10^8}{4800} = 10^6\ Watt$$

فكر وأجب : نرفع حجراً، كتلتُه m من سطح الأرض إلى أعلى المستوي عبر المسارات a ,b ,c بالسرعة ذاتها، بحيث تكون حركةُ الصخرة ثابتةً على مَسارها، وتساوي القيمةَ ذاتها في الحالات الثّلاثة، أي الحالات الثّلاثة يُنجز العمل بأقل استطاعة؟ ولماذا؟

الحل: ثقل الحجر ثابت على طول المسار و بما أن عمل قوة الثقل لا يتعلق بالطريق المسلوك فالعمل هو نفسه في جميع الحالات وباعتبار الطريق الأطول سيكون زمنه أكبر (السرعة ثابته)



$$P_a = \frac{mgh}{t_a} \qquad P_b = \frac{mgh}{t_b} \qquad P_c = \frac{mgh}{t_c}$$

و بما أن الزمن في الطريق C هو الأطول لأن المسار هو الأطول أي $t_C > t_b > t_a \Leftarrow P_C < P_b < P_a$

حل أسئلة أختبر نفسي الصفحة 62

أختبر نفسي

أولاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. هل قوى الثّقالة هي قوى مُحافظة؟ علل إجابتك.

-1 نعم ، لأن قوة الثقل ثابتة منحى وجهة وشدة، وعملها لا يتعلق بالطريق المسلوك.

2. هل القوى المُعيقة للحركة تسبِّبُ زيادةَ السرعة أو نقصانَها دوماً؟ أعطِ أمثلة.

-2 تسبب نقصان السرعة، لأنها جهتها تعاكس جهة الحركة دوماً، ممّا تسبب نقصان محصلة القوى الخارجية المؤثرة، ممّا يؤدي إلى نقصان قيمة سرعة الجسم.

مثال: تسير السيارة على طريق المعبدة بسرعة أكبر منها على طريق غير معبدة ومغطاة بالحصى، رغم أن قوة الجر ذاتها. أو أي مثال آخر مناسب.(يوضح الفكرة)

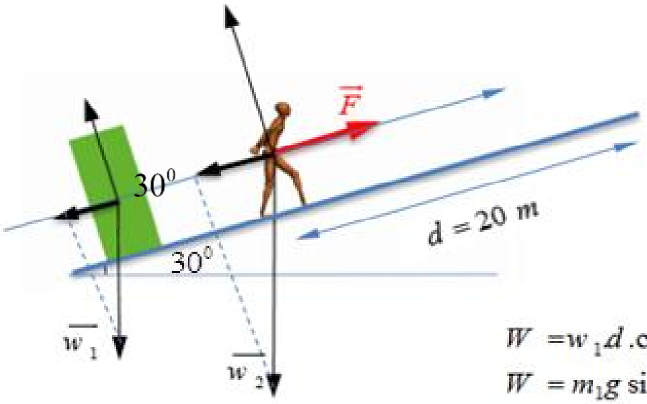
3. عند تحرُّك سيارة بسرعةٍ مُستقيمةٍ مُنتظِمةٍ على طريق أفقيّ، تكون مُحصّلة القوى المُؤثّرة في مركز عطالة السّيارة مَعدومة، ومع ذلك تستهلكُ السّيارة الوقود أي تصرُف عملاً. كيفَ تشرحُ ذلك؟

3- تصرف السيارة وقود لتحافظ على قوة الجر المحرك التي نعتبرها ثابتة، وللتغلب على القوى المعيقة، ممّا سرعتها ثابتة.

ثانياً: حلّ المسائل الآتية: (نعتبرُ في أثناء حلّ المسائل $g = 10\ m.s^{-2}$):

المسألة الأولى:

يجرُّ عاملٌ كتلتُه $80\ kg$ عربةً كتلتُها $40\ kg$ على طريق مائل بزاوية $30°$ على الأفق، بسرعة ثابتة، ما قيمةُ العمل الذي يقدِّمه العامل لجرّ العربة مسافة $20\ m$؟ ما الطاقةُ التي يوفِّرُها العامل فيما لو قامَ بسحب العربة باستخدام حبلٍ طويلٍ مربوطٍ بالعربة، وبقيَ الرَّجل مكانَه في أعلى الطريق؟



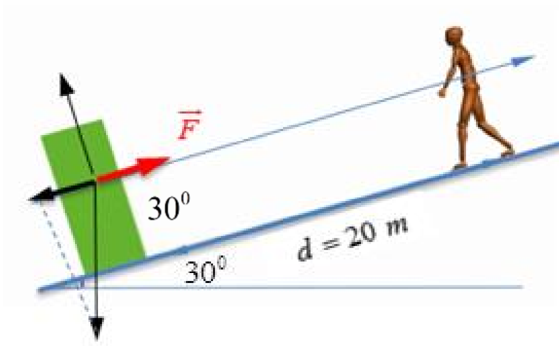
لدينا من قانون العمل

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

$$W = w_1 d.\cos(0) + w_2 d.\cos(0)$$

$$W = m_1 g \sin(30) d + m_2 g \sin(30) d$$

$$W = (m_1 + m_2) g \sin(30)\, d = (40+80)\times 10\times 0.5\times 20 = 12000\ j$$



في الحالة الثانية: الشخص يقف بأعلى المستوي:

$$W = F.d\cos(0)$$

$$W = w_1 \sin(30).d$$

$$W = m_1 g \sin(30)\, d = 40\times 10\times 0.5\times 20$$

$$W = 4000\ J$$

وسيوفر العامل عملا وقدره : $8000\ J$

المسألة الثانية:

تجرُّ قاطرة عربات، بقوّة $400\ N$ على سكةٍ مُستقيمةٍ أفقيَّة بسرعةٍ ثابتةٍ $36\ m.s^{-1}$ لمدَّة ساعة، المطلوب حساب:

1. العمل التي تنجزُه القوّة المُطبقة من القاطرة.
2. الاستطاعة التي تنجزُها القاطرة.

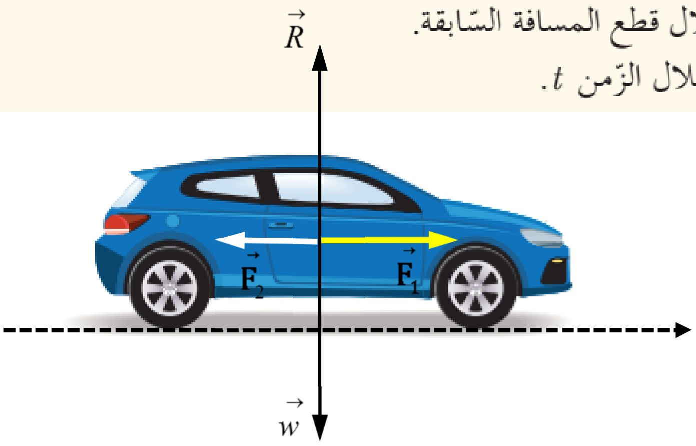
الحل: 1- حساب العمل: $W = F\ d\cos(0) = F\ v\ t = 400\times 36\times 3600 = 5184\times 10^4\ J$ حيث $(d = v\ t)$

2- حساب الاستطاعة: $P = \frac{W}{t} = \frac{5184\times10^4}{3600} = 14400 \text{ Watt}$

المسألة الثالثة:

سيارةٌ كتلتُها $m = 800\,\text{kg}$، تنطلقُ من السّكون على طريقٍ مُستقيمةٍ أفقيَّة، بتأثير قوة جر $F_1 = 2500\,\text{N}$، وتخضعُ لقوى مُقاومة مُحصّلتها F_2، لها حامل F_1، وتعاكسُها بالجهة شدّتها $F_2 = 900\,\text{N}$ **المطلوب** حساب:

1. تسارع مركز عطالة السّيارة.
2. الزّمن t اللازم ليقطعَ مركز العطالة مسافةً قدرُها $400\,\text{m}$.
3. العمل الميكانيكيّ لكلٍّ من القوتين $\vec{F_1}$، $\vec{F_2}$ خلال قطع المسافة السّابقة.
4. الاستطاعة المتوسطة التي بذلها محرك السيارة خلال الزّمن t.



الحل:

1- من العلاقة $\sum \vec{F} = m\,\vec{a}$

$$\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{w} + \vec{R} = m\,\vec{a}$$

بالإسقاط على محور موجه :

$$F_1 - F_2 + 0 + 0 = m\,a \Leftarrow$$

$$a = \frac{F_1 - F_2}{m} = \frac{2500-900}{800} = 2 \text{ m.s}^{-2}$$

2- الحركة هنا مستقيمة متغيرة بانتظام : $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow 400 = \frac{1}{2}\times2\times t^2 \Rightarrow t = 20 \text{ s}$

3- حساب العمل:

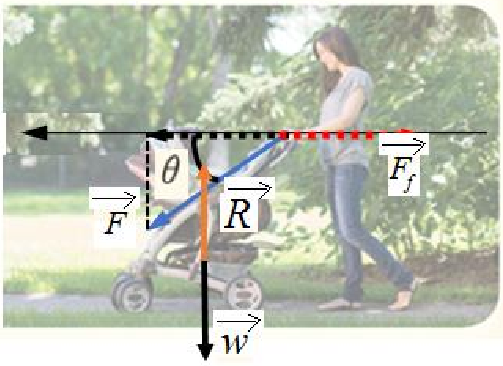
$$W_1 = F_1\, d\, \cos(0) = 2500\times400\times1 = 10^6 \text{ J}$$

$$W_2 = F_2\, d\, \cos(180) = 900\times400\times(-1) = -36\times10^4 \text{ J}$$

4- حساب الاستطاعة: $P = \frac{W}{t} = \frac{10^6}{20} = 5\times10^4 \text{ Watt}$

المسألة الرابعة:

تدفع أمّ عربةَ طفلتها بسرعةٍ ثابتةٍ على طريقٍ مُستقيمة أفقيّة بقوّة شدٍّ تصنع مع الأفقِ زاوية $60°$، باعتبارِ العربة تخضعُ لقوّةِ احتكاكٍ شدّتها $20\,N$، احسب العملَ الذي تبذله قوّةُ الدّفع عندما تتحرّك العربةُ مسافة $5\,m$.



الحل: بما أن السرعة ثابتة فيكون: $\sum \vec{F} = \vec{0}$

$$\vec{w} + \vec{R} + \vec{F} + \vec{F_f} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور أفقي موجه بجهة الحركة: $0 + 0 + F\cos 60 - F_f = 0$

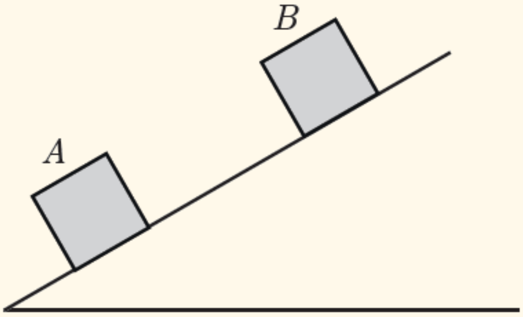
أي: $F\cos 60 = F_f = 20\ N$ مسقط قوة الدفع = قوة الاحتكاك

حساب العمل: $W = F\,d\,\cos 60 = 20 \times 5 = 100\ J$

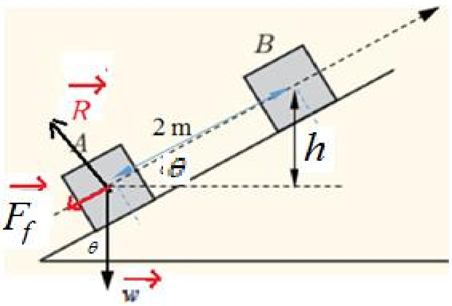
المسألة الخامسة:

نطلقُ جسماً، كتلتُه $100\,g$ من نقطةِ A على مستوٍ يميلُ عن الأفق بزاوية $\theta = 30°$، فيصلُ الجسمُ إلى النقطة B بسرعة $v_B = \frac{1}{2}v_A$، إذا علمتَ أنَّ الجسم يخضعُ في أثناء حركته لقوّةِ احتكاكٍ ثابتة، شدّتُها $1\,N$ وأن المسافة $AB = 2\,m$، **فالمطلوبُ حساب:**

1. تغيُّر الطاقة الحركيَّة للجسم خلال المَسافة السَّابقة.
2. سرعةَ الجسمِ عندَ A.



الحل: 1- نطبق نظرية تغيّر الطاقة الحركية بين وضعين A و B:



$$\Delta E_{A \to B} = \sum \overline{W}_{\vec{F}}$$

$$\Delta E_{k(A \to B)} = \overline{W}_{\vec{w}} + \overline{W}_{\vec{F_f}} + \overline{W}_{\vec{R}}$$

$\overline{W}_{\vec{R}} = 0$ لأن حامل $\vec{R}$ يعامد الانتقال

$$\overline{W}_{\vec{F_f}} = F_f\, d_{AB}\, \cos(180) = -F_f\, d_{AB}$$

$\overline{W}_{\vec{w}} = -m\,g\,h$ عمل مقاوم (سالب)

بالتعويض: $\Delta E_{k(A \to B)} = -m\,g\,h - F_f\, d_{AB} + 0$

$h = \frac{1}{2}d_{AB} = \frac{1}{2} \times 2 = 1\ m$ (لأنه مقابل للزاوية 30^0 أو $h = d_{AB}\sin\theta$)

$$\Delta E_{k(A \to B)} = -0.1 \times 10 \times 1 - 1 \times 2 \times 1$$

$$\Delta E_{k(A \to B)} = -3\ J$$

-2

$$\frac{1}{2}mv_B^2-\frac{1}{2}mv_A^2=-3$$

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{1}{2}v_A\right)^2-\frac{1}{2}mv_A^2=-3$$

$$\frac{1}{8}mv_A^2-\frac{1}{2}mv_A^2=-3$$

$$-\frac{3}{8}mv_A^2=-3\Rightarrow v_A^2=\frac{8}{m}$$

$$v_A=\sqrt{\frac{8}{0.1}}=\sqrt{80}=4\sqrt{5}\ \text{m.s}^{-1}$$

المسألة السادسة:

تتحرَّك سيارةٌ كتلتُها $m=900\,\text{kg}$ بسرعة $36\ \text{Km.h}^{-1}$، على طريق مُستقيمةٍ أفقيّة، يرى السائق على بُعدٍ مُناسِب أنّ إشارةَ المرور أصبحَت حمراء، فيضغط على المكابح، فتتوقّفُ السّيارة خلالَ دقيقة من الزّمن بعد أن تقطعَ مسافة $300\ \text{m}$, **المطلوب:**

احسب الاستطاعة التي بذلتْها قوّة المكابح على السّيارة لتقف.

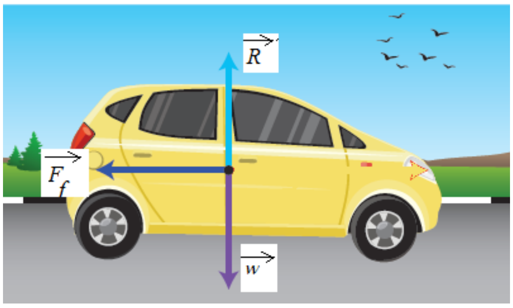
الحل: تحويل السرعة: $v=\frac{36\times1000}{3600}=10\ \text{m.s}^{-1}$

الحركة هنا مستقيمة متباطئة بانتظام:

$$v^2-v_0^2=2ad$$

$$(0)^2-(10)^2=2a\times300$$

$$a=-\frac{1}{6}\ \text{m.s}^{-2}$$



$$\sum\vec{F}=m\vec{a}\Rightarrow\vec{w}+\vec{F_f}+\vec{R}=m\vec{a}$$

بالإسقاط على محور موجه بجهة الحركة:

$$-F_f+0+0=ma$$

$$F_f=-ma$$

$$F_f=-900\times\left(-\frac{1}{6}\right)=150\,N$$

حساب عمل المكابح : $W=F_f\ d\ \cos(180)=150\times300\times(-1)=-45000\ \text{J}$ (عمل مقاوم)

الاستطاعة: $P=\frac{W}{t}=\frac{45000}{60}=750\ \text{Watt}$

الوحدة الثانية: المادة والحرارة

الدرس الأول: التوتر السطحي

حل أسئلة صفحة 79

أختبر نفسي

اولًا: أعطِ تفسيراً علميّاً لكلٍّ ممّا يأتي:

1. يأخذُ مصهور الزّجاج شكلاً كرويّاً، وتختفي الأجزاء الحادَّة للأجزاء المكسورة.

- إن التوتر السطحي للزجاج المصهور يعمل على تقليل مساحة السطح فيتخذ الشكل الكروي.

2. تُرَشُّ برِكَ الماءِ والمُستنقَعات بالكيروسين.

- لتقليل زاوية التماس فتغوص اليرقات في الماء وتموت.

لأن قوة التوتر السطحي للكيروسين أقل منه للماء، فتغوص الحشرات بالكيروسين وتعلق به.

ملاحظة: إحدى طرائق مكافحة البعوض، للوقاية من الإصابة بمرض الملاريا....

3. ارتفاعُ مستوى الماء في التّربة الطينيَّة أكبرُ من ارتفاع الماء في التّربة الرّملية.

- يسبب اختلاف المسافات بين جزيئات كل تربة كما يختلف ارتفاع منسوب الماء حسب نوع التربة.

الفراغات بين الجزيئات في التربة الطينية أصغر منها بين جزيئات التربة الرملية. هذه الفرغات تقوم بدور أنابيب شعرية، وحسب خاصيّة الأنابيب الشعرية، ، فيرتفع الماء في الفرغات الضيقة أكثر منها في الفراغات الواسعة.

ثانياً:

تأخذُ فُتحةُ قطّارة شكلَ أنبوبٍ أسطوانيّ، نصفُ قطره r، نفترضُ أنَّ صنبورَ القطّارة قد فُتِحَ قليلاً بحيثُ تتكوَّنُ القطرةُ تدريجيّاً آخِذةً شكلَ كرةٍ، نصفُ قطرها R أكبرُ من نصفِ قطر الأنبوب، وتنفصلُ القطرةُ هابطةً عندما تبلغُ شدَّةُ ثقلها قيمةً أكبرَ من شدَّة قوّة التوتُّر السّطحي التي تربطُها بالأنبوب، بافتراض γ هي التوتُّر السّطحي للسّائل، ρ الكتلة الحجميَّة للسّائل. استنتجْ بالرّموز العلاقة المُحدَّدة لنصفِ قطر القطرة لحظةَ انفصالِها.

لنفترض أن قطر القطرة R: لحظة الانفصال:

$$F_\gamma = w \Rightarrow \gamma L = m\,g \Rightarrow \gamma(2\pi r) = \rho V\,g$$

$$\gamma(2\pi R) = \rho(\frac{4}{3}\pi R^3)g$$

$$\gamma = \rho(\frac{2}{3}R^2)g \Rightarrow \qquad R = \sqrt{\frac{3\gamma}{2\rho g}}$$

ثالثاً: حلّ المسألتين الآتيتين:

المَسألة الاولى: ما مقدارُ ارتفاعِ الزّئبق في أنبوبٍ زجاجيّ، نصف قطره $r = 20\ \text{mm}$، علماً أنَّ التوتُّرَ السّطحيّ للزّئبق $\gamma = 0.5\ \text{N.m}^{-1}$، وزاويةِ التلامُس بينَ الزّئبق والزّجاج $135°$

$\rho_{Hg} = 13600\ \text{kg.m}^{-3}$ ، $g = 10\ \text{N.kg}^{-1}$

الحل:

بتطبيق العلاقة:

$$h = \frac{2\gamma\cos\theta}{\rho g r}$$

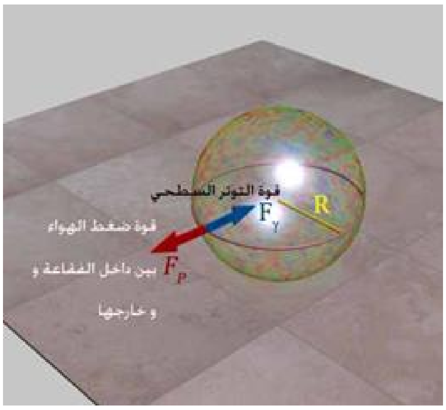
$$\cos\theta = \cos(135) = -0.7$$

$$h = \frac{2\times 0.5\times(-0.7)}{13600\times 10\times 2\times 10^{-2}} = -2.6\times 10^{-4}\ \text{m}$$

المسألة الثانية: نتأمَّلُ فُقاعةُ صابونٍ نصفَ قطرِها $R = 1\ \text{cm}$، الضَّغط الخارجيّ يساوي P_0، التوتُّر السّطحيّ لماءِ الصّابون المُستخدَم يساوي. $\gamma = 2.5\times 10^{-2}\ \text{N.m}^{-1}$ **المطلوب:**

1. برهِنْ أنَّ فرقَ الضَّغط بينَ داخلَ الفقاعة وخارجَها يُعطى بالعلاقة: $P - P_0 = \frac{4\gamma}{R}$
2. احسب عدديّاً هذا الفرق.
3. استنتجُ الفرقَ بينَ الضَّغط داخلَ وخارجَ قطرةٍ كرويّة من ماءِ الصّابون المُستخدَم في صنعِ الفُقاعة السّابقة بأخذِ نصف قطر القطرة R.

الحل: عند تشكل الفقاعة تكون:



قوة فرق الضغط بين داخل الفقاعة وخارجها = قوة التوتر السطحي

$$\gamma\times 2\times(2\pi R) = \Delta P\ \ (\pi R^2)$$

(نضرب المحيط بـ 2 لأنه لدينا سطحين داخلي و خارجي)

$$\Rightarrow \Delta P = P - P_0 = \frac{4\gamma}{R}$$

<u>للتوسع: طريقة ثانية أكثر عمقاً</u> :

مساحة سطح الفقاعة : $S = 4\pi R^2$

الزيادة في مساحة سطح الفقاعة :

$$dS = 8\pi R\, dR$$

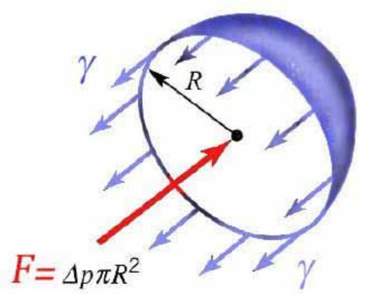
و العمل اللازم لزيادة السطح : يجب بذل عمل (للتغلب على قوة التوتر السطحي) $dW = \gamma\times 2dS = \gamma(2\times 8\pi R\, dR)$

(نضرب السطح بـ 2 لأنه لدينا سطحين داخلي و خارجي)

لكن حجم الكرة $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ وزيادة حجم الكرة نتيجة تغير الضغط $dV = 4\pi R^2 dR$

أي أن تغير العمل يجب أن يكون : $dW = \Delta P.dV = \Delta P.(4\pi R^2 dR)$ و بمساواة العملين نجد :

$$\gamma(2\times 8\pi R\,dR)=\Delta P.(4\pi R^2 dR)\Rightarrow$$
$$\Delta P=\frac{4\gamma}{R}$$



1- نعوض بالعلاقة السابقة :

$$P-P_0=\frac{4\times 2.5\times 10^{-2}}{1\times 10^{-2}}=1\ \text{Pa}$$

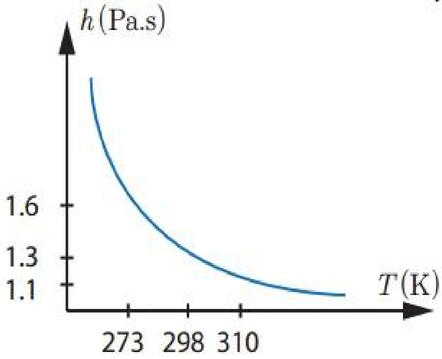
2- حساب فرق الضغط في قطرة: $\gamma\times(2\pi R)=\Delta P\ \ (\pi R^2)$

$$\Rightarrow \Delta P=P-P_0=\frac{2\gamma}{R}\Rightarrow \Delta P=\frac{2\times 2.5\times 10^{-2}}{1\times 10^{-2}}=5\ \text{Pa}$$

الدرس الثاني: اللزوجة

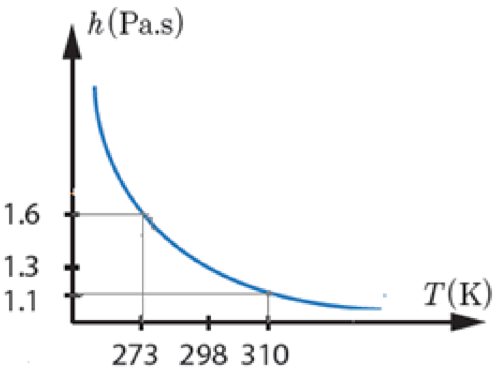
تمرين

لديك المُنحني البياني الذي يعبِّر عن تغيُّرات معامل اللّزوجة بدلالة درجة الحرارة.



المطلوب:

1. ما قيمةُ معامل اللّزوجة عندَ درجة الحرارة 273K
2. حدِّدْ قيمةَ درجة الحرارة عندَما تكونُ قيمةُ معامل اللّزوجة 1.1Pa.s
3. مـاذا تتوقّـعُ أن تكـونَ قيمـةُ معامـل اللّزوجـة مـن أجـل درجـة حـرارة 450K خـارجَ الخـطّ البيانـي؟



حل أسئلة الصفحة 84:

الحل: حسب الرسم البياني المعطى فإن:

1- قيمة معامل اللزوجة عند الدرجة 273K هي 1.6 Pa.s

2- قيمة درجة الحرارة المقابلة لمعامل اللزوجة 1.1 pa.s هي 310 K

3- صغيرة وأقل من 1.1 Pa.s

أختبر نفسي صفحة 85:

أولا: أجبْ عن الأسئلةِ الآتية:

1. أيُّهما أسهلُ، سكبُ الزَّيتِ من عبوةٍ زجاجيّة في الصّيف أم في الشّتاء؟ علّل إجابتَك.
2. أيُّهما أكبرُ، قوى التَّماسُك في زيتِ المُحرِّكات أم في الماء؟
3. كيفَ يمكنُك بتجربةٍ بسيطةٍ مُقارَنة لُزوجة سائلَين؟
4. أعطِ تفسيراً علمياً لكلٍّ ممَّا يلي:
   a. تزدادُ لزوجةُ السَّائل بازدياد كثافتِه النّسبية.
   b. تستهلكُ السّياراتُ أثناء حركتِها في الشّتاء كميّة من الوقود أكبر من كمّية الوقود المُستهلَكة في الصَّيف.
   c. يُستخدَمُ زيت عالي اللُّزوجة في تزييت أجزاءِ الآلاتِ الَّتي يحدثُ احتكاكٌ بينَها.
   d. لا يصلحُ الماءُ لتزييتِ أجزاءِ الآلات التي يحدثُ احتكاك بينها.

أولا:

1) إن سكب الزيت في الصيف أسهل من الشتاء لأنه بارتفاع درجة الحرارة تقل اللزوجة.

2) إن قوى التماسك في زيت المحركات أكبر من قوى التماسك في الماء.

3) نأخذ إناءين متماثلين ونملؤهما بالسائلين، نسكب السائلين في الإناءين في آن واحد ،السائل الذي يفرغ في الإناء بزمن أقل هو السائل الأقل الزوجة.

4) a - بازدياد الكثافة تزداد قوى التماسك بين جزيئات السائل مما يزيد مقاومة السائل لحركة الجزيئات أو لحركة الاجسام فيه وبالتالي تزداد اللزوجة.

b- عندما تتحرك السيارة تتلقى مقاومة بسبب لزوجة الهواء الملامس لها وتزداد هذه المقاومة بازدياد اللزوجة الهواء فيزداد العمل المبذول من المحرك للتغلب على القوى المقاومة والاحتكاك في جزيئات الهواء.

c- كي تحمي أجزاء الآلات من التآكل وعدم تولد حرارة كبيرة نتيجة احتكاك أجزاء الآلة فيما بينها.

d- بسبب صغر لزوجة الماء وضعف قوة التصاقه مع المعادن حيث ينساب بسرعة بين أجزاء الآلة.

ثانيا: حُلَّ المسألةَ التالية:

كرةٌ من الحديد، نصفُ قطرها $r = 1\,\text{cm}$، الكتلةُ الحجميّة للحديد $\rho_{Fe} = 7800\,\text{kg.m}^{-3}$، تسقطُ في الماء حيثُ إنَّ كتلته الحجميّة $\rho_{H_2O} = 1000\,\text{kg.m}^{-3}$، ومعامل لزوجة الماء $\eta = 1\times10^{-3}\,\text{Pas}$ **والمطلوب :**

- استنتجِ العلاقةَ المُحدَّدة للسّرعة الحدية في الماء، ثمَّ احسب قيمتَها.
- احسب شدَّةَ قوّة مُقاوَمة الماء لحركة الكرة لحظةَ الوصول إلى السرعة الحدية.
- احسب شدَّةَ دافعةِ أرخميدس المُؤثِّرة على الكرة أثناءِ حركتِها داخلَ السَّائل.
- وازن بينَ ثقل الكرة ومجموع شدَّة دافعة أرخميدس وقوّة مقاومة الماء لحركة الكرة لحظة الوصول إلى السّرعة الحدية، وماذا تستنتجُ؟

الحل : 1-

عند سقوط الكرة بالماء تتزايد سرعتها حتى تصبح محصلة القوى المؤثرة بالكرة معدومة وعندها تصبح حركة الكرة داخل السائل مستقيمة منتظمة سرعتها ثابته أي $\vec{W}+\vec{B}+\vec{f}=\vec{0}$: بالإسقاط على محور شاقولي له جهة الثقل:

بالتعويض بالعلاقة الأخيرة نجد: $v_t=\frac{2r^2(\rho-\rho')g}{9\eta}=\frac{2(0.01)^2(7800-1000)\times 10}{9\times 1\times 10^{-3}}=1511.11\ \mathrm{m.s^{-1}}$

1- شدة قوة مقاومة الماء:

$$w=F=V\rho g=V\rho' g+6\eta\pi r v_t$$

$$w=F=\frac{4}{3}\pi r^3\ \rho_{Fe}\ g=\frac{4}{3}\pi(10^{-2})^3\times 7800\times 10=0.32656\ \mathrm{N}$$

3- من العلاقة $\vec{w}+\vec{B}+\vec{f}=\vec{0}$ بالإسقاط والإصلاح :

$$w-B-6\eta\pi r v_t=0$$

$$B=w-6\eta\pi r v_t$$

بالتعويض:

$$B=0.32656-6\times 10^{-3}\times\pi(0.01)\times 1511.11$$

$$B=0.32656-0.2847=0.0418\ \mathrm{N}$$

4- يلاحظ أن ثقل الكرة = قوة مقاومة الماء + دافعة أرخميدس

الدرس الثالث: الحرارة والطاقة الداخلية

حل أسئلة الصفحة 98

أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. إذا سخّنا مزيجاً من الماء السّائل والجليد فوقَ موقدٍ فإنَّ درجة حرارة المزيج:
   a. ترتفعُ. b. تنخفضُ. c. تبقى على حالها. طيلة فترة الانصهار
2. عندما يأخذُ الماءُ بالغليان فإنَّ درجةَ حرارته:
   a. تبقى ثابتة. b. تزدادُ معَ زيادة الغليان. c. تزدادُ بزيادة التبخُّر.
3. الطاقة الداخليّة لمول من الماء في الطّور السّائل هي:
   a. أكبرُ من الطّاقة الداخليّة لمول من الماء في الطَّور الغازي، وبدرجة الحرارة ذاتها.
   b. أصغرُ من الطاقة الداخليّة لمول من الماء في الطّور الغازيّ، وبدرجة الحرارة ذاتها.
   c. تَساوي الطّاقة الداخليّة لمول من الماء في الطّور الغازي وبدرجة الحرارة ذاتها.
4. عندَ تجمُّد الماء بدرجةِ الحرارة $0^\circ C$ فإنَّ طاقتَه الداخليّة:
   a. تزداد. b. تنقص. c. تبقى على حالها.
5. عنـدَ إدخـال قطعـةٍ مـن الحديـدِ السّـاخن إلـى حجـرةٍ مُغلَقـة معزولـةً حراريّـاً تحتـوي المـاء البـارد، فـإنَّ الطّاقـة الكليّـة لجملـة الحديـد والمـاء:
   a. تزداد. b. تنقص. c. تبقى على حالها.
6. الطاقة الداخليَّة لجملةٍ معزولةٍ تحصلُ فيها تفاعُلاتٌ كيماويّة:
   a. ثابِتة. b. مُتزايِدة دوماً. c. مُتناقِصة دوماً.
7. في الجسم الصُّلب تكونُ مُساهَمة الطاقة الكامِنة للرّوابط بينَ الذرّات في الطاقة الداخليّة للجسم الصُّلب:
   a. موجبِة. b. سالِبة. c. معدومة.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

نسـخّن 1 kg من المـاءَ فـوقَ موقـدٍ، فترتفـعُ درجـةُ حرارتـه مـن الدّرجـة $t_1 = 20^\circ C$ إلـى الدّرجـة $t_2 = 50^\circ C$،
أوجـد تغيُّـرَ الطاقـة الداخليّـة للمـاء.

الحل: من قانون تغير الطاقة الداخلية: $\Delta U = Q + W$ أي:

$$\Delta U = Q - P\,\Delta V$$

و بما أن الحجم لم يتغير: $\Leftarrow$ $P\,\Delta V = 0$ و بالتالي: $\Delta U = Q$

$$\Delta U = m\,C_0(t_2 - t_1) = 1\times 4200\times(50-20) = 126000\ \text{J}$$

المسألة الثانية:

لدينا $20\,g$ من غاز الأرغون في أسطوانةٍ مُغلَقة، نفترضُ أنّ الضّغطَ صغيرٌ ضمنَ الأسطوانة (الغاز مُمدَّد) بشكلٍ يسمحُ بإهمال قوى التأثير المُتبادَل بينَ جزيئات الغاز. نقومُ بتسخين هذا الغاز، فيكتسبُ طاقةً حراريّة تساوي $Q = 20\,J$ **المطلوب.** حساب:

a. مقدارُ تغيُّر الطاقة الداخليّة للغاز؟

b. مقدارَ تغيُّر الطاقة الحركيّة المُتوسّطة لكلِّ جُزيء في الغاز.

الحل :(a لدينا $\Delta U = Q + W$

باعتبار أن الحجم ثابت (أسطوانة مغلقة) $\Leftarrow$ $W = P\,\Delta V = 0$ لثبات الحجم $\Leftarrow$

$$\Delta U = Q = 20\,J$$

b) لدينا من القانون :

$$Q = m\,C_0\,\Delta t$$

$$20 = 0.02 \times 20.786\,\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{20}{0.02 \times 20.786} \approx 48\ ^0C$$

و من العلاقة :

$$\varepsilon = \frac{3}{2} k\,T$$

$$\varepsilon = \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times (48 + 273) = 6.64 \times 10^{-21}\,J$$

المسألة الرّابعة:

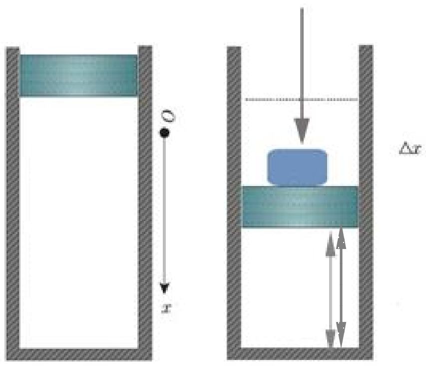
لدينا غازٌ ضمنَ أسطوانةٍ معزولةٍ حراريّاً، مُغلَقة بمكبسٍ مُهمَلِ الكتلة، مساحةُ سطحه $40\,cm^2$. نأخذُ $g = 10\,m.s^{-2}$، والضّغط الخارجي $P_0 = 10^5 Pa$. نضعُ فوقَ المكبس كتلةً مقدارُها $m = 8\,kg$ فينضغطُ المكبس بمقدار $20\,cm$.

المطلوب:

1. احسب تغيُّر الطاقة الداخليّة للغاز.

2. نفترضُ أنّ الغازَ الموجود داخل الأسطوانة هو غازُ الهليوم ويبلغُ عددُ مولات الغاز $3\,mol$. احسب مقدارَ ارتفاع درجة حرارة الغاز. (ثابت الغازات العام يساوي $R = 8.314\ J.mol^{-1}.K^{-1}$).

الحل:



-1 من العلاقة: $\Delta U = Q + W$

وباعتبار أن الأسطوانة معزولة حرارياً $\Leftarrow$ $Q = 0$

$$\Delta U = W = -P\,\Delta V$$

$$\Delta U = W = -P_{tot}\,(V_f - V_i)$$

$$\Delta U = W = -(\frac{m\,g}{s} + P_0)(\Delta V)$$

بالتعويض: مع ملاحظة أن $-\Delta V = s\,\Delta x$

(سالب):

$$\Delta U = W = -(\frac{8 \times 10}{40 \times 10^{-4}} + 10^5)(-\,40 \times 10^{-4} \times 20 \times 10^{-2}) = 8160\ J$$

-2 $P_{tot}.V = nRT \Rightarrow T = \frac{P_{tot}.V}{nR}$. لنحسب الضغط الكلي أولاً :

نعوض: $P = \frac{8\times10}{40\times10^{-4}} + 10^5 = 1.2\times10^5 \ Pa$

$$\Rightarrow T = \frac{1.2\times10^5 \times 40\times10^{-4} \times 20\times10^{-2}}{3\times8.314} = 3.848 \text{ K}$$

الدرس الرابع: الحرارة الكتلية حل أسئلة صفحة 106

أختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصَّحيحة لكلٍّ ممَّا يأتي:

1. نسخِّنُ 1 kg من الماء من الدرجة 20°C إلى الدّرجة 40°C حيث $C_{H_2O} = 4200 \text{ J.kg}^{-1}.°\text{C}^{-1}$ إنَّ كمّية الطاقة الحرارية التي يكتسبُها الماءُ قدرُها:

a. 0.21 KJ   b. 1584 J   c. $\boxed{84 \text{ KJ}}$ d. 84000 KJ

2. نضعُ مكعبَ جليدٍ في إناء يحوي ماءً سائلاً، إنَّ درجةَ حرارة المزيج بجوار سطح المكعّب:

a. 25°C   b. 100°C   c. $\boxed{0°\text{C}}$ d. 273°C

3. إنَّ الحرارةَ الكتليّة لمادّة تتعلّقُ:

a. بالكتلة فقط.   b. بتغير درجة الحرارة فقط.   c. بكمية الحرارة التي تكتسبها المادة أو تفقدها.   d. بجميع ما سبق. (الإجابة d)

ثانيا: أعطِ تفسيراً علميّاً لكلٍّ ممّا يأتي:

a. يُستخدَم الماءُ كسائلٍ لتبريدِ المُحرّكات.

لأن الحرارة الكتلية للمرتفعة، فتمتص كميات كبيرة من الحرارة، ودرجة غليانها مرتفعة.

b. لا يُستخدَم سوائلُ أخرى في عمليّات تبريد المُحرّكات.

لأن معظم السوائل حرارتها الكتلية قليلة مقارنة بالحرارة الكتلية للماء.

لأن معظم المعادن ناقل جيدة للحرارة، فتتبادل الحرارة بسرعة مع الوسط الخارجي.

c. يبرّدُ الماءُ السّاخن في إبريقٍ معدنيّ بسرعةٍ أكبرَ من الماءِ الموضوع في إبريقٍ في البورسلان.

أما البورسلان رديء النقل للحرارة، ويتبادل الحرارة ببطء مع الوسط الخارجي.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

مِلعقة من الحديد، كتلتُها $75\ g$، سُخِّنَت للدّرجة $100°C$ ثم تُرِكَت لتبرُد لدرجة حرارة الغرفة $20°C$. فإذا علمْت أنّ الحرارةَ الكتليّة للحديد هي $C_{Fe} = 444\ J/kg°C$:

a. احسب كمّية الحرارة التي تخسرُها المِلعقة عندَما تبرد.

b. نفترضُ أنّ العمليّة كُرِّرت مرّتين في اليوم ولمدّة ثلاثين يوماً. احسب كمّية الحرارة التي تفقدُها مِلعقة الحديد.

الحل: a – كمية الحرارة التي خسرتها ملعقة الحديد: $Q = m.C_{Fe}.(t_f - t_i) = 0.075 \times 444 \times (100 - 20) = 2664\ J$

b - كمية الحرارة التي تخسرها الملعقة خلال ثلاثين يوم: $Q' = n\,Q = 2 \times 30 \times 2664 = 159840\ J$

المسألة الثانية:

ليكن لدينا كمّية من الماء، كتلتُها $200\ g$ بدرجة حرارة $90°C$. رمينا فيها قطعةً نحاسيّةً كتلتها $40\ g$ ودرجة حرارتها $20°C$. ننتظرُ حتّى تتوازَن كلٌّ من درجةِ حرارة الماء وقطعة النّحاس. احسب درجة حرارة التوازُن، علماً أنّ الحرارة الكتليّة للنّحاس هي $C = 383\ J/kg°C$.

الحل:

كمية الحرارة التي يخسرها الماء = كمية الحرارة التي تكسبها قطعة النحاس

$$m_{Cu}.C_{Cu}.(t_{eq} - 20) = m_{H_2O}.C_{H_2O}.(90 - t_{eq})$$

$$0.04 \times 383 \times (t_{eq} - 20) = 0.2 \times 4200 \times (90 - t_{eq})$$

$$t_{eq} = 88.74\ ^0C$$

المسألة الثالثة:

نسخّنُ وعاءً من الألمنيوم الصّلب، كتلتُه $0.5\ kg$، يحتوي $0.5\ kg$ من الماء على موقد، فترتفعُ درجةُ حرارة الجملة من الدّرجة $20°C$ إلى الدّرجة $80°C$.

1. احسُب مقدارَ كمّية الحرارة التي اكتسبَها الألمنيوم ($C_{Al} = 900\ J.kg^{-1}.°C^{-1}$).
2. احسُب مقدارَ كمّية الحرارة التي اكتسبها الماءُ ($C_{H_2O} = 4180\ J.kg^{-1}.°C^{-1}$).
3. أيُّهما اكتسبَ كمّيةَ حرارةٍ أكبر، ما سببُ ذلك برأيك؟
4. احسب كتلة الماء التي تمتصُّ كمّية حرارةٍ مُساويةٍ لكمّية الحرارةِ التي امتصَّها الألمنيوم.

الحل:

-1 $$Q_{Al} = m_{Al}.C_{Al}.(t_f - t_i) = 0.5 \times 900 \times (80 - 20) = 27000\ J$$

-2 $$Q_{H_2O} = m_{H_2O}\ C_{H_2O}\ (t_f - t_i) = 0.5 \times 4180 \times (80 - 20) = 125400\ J$$

-3 الماء لأن حرارته الكتلية أكبر.

-4 $$27000 = m_{H_2O} \times 4180 \times (80 - 20)$$

$$m_{H_2O} = \frac{27000}{4180 \times 60} \approx 0.1\ kg$$

الوحدة الثالثة: الكهرباء

الدرس الأول: الكهرباء الساكنة

حل أسئلة الصفحة 112

أختبر نفسي

أولاً: اخترِ الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. القوى الكهربائيّة المُتبادَلة بين الشّحنات الكهربائيّة النقطية المُتماثِلة، تكونُ قوىً:

a. تجاذبيّة فقط. b. تنافريّة فقط. c. تجاذبيّة وتنافُريّة. d. تجاذبية أو تنافريّة.

2. شُحنتان نقطيّتان (q_2, q_1) ساكِنتان، البُعد بينَهما d، نزيدُ البُعد بينَهما ليصبحَ ثلاثَة أمثال ما كانَ عليه فيصبحُ:

a. $F' = 3F$ b. $F' = \frac{F}{3}$ c. $F' = \frac{1}{9}F$ d. $F' = 9F$

3. شحنتان نقطيّتان ساكِنتان (q_2, q_1)، نضاعفُ شحنة كلٍّ منهما، ونزيدُ البُعد بينَ الشّحنتَين إلى الضّعف فيصبحُ:

a. $F' = 4F$ b. $F' = F$ c. $F' = \frac{F}{4}$ d. $F' = \frac{F}{2}$

4. كرتان معدنيتان متماثلتان ومعزولتان، تحمل إحداهما الشحنة $q_1 = 10\mu C$، وتحمل الأخرى الشحنة $q_2 = -2\mu C$، فإذا تلامست الكرتان، وفصلتا عن بعضهما فإنَّ كلاً من الكرتين:

a. تحتفظ بشحنتها كما هي. b. تحمل شحنة قدرها $6\mu C$. c. تحمل شحنة قدرها $4\mu C$. d. تصبح معتدلة.

5. شحنتان نقطيتان ساكنتان، تبعدان عن بعضهما في الخلاء مسافة d، وشدة القوة الكهربائية المتبادلة بينهما F، فإذا زدنا كلاً من الشحنتين إلى ثلاثة أمثال ما كانت عليه، تصبح شدة القوة F' تساوي:

a. $F' = 3F$ b. $F' = 9F$ c. $F' = 6F$ d. $F' = \frac{1}{9}F$

ثانيا:

ما أوجُه الشّبه بينَ ظواهر التجاذب والتنافُر بينَ الشّحنات الكهربائيّة وظواهر التجاذب والتنافُر بينَ الأقطاب المغناطيسيّة، وما الاختلافُ بين الشّحنات الكهربائيّة والمغانط؟

الحل: **التشابه:** الشحنتان المتماثلتان بالنوع تتنافران، والشحنتان المختلفتان بالنوع تتجاذبان.
القطبان المتماثلان بالنوع يتنافران، و القطبان المختلفان بالنوع يتجاذبان.

الاختلاف: ، يمكن فصل الشحنات الكهربائية عن بعضها البعض، في حين أنه لا يمكن فصل قطبي المغناطيس عن بعضهما البعض .

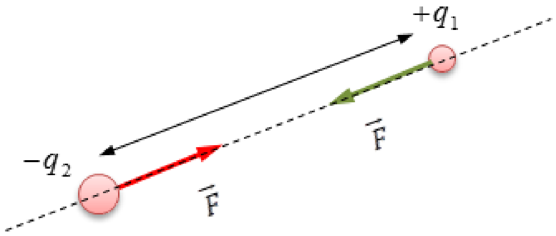
ثالثاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

شحنتان نقطيّتان ساكنتان $q_1 = 6\mu C$، $q_2 = -12\mu C$، البُعد بينَهما $d = 2\,cm$. **المطلوب**:
احسب شدّة القوّة الكهربائيّة المُتبادَلة بين الشّحنتَين النقطيّتَين، مع رسمٍ يوضّح جهة القوّة التي تؤثِّر بها q_2 على q_1.

الحل:

$$F = 9\times10^9 \times \frac{q_1.q_2}{d^2} = 9\times10^9 \times \frac{6\times10^{-6}\times12\times10^{-6}}{(2\times10^{-2})^2} = 1620\ N$$

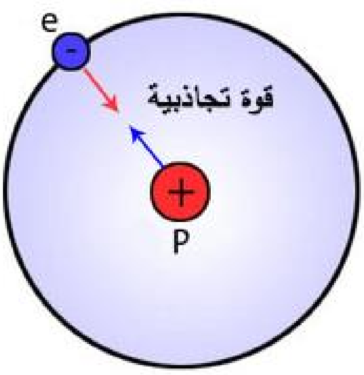


المسألة الثانية:

تتألّف ذرَّة الهيدروجين $_1H$ من بروتون يقعُ في نواتها، ومن إلكترون يدورُ حولَ النواة على مَسار نصف قطره $0.53\times10^{-10}m$، فإذا علمتَ أنّ شحنة الإلكترون: $q_e = -1.6\times10^{-19}C$، وشحنة البروتون: $q_p = 1.6\times10^{-19}C$
فاحسب شدَّة القوة الكهربائيّة المُتبادَلة بينهما مع رسمٍ هندسيّ يوضّح هذه القوّة.

الحل:

$$F = 9\times10^9 \times \frac{q_1.q_2}{d^2} = 9\times10^9 \times \frac{1.6\times10^{-19}\times1.6\times10^{-19}}{(0.53\times10^{-10})^2} = 8.2\times10^{-8}\ N$$



المسألة الثالثة:

مثلث مُتساوي الأضلاع، طولُ ضلعه $6\,cm$، نضعُ في رؤوسه الثلاث (A, B, C) ثلاث شحنات نقطيّة على الترتيب: $q_3 = 6\mu C$، $q_2 = 4\mu C$، $q_1 = 0.2\mu C$. احسُب شدَّة مُحصّلة القوى المؤثِّرة في q_1.

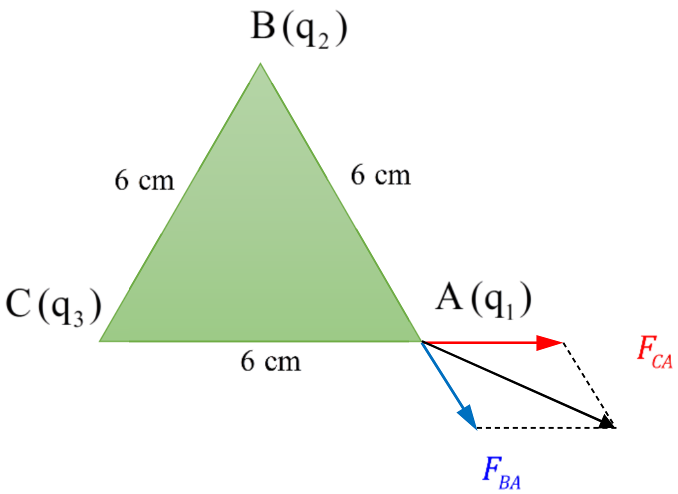
الحل:

$$F_{BA} = 9\times10^9 \times \frac{q_1.q_2}{d^2} = 9\times10^9 \times \frac{0.2\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{(6\times10^{-2})^2} = 2N$$

$$F_{CA} = 9\times10^9 \times \frac{q_1.q_3}{d^2} = 9\times10^9 \times \frac{0.2\times10^{-6}\times6\times10^{-6}}{(6\times10^{-2})^2} = 3\ N$$

$$F = \sqrt{F_{BA}^2 + F_{CA}^2 + 2F_{BA}.F_{CA}\cos(60)}$$

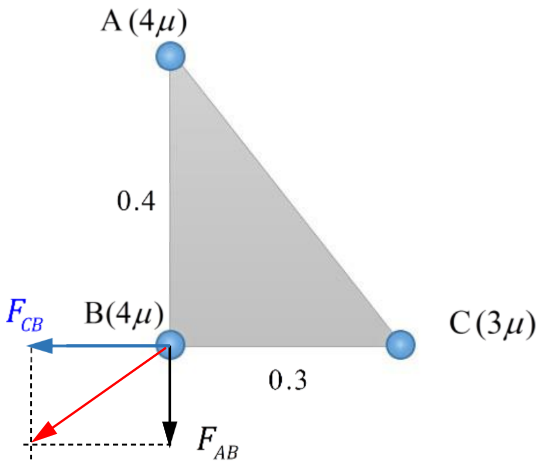
$$F = \sqrt{2^2 + 3^2 + 2\times2\times3\times0.5} = \sqrt{19}\ N$$



المسألة الرابعة:

مثلث ABC قائم الزّاوية في B، طول ضلعه $AB = 40\,cm$، وطول ضلعه $BC = 30\,cm$، نضعُ في رؤوس المثلَّث (A, B, C) ثلاث شحنات نقطيّة على الترتيب: $q_C = 3\mu C$، $q_B = 4\mu C$، $q_A = 4\mu C$. احسب شدّة القوّة الكهربائيّة المؤثِّرة في الشّحنة q_B الموضوعة في الرأس B.

الحل:



$$F_{AB} = 9\times 10^9 \times \frac{q_A.q_B}{d^2} = 9\times 10^9 \times \frac{4\times 10^{-6}\times 4\times 10^{-6}}{(0.4)^2} = 0.9\ N$$

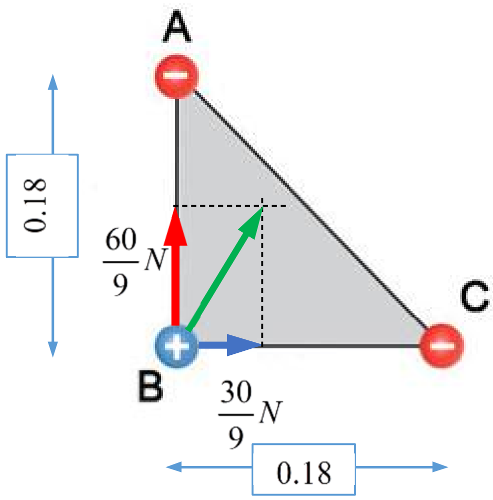
$$F_{CB} = 9\times 10^9 \times \frac{q_C.q_B}{d^2} = 9\times 10^9 \times \frac{3\times 10^{-6}\times 4\times 10^{-6}}{(0.3)^2} = 1.2\ N$$

$$F = \sqrt{(F_{AB})^2 + (F_{BC})^2} = \sqrt{(0.9)^2 + (1.2)^2} = 1.5\ N$$

المسألة الخامسة:

ثلاث شحنات نقطيّة ساكنة $q_1 = -8\mu C$، $q_2 = 3\mu C$، $q_3 = -4\mu C$ متوضِّعة عند النقاط (C, B, A) على الترتيب، وهي رؤوس مثلث مُتساوي السّاقين $AB = BC = 18\,cm$، وقائم الزاوية في B. المطلوب: احسب شدّة القوّة الكهربائيّة المؤثِّرة في الشحنة q_2، الموضوعة في B.

الحل:



$$F_{AB} = 9\times 10^9 \times \frac{q_A.q_B}{d^2} = 9\times 10^9 \times \frac{8\times 10^{-6}\times 3\times 10^{-6}}{(0.18)^2} = \frac{60}{9}\ N$$

$$F_{CB} = 9\times 10^9 \times \frac{q_C.q_B}{d^2} = 9\times 10^9 \times \frac{4\times 10^{-6}\times 3\times 10^{-6}}{(0.18)^2} = \frac{30}{9}\ N$$

$$F = \sqrt{(F_{AB})^2 + (F_{BC})^2} = \sqrt{(\frac{60}{9})^2 + (\frac{30}{9})^2} = \frac{10\sqrt{5}}{3}\ N$$

الدرس الثاني: الحقل الكهربائي الساكن حل أسئلة الصفحة ١٢٣

أختبر نفسي

أولاً: اخترِ الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. وحدة قياس شدّة الحقل الكهربائيّ:

a. $N.m^{-2}$ b. $N.C^{-2}$ c. $N.C^{-1}$ d. $N.C^{-2}.m^{-2}$

2. إذا وضعت شحنةٌ كهربائيّة نقطيّة سالبة حرّة الحركة في منطقةٍ يسودُها حقلٌ كهربائيّ مُنتظَم فإنّها:

a. تبقى ساكنة في موضعها. b. تتحرّك باتّجاه الحقل الكهربائيّ. c. تتحرّك في مسارٍ دائريّ. d. تتحرّك باتّجاهٍ مُعاكِس لجهة الحقل الكهربائيّ.

3. في نقطةٍ من منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيّ ساكن تكونُ شدّته تتناسبُ طرداً مع:

a. قيمة الشّحنة المُتأثّرة الموضوعة في تلك النقطة.

b. قيمة الشّحنة المولّدة للحقل.

c. بُعد الشّحنة المتأثّرة عن الشّحنة المولّدة للحقل.

d. مُربّع بُعد الشّحنة المولّدة للحقل عن الشّحنة المتأثّرة.

4. منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيّ ساكن مُنتظم، شدّته $E = 600\,N.C^{-1}$، إذا وضعت فيه شحنةٌ نقطيّة $q = 2\mu C$ فإنّها تتأثّر بقوّة كهربائيّة $\vec{F}$، شدّتها تساوي:

a. $8\times10^{-4}N$ b. $4\times10^{-4}N$ c. $3\times10^{-4}N$ d. $12\times10^{-4}N$

5. إذا وضعتَ شحنتَين نقطيّتَين ساكنتَين q_1, q_2، على طرفَي وتر مُثلّث قائم الزاوية، فيتولّد في الرأس الثالث للمثلّث حقلٌ كلّي كهربائيّ ساكن $\vec{E}$، تُعطى شدّته بالعلاقة: (حيث E_1 شدّة الحقل المُتولّد من q_1 و E_2 شدة الحقل المُتولد من q_2)

a. $E = \sqrt{E_1^2 - E_2^2}$ b. $E = E_1 + E_2$ c. $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ d. $E = E_1 - E_2$

6. منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيّ مُنتظَم، شدته E، إذا وضعت شحنة نقطية q فإنّها تتأثّر بقوّة كهربائيّة شدتُها F، إذا جعلنا مقدارَ الشّحنة $q' = 4q$ فتصبحُ F' تساوي:

a. $F' = \frac{1}{4}F$ b. $F' = 16F$ c. $F' = 4F$ d. $F' = \frac{1}{8}F$

7. تشكّل الصفيحتان المتوازيتان لبوسي مكثّف، إذا وصلنا الى منبع كهربائيّ متواصِل، لتشحنا بشحنتَين كهربائيتَين مُتماثلتَين بالمقدار ومختلفتَين نوعاً، فالمنطقة المُحدَّدة بينَهما يسودُها حقلٌ كهربائيّ ساكن مُنتظَم، خطوطه مُستقيمة مُتوازية فيما بينَها:

a. وتوازي سطحَي الصفيحتَين أفقيّاً.

b. وتوازي سطحَي الصفيحتَين شاقوليّاً.

c. وعموديّة على سطحَي الصفيحتَين.

d. ومائلة على سطحَي الصفيحتَين.

ثانيا: ضع اشارة (✓)أمام العبارة الصحيحة ،واشارة (×) أمام العبارة المغلوطة ثم صححها ، في كل من مما يأتي:

1 – الحقل الكهربائي الساكن في نقطة من منطقة يسودها ، يتعلق بالشحنة الموضوعة في تلك النقطة .

الجواب: (×) التصحيح: يتعلق بالشحنة المولدة للحقل وببعد النقطة عن الشحنة المولدة.

2 – الحقل الكهربائي الساكن مقدار سلمي .

الجواب: (×) التصحيح: الحقل الكهربائي الساكن مقدار شعاعي.

3 - يتولد حقل كهربائي ساكن منتظم عن شحنة نقطية ساكنة في المنطقة المحيطة بها.

الجواب: (×) التصحيح :الحقل الكهربائي الساكن غير منتظم.

4 - اذا وضعت شحنة كهربائية نقطية في نقطة من منطقة يسودها حقل كهربائي ساكن ، تبقى ساكنة في النقطة التي توضع فيها .

الجواب: (×) التصحيح: تتحرك بسبب خضوعها لقوة كهربائية تجاذبية أو تنافرية.

5 - أشعة الحقل الكهربائي الساكن مماسية لخطوط الحقل في كل نقطة من المنطقة التي يسودها .

الجواب (✓)

6 - تتقارب خطوط الحقل الكهربائي الساكن في منطقة يسودها حقل ضعيف.

الجواب: (×) تتباعد

7 - يمكن استعمال برادة الحديد وزيت الخروع، لتشكل خطوط حقل كهربائي ساكن في منطقة يسودها هذا الحقل .

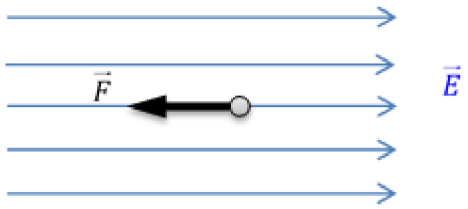
الجواب (✓)

ثالثا: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

وضعت شحنة كهربائيّة نقطيّة $q = -2\mu C$ في نقطةٍ من منطقةٍ يسودُها حقلٌ كهربائيّ مُنتظَم فتأثَّرت بقوّة شدّتُها $F = 0.08\ N$. **والمطلوب:**

1. احسب شدّة الحقل الكهربائيّ المُنتظَم المؤثِّر على q.
2. ارسم شكلاً يوضّح:
   a. خطوط قوّة الحقل الكهربائيّ.
   b. شعاع القوّة الكهربائيّة وشعاع الحقل الكهربائيّ المؤثِّرين في q.



a) الحل: حساب شدة الحقل الكهربائي المؤثر على الشحنة q :

من القانون: $E = \frac{F}{q} = \frac{0.08}{2\times10^{-6}} = \frac{8\times10^{-2}}{2\times10^{-6}} = 4\times10^{4}\ N.C^{-1}$

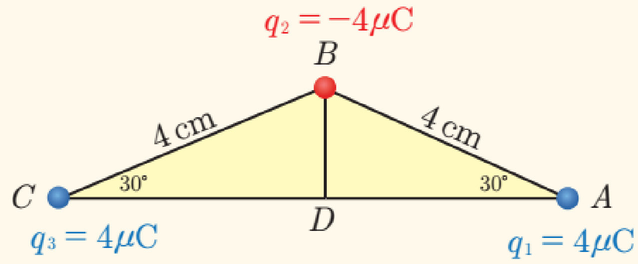
المسألة الثانية:

من خلال قراءتك للشكل المجاور. **المطلوب:**

1. احسب شدّة الحقل الكهربائي الكلّي في النقطة D

.

2. احسب شدّة القوّة الكهربائيّة المؤثِّرة في الشحنة q_2 المتوضّعة في النقطة B.



1- إن الحقلين الناتجين عن الشحنتين في A و C في النقطة D هما على حامل واحد و بجهتين متعاكستين متساويين فمحصلتهما معدومة أما الحقل الناتج عن الشحنة الموضوعة في الرأس B في النقطة D فشدته :

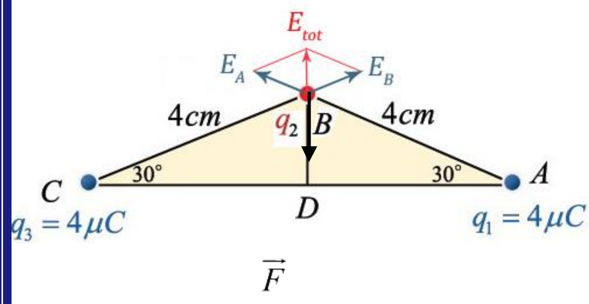
الضلع $BD = 2cm = 2\times10^{-2}\,m$ لأنه مقابل للزاوية 30 $\Leftarrow$

$$E = 9\times10^9 \times \frac{q}{d^2} \quad \Rightarrow \quad E = 9\times10^9 \times \frac{4\times10^{-6}}{(2\times10^{-2})^2} = 9\times10^7\ N.C^{-1}$$

-2

$$E_A = E_C = 9\times10^9 \times \frac{q}{d^2}$$

$$E_A = E_C = 9\times10^9 \times \frac{4\times10^{-6}}{(4\times10^{-2})^2} = \frac{9}{4}\times10^7\ N.C^{-1}$$



$$E_{tot} = \sqrt{E_A^2 + E_C^2 + 2.E_A.E_C\cos 120}$$

$$E_{tot} = \sqrt{\left(\frac{9}{4}\times10^7\right)^2 + \left(\frac{9}{4}\times10^7\right)^2 + 2.\left(\frac{9}{4}\times10^7\right).\left(\frac{9}{4}\times10^7\right)(-\frac{1}{2})} = \frac{9}{4}\times10^7\ N.C^{-1}$$

حساب شدة القوة :

$$F = q_2.E_{tot} = 4\times10^{-6}\times\frac{9}{4}\times10^7 = 90\ N$$

المسألة الثالثة :

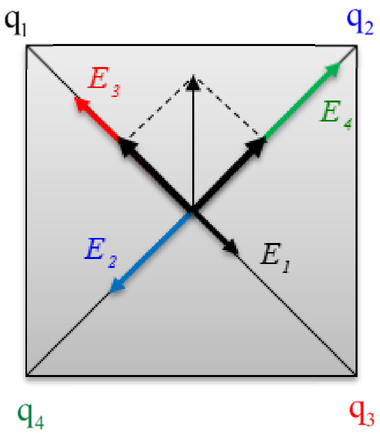
وُضِعت أربعَ شحناتٍ نقطية $q_1 = 2\mu C$ ، $q_2 = 4\mu C$ ، $q_3 = 6\mu C$ ، $q_4 = 8\mu C$ على زوايا مُربَّع طول ضلعه $a = 0.1\,m$ مرتّبة على التوالي باتّجاه دوران عقارب السّاعة.

المطلوب:

1. احسب شدَّة الحقل الكهربائيّ الكلّي الساكن عندَ مركز المُربَّع.
2. حدّد عناصر القوّة الكهربائيّة المؤثِّرة في إلكترون موضوع في مركز المربَّع

شحنة الإلكترون: $e = 1.6\times10^{-19}C$

لدينا طول قطر المربع = $a\sqrt{2}$ حيث $a=0.1$ و نصف قطر المربع: $\frac{0.1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{a}{\sqrt{2}}=\frac{a\sqrt{2}}{2}$



الحقل الناتج عن الشحنة $q_1=2\times10^{-6}$: $E_1=9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}}{(\frac{0.1}{\sqrt{2}})^2}=36\times10^5$

الحقل الناتج عن الشحنة $q_2=4\times10^{-6}$: $E_2=9\times10^9\times\frac{4\times10^{-6}}{(\frac{0.1}{\sqrt{2}})^2}=72\times10^5$

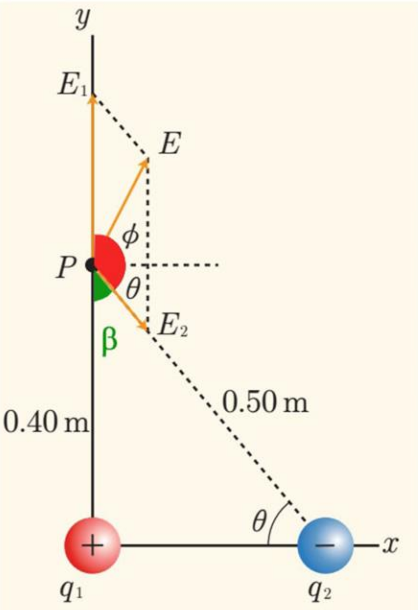
الحقل الناتج عن الشحنة $q_3=6\times10^{-6}$: $E_3=9\times10^9\times\frac{6\times10^{-6}}{(\frac{0.1}{\sqrt{2}})^2}=108\times10^5$

الحقل الناتج عن الشحنة $q_4=8\times10^{-6}$: $E_4=9\times10^9\times\frac{8\times10^{-6}}{(\frac{0.1}{\sqrt{2}})^2}=144\times10^5$

E_1 , E_3 على حامل واحد وبجهتين متعاكستين محصلتهما الطرح: $E'=E_3-E_1=108\times10^5-36\times10^5=72\times10^5$

E_2 , E_4 على حامل واحد وبجهتين متعاكستين محصلتهما الطرح: $E''=E_4-E_2=144\times10^5-72\times10^5=72\times10^5$

أي الناتج هو مثلث قائم ومتساوي الساقين طول كل ساق: 72×10^5 أي المحصلة هي $E_{tot}=72\times10^5\sqrt{2}\ C.m^{-2}$



المسألة الرّابعة:

شحنتان متوضّعتان على رأسي مُثلّث قائم $q_1=+16\mu C$ ، $q_2=-12.5\mu C$ كما في الشّكل المُجاور. **المطلوب:**

– احسب شدّة الحقل الكهربائيّ الكلّي الناجم في الرّأس الثّالث P للمُثلّث.

يلاحظ من الشكل أن

$$\sin\theta=\frac{0.4}{0.5}=0.8=\cos\beta=-\cos(\widehat{E_1,E_2})$$

$$\Rightarrow \cos(\widehat{E_1,E_2})=-0.8$$

نحسب الحقل E_1: $E_1=9\times10^9\times\frac{q_1}{d_1^2}=9\times10^9\times\frac{16\times10^{-6}}{(0.4)^2}=9\times10^5\ N.C^{-1}$

نحسب الحقل E_2: $E_2=9\times10^9\times\frac{q_2}{d_2^2}=9\times10^9\times\frac{12.5\times10^{-6}}{(0.5)^2}=\frac{9}{2}\times10^5\ N.C^{-1}$

نطبق العلاقة العامة : $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1.E_2.\cos(\mathrm{E}_1 \hat{,} \mathrm{E}_2)}$

$$E = \sqrt{(9\times10^5)^2 + (\frac{9}{2}\times10^5)^2 + 2\times9\times10^5\times\frac{9}{2}\times10^5\times(-0.8)} \approx 6.03\times10^5\ \mathrm{N.C^{-1}}$$

الدرس الثالث: الكمون الكهربائي

حل أسئلة الصفحة 132

أختبر نفسي

أولاً: اخترِ الإجابةَ الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

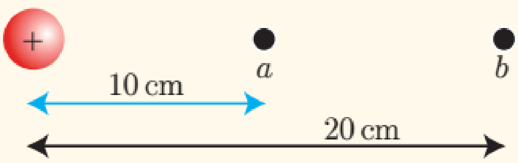
1. ناقل كرويّ مُعتدِل ومعزول، قطرُه $2\,\mathrm{m}$، إذا اكتسبَ شحنة مقدارُها $2\,\mathrm{c}$ فإنَّ كمونه الذي يقدَّر بالفولت بدلالة ثابت كولوم يساوي:

a. $\boxed{2k}$ b. k c. $\frac{k}{2}$ d. $\frac{k}{4}$

2. في السّؤال السابق يكونُ الكمون الكهربائي عند نقطة على بُعد $50\,\mathrm{cm}$ من مركز الناقل بدلالة ثابت كولوم مُساوياً:

a. $\boxed{2k}$ b. k c. $\frac{k}{2}$ d. $\frac{k}{4}$

3. في الشّكل المُجاوِر، إذا علمت أنَّ الكمونَ الكهربائيَّ عند النقطة a يساوي $2\mathrm{V}$، فإنَّ الكمونَ الكهربائيَّ عند النقطة b يساوي:



a. $4\mathrm{V}$ b. $3\mathrm{V}$ c. $2\mathrm{V}$ d. $\boxed{1\mathrm{V}}$

4. في السّؤال السّابق تكون شحنة الناقل بالكولوم بدلالة ثابت كولوم مُساوية:

a. $\boxed{\frac{0.2}{k}}$ b. $\frac{k}{2}$ c. $\frac{20}{k}$ d. $20k$

ثانياً: حلَّ المسائل الآتية :

المسألة الأولى:

احسب الطاقة الكامنة الكهربائية التي يكتسبها جسيم شحنته $q' = 2\mu C$ إذا وضع عند نقطة تقع على بعد $3\,\mathrm{cm}$ من شحنة نقطية مقدارها $q = 3\times10^{-8}\mathrm{C}$.

الحل : لنحسب الكمون الناتج عن الشحنة $q_1 = 3\times10^{-8}\,\mathrm{C}$ في نقطة تبعد عنها $3\mathrm{cm}$:

$$V = 9\times10^{9}\times\frac{q}{r} = 9\times10^{9}\times\frac{3\times10^{-8}}{3\times10^{-2}} = 9000 \text{ Volts}$$

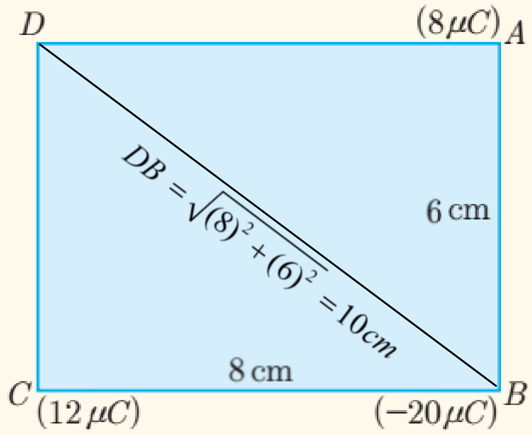
لنطبق قانون الطاقة الكامنة الكهربائية التي يكتسبها الجسيم ذو الشحنة $q' = 2\,\mu C = 2\times10^{-6}\,C$:

$$E_P = q'.V = 2\times10^{-6}\times9000 = 18\times10^{-3} \text{ J}$$

المسألة الثانية:

في الشّكل المُجاوِر ثلاث شحنات نقطيّة موضوعة عند الرؤوس C, B, A للمُستطيل. **المطلوب:**

1. احسبِ الكمون الكهربائيّ عندَ النقطة D.
2. احسبِ الكمون الكهربائيّ عندَ نقطة تَلاقي قطرَي المُستطيل.
3. نضعُ شحنةَ نقطيّة رابعة عند الرأس D، قيمتها $-20\mu C$، احسب شدَّة الحقل الكهربائيّ المُتولِّد عن الشُّحنات الأربع عند نقطة تلاقي قطرَي المُستطيل.



الحل: 1-

- الكمون الناتج عن الشحنة A في النقطة D :

$$V_A = 9\times10^9 \times \frac{8\times10^{-6}}{8\times10^{-2}} = 9\times10^5 \text{ Volts}$$

- الكمون الناتج عن الشحنة B في النقطة D

$$V_B = 9\times10^9 \times \frac{(-20\times10^{-6})}{10\times10^{-2}} = -18\times10^5 \text{ Volts}$$

- الكمون الناتج عن الشحنة C في النقطة D

$$V_C = 9\times10^9 \times \frac{12\times10^{-6}}{6\times10^{-2}} = 18\times10^5 \text{ Volts}$$

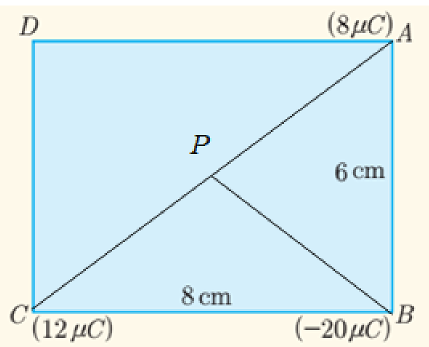
الكمون الكلي في النقطة D (لاحظ أن الكمون يجمع جبرياً)

$$V_{tot} = V_A + V_B + V_C$$
$$V_{tot} = 9\times10^5 + (-18\times10^5) + 18\times10^5 = 9\times10^5 \text{ Volts}$$

2- الكمون في نقطة تلاقي قطري المستطيل: من المعلوم أن قطري المستطيل متناصفان أي عند النقطة P

يكون $AP = BP = CP = DP = 5cm$

لنعيد حساب الكمونات الثلاث عند النقطة P و التي تبعد عن الشحنات الثلاث نفس البعد أي $5cm$



الكمون الناتج عن A في P

$$V_{A(P)} = 9\times10^9 \times \frac{8\times10^{-6}}{5\times10^{-2}} = 14.4\times10^5 \ volts$$

الكمون الناتج عن B في P

$$V_{A(B)} = 9\times10^9 \times \frac{(-20\times10^{-6})}{5\times10^{-2}} = -36\times10^5 \ volts$$

الكمون الناتج عن C في P

$$V_{A(C)} = 9\times10^{9}\times\frac{12\times10^{-6}}{5\times10^{-2}} = 21.6\times10^{5} \text{ Volts}$$

الكمون الكلي في النقطة P ينتج عن الجمع الجبري للكمونات في P

$$V_{tot} = V_{A(P)} + V_{B(P)} + V_{C(P)}$$
$$V_{tot} = 14.4\times10^{5} + (-36\times10^{5}) + 21.6\times10^{5} = 0$$

المسألة الثالثة:

ناقل كروي معزول ومشحون، نصف قطره $2\,\text{cm}$، فإذا علمتَ أنَّ الكمون الكهربائيّ على سطحه يساوي $4.5\times10^{3}\text{V}$، **المطلوب:**

1. احسبِ شحنة الناقل الكروي.
2. احسبِ الكمونَ الكهربائي عند النقاط الآتية:
   a. نقطة تقعُ على بُعد $1\,\text{cm}$ من المركز.
   b. نقطة تقعُ على بُعد $10\,\text{cm}$ من المركز.
   c. نقطة تقعُ على بُعد $16\,\text{cm}$ من سطح الناقل.

الحل :

1- من القانون : $V = 9\times10^{9}\times\frac{q}{R}$ نعوض : $4.5\times10^{5} = 9\times10^{9}\times\frac{q}{2\times10^{-2}} \Leftarrow q = 10^{-6}\ C$

2- أ - **ملاحظة** : إن الكمون الكهربائي داخل ناقل كروي يساوي كمون السطح ذلك بشرط أن يكون البعد $d \le R$ (أي داخل الكرة أو على سطحها) و بالتالي الكمون على بُعد 1 cm من المركز هو نفسه كمون السطح أي : 4.5×10^{5} Volts

ب- حساب الحقل على بُعد 10 cm من المركز : $V = 9\times10^{9}\times\frac{q}{r_1} = 9\times10^{9}\times\frac{10^{-6}}{10\times10^{-2}} = 0.9\times10^{5}\text{ Volts}$

ج- حساب الحقل على بُعد 16 cm من سطح الناقل :أي على بُعد 18 cm من المركز :

$$V = 9\times10^{9}\times\frac{q}{r_2} = 9\times10^{9}\times\frac{10^{-6}}{18\times10^{-2}} = 0.5\times10^{5}\text{ Volts}$$

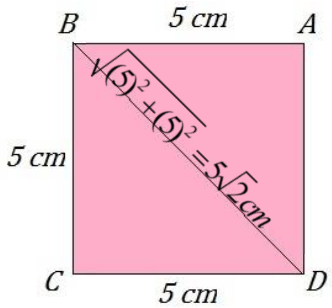
المسألة الرابعة:

مربعٌ $ABCD$ طول ضلعه $5\,\text{cm}$، وُضِعَت عندَ الرَّأس A الشحنة $20\mu C$، وعندَ الرأس B الشحنة $10\sqrt{2}\,\mu C$

المطلوب:

احسب الشّحنة اللازم وضعها عندَ الرأس C ليكون الكمون الكهربائي عند الرأس D مُساوياً الصفرَ.

الحل :



- الكمون الكهربائي عند D الناتج عن الشحنة في A قيمته

$$V_{A(D)} = 9\times10^9 \times \frac{20\times10^{-6}}{5\times10^{-2}} = 36\times10^5 \text{ Volts}$$

- الكمون الكهربائي عند D الناتج عن الشحنة في B قيمته

$$V_{B(D)} = 9\times10^9 \times \frac{10\sqrt{2}\times10^{-6}}{5\sqrt{2}\times10^{-2}} = 18\times10^5 \text{ Volts}$$

- و بما أن الكمون عند D معدوم أي : $V_{A(D)} + V_{B(D)} + V_{C(D)} = 0$

لنعوض كل بقيمته: $36\times10^5 + 18\times10^5 + V_{C(D)} = 0$

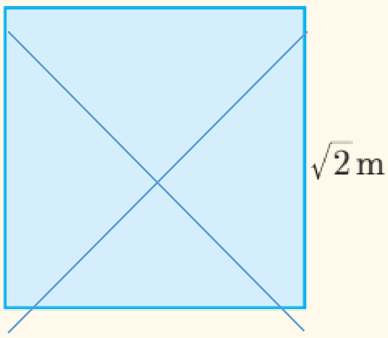
$$V_{C(D)} = -54\times10^5$$

$$9\times10^9 \times \frac{q_c}{5\times10^{-2}} = -54\times10^5$$

$$q_c = -30\times10^{-6}\text{ C}$$

المسألة الخامسة:

نضعُ في الرّؤوس الأربعة لمربع طول ضلعه $\sqrt{2}$m الشّحنات النقطيّة الآتية: $q_1 = 2\times10^{-8}$C، $q_2 = 3\times10^{-8}$C، $q_3 = 2\times10^{-8}$C، $q_4 = 1\times10^{-8}$C



المطلوب:

احسب قيمةَ الكمون الكهربائي المُتولّد في نقطة تَلاقي قطرَي المربّع.

الحل:

من المعلوم أن قطر المربع يحسب من العلاقة : الضلع × $\sqrt{2}$ = قطر المربع $\Leftarrow$ قطر المربع $= \sqrt{2}\times\sqrt{2} = 2m$

فيكون بُعد مركز المربع عن كل رأس من رؤوس المربع هو (1 m)

$$V_1 = 9\times10^9 \times \frac{q_1}{d} = 9\times10^9 \times \frac{2\times10^{-8}}{1} = 180 \text{ Volts}$$

$$V_2 = 9\times10^9 \times \frac{q_2}{d} = 9\times10^9 \times \frac{3\times10^{-8}}{1} = 270 \text{ Volts}$$

$$V_3 = 9\times10^9 \times \frac{q_3}{d} = 9\times10^9 \times \frac{2\times10^{-8}}{1} = 180 \text{ Volts}$$

$$V_4 = 9\times10^9 \times \frac{q_4}{d} = 9\times10^9 \times \frac{1\times10^{-8}}{1} = 90 \text{ Volts}$$

$$V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 180+270+180+90 = 720 \text{ Volts}$$

المسألة السادسة:

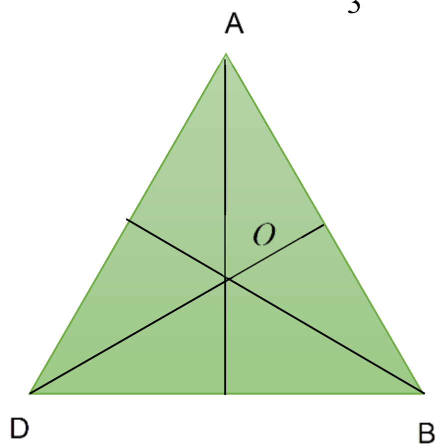
ثلاث شحنات كهربائية $q_1 = 2\times10^{-6}C$ ، $q_2 = 2\times10^{-6}C$ ، $q_3 = 2\times10^{-6}C$ تتوزّع على رؤوس مُثلّث مُتساوي الأضلاع طول ضلعه $3\,cm$ ، **المطلوب**:

1. احسب قيمةَ الكمون الكهربائيّ في نقطة تَلاقي مُتوسّطات المُثلّث.
2. نضعُ في نقطةِ تَلاقي مُتوسّطات المُثلّث شحنة كهربائية $-1\times10^{-6}C$. احسب الطاقة الكامنة الكهربائيّة لهذه الشّحنة.
3. بفرض أنّنا وضعنا في نقطة تَلاقي مُتوسّطات المُثلّث شحُنة كهربائيّة $+1\times10^{-6}C$ ، وتركناها حرّة. ماذا يحدُث لهذه الشُّحنة؟ وما الطاقة الحركيّة العُظمَى التي تبلغُها؟

الحل:

نعلم أن طول المتوسط في المثلث المتساوي الأضلاع = طول الضلع$\times\frac{\sqrt{3}}{2}$

كما نعلم أن بعد نقطة تلاقي المتوسطات عن أحد رؤوس المثلث = طول المتوسط$\times\frac{2}{3}$ أي



$$AO = BO = DO = L\frac{\sqrt{3}}{3} = 3\frac{\sqrt{3}}{3} = \sqrt{3}\ \text{cm} = \sqrt{3}\times10^{-2}\ \text{m}$$

- نحسب الكمون الكهربائي المتولد عن كل شحنة في النقطة O :

$$V_A = 9\times10^9\frac{q_A}{d_A} \Rightarrow V_A = 9\times10^9\frac{2\times10^{-6}}{\sqrt{3}\times10^{-2}} = 6\sqrt{3}\times10^5\ \text{Volts}$$

$$V_B = 9\times10^9\frac{q_B}{d_B} \Rightarrow V_B = 9\times10^9\frac{2\times10^{-6}}{\sqrt{3}\times10^{-2}} = 6\sqrt{3}\times10^5\ \text{Volts}$$

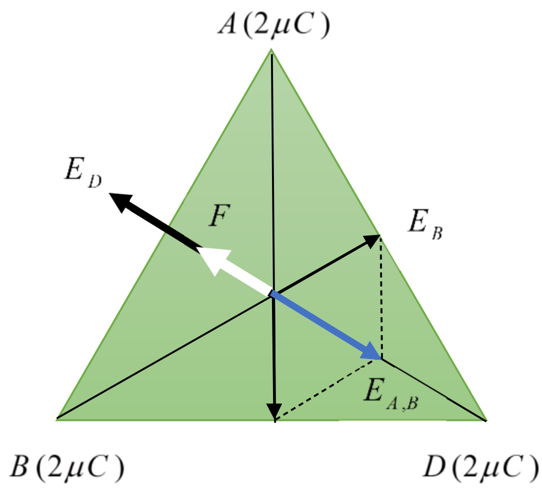
$$V_D = 9\times10^9\frac{q_D}{d_D} \Rightarrow V_D = 9\times10^9\frac{2\times10^{-6}}{\sqrt{3}\times10^{-2}} = 6\sqrt{3}\times10^5\ \text{Volts}$$

$$V_{tot} = V_A + V_B + V_D = (6\sqrt{3}+6\sqrt{3}+6\sqrt{3})\times10^5 = 18\sqrt{3\times10^5}\ \text{Volts}$$

-2 حساب الطاقة الكامنة الكهربائية للشحنة $q = -1\mu c$

$$E_P = qV_{tot} = -1\times10^{-6}\times18\sqrt{3}\times10^5 = -1.8\sqrt{3}\ \text{J}$$

-3 نحسب الحقل الناتج عن الشحنتين q_A , q_B **في النقطة** O :



$$E_A = 9\times10^9\frac{q_A}{d^2}$$

$$E_A = 9\times10^9\frac{2\times10^{-6}}{(\sqrt{3}\times10^{-2})^2} = 6\times10^7\ \ \text{N.C}^{-1}$$

$$E_B = E_A = 6\times10^7\ \ \text{N.C}^{-1}$$

أما محصلة الحقلين فتحسب من العلاقة:

$$E=\sqrt{E_A^2+E_B^2+2E_A.E_B\cos(120)}$$

$$E=\sqrt{\left(6\times10^7\right)^2+\left(6\times10^7\right)^2+2\left(6\times10^7\right)\times\left(6\times10^7\right)\left(-0.5\right)}=6\times10^7\ \text{N.C}^{-1}$$

أما الحقل الناتج عن الشحنة q_D**:**

$$E_D=9\times10^9\frac{q_D}{d^2}$$

$$E_D=9\times10^9\frac{3\times10^{-6}}{(\sqrt{3}\times10^{-2})^2}=9\times10^7\ \ \text{N.C}^{-1}$$

باعتبار E_D, $E_{A,B}$ **على حامل واحد وبجهتين متعاكستين فمحصلتهما** ناتج طرحهما أي:

$$E_{tot}=E_D-E_{A,B}=9\times10^7-6\times10^7=3\times10^7\ \text{N.C}^{-1}$$

عند وضع شحنة قيمتها $1\mu C$ ستخضع لقوة كهربائية تتجه بجهة الحقل قيمتها:

$$F_{elec}=E\,q=3\times10^7\times1\times10^{-6}=30\ \text{N}$$

أي تتحرك الشحنة بجهة القوة وهي تملك طاقة كامنة كهربائية تساوي:

$$E_P=q\,v_{tot}=1\times10^{-6}\times21\sqrt{3}\times10^3=21\times10^{-3}\ \ \text{J}$$

ستتحوّل إلى طاقة حركية.

أختبر نفسي

أولاً: اخترِ الإجابة الصّحيحة لكلٍّ ممّا يأتي:

1. إذا كانَ العمل المبذول لنقل شحنةٍ مقدارُها $10\mu C$ بينَ نقطتَين من منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيّ ساكن يساوي $0.01\,J$ ، فإنَّ فرقَ الكمون بين هاتَين النقطتَين يُساوي:

a. $10^{3}\,V$ b. $\boxed{10^{-3}\,V}$ c. $10^{2}\,V$ d. $10^{-2}\,V$

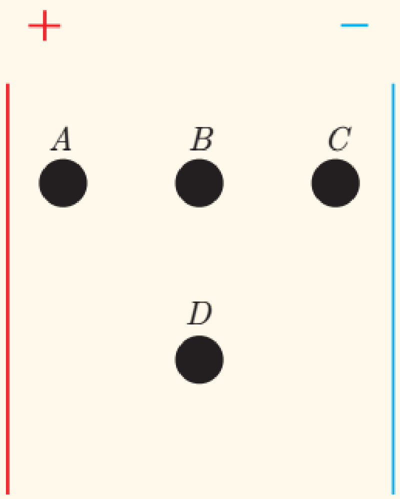
2. إذا كانَ فرقُ الكمون بين نقطتَين $U_{AB} = 10^{3}\,V$ ، وهما ضمن منطقةٍ يسودُها حقلٌ كهربائيّ مُنتظَم شدّتُه $10^{4}\,N/C$ ، فإنّ البُعد بينَ النقطتَين:

a. $1\,m$ b. $1\,cm$ c. $\boxed{0.1\,m}$ d. $0.1\,cm$

3. في الشّكل المُجاوِر ينعدمُ فرقُ الكمون الكهربائيّ بينَ النقطتَين:

a. (A,B) b. (A,C)

c. $\boxed{(B,D)}$ d. (D,A)



4. إذا أثَّرت قوّة كهربائيّة شدّتها $2 \times 10^{-2}\,N$ على شحنة كهربائية، فانتقلَت مسافة $10\,cm$ ضمنَ الحقل الكهربائي المُنتظم، فيكون عمل هذه القوة مساوياً لـ:

a. $10\,J$ b. $1000\,J$ c. $1/1000\,J$ d. $\boxed{1/500\,J}$

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. هل يتطلب تحريك شحنة على سطح ناقل مشحون ومعزول إنجاز عمل؟وضّح السبب.

الجواب: لا يتطلب تحريك شحنة على سطح ناقل مشحون ومعزول إنجاز عمل والسبب:

من العلاقة $W_{A\to B} = q\,(V_A - V_B)$ و بما أن الناقل مشحون و معزول فإن $V_A = V_B$ (سطح تساوي الكمون)

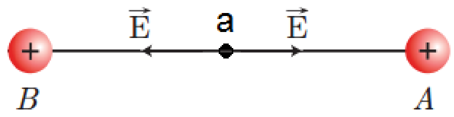
$W_{A\to B} = 0$ بشرط أن تكون الشحنة موزعة بانتظام على سطح الناقل .

2. ناقلان كرويان متساويان قطراً أحدهما مجوّف والآخر مصمت. أيّ منهما يستوعب شحنة أكثر؟ وضّح السبب.

الجواب: بما أن شحنة الناقل الكروي تتوزع على السطح الخارجي له فهذا يعني أنهما يملكان الشحنة نفسها.

3. إذا كانت شدة الحقل الكهربائي عند نقطة من ناقل تساوي الصفر. فهل يجب أن يكون الكمون مساوياً الصفر؟ وضّح إجابتك.

الجواب: لا يشترط إذا انعدم الحقل في نقطة أن يكون الكمون معدوم عند نفس النقطة والبرهان:



(الشحنتان متساويتان)

ويلاحظ أن الحقل عند النقطة a منتصف المسافة AB معدوم (الحقل مقدار شعاعي $E_A = E_B \Leftarrow E_{tot} = 0$) بينما

الكمون عند النقطة a منتصف المسافة AB غير معدوم (الكمون مقدار جبري $V_a = V_A + V_B$)

ثالثاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

بين نقطتين (b,a) فرق كمون كهربائي قدره $6\ \mathrm{V}$ احسب قيمة العمل الذي تقوم به القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة كهربائية قيمتها $300\mu\mathrm{C}$ عندما تنتقل بين النقطتين السابقتين.

الحل:من القانون $W_{AB} = q\,U_{AB} \Rightarrow W = 300\times10^{-6}\times6 = 18\times10^{-4}\ \mathrm{J}$

المسألة الثانية:

نضع جسيماً كتلته $m = 10^{-3}\mathrm{g}$ مشحوناً بشحنة $q = 1\mu\mathrm{C}$ في منطقة يسودها حقل كهربائي منتظم شدّته $E = 10^4\mathrm{V/m}$ ونتركه دون سرعة ابتدائية. **المطلوب:**

1. برهن أن حركة الجسيم في المنطقة هي حركة مستقيمة متسارعة بانتظام، وذلك بإهمال ثقله.
2. حساب تغيّر الطاقة الكامنة للجسيم عندما يقطع مسافة $10\ \mathrm{m}$.
3. حساب سرعة الجسيم بعد أن يقطع المسافة السابقة $10\ \mathrm{m}$.

الحل: 1- حسب القانون الثاني لنيوتن و بإهمال ثقل الجسيم:

$$\sum\vec{F} = m\,\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m\,\vec{a} \Rightarrow F = m\,a$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{q\,E}{m} = \frac{1\times10^{-6}\times10^4}{10^{-3}\times10^{-3}} = 10^4\ \mathrm{m.s^{-2}} = \mathrm{const}$$

فالحركة مستقيمة متسارعة بانتظام

2- نعلم أنَّ

$$W_{A\to B} = F\,d\,\cos\theta = -\Delta E_P \Rightarrow m\,a\,d\cos(0) = -\Delta E_P$$

$$\Rightarrow \Delta E_P = -10^{-3}\times10^4\times10\times1 = -100\,\mathrm{J}$$

3- من العلاقة: $v^2 - v_0^2 = 2ad \Rightarrow v^2 - (0)^2 = 2(10^4)(10) \Rightarrow v = 200\sqrt{5}\ \mathrm{m.s^{-1}}$

وحدة الكهرباء

الدرس الأول: التيار الكهربائي المستمر

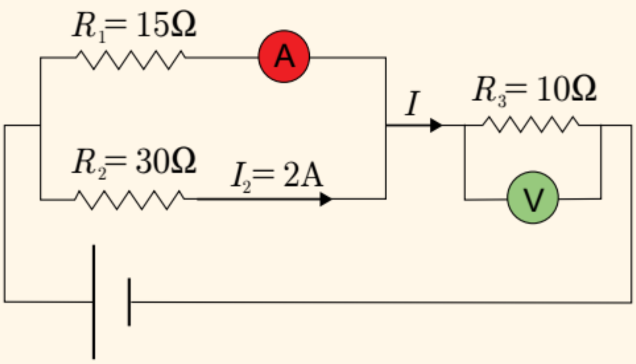
أختبر نفسي

أولاً: املأ الفراغات الآتية:

1. يمرُّ تيار كهربائي شدّته 5A عبر نقطة من دارة كهربائيّة، فإنَّ كميّة الشّحنة الكهربائيّة المارّة في هذه النقطة خلال 6 دقيقة تساوي 1800 C

2. مُقاوَمة أوميّة قيمتُها $5\,\Omega$ يجتازُها تيارٌ شدّته 2A، عندَما نطبّق بين طرفيها فرقاً في الكمون يُساوي 10 V

3. نصلُ مُقاومتَين على التسلسُل، قيمةُ كلٍّ منهما $R_1 = 3\,\Omega$, $R_2 = 6\,\Omega$ على التسلسُل، فإنَّ المُقاومة المُكافِئة لهما تساوي $9\,\Omega$، إذا كانَ التوتُّر الكهربائيّ بينَ R_1 مُساوياً 12V، فإنَّ شدّة التيّار المارّة في كلّ منهما 4 A، وعند وصل المُقاوَمتان السّابقتان على التفرُّع فإنَّ المُقاومة المُكافِئة لهما تساوي $2\,\Omega$.



4. لتكن الدّارة الموضحّة بالشكل المجاور:

a. قيمةُ المُقاومة المُكافِئة تساوي $20\,\Omega$

b. دلالة مقياس آمبير تساوي 4 A

c. دلالة مقياس الفولط بين طرفَي المُقاوَمة R_3 تساوي 60 V

d. التوتُّر الكهربائيّ بينَ طرفَي الدّارة يساوي 120 V

ثانياً: اختر الإجابةَ الصّحيحة لكلٍّ ممّا يأتي:

وُصِلَت أربعُ مُقاوَمات مُتماثِلة على التفرُّع، قيمةُ كلّ منها $4\,\Omega$، ثـمَّ وُصِلَت المجموعةُ بمولِّد قوتُه المُحرِّكة الكهربائيّة 4V، مقاومتُه الدّاخلية مُهمَلة.

1. شدّة التيّار المارّة في الدّارة:

a. 1A   b. 4A   c. 0.25A   d. 16A

2. شدّة التيار المارّة في كلّ مُقاوَمة:

a. 1A   b. 4A   c. 0.25A   d. 16A

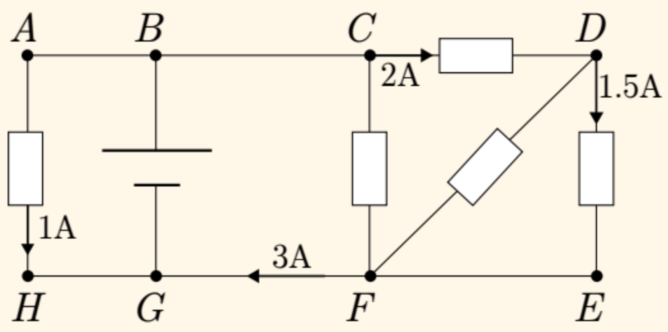
3. كميّة الكهرباء التي يقدّمها المولِّد للدّارة خلال 20 s تساوي:

a. 20 C   b. 5 C   c. 80 C   d. 4 C

ثالثاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

لتكن الدّارة الموضّحة في الشكل المُجاورِ.



المطلوب:

1. احسب شدّة التيّار المارّة في كلٍّ من الفروع CF ، DF ، GB ، BC

2. احسب كمّية الكهرباء التي يعطيها المولّد خلال 4 دقائق، ثمَّ احسب عدد الإلكترونات المارّة في الدّارة عندئذ، علماً أنَّ شحنة الإلكترون $e=-1.6\times10^{-19}C$.

الحل: لدينا العقد التالية: G , B , C , F , D

1- في العقدة B $\quad I_{BA}+I_{BC}=I_{HG}+I_{FG} \Rightarrow 1+I_{BC}=1+3 \Rightarrow I_{BC}=3A$

في العقدة G $\quad I_{GB}=I_{HG}+I_{FG} \Rightarrow I_{GB}=1+3=4\ A$

في العقدة D $\quad I_{CD}=I_{DF}+I_{DE} \Rightarrow 2=I_{DF}+1.5 \Rightarrow I_{DF}=0.5\ A$

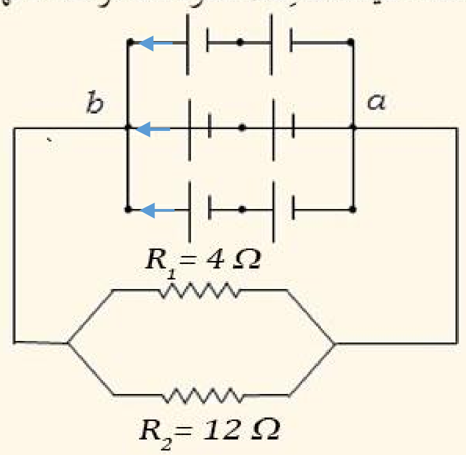
في العقدة C $\quad I_{BC}=I_{CD}+I_{CF} \Rightarrow 3=2+I_{CF} \Rightarrow I_{CF}=1A$

2- كمية الكهرباء: التيار الذي يعطيه المولد هو $4\ A$: $\quad q=I\ \Delta t=4\times4\times60=960\ C$

عدد الالكترونات: $\quad n=\dfrac{q}{e}=\dfrac{960}{1.6\times10^{-19}}=6\times10^{21}$ إلكترون

المسألة الثانية:

لتكن الدّارة الموضّحة في الشكل المجاور المؤلّفة من جملةِ مولّدات خطية مُتماثِلة، القوّة المُحرّكة الكهربائية لكلّ منها $1.5V$، ومقاومته الداخليّة $0.6\ \Omega$.



المطلوب:

1. حدّد جهةَ التيّارات الدّاخلة والخارجة من العقدتَين a ، b.
2. القوّة المُحرّكة الكهربائيّة المُكافِئة للمولّدات.
3. شدّة التيّار في كلّ فرع.
4. شدّة التيّار المارّ في الدّارة الخارجيّة.
5. التوتّر الكهربائيّ بين طرفَي المُقاومتَين R_1 ، R_2.

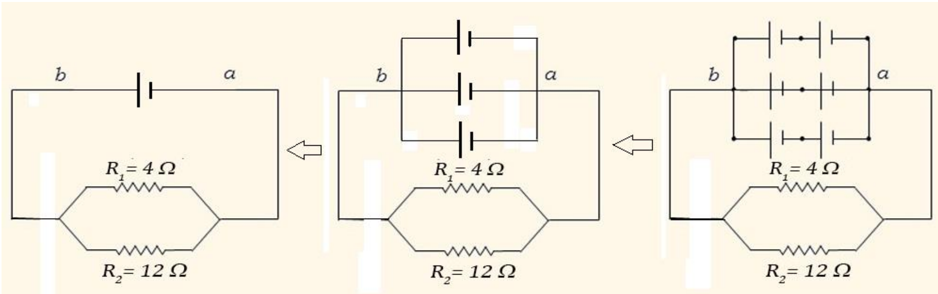
الحل:

1- يدخل إلى العقدة a ثلاث تيارات متماثلة و يخرج من العقدة b ثلاث تيارات متماثلة أيضاً.

2- نستبدل كل مولدين موصولين على التسلسل بمولد: $E'=2E_1=2\times1.5=3\,volts$ و $r'=2r_1=1.2\Omega$

نستبدل المولدات الثلاث الموصولة على التفرع بمولد وحيد $E=E'=3$ Volts ومقاومته

$$r=\frac{r'}{3}=\frac{1.2}{3}=0.4\ \Omega$$



كما في الشكل الموضح:

3- بما أن المولدات متماثلة:

$$I_1 = I_2 = I_3$$

وعند العقدة (b): $I = 3I_1$ ....(1)

نستبدل المقاومتين بمقاومة مكافئة : $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{3} \Rightarrow R_{eq} = 3\,\Omega$

نطبق قانون كيرشوف الثاني: $\sum E = RI \Rightarrow E = (R+r)I \Rightarrow E = (R+r)\times 3I_1 \Rightarrow 3 = (3+0.4)\times 3I_1$

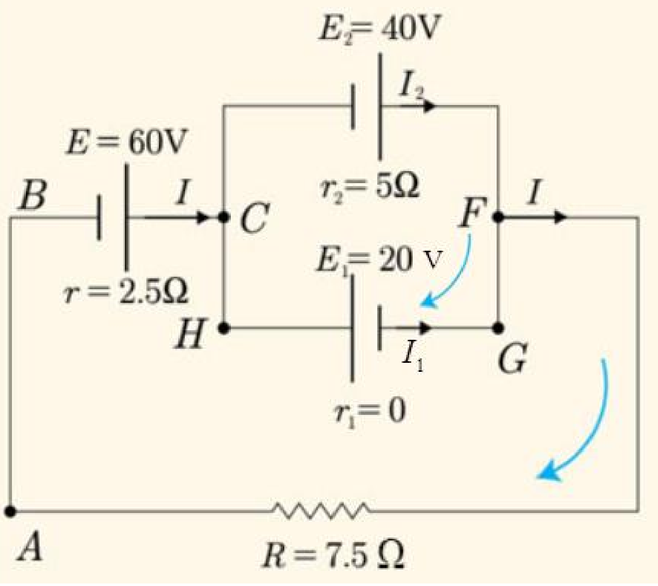
- شدة التيار في كلّ فرع : $I_1 = \frac{1}{3.4} \approx 0.3\text{ A}$

4- شدة التيار في الدارة الخارجية: $I = 3\times 0.3 = 0.9\,\text{A}$

5- التوتر الكهربائي بين طرفي المقاومتين: $U = R_{eq}.I = 3\times 0.9 = 2.7\,\text{Volts}$

المسألة الثالثة:

لتكن الدارة الموضحة في الشكل المجاور



المطلوب:

1. احسب شدّة كلّ من التيّارات I_1, I_2, I.
2. احسب التوتّر الكهربائيّ بين طرفَي كل مولد.
3. احسب التوتّر الكهربائيّ بين طرفَي المُقاومة الأوميّة R.
4. احسب كمّية الكهرباء المارّة في المُقاومة الأوميّة R خلال $50\,s$.

الحل:1- لدينا العقدة C وحسب الشكل فيها : $I = I_1 + I_2$ ....(1)

لدينا العروة $CHGFABC$: $E - E_1 = (R + r)\,I$: نعوض لنجد :

$$60 - 20 = (2.5 + 7.5)\,I \Rightarrow I = 4\,\text{A}$$

ولدينا العروة $CFABC$ $\Leftarrow$ $E + E_2 = R\,I + r_2 I_2 + r\,I$ نعوض فنجد:

$60 + 40 = 7.5\times 4 + 5I_2 + 2.5\times 4 \Rightarrow I_2 = 12\,\text{A}$ و منه حسب (1) : $4 = I_1 + 12$ $\Leftarrow$ $I_1 = -8$ أي يجب عكس التيار I_1 لتصبح شدته: $I_1 = +8$ A

2- التوتر الكهربائي بين طرفي كل مولد: $U_1 = E_1 - r_1 I_1 = 20 - 0\times 8 = 20$ Volts

$$U_2 = E_2 - r_2 I_2 = 40 - 5\times 12 = -20 \text{ Volts}$$

$$U = E - r\,I = 60 - 2.5\times 4 = 50 \text{ Volts}$$

3- التوتر الكهربائي بين طرفي المقاومة الأومية: $U = RI = 7.5\times 4 = 30$ Volts

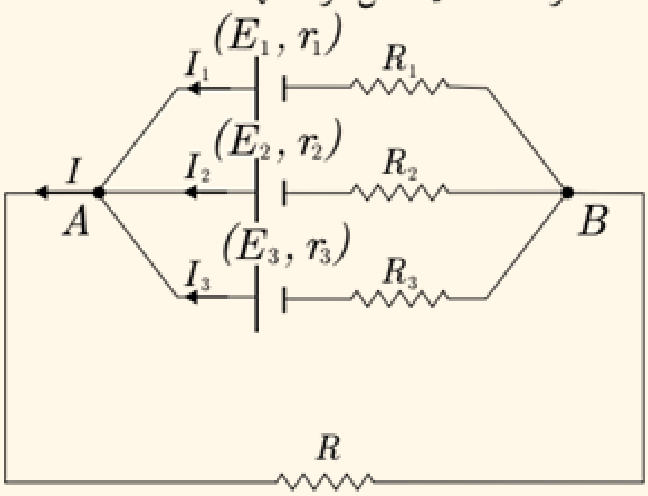
4- كمية الكهرباء : $q = I\,\Delta t = 4\times 50 = 200$ C

المسألة الرّابعة:

لتكن الدّارة الموضحة في الشكل المُجاور:

$R = 2\Omega$ $R_3 = 5\Omega$ $R_2 = 2.5\Omega$ $R_1 = 2\Omega$ ، وإنّ المُقاوَمة الداخليّة لكلّ مولّد مهملة

$E_1 = 1.4V$ $E_2 = 2E_1$ $E_3 = E_1$.



المطلوب:

1. احسب التوتّر الكهربائيّ U_{AB}.
2. احسب شدّة التيّار I.

الحل:1- لدينا

$$E_1 = R_1 I_1 + U_{AB} \Rightarrow$$

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{AB}}{R_1}$$

و كذلك $I_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2}$ ، $I_3 = \frac{E_3 - U_{AB}}{R_3}$ ، $I = \frac{U_{AB}}{R_3}$

و من قانون العقدة (مثلا A) $I = I_1 + I_2 + I_3$ نعوض :

$$\frac{U_{AB}}{R} = \frac{E_1 - U_{AB}}{R_1} + \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2} + \frac{E_3 - U_{AB}}{R_3}$$

$$\frac{U_{AB}}{R} = \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3} - U_{AB}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

$$\frac{U_{AB}}{2} = \frac{1.4}{2} + \frac{2.8}{2.5} + \frac{1.4}{5} - U_{AB}\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{5}\right)$$

$$\frac{U_{AB}}{2} + U_{AB}\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{5}\right) = \frac{1.4}{2} + \frac{2.8}{2.5} + \frac{1.4}{5}$$

$$U_{AB}\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2}\right) = \frac{1.4}{2} + \frac{2.8}{2.5} + \frac{1.4}{5}$$

$$U_{AB} = 1.3125 \text{ Volts}$$

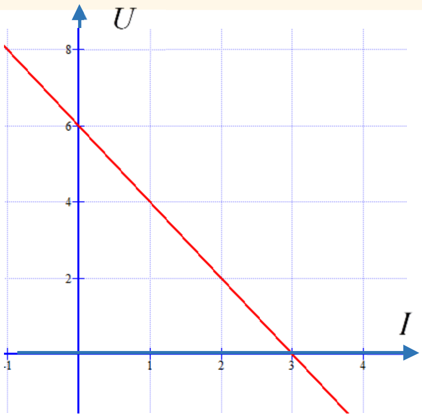
2- حساب شدة التيار I : من العلاقة $I = \frac{U_{AB}}{R}$ نعوض : $I = \frac{1.3125}{2} = 0.65625 \text{ A}$

المسألة الخامسة:

تبلُـغ القـوّة المُحرِّكـة الكهربائيّـة لمولّـد $6V$ ، ومُقاومتـه الداخليّـة $2\,\Omega$.

المطلوب:

1. أكتب التابع المُميّز توتّر – شدة، ثمَّ ارسم المُنحني البياني لهذا التابع.
2. احسب شدة التيار الذي من أجله يقطع المنحني المحور الأفقي.
3. نربط على التسلسُل مع المولّد مُقاوَمة أومية $10\,\Omega$. احسب شدّة التيّار المارّة في الدّارة، واحسب التوتّر الكهربائيّ بينَ طرفي المُقاومة الأوميّة.



الحل: 1- لدينا : $U = E - r\,I$ نعوض بمعطيات المسألة : $U = 6 - 2I$

2- عندما يقطع الخط البياني المحور الأفقي أي $U = 0$

فإن $I = 3\ \text{A}$

3- $$I = \frac{E}{R + r} = \frac{6}{10 + 2} = 0.5\,\text{A}$$

$$U = R\ I = 10 \times 0.5 = 5\ \text{Volts}$$

وحدة الضوء

الدرس الأول : الضوء واللون

أختبر نفسي

اخترِ الإجابةَ الصّحيحة لكلٍّ ممّا يأتي:

1. إنَّ الضّوءَ الصّادر عن مِصباح كهربائيّ يستخدمُ مُقاوَمة تنغستين هو ضوء:
   - **a.** بسيط.
   - **b.** مُركَّب.
   - **c.** يتغيَّر حسب شدّة التيار من مُركَّب إلى بسيط.
   - **d.** يعتمدُ على الشّركة التي صنعَت المِصباح.

2. إنّ الخيال الوهميّ:
   - **a.** يمكنُ رؤيته بالعين المُجرَّدة.
   - **b.** يجبُ استخدام نظّارة خاصّة لرؤيته.
   - **c.** لا يمكنُ رؤيته بالعين المُجرَّدة.
   - **d.** يجبُ استخدام مرآة مُستوية لرؤيته.

3. من الفروق بينَ الخيال الوهميّ والخيال الحقيقيّ:
   - **a.** لا يمكنُ تلقّي الخيال الوهميّ على شاشة، ويمكن تلقّي الخيال الحقيقيّ على شاشة.
   - **b.** لا يمكنُ رؤية الخيال الوهمي بالعين المُجرَّدة، ويمكنُ رؤية الخيال الحقيقيّ بالعين المُجرَّدة.
   - **c.** الخيالُ الحقيقيّ كبيرٌ بالنسبة للجسم، والخيالُ الوهميّ صغيرٌ بالنّسبة للجسم.
   - **d.** الخيالُ الحقيقيّ أصغرُ من الجسم، والخيالُ الوهميّ أكبرُ من الجسم.

الدرس الثاني: انعكاس الضوء والمرايا

أختبر نفسي

أولاً: اخترِ الإجابةَ الصّحيحة لكلٍّ ممّا يأتي:

1. ارتدادُ الضَّوء عن سطح ماءٍ ساكن وفقَ اتّجاه مُعيَّن يُسمَّى:
   a. انكسار.
   b. انعكاس.
   c. انحراف.
   d. انتشار.

2. الزّاوية بينَ الناظم على سطح المِرآة المُقام من نقطة الورود والشّعاع الضّوئي الوارِدِ تسمَّى زاوية:
   a. الانكسار.
   b. الورود.
   c. الانعكاس.
   d. الانحراف.

3. المُستوي المُعيَّن بالناظم والشّعاع المُنعكِس يسمَّى مستوي:
   a. الورود.
   b. الانحراف.
   c. الانكسار.
   d. الانعكاس.

4. كلُّ شعاع ضوئيّ يردُ مارّاً من مركزِ المِرآة المُقعَّرة ينعكسُ:
   a. مُوازياً المحورَ الأصليّ للمِرآة.
   b. مُوازياً المحورَ الثانويّ للمِرآة.
   c. مارّاً من مركزِ المِرآة.
   d. مُرتدّاً على نفسه.

5. كلُّ شعاع ضوئيّ يمرُّ مُمدِّده من المحرَق الأصليّ لمِرآة مُحدَّبة ينعكسُ:
   a. مُوازياً المحورَ الأصليّ للمِرآة.
   b. مُوازياً المحورَ الثّانوي للمِرآة.
   c. مارّاً من المحرَق الأصلي.
   d. مُرتدّاً على نفسه.

6. المحوَر الأصليّ لمِرآةٍ كرويّة هو المُستقيمُ المارّ:

a. بمحرق المِرآة وأيّ نقطةٍ على سطحها ما عدا رأس المِرآة.

b. مماساً لسطحِ المِرآة.

c. بمركز المِرآة وأيّ نقطة على سطحها.

d. بمركز المِرآة ورأسها.

ثانياً: أجِبْ عن الأسئلة الآتية مع التّعليل:

1. يقترحُ أحدُهم أن نضعَ مِرآةً مُقعَّرة على جانبَي السيّارة بدلاً من مِرآة مُحدَّبة، هل ترى اقتراحَه صحيحاً؟ علّل.

الجواب: اقتراحه غير صحيح والسبب أن المرآة المقعرة تشكل للأجسام البعيدة عنها أخيلة **مقلوبة**.

2. وقفَ هادي أمامَ مِرآةٍ مُستوية، مُرتدِياً قميصاً رياضيّاً كُتِبَ عليه الرّقم 18، ماذا تقرأ صورة الرّقم السابق؟

الجواب: سيقرأ الرقم 81

3. إذا وضعْنا السّاعة المُجاورة أمامَ مِرآةٍ مُستوية، ما الوقتُ الذي تشيرُ إليه الساعة؟

الجواب: الساعة في الشكل المجاور تشير إلى العاشرة و عشر دقائق .

وعند وضع الساعة أمام مرآة مستوية
سيشير الوقت إلى الثانية إلا عشر دقائق !!!

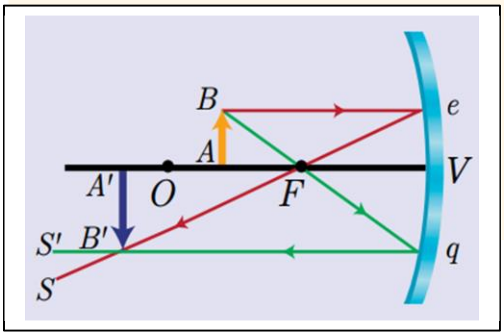
ثالثاً: حلّ المسائلَ الآتية:

المسألة الأولى:

وضعنا جسماً مُضيئاً، طولُه 12 cm على بُعد مترٍ أمامَ مِرآةٍ مُقعَّرة، نصفُ قطرِها 120 cm، عمودياً على محورِها الأصلي.

المطلوب:

1. ارسم شكلاً يوضّحُ خيالَ الجسم وصفاته.
2. احسب بُعدَ الخيال عن المِرآة.
3. احسب طولَ الخيال والتكبيرَ الخطيّ.



الحل:1- صفات الخيال: مقلوب – أكبر من الجسم - حقيقي

-2 $OV = R = 120\,\text{cm} \Rightarrow F = \frac{R}{2} = \frac{120}{2} = 60 \text{ cm}$

بُعد الخيال: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{100} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{60}$

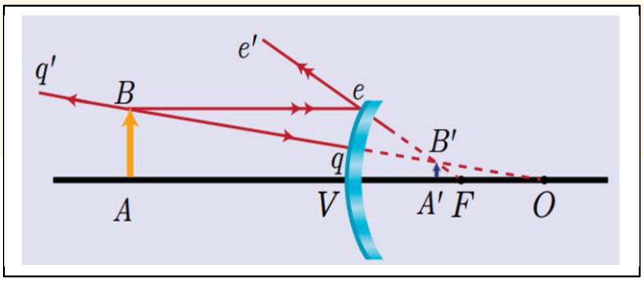
$d' = 150 \text{ cm}$

-3 طول الخيال: $M = \frac{d'}{d} = -\frac{h'}{h} \Rightarrow \frac{150}{100} = -\frac{h'}{12} \Rightarrow h' = -18 \text{ cm}$ ، التكبير الخطي $M = \frac{d'}{d} = \frac{150}{100} = 1.5$

المسألة الثانية:

وضعنا جسماً مضيئاً طولُه 6 cm على بعد 30 cm أمامَ مِرآة مُحدَّبة، نصف قطرها 40 cm، عموديّاً على محورها الأصلي. **المطلوب**:

1. ارسمْ شكلاً يوضح خيال الجسم وصفاتِه.
2. احسُبْ بُعد الخيال عن المِرآة.
3. احسُبْ طولَ الخيالِ والتكبيرَ الخطيّ.



الحل:

1- صفات الخيال وهمي – صحيح – أصغر من الجسم

-2 $OV = R = -40\,\text{cm} \Rightarrow F = \frac{R}{2} = \frac{-40}{2} = -20 \text{ cm}$

بُعد الخيال: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{30} + \frac{1}{d'} = -\frac{1}{20}$

$d' = -12 \text{ cm}$

-3 طول الخيال: $M = \frac{d'}{d} = -\frac{h'}{h} \Rightarrow \frac{-12}{30} = -\frac{h'}{6} \Rightarrow h' = +2.4 \text{ cm}$ ، التكبير الخطي: $M = -\frac{d'}{d} = -\frac{-12}{30} = 0.4$

المسألة الثالثة:

أيـنَ يجـبُ وضـعُ جسـمٍ مُضـيء أمـامَ مِـرآةٍ مُقعَّـرة، نصـفُ قطرهـا 180 cm، لكـي تكـوّنَ لـه خيـالاً طولـه يسـاوي نصـفَ طـول الجسـم؟

الحل: لدينا $F=\frac{R}{2}=\frac{180}{2}=90\ \text{cm}$

بما أن الجسم مضيء فهو حقيقي وبما أنَّ طول الخيال أصغر من طول الجسم فهو يقع أبعد من نصف قطر المرآة المقعرة و الخيال في هذه الحالة أصغر من الجسم و حقيقي و مقلوب:

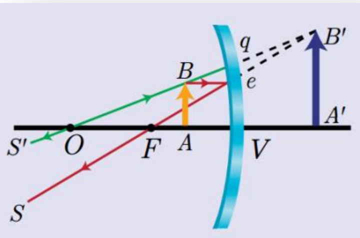
من دستور التكبير الخطي $\frac{d'}{d}=-\frac{h'}{h}$ $\Leftarrow$ و الخيال مقلوب (طوله سالب) $\frac{d'}{d}=-\frac{-\frac{h}{2}}{h}$ $\Leftarrow$ $\frac{d'}{d}=\frac{1}{2}$ $\Leftarrow$ $d'=\frac{d}{2}$

من دستور المرايا: $\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{F}$ $\Leftarrow$ $\frac{1}{d}+\frac{1}{\frac{d}{2}}=\frac{1}{90}$ $\Leftarrow$ $\frac{1}{d}+\frac{2}{d}=\frac{1}{90}$ $\Leftarrow$ $d=270\ \text{cm}$

المسألة الرابعة:

أينَ يقفُ رجلٌ أمامَ مِرآةٍ مُقعَّرة، نصفُ قطرها 120 cm، لكي يرى خيالاً صحيحاً ومُكبَّراً أربعَ مرّات؟

الحل: $F=\frac{R}{2}=\frac{120}{2}=60\ \text{cm}$ طالما الخيال صحيح و أكبر من الجسم فهو وهمي:



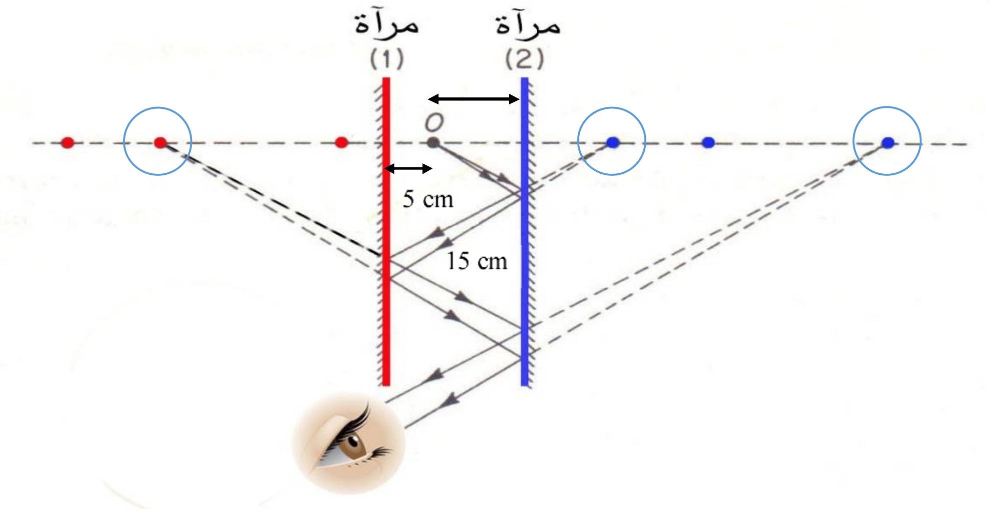
من دستور التكبير الخطي

$\frac{d'}{d}=-\frac{h'}{h}$ $\Leftarrow$ $\frac{d'}{d}=-4$ $\Leftarrow$ $d'=-4d$

$\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{F}$ $\Leftarrow$ $\frac{1}{d}-\frac{1}{4d}=\frac{1}{60}$ $\Leftarrow$ $\frac{3}{4d}=\frac{1}{60}$ $\Leftarrow$ $d=45\ \text{cm}$

المسألة الخامسة:

مِرآتـان مسـتويتان ومُتوازِيتـان، تبعـدانِ عـن بعضهمـا 20 cm، أوجِـد موضـعَ أقـربِ ثلاثـة أخيلـة تشـكِّلُها لنقطـةٍ مُضيئـة تقـعُ بيـنَ المِرآتَيـن وعلـى بُعـد 5 cm مـن إحداهمـا؟



حسب الشكل المرفق وفق ثلاث انعكاسات متتالية عن المرآتين:

بُعد الخيال عن المرآة 2	بُعد الخيال عن المرآة 1
15	
	35
55	

المسألة السادسة:

أيـنَ يجـبُ وضـع جسـم مضـيء أمـامَ مِـرآةٍ كرويَّـة مُقعَّـرة، نصـف قطرهـا 36 cm، لكـي يتكـوَّنَ لـه خيـالاً حقيقيّـاً طولُـه يسـاوي أربعـةَ أمثـالِ طـول الجسـم؟

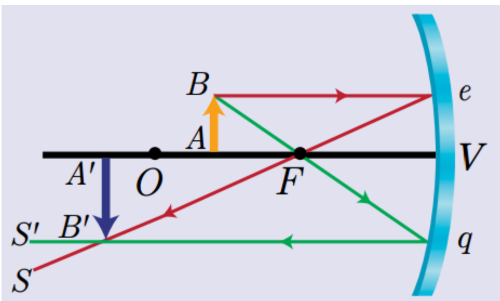
الحل: $F = \frac{R}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ cm}$ حيث الخيال حقيقي وأكبر من الجسم و الخيال مقلوب فطوله (-)

من دستور التكبير الخطي:

$\frac{d'}{d} = -\frac{h'}{h} \Leftarrow \frac{d'}{d} = -\frac{(-)h'}{h} \Leftarrow \frac{d'}{d} = \frac{4h}{h} \Leftarrow d' = 4d$. نعوض في

دستور المرايا:

$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F} \Leftarrow \frac{1}{d} + \frac{1}{4d} = \frac{1}{18} \Leftarrow \frac{5}{4d} = \frac{1}{18} \Leftarrow d = 22.5 \text{ cm}$



أختبر نفسي

أولاً: اخترِ الإجابة الصّحيحة لكلٍّ ممّا يأتي:

1. ظاهرة التغيّر المُفاجِئ الـذي يطرأ على مُنحنى الأشعّة الضّوئيـة، عندَما تجتـازُ بصـورة مائلـة السّـطح الفاصـل بيـن وسـطَين شـفّافَين مُختلِفَيـن، تسـمى:
   a. انكسار الضَّوء. **b.** انعكاس الضّوء. **c.** انحراف الضَّوء. **d.** انتشار الضَّوء.
2. الزاوية الحادثة بين الشّعاع الوارد والناظم على السطح الكاسر تسمَى زاوية:
   a. الانكسار. **b.** الانعكاس. **c.** الورود. **d.** الانحراف.
3. المُستوي المُعيَّن بالشّعاع المُنكسِر والناظم على السطح الكاسر يسمّى مستوي:
   a. الورود. **b.** الانحراف. **c.** الانعكاس. **d.** الانكسار.

ثانياً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

إذا كانَت قرينة الانكسار المُطلَقة للماء 1.33، وللزجاج 1.6. احسب الزَّاوية الحرجة بينهَما.

$$\sin\theta_C = \frac{n_{water}}{n_{glass}} = \frac{1.33}{1.6} = 0.83 \Rightarrow \theta_C = 56^{0}$$

المسألة الثانية:

إذا كانَت قرينة الانكسار المُطلَقة للماء هو 1.33. احسب قيمةَ الزاوية الحرجة له مع الهواء.

$$\sin\theta_C = \frac{n_{air}}{n_{water}} = \frac{1}{1.33} = 0.75 \Rightarrow \theta_C = 48.7^{0}$$

المسألة الثالثة:

إذا كانَت سرعة الضَّـوء في الهـواء $3\times10^8 m/s$، وسـرعتُه فـي المـاس $1.33\times10^8 m/s$. احسـب الزّاويـة الحرجـة بينَهما .

$$n_{Diamond}\sin\theta_{Diamond} = n_{air}\sin\theta_{air} \Rightarrow \frac{C}{v_{Diamond}}\sin\theta_{Diamond} = \frac{C_{air}}{C_{air}}\sin\theta_{air}$$

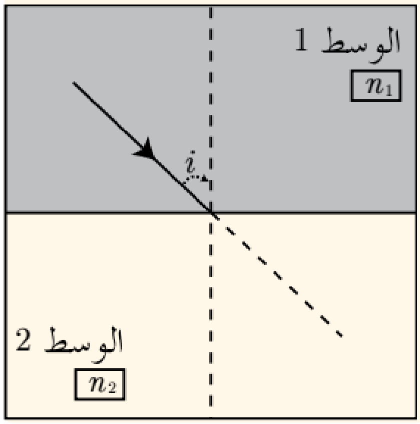
$$\Rightarrow \frac{3\times10^8}{1.33\times10^8}\sin\theta_C = \frac{3\times10^8}{3\times10^8}\sin\frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin\theta_C = \frac{1.33}{3} = 0.44 \Rightarrow \theta_C = 26.3^{0}$$

المسألة الرابعة:

نعتبرُ شعاعاً ضوئيّاً يخترقُ وسطَ 1 شفافاً قرينةُ انكساره n_1، وعند خروجه منه يخترقُ وسط 2 شفافاً قرينةُ انكساره n_2.

المطلوب:

1. اذكر نصّ قانونَي الانكسار.
2. بيّن بالرّسم مَسارَ الشّعاع الضّوئي داخلَ الوسط الثاني في الحالتَين $n_2 < n_1$ و $n_2 > n_1$.
3. نعتبرُ الوسط 1 عبارة عن زجاجٍ عادي قرينةُ انكساره $n_1 = 1.5$، والوسط 2 عبارة عن الهواء $n_2 = 1$.



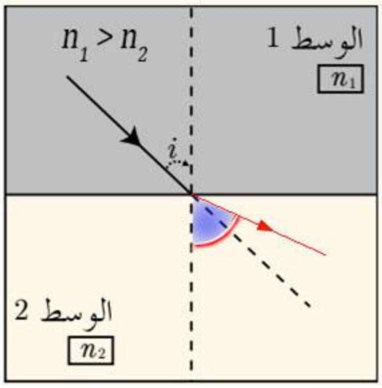
المطلوب:

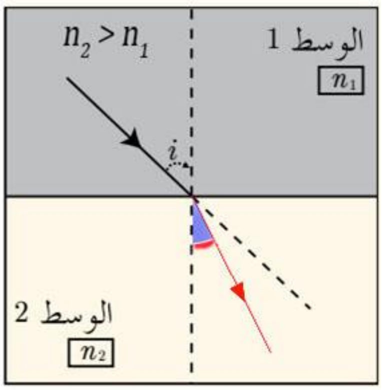
- أوجد زاوية الانكسار، إذا كانت زاوية الورود $20°$.
- احسب زاوية الانكسار عندما تكونُ زاوية الورود $41.82°$، ماذا تستنتج؟
- ماذا يحدث لو كانَت زاوية الورود أكبر من $41.82°$. مثِّل بالرَّسم سيرَ الشّعاع الضوئيّ عبر الوسطَين.

1- قانوني الانكسار: **القانون الأول**: مستويا الورود والانكسار مُنطبقان، ويقع الشعاعان الوارد والمنكسر بجهتَين مُختلفتَين بالنسبة للناظم على السطح الكاسر

القانون الثاني: $\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \text{const}$

-2





3- a) زاوية الانكسار عندما زاوية الورود $\theta_1 = 20^0$:

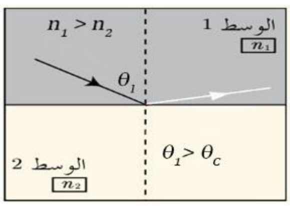
$$n_1.\sin\theta_1 = n_2.\sin\theta_2 \Leftarrow 1.5\times\sin(20) = 1\times\sin\theta_2 \Leftarrow \theta_2 = 30.86^0$$

b) زاوية الانكسار عندما زاوية الورود $\theta_1 = 41.82^0$:

$$n_1.\sin\theta_1 = n_2.\sin\theta_2 \Leftarrow 1.5\times\sin(41.8) = 1\times\sin\theta_2 \Leftarrow \theta_2 = 90^0$$

نستنتج أن الزاوية $\theta_1 = 41.82^0$ هي زاوية حرجة لأنها توافق زاوية انكسار قائمة.

c) يحدث انعكاس كلي كما هو موضح بالشكل:



أختبر نفسي

أولاً: اخترِ الإجابة الصَّحيحة لكلٍّ ممّا يأتي:

1. جسمٌ شفاف كاسِر للضوء محصور بينَ سطحَين أملسَين كرويَّين مُحدّبَين يسمَّى:
   a. عدسة. b. عدسة مُبعِّدة. c. عدسة مُقرِّبة. d. مرآة كرويّة.

2. المُستقيمُ المارّ بمركزَي الانحناء الكرويّ لسطحَي العدسة، يسمَّى:
   a. المحور الأصلي للعدسة.
   b. المحور الثانوي للعدسة.
   c. المركز البصري للعدسة.
   d. المحرَق الأصلي للعدسة.

3. البُعد بينَ المركز البصريَ للعدسة ومحرقها الأصلي، يساوي:
   a. نصف قطر العدسة. b. قطر العدسة. c. ضعفَي قطر العدسة. d. البُعد المحرَقي للعدسة.

4. كلُّ شعاعٍ ضوئيّ يسقط على عدسة مُبعِّدة، ويكونُ مُمدّده مارّاً من محرقها الأصلي الجسمي للعدسة، فإنه يجتازها:
   a. موازياً محورَها الأصلي.
   b. موازياً محورَها الثانوي.
   c. وكأنَّه صادراً من محرقها الخيالي.
   d. دون أن ينحرفَ.

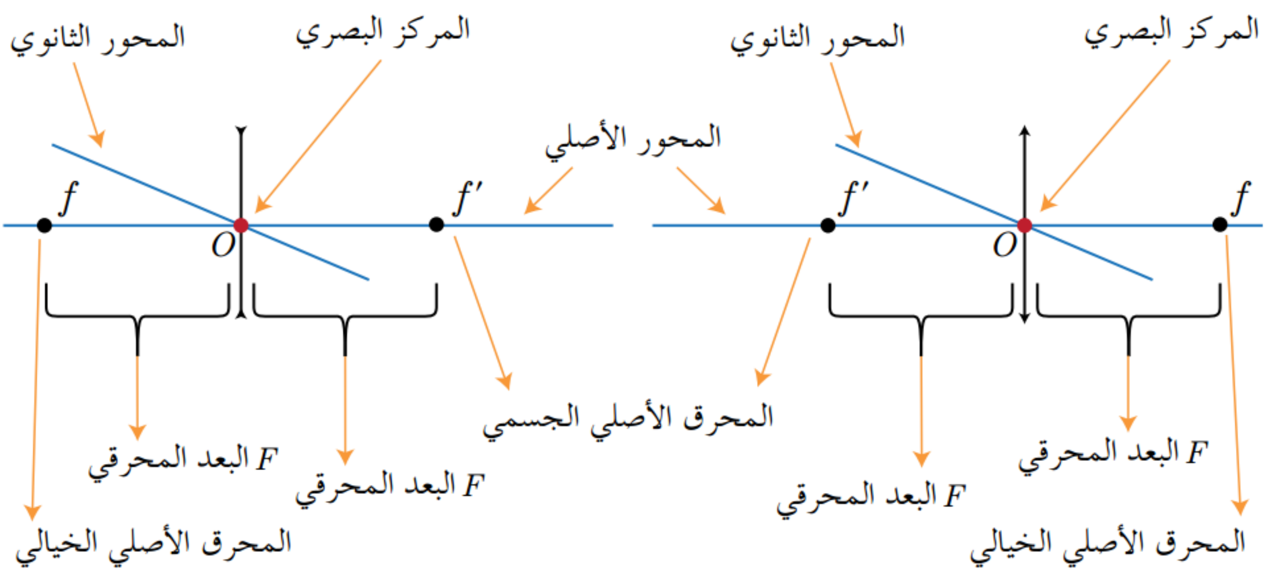
5. كلُ حزمةٍ ضوئيّة تردُ إلى عدسةٍ مُقرّبة موازية محورَها الأصلي فإنّها تبرزُ منها وتتجمَّع في نقطة واحدة هي:
   a. محرقها الأصلي الخيالي.
   b. محرقها الأصلي الجسمي.
   c. مركزها البصري.
   d. محرقها الثانوي الخيالي.

6. وُضِعَ جسمٌ حقيقيّ AB أمامَ عدسة مُحدَّبة، عمودياً على محورها الأصلي على بُعد يساوي ضعفَ بُعدها المحرَقي $2F$، فيتشكّلُ له خيالاً صفاتُه:
   a. حقيقيّ ومقلوبٌ وطولُه يساوي طول الجسم.
   b. وهميّ ومقلوب وطولُه يساوي طول الجسم.
   c. حقيقيّ ومقلوب وطولُه أصغرُ من طول الجسم.
   d. وهميّ وصحيح وطولُه يساوي طول الجسم.

7. وُضِع جسمٌ حقيقيّ أمامَ عدسة مُبعِّدة عموديّاً على محورها الأصلي، ويقعُ أمامَها على مسافة أكبرَ من البعد المحرَقي، فيتشكّل له خيال وهميّ، وعندما نقرّب الجسم من العدسة فإنَّ طولَ خياله:

a. يزدادُ. **b.** ينقصُ. **c.** لا يتغيرُ. **d.** ينقصُ أولاً ثم يزدادُ.

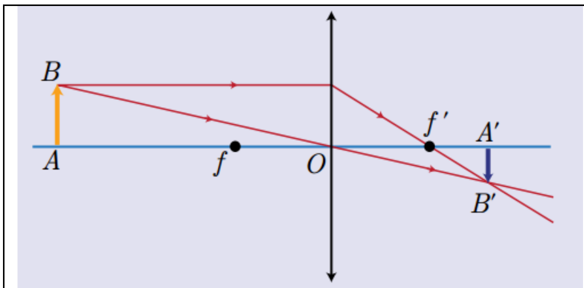
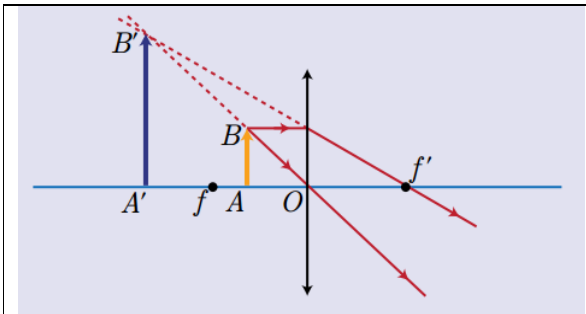
ثانياً: أملأُ الفراغاتِ الأتية بالكلمات المُناسبة:



ثالثاً: أرسمُ خيالَ جسمٍ حقيقيّ، يقعُ أمامَ عدسةٍ مُقرِّبة، وأكتبُ صفاتِه في الحالتَين:

a. الجسم يقعُ بينَ اللانهاية ومحرقها الجسمي.

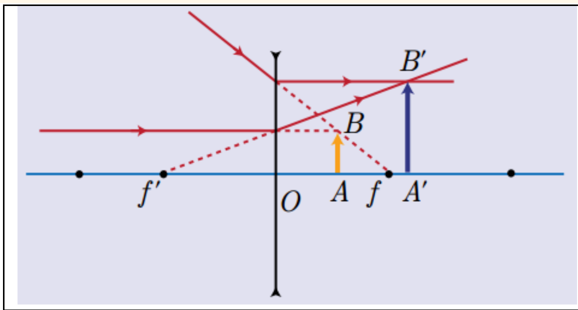
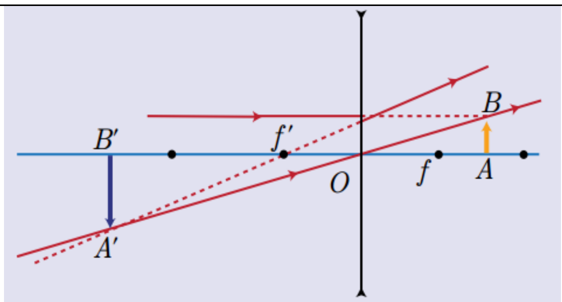
b. الجسم يقعُ بينَ المركز البصري ومحرقها الجسمي.

	الحالة a) حقيقي – مقلوب –أصغر من الجسم – يقع بين محرقها الخيالي f' ومثلي البُعد المحرقي
	الحالة b) وهمي– صحيح –أكبر من الجسم – يقع بين محرقها الجسمي f واللانهاية.

رابعاً: أرسمُ خيالَ جسم وهميّ، يقعُ أمام عدسةٍ مُبعِّدة، وأكتبُ صفاتِه في الحالتين:

a. الجسم يقعُ بينَ المركز البصري ومحرقها الجسمي.

b. الجسم يقعُ بينَ المحرَق الجسمي ومثلي البعد المحرَقي.

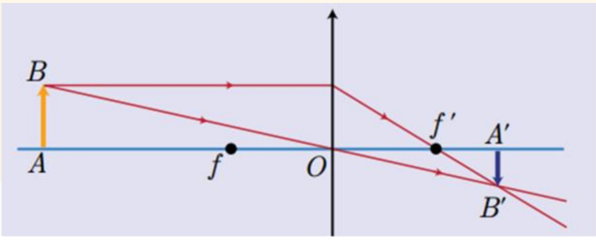
 	**(a الحالة)** حقيقي – صحيح –أكبر من الجسم – يقع بين f محرقها الجسمي
 	**(b الحالة)** وهمي – مقلوب –أكبر من الجسم – يقع بين اللانهاية ومثلي البُعد المحرقي الخيالي f'

خامساً: أحلُّ المسائلَ الآتية:

المسألة الأولى:

وُضِع جسمٌ مضيءٌ طوله 5 cm، على بُعد مترين من عدسة مُقرِّبة، بُعدُها المحرَقي 20 cm، عموديّاً على محورها الأصلي.

1. أحسبُ بُعد الخيال عن العدسة.
2. أحسبُ طول الخيال والتكبير الخطي للعدسة.
3. أرسمُ الخيال المُتشكِّل، ثمَّ أحدِّدُ صفاته.



الحل:

1- نطبق قانون ديكارت: $\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{200}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{20} \Rightarrow \frac{1}{d'}=\frac{1}{20}-\frac{1}{200}$

وبالحساب نجد: $d' \approx +22\ cm$ إشارة (+) تدل على أن الخيال حقيقي.

2- نطبق قانون التكبير الخطي: $M=\frac{h'}{h}=-\frac{d'}{d} \Rightarrow \frac{h'}{5}=-\frac{22}{200} \Rightarrow h'=-0.55\text{ cm}$

إشارة (−) تدل على أن الخيال يقع تحت المحور الأصلي. $M=\frac{h'}{h}=-0.11$ ، $M < 0$ فالخيال مقلوب

3 – صفات الخيال: حقيقي – مقلوب – أصغر من الجسم – يقع بين محرقها الخيالي f' ومثلي البُعد المحرقي

المسألة الثانية:

وُضِع جسمٌ مضيءٌ على بُعد 5 cm من عدسة مقرِّبة، عموديّاً على محورها الأصلي، فتشكَّلُ له خيالاً أكبرَ منه بأربع مرّات. أحسبُ البُعد المحرَقي.

الحل: نطبق قانون التكبير الخطي:

$$\frac{h'}{h}=-\frac{d'}{d}\Rightarrow\frac{4h}{h}=-\frac{d'}{5}\Rightarrow d'=-20\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{F}\Rightarrow\frac{1}{5}-\frac{1}{20}=\frac{1}{F}\Rightarrow F=6.66\ \text{cm}$$

إشارة $(-)$ تدل على أن الخيال وهمي.

المسألة الثالثة:

جسمٌ مُضيء طوله 10 cm يقعُ على بُعد مترَين من عدسةٍ مُقرِّبة، فتشكّلُ له خيالاً حقيقيّاً طولُه 10 cm، عموديّاً على محورها الأصلي، فعلى أيّ بُعد من العدسة يجبُ وضع الجسم المُضيء حتّى يصبحُ طول خياله 100 cm.

الحل: بما أن طول الجسم = طول الخيال، والعدسة مقربة فإن:

بُعد الجسم عن العدسة = بُعد الخيال عن العدسة: $d'=d=+200\ \text{cm}$

نطبق قانون ديكارت: $$\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{F}\Rightarrow\frac{1}{200}+\frac{1}{200}=\frac{1}{F}\Rightarrow F=100\ \text{cm}$$

نطبق قانون التكبير الخطي: $$\frac{h'}{h}=-\frac{d'}{d}\Rightarrow\frac{100}{10}=-\frac{d'}{d}\Rightarrow d'=-10\,d$$

بالتعويض في قانون ديكارت: $$\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{F}\Rightarrow\frac{1}{d}-\frac{1}{10d}=\frac{1}{100}\Rightarrow d=90\ \text{cm}$$

المسألة الرابعة:

أحسبُ البُعد المحرَقي لعدسة مُبعّدة، علماً أنّها تُشكِّل لجسمٍ مُضيء عموديّاً على محورها الأصلي ويقعُ على بُعد 20 cm منها خيالاً وهميّاً أصغرَ منه بمرّتَين.

الحل: نطبق قانون التكبير الخطي: $$\frac{h'}{h}=-\frac{d'}{d}\Rightarrow\frac{h'}{2h'}=-\frac{d'}{20}\Rightarrow d'=-10\ \text{cm}$$

نطبق قانون ديكارت: $$\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{F}\Rightarrow\frac{1}{20}+\frac{1}{-10}=\frac{1}{F}\Rightarrow F=-20\ \text{cm}$$

المسألة الخامسة:

نريدُ الحصولَ على خيالٍ حقيقي أكبرَ من الجسم بأربعِ مرَّات باستخدام عدسة مُقرِّبة بُعدها المحرَقي 20 cm على أي بُعد من الجسم يجب وضع العدسة والحاجز؟

الحل: نطبق قانون التكبير الخطي: $$\frac{h`}{h}=-\frac{d'}{d}\Rightarrow\frac{4h}{h}=-\frac{d'}{d}\Rightarrow d'=-4d$$

نطبق قانون ديكارت: $$\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{F}\Rightarrow\frac{1}{d}+\frac{1}{-4d}=\frac{1}{20}\Rightarrow d=15\ \text{cm}$$

$d'=-4d=-4\,(15)\Rightarrow d'=-60\ \text{cm}$: إشارة $(-)$ تدل على أن الخيال وهمي.

المسألة السادسة:

وُضِعَ جسمٌ مُضيء، طوله $2\,cm$ على بُعد $50\,cm$ من عدسةٍ مبعِّدة، بُعدُها المحرَقي $10\,cm$، عموديّاً على محورها الأصلي.

أحسبُ بُعدَ الخيال عن العدسة.

أرسمُ الخيالَ المُتشكِّل، ثمَّ أحدِّدُ صفاته.

الحل: 1- نطبق قانون ديكارت: $\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{50}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{-10} \Rightarrow d'=-\frac{25}{3}=-8.33cm$

إشارة (−) تدل على أن الخيال وهمي.

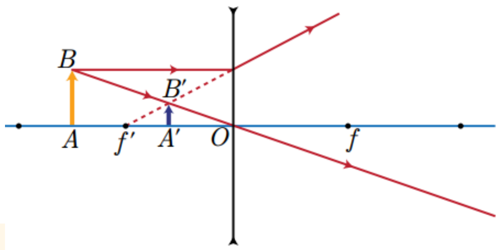
2- نطبق قانون التكبير الخطي: $M=\frac{h'}{h}=-\frac{d'}{d} \Rightarrow \frac{h'}{2}=\frac{\frac{25}{3}}{50} \Rightarrow h'=+\frac{1}{3}cm$

إشارة (+) تدل على أن الخيال يقع فوق المحور الأصلي $\Rightarrow M=\frac{h'}{h}=+\frac{\frac{1}{3}}{2}=+\frac{1}{6}$

$M\rangle 0$ فالخيال صحيح.

صفات الخيال:

وهمي– صحيح – أصغر من الجسم – يقع بين محرقها الخيالي f' ومركزها البصري



المسألة السابعة:

عدسةٌ مُقرِّبة، بُعدُها المحرَقي $3\,cm$، تشكّل لجسمٍ خيالاً وهميّاً على بُعد $24\,cm$ من العدسة، أحسبُ بُعد الجسم عن العدسة.

نطبق قانون ديكارت: $\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{d}-\frac{1}{24}=\frac{1}{3} \Rightarrow d=\frac{8}{3}\,cm=2.666\ cm$

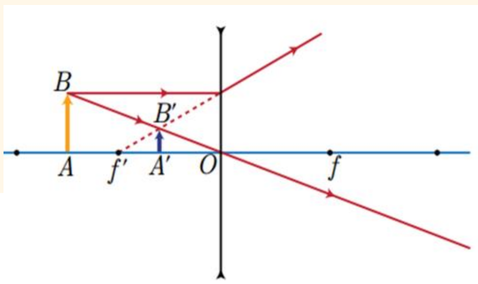
المسألة الثامنة:

جسمٌ مُضيء طوله $9\,cm$، يقعُ على بُعد $27\,cm$ من عدسة مُبعِّدة، بُعدها المحرَقي $18\,cm$، عموديّاً على محورها الأصلي.

أحسبُ بُعدَ الخيال عن العدسة.

أحسبُ طولَ الخيال والتكبيرَ الخطّي للعدسة.

أرسمُ الخيالَ المُتشكِّل ثمَّ أحدِّدُ صفاتِه.



الحل: 1- نطبق قانون ديكارت: $\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{27}+\frac{1}{d'}=\frac{1}{-18} \Rightarrow d'=-\frac{54}{5}\approx -11cm$ إشارة (−) الخيال وهمي

2- نطبق قانون التكبير الخطي: $M=\frac{h'}{h}=-\frac{d'}{d} \Leftarrow \frac{h'}{9}=\frac{11}{27} \Leftarrow h'=+3.66\,cm$ إشارة (+) تدل

على أن الخيال يقع فوق المحور الأصلي $\Leftarrow$. $M=\frac{h'}{h}=+\frac{3.66}{9} \Leftarrow M\rangle 0$ فالخيال صحيح.

3- صفات الخيال : وهمي– صحيح – أصغر من الجسم – يقع بين محرقها الخيالي f' ومركزها البصري.

الدرس الخامس والسادس: الصفيحة متوازية الوجهين والموشور

أختبر نفسي

أولاً: اخترِ الإجابة الصّحيحة لكلٍّ ممَّا يأتي:

1. وسط شفاف كاسر للضّوء محصور بينَ كاسرَين مُستويَين غير مُتوازيَين. يُسمّى:

a. عدسة. **b.** عدسة مُبعِّدة. **c.** عدسة مُقرِّبة. **d.** موشور.

2. الزاوية الحادثة بينَ مُمدّد الشّعاع الضوئي البسيط الوارد على الوجه الأول للموشور والشّعاع البارز من الوجه الثاني بعد اجتيازه الموشور، تسمى زاوية:

a. الانحراف. **b.** الانكسار. **c.** الموشور. **d.** الانعكاس.

3. كلُ شعاعٍ ضوئيّ يسقطُ عموديّاً على أحد الضّلعَين القائمَين لموشور قائم الزاوية ومُتساوي الساقَين، فإنّه يبرزُ:

a. منحرفاً نحوَ القاعدة بزاويةٍ حادّة.

b. عموديّاً على الضّلع القائمة الأخرى.

c. منحرفاً نحو القاعدة بزاوية منفرجة.

d. مائلاً على الضّلع القائمة الأخرى.

4. إذا وردَ الشّعاع الضوئيّ عموديّاً على الوجه الأول لصفيحة مُتوازية الوجهَين $(\theta_1 = 0°)$، فإنَّه يخرجُ من الوجه الثاني بانزلاقٍ جانبي قدرُه:

a. $d = t$.

b. $d = 0$.

c. $d = t(\theta_1 - \theta_1')$.

d. $d = \frac{t}{\cos\theta_1'}\sin(\theta_1 - \theta_1')$.

5. إذا وردَ الشّعاع الضّوئي على الوجه الأوّل لصفيحة مُتوازِية الوجهَين بزاويةٍ قدرُها $(\theta_1 = 90°)$، فإنّه يخرجُ من الوجه الثاني بانزلاقٍ جانبيّ قدرُه:

a. $d = t$.

b. $d = 0$.

c. $d = t(\theta_1 - \theta_1')$.

d. $d = \frac{t}{\cos\theta_1'}\sin(\theta_1 - \theta_1')$.

6. إذا وردَ الشّعاع الضّوئي بزاوية ورود صغيرة على الوجه الأول لصفيحةٍ مُتوازية الوجهَين $\theta_1 = 0°$، فإنّه يخرجُ من الوجه الثاني بانزلاقٍ جانبيّ قدرُه:

a. $d = t$.

b. $d = 0$.

c. $\boxed{d = t(\theta_1 - \theta_1')}$.

d. $d = \frac{t}{\cos\theta_1'}\sin(\theta_1 - \theta_1')$.

ثانياً: حلَّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

ينظرُ رجلٌ عمودياً، خلال صفيحة مُتوازِية الوجهَين مَصنوعة من الزّجاج، إلى نقطةٍ كائنة على وجهها الأسفل، فتُرى على بُعد $7\ cm$ من الوجه العلوي، ثمَّ نغمسُ هذه الصفيحة في إناء يحوي ماءً فتظهرُ النقطة a على بُعد $20\ cm$ تحت سطح الماء.

المطلوب:

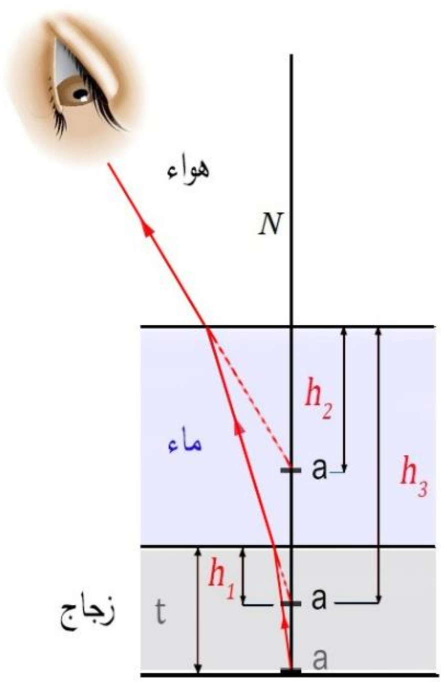
1. احسب ثخنَ الصفيحة t.

2. احسب ارتفاعَ الماء فوق الصفيحة.

(قرينة انكسار الزجاج $\frac{3}{2}$، قرينة انكسار الماء $\frac{4}{3}$).

الحل: من القانون: 1- $\frac{h}{t} = \frac{n_{\text{هواء}}}{n_{\text{زجاج}}}$ بالتعويض $\frac{7}{t} = \frac{1}{\frac{3}{2}} \Leftarrow t = \frac{21}{2} = 10.5\ cm$

2- نطبق نفس القانون السابق ولكن هذه المرة على مرحلتين كما في الشكل



المرحلة الأولى: من الزجاج إلى الماء و لنحسب h_1

$$\frac{n_{\text{ماء}}}{n_{\text{زجاج}}} = \frac{h_1}{t} \Rightarrow \frac{\frac{4}{3}}{\frac{3}{2}} = \frac{h_1}{10.5} \Rightarrow h_1 = 10.5\times\frac{4}{3}\times\frac{2}{3} = 9.3\ cm$$

المرحلة الثانية: من الماء إلى الهواء و لنحسب h_3

$$\frac{n_{\text{هواء}}}{n_{\text{ماء}}} = \frac{h_2}{h_3} \Rightarrow \frac{1}{\frac{4}{3}} = \frac{20}{h_3} \Rightarrow h_3 = \frac{80}{3} = 26.667\ cm$$

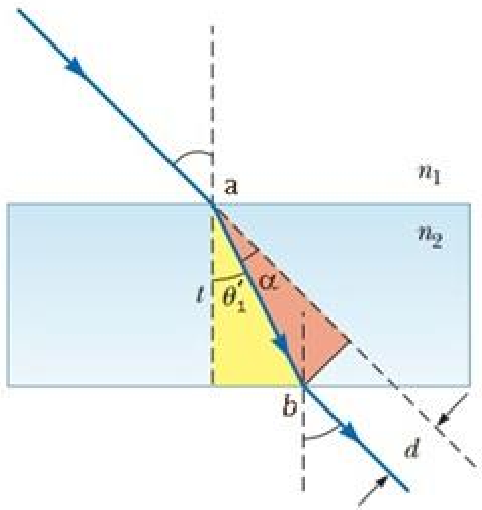
سماكة الماء فوق صفيحة الزجاج $= 26.6 - 9.3 = 17.3\ cm$

المسألة الثانية:

يـردُ شـعاع ضـوئيّ وحيـدُ اللّـون، بزاويـة ورود تسـاوي $45°$، على صفيحةٍ شـفافة مُتوازيـة الوجهَيـن، ثخنُهـا $4\ cm$ وقرينـةُ انكسـارها 1.5.

المطلوب:

1. احسب انزياحَ الشّعاع البارز عن الشّعاع الوارد.
2. قارِن هذا الانزياح بالانزياح عندما تكونُ زاوية الورود صغيرة وتساوي $3°$.



1- نطبق قانون الانكسار على الوجه الأول للصفيحة:

$$\theta_1 = 45^0$$

$$\sin\theta_1 = n\sin\theta_1' \Rightarrow \sin\left(45^\circ\right) = 1.5\sin\theta_1'$$

$$\sin\theta_1' = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{1.5} = \frac{\sqrt{2}}{3} = 0.471 \Rightarrow \theta_1' = 28^\circ$$

نطبق قانون الانزياح على الصفيحة:

$$d = \frac{t}{\cos\theta_1'}\sin(\theta_1 - \theta_1') = \frac{4}{0.882}\sin(45^\circ - 28^\circ)$$

$$d = 1.33cm$$

2-عندما تكون زوايا الورود صغيرة نطبق العلاقة: $d = t\ (\theta_1 - \theta_1')$ على أن تقدَّر الزوايا بالراديان.

من قانون الانكسار في الزوايا الصغيرة على الوجه الأول للصفيحة نجد:

$$\theta_1 = n\theta_1' \Rightarrow \theta_1' = \frac{\theta_1}{n} = \left(\frac{3^\circ}{1.5}\right)\frac{\pi}{180} = \frac{2\pi}{180}\text{rad}$$

$$d = t\ (\theta_1 - \theta_1') = 4\left(\frac{3\pi}{180} - \frac{2\pi}{180}\right) = 0.07cm \ll t$$

نستنتج أن الانزلاق الجانبي d أصغر كثيراً من ثخن الصفيحة t عندما تكون زوايا الورود صغيرة.

المسألة الثالثة:

يسقطُ شعاعٌ ضوئيّ وحيدُ اللّون، بزاوية ورود $45°$ درجة، على وجه موشور قرينةُ انكسار مادته $\sqrt{2}$ وزاويته الرأسية $(60°)$ درجة موجود في الهواء.

المطلوب:

1. احسب زاوية الورود على الوجه الثاني للموشور.
2. احسب زاوية الانحراف.
3. أوجِد شَرطَي البروز لهذا الموشور.

الحل:

الحل: -1 $\sin\theta_1 = n\sin\beta \Rightarrow \sin\left(45^\circ\right) = \sqrt{2}\sin\beta \Rightarrow \sin\beta = \frac{1}{2} \Rightarrow \beta = 30^\circ$

$$\Phi = \beta + \beta' \Rightarrow \beta' = \Phi - \beta = 60^\circ - 30^\circ \Rightarrow \beta' = 30^\circ$$

$$n\sin\beta' = \sin\theta_2 \Rightarrow \sqrt{2}\sin\left(30^\circ\right) = \sin\theta_2 \Rightarrow \sin\theta_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \theta_2 = 45^\circ$$

2- زاوية الانحراف : $\delta = (\theta_1 + \theta_2) - \Phi = \left(45^\circ + 45^\circ\right) - 60^\circ = 30^\circ$

3- شرطا بروز الشعاع الضوئي من الموشور: $\Phi \le 2\,\theta c$

$$\sin\theta_1 \ge n\ \sin(\Phi - \theta_1)$$

نحسب θ_c من العلاقة: $\sin\theta_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \theta_c = 45^\circ$

$\Phi \le 2\,\theta c \Rightarrow \Phi \le 90^\circ$ وهو شرط البروز الأساسي

فإذا تحقق شرط البروز الأساسي (وهو محقق في المسألة $\Phi \le 90^\circ$)فإن الأشعة التي تبرز من الموشور هي الأشعة التي ترد محققة الشرط الثاني: $\sin\theta_1 \ge n\ \sin(\Phi - \theta_1)$

$$\mathrm{Sin}\theta_1 \ge \sqrt{2}\sin(60^\circ - 45^\circ)$$
$$\mathrm{Sin}\theta_1 \ge \sqrt{2}\sin(15^\circ)$$
$$\mathrm{Sin}\theta_1 \ge 0.365 \Rightarrow \theta_1 \ge 21.4^\circ$$

المسألة الرابعة:

موشور زجاجيّ، قرينةُ انكساره تساوي (1.523) بالنسبة للضّوء الأصفر من طيف الصّوديوم, وزاويةُ الرأس فيه تساوي 50°. إذا وردَت حزمةٌ من الضوء الأصفر السّابق على وجهه الأول بزاوية ورود قدرُها 45°، أوجد:

1. زاوية الانكسار على الوجه الأول للموشور β.
2. زاوية الورود على الوجه الثاني β.
3. زاوية البروز على الوجه الثاني للموشور θ_2.
4. زاوية انحراف الموشور δ.

$$\sin\theta_1 = n\sin\beta \Rightarrow \sin\left(45^\circ\right) = 1.523\sin\beta \Rightarrow \sin\beta = 0.463 \Rightarrow \beta \approx 28^\circ$$

$$\Phi = \beta + \beta' \Rightarrow \beta' = \Phi - \beta = 50^\circ - 28^\circ \Rightarrow \beta' = 22^\circ$$

$$n\sin\beta' = \sin\theta_2 \Rightarrow 1.523\sin\left(22^\circ\right) = \sin\theta_2 \Rightarrow \sin\theta_2 = 0.57 \Rightarrow \theta_2 = 35^\circ$$

$$\delta = (\theta_1 + \theta_2) - \Phi = \left(45^\circ + 35^\circ\right) - 50^\circ = 30^\circ$$

المسألة الخامسة:

موشور زجاجي موجود في الهواء، زاوية رأسه تساوي (60°)، فإذا وردَ عليه شعاعٌ ضوئيّ وحيد اللّون كانت زاوية انحرافه الأصغر (48°). احسب قرينة انكسار الموشور.

$$n = \frac{\sin\frac{\delta_{min} + \Phi}{2}}{\sin\frac{\Phi}{2}} = \frac{\sin\frac{48^\circ + 60^\circ}{2}}{\sin\frac{60^\circ}{2}} = \frac{\sin 54^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{0.8}{0.5} = 1.6$$

المسألة السادسة:

موشور زجاجي، قرينة انكساره $\sqrt{2}$ وزاوية رأسه تساوي (60°)، موجود في الهواء. برهن أنّ زاوية الانحراف الأصغر هي (30°).

الحل: في حالة الانحراف الأصغري:

$$\theta_1 = \theta_2 = \theta_{min}$$
$$\beta = \beta' = \beta_{min}$$

$$\beta_{min} = \frac{\Phi}{2} = \frac{60^\circ}{2} = 30^\circ$$

$$\sin\theta_{min} = n\sin\beta_{min}$$

$$\sin\theta_{min} = \sqrt{2}\sin 30^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \theta_{min} = 45^\circ$$

$$\delta_{min} = 2\theta_{min} - \Phi = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

المسألة السابعة:

موشور زجاجي، قرينة انكساره $n = 1.6$ وزاوية رأسه تساوي (60°)، موجود في الهواء.

المطلوب:

1. أوجِد أصغر زاوية ورود يستطيع عندها الشّعاع، إذا وردَ على أحد أوجه الموشور، أن يبرزَ على الوجه الآخر.
2. أوجِد زاوية الورود في وضع الانحراف الأصغر، أي عندما تكون: زاوية الورود = زاوية البروز.
3. أوجِد زاوية الانحراف الأصغريّ في هذه الحالة.

الحل:

1-عندما يتحقق شرط البروز الأساسي $(\Phi \le 2\,\theta c)$ فإن الأشعة التي تبرز من أحد أوجه الموشور هي الأشعة التي تحقق زاوية ورودها العلاقة: $\sin\theta_1 \ge n\sin(\Phi - \theta_c)$

نحسب θ_c من العلاقة:

$$\sin\theta_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.6} = 0.625 \Rightarrow \theta_c = 39^\circ$$

$$\sin\theta_1 \ge 1.6\ \sin(60^\circ - 39^\circ)$$

$$\sin\theta_1 \ge 1.6\ \sin(21^\circ)$$

$$\sin\theta_1 \ge 0.573 \Rightarrow \theta_1 \ge 35^\circ$$

2- في حالة الانحراف الأصغر يكون: $\theta_1 = \theta_2 = \theta_{min}$ و $\beta = \beta' = \beta_{min}$ وبالتالي نجد:

$$\beta_{min} = \frac{\Phi}{2} = \frac{60^\circ}{2} = 30^\circ$$

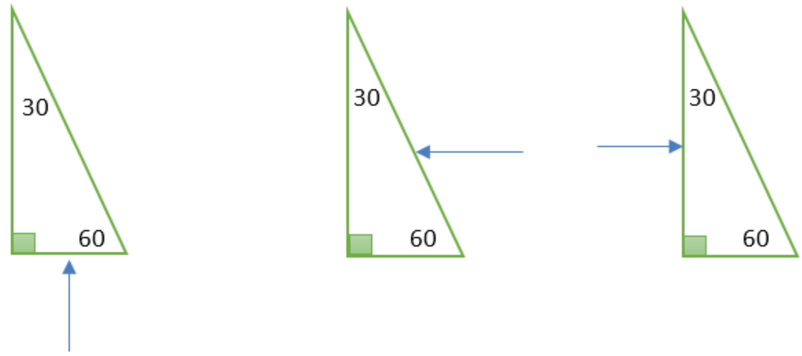
$$\sin\theta_{min} = n\sin\beta_{min}$$

$$\sin\theta_{min} = 1.6\sin 30^\circ = \frac{1.6}{2} = 0.8 \Rightarrow \theta_{min} = 53^\circ$$

$$\delta_{min} = 2\theta_{min} - \Phi = 106^\circ - 60^\circ = 46^\circ$$

المَسألة الثامنة:

تتبّعِ مسار الشّعاع الضّوئي الوارد على كلّ موشور في الشّكل في الأسفل، وعيّن زاوية البروز θ_2 في كلّ حالة موضّحاً السبب. حيثُ قرينة انكسار الزجاج $n = 1.5$، وزوايا الموشور $(90°, 60°, 30°)$.



الحل: يرد الشعاع الضوئي على الوجه الأول عمودياً على السطح الفاصل فينفذ دون انحراف

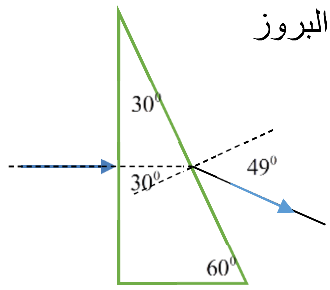
داخلاً الموشور وتكون: $\theta_1 = \beta = 0$

نحسب الزاوية الحرجة باستخدام العلاقة: $\sin\theta_C = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} = 0.667 \Rightarrow \theta_C = 42^\circ$

وهذه الزاوية الحرجة هي لجميع الحالات لأن الموشور ذاته.

1- يرد الشعاع الضوئي على الوجه الثاني بزاوية $(\beta' = 30^\circ)$ على السطح الفاصل

وهذه الزاوية أصغر من الزاوية الحرجة فإنه ينكسر مبتعداً عن الناظم، ولحساب زاوية البروز نطبق قانون سنل:



$$n\sin\beta' = \sin\theta_2 \Rightarrow 1.5\sin(30^\circ) = \sin\theta_2 \Rightarrow \sin\theta_2 = 0.75 \Rightarrow \theta_2 = 49^\circ$$

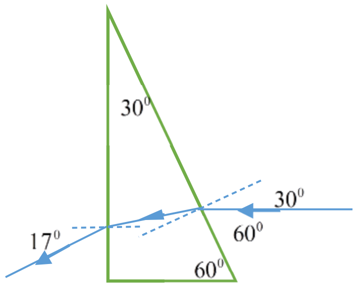
2- في الشكل الاتي: نرسم الناظم على السطح الأول فتكون زاوية الورود $\theta_1 = 30^\circ$

الشعاع الضوئي ينكسر مقترباً من الناظم وتكون زاوية الانكسار $\beta = 19^\circ$

$$\beta' = \Phi - \beta = 30^\circ - 19^\circ = 11^\circ$$

يرد الشعاع الضوئي على الوجه الثاني بزاوية أصغر من الزاوية الحرجة

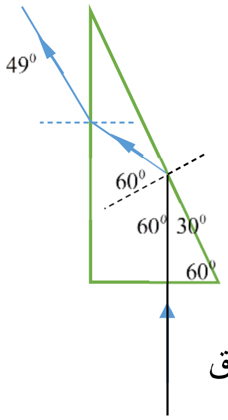
فإنه ينكسر مبتعداً عن الناظم، ولحساب زاوية البروز نطبق قانون سنل:



$$n\sin\beta' = \sin\theta_2 \Rightarrow 1.5\sin(11^\circ) = \sin\theta_2 \Rightarrow \sin\theta_2 = 0.286 \Rightarrow \theta_2 = 17^\circ$$

3-في هذا الشكل يرد الشعاع الضوئي على الوجه الأول عمودياً على

السطح الفاصل فينفذ دون انحراف داخلاً الموشور وتكون: $\theta_1 = \beta = 0$



يرد الشعاع الضوئي على الوجه الثاني بزاوية $(\beta' = 60^\circ)$ على السطح الفاصل

وهذه الزاوية أكبر من الزاوية الحرجة فإنه ينعكس داخل الموشور وتكون:

زاوية الورود = زاوية الانعكاس.

يرد الشعاع الضوئي على الوجه الثالث بعد الانعكاس فيصنع مع الناظم على

السطح الفاصل زاوية تساوي $\beta' = 30^\circ$

أصغر من الزاوية الحرجة فإنه ينكسر مبتعداً عن الناظم، ولحساب زاوية البروز نطبق

قانون سنل: $n\sin\beta' = \sin\theta_2 \Rightarrow 1.5\sin\left(30^\circ\right) = \sin\theta_2 \Rightarrow \sin\theta_2 = 0.75 \Rightarrow \theta_2 = 49^\circ$