

الجمهورية العربية السورية
وزارة التربية
المراكز الوطني لتطوير المناهج التربوية

الفيزياء

الصف العاشر الأدبي

م 2022-2021

تأليف
فئة من المختصين

حقوق الطباعة والتوزيع محفوظة للمؤسسة العامة للطباعة

حقوق التأليف والنشر محفوظة للمركز الوطني لتطوير المناهج التربوية

وزارة التربية - الجمهورية العربية السورية

طبع لأول مرة في العام الدراسي: 2017 – 2018 م

المقدمة

نقدم للمتعلّمين الأعزّاء كتاب الفيزياء المبنيّ وفق الإطار العام للمنهاج الوطني ووثيقة المعايير الوطنية المطورة، والتي تهدف إلى مواكبة التطورات الحالية، وتقديم منهاج قائم على البحث العلمي والتجريب يلبّي آمال المتعلّمين من جهةٍ، ومتطلبات سوق العمل والمجتمع المحلي من جهةٍ أخرى.

يشهد العالم ثورةً معرفيةً يرافقها تسارع في إنتاج المعرفة وانتشارها وتطور التقانات المستخدمة إضافةً إلى سرعة التغييرات في مجالات الحياة كلها.

لذلك وجب ربط المناهج بالحياة اليوميّة للمتعلّم وب بيته، ومواكبة المستجدّات العلميّة والتكنولوجيا التي سيكون لها الأثر الفعال في تنمية شخصية المتعلّم من الناحيّتين الفكرية والجسدية، وهذا ما يسمح له بالتكامل مع متطلبات الحياة المعاصرة، والمساهمة في التنمية الوطنية المستدامة.

يخاطب المحتوى العلمي المتعلّم بوصفه محور العملية التّربويّة، ويشجّعه على التّعلم الذّاتي، حيث صيغت موضوعات الكتاب بأسلوب علمي مبسط واضح لتناسب النّمو العقلي والعمري للمتعلّم وتشير دافعيته. كما يرتكز المحتوى على المعارف والمهارات بعيداً عن الحشو والتّكرار، ويمكّن المتعلّم من مواجهة المشكلات التي يتعرّض لها في حياته اليوميّة، وإيجاد الأساليب المناسبة لحلّها، وكذلك يحفز المتعلّم على اكتساب مهارات التّواصل والتفكير والبحث والاستنتاج بدلاً من تلقّي المعلومات وحفظها واستظهارها، كما يؤكّد المحتوى على دور المعلّم بوصفه موجّهاً للمناقشة، وميسّراً للعلم والعمل.

وكلُّنا أملُّ وثقة أن يحقق زملاؤنا المتعلّمون ما نصبو إليه.

فريق التّأليف

الفهرس

الوحدة الأولى: الحركة والتحريك

الدرس الأول:	
6	الحركة.....
20	الدرس الثاني: الحركة المستقيمة.....
32	الدرس الثالث: قوانين نيوتن وتطبيقاتها
44	الدرس الرابع: العمل والاستطاعة

الوحدة الثانية: الكهرباء

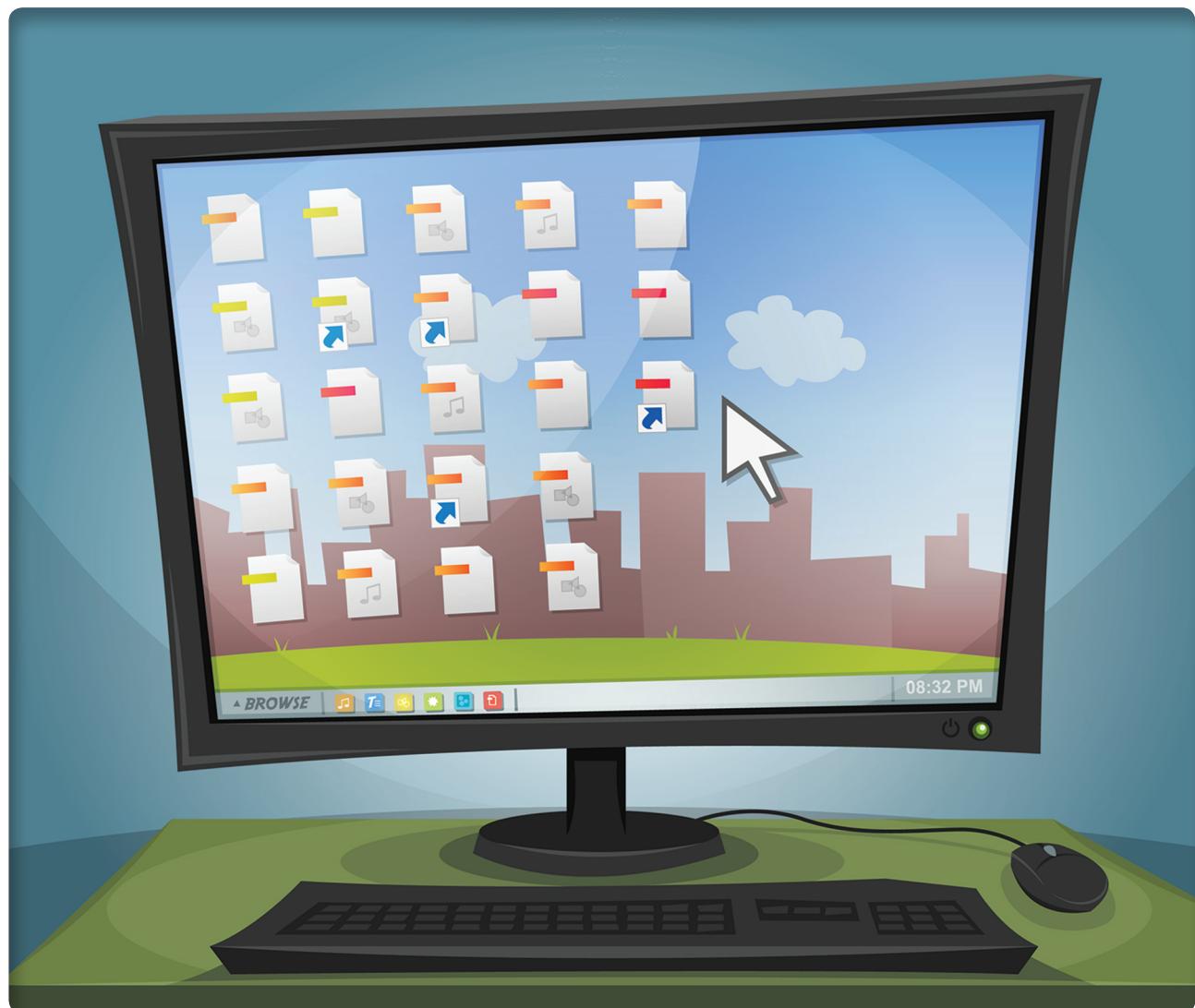
الدرس الأول:	
58	الكهرباء الساكنة.....
64	الدرس الثاني: حقل كهربائي
76	الدرس الثالث: الكمون
84	الدرس الرابع: فرق الكمون

الوحدة الأولى

الحركة والتحريك

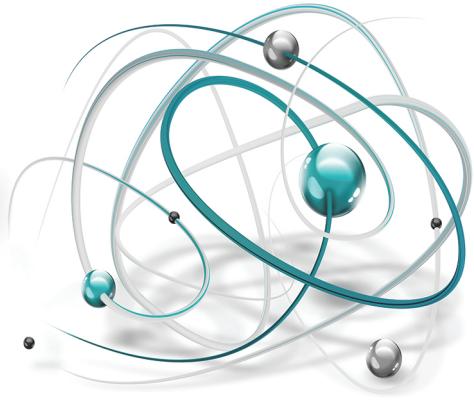
عندما تتحرك فأرة الكمبيوتر يتحرك المؤشر على شاشة الجهاز.
كيف تنتقل الحركة من كرة فأرة الكمبيوتر إلى جهاز الكمبيوتر ليتحرك المؤشر في اتجاه
الحركة ذاته؟

تحتكر الكرة في أثناء حركتها بأسطوانتين أو أكثر داخل الفأرة حيث تقيس حركات الكرة إلى الأمام وإلى الخلف وإلى الأعلى وإلى الأسفل. وتكون حركة المؤشر على شاشة الكمبيوتر موضحة لحركة هاتين الأسطوانتين.



١-١

الحركة



الأهداف:

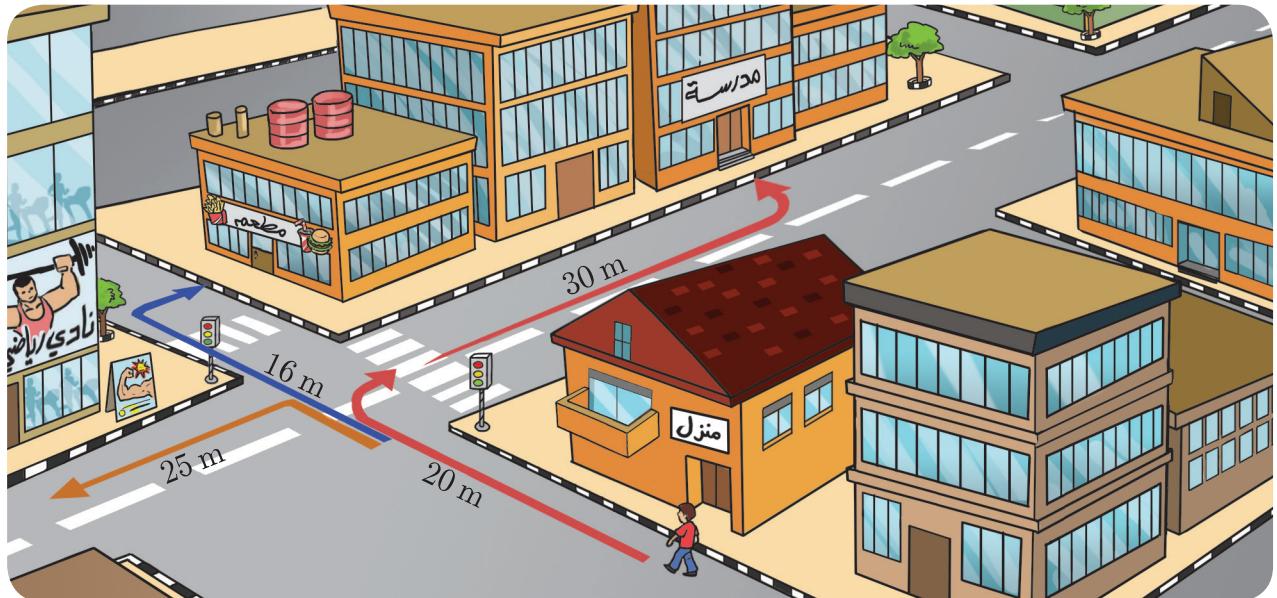
- * يتعرّف الجمل المرجعية وجمل المقارنة.
- * يتعرّف المسافة والفاصلـة والإزاحة.
- * يتعرّف شعاع السرعة.
- * يوازن بين السرعة الوسطى والسرعة اللحظـية.
- * يميـز بين السرعة الثابتـة والسرـعة المـتغيـرة.
- * يرسم الخطـ البيـاني لـ تغيـرات المسـافة بـ دلـالة الزـمن.
- * يفسـر الخطـ البيـاني لـ تغيـرات المسـافة بـ دلـالة الزـمن.
- * يتعرـف شعـاع التـسارـع.
- * يميـز بين التـسارـع الوـسطـي والتـسارـع اللـحظـي.
- * يرسم الخطـ البيـاني لـ تغيـرات السـرـعة بـ دلـالة الزـمن.
- * يفسـر الخطـ البيـاني لـ تغيـرات السـرـعة بـ دلـالة الزـمن.

الكلمات المفتاحـية:

- * السـرـعة الوـسطـى
Average Velocity
- * السـرـعة الآـتـية
Instantaneous Velocity
- * التـسارـع
Acceleration

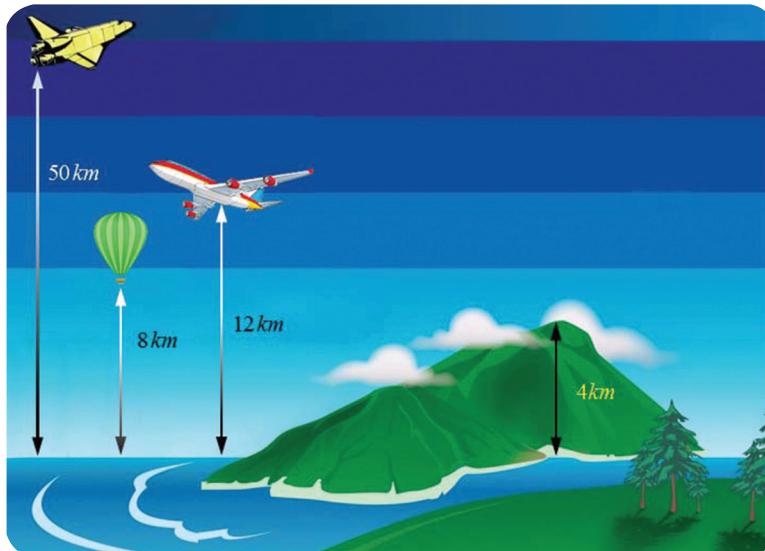
الجمل المرجعية وجمل المقارنة 1-1

الاحظ وأجيب:

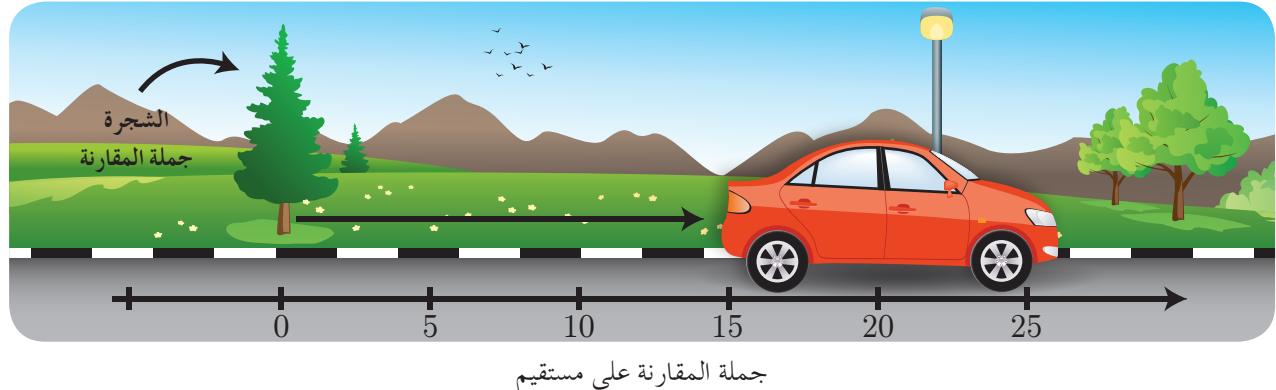


انعم النظر في الشكل السابق، وأجيب عن الأسئلة الآتية:

1. ما هي المسافة بين المنزل والمدرسة الثانوية؟
 2. هل المسافة بين المنزل والنادي الرياضي تساوي المسافة بين المنزل والمطعم؟
 3. إذا انطلقت من المنزل إلى المدرسة صباحاً، وبعد انتهاء الدوام عدت إلى النادي، ثم عدت إلى المنزل، ما هي المسافة التي قطعتها؟
 4. ما المكان المشترك في الأسئلة السابقة؟ وما المقدار الفيزيائي المتغير بالنسبة للمكان المشترك؟
- من خلال المناقشة السابقة ستلاحظ أنَّ قياس المسافة بين جسمٍ معينٍ وجسمٍ آخر يحتم علينا اختيار أحدهما كمرجع ثابت، وهذا الجسم المرجعي الذي لا يغير موضعه بالنسبة للأرض يُسمى بالجملة المرجعية.
5. في الشكل الآتي: ما الجملة المرجعية برأيك؟



6. بهدف مراقبة جسمٍ ساكنٍ أو مُتحركٍ بشكلٍ دقيق، يمكن أن ندعوا الجملة المرجعية بجملة مقارنة. ومن جمل المقارنة:



جملة مقارنة في الفراغ



جملة مقارنة في المستوى

وقد يكون الجسم ساكنًا ومتحركًا في آنٍ واحدٍ، وذلك بالنسبة لجملاتي مقارنة مختلفةين. حيث يلاحظ أنَّ السائق ساكن بالنسبة للسيارة، ومتحرك بالنسبة للشجرة على طرف الطريق كما في الشكل الآتي.



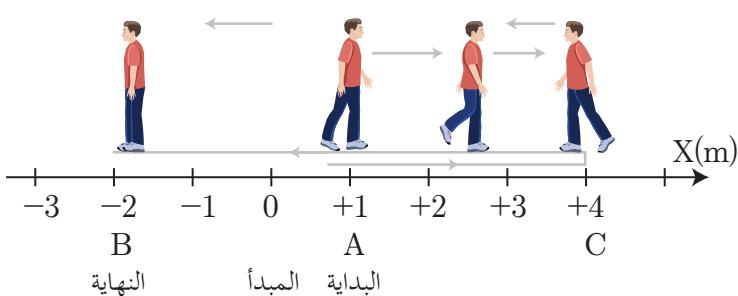
أستنتج: نقولُ عن جسمٍ ما بأنه مُتحركٌ بالنسبة لجملة مقارنة إذا تغيرَ موضعه عنها بتغيير الزَّمن.
وتصنَّف جمل المقارنة بالنسبة للمُراقب إلى:

- جملة مقارنة خارجية: المُراقب الذي يصفُ الحركة غير مُرتبط بالجسم المُتحرك.

- جملة مقارنة داخلية: المُراقب الذي يصفُ الحركة مُرتبط بالجسم المُتحرك.

لدراسة حركة جسمٍ ما لا بدَّ من تحديد: جملة مقارنة، وحدة قياس مُناسبة ومبادأ لقياس الزَّمن.

2-1 المسافة والفاصلـة وشعاع الإزاحة



الأحـظ وأجيـب:

يتحـرك باسـل على طـريق أـفقـيـة مـعـتـقـيمـة.

أـنـعـم النـظـر فـي الصـورـة المـعـاـلـة وأـجيـب:

ما طـول المـسـار الـذـي سـلـكـه باسـل:

• من A إلى C ?

• من C إلى B ?

• من A إلى B مروراً بالـنـقـطـة C ?

1-2-1 المسـافـة:

أـسـتـنـتـج:

المسـافـة: هي طـول المـسـار الـذـي يـسـلـكـه الجـسـم المـتـحـركـ في أـثـاء حـرـكـتـه بـغـصـنـ النـظـر عـن جـهـةـ الـحـرـكـة، وـهـي مـقـدـارـ مـوـجـبـ دـوـمـاـ، وـحدـتـه فـي الـجـمـلـة الدـوـلـيـة هـي المـتر.

نشـاط (1):

إـذـا أـخـذـنـا اـتـجـاهـ الـمـحـوـرـ بـعـينـ الـاعـتـبـارـ فـي الشـكـلـ السـابـقـ:

• ما بـعـدـ النـقـطـةـ Aـ مـكـانـ اـنـطـلـاقـ باـسـلـ عنـ مـبـداـ الإـحـادـيـاتـ Oـ ؟

• ما بـعـدـ النـقـطـةـ Bـ مـكـانـ وـصـولـ باـسـلـ عنـ مـبـداـ الإـحـادـيـاتـ Oـ ؟

2-2-1 الفـاـصـلـة:

أـسـتـنـتـج:

الـفـاـصـلـة: تـعـيـّـزـ لـلـدـلـالـة عـلـى الـبـعـدـ بـيـنـ نـقـطـةـ مـنـ الـمـحـوـرـ الـمـوـجـبـ، وـمـبـداـ الإـحـادـيـاتـ (Oـ)، وـتـقـرـنـ الـفـاـصـلـةـ بـالـإـشـارـةـ (+ـ) لـلـقـيـاسـ بـالـاتـجـاهـ الـمـوـجـبـ لـلـمـحـوـرـ وـبـالـإـشـارـةـ (-ـ) لـلـقـيـاسـ بـالـاتـجـاهـ الـسـالـبـ لـلـمـحـوـرـ.

مـلـاحـظـة:

يمـكـنـ حـسـابـ الـبـعـدـ بـيـنـ النـقـطـتينـ Aـ وـ Bـ مـنـ مـحـوـرـ موـجـبـ بـالـعـلـاقـةـ:

الـبـعـدـ بـيـنـ نـقـطـتينـ مـنـ مـحـوـرـ موـجـبـ = الـفـاـصـلـةـ الـنـهـائـيـةـ - الـفـاـصـلـةـ الـابـتـدـائـيـةـ

كـالـآـتـيـ:

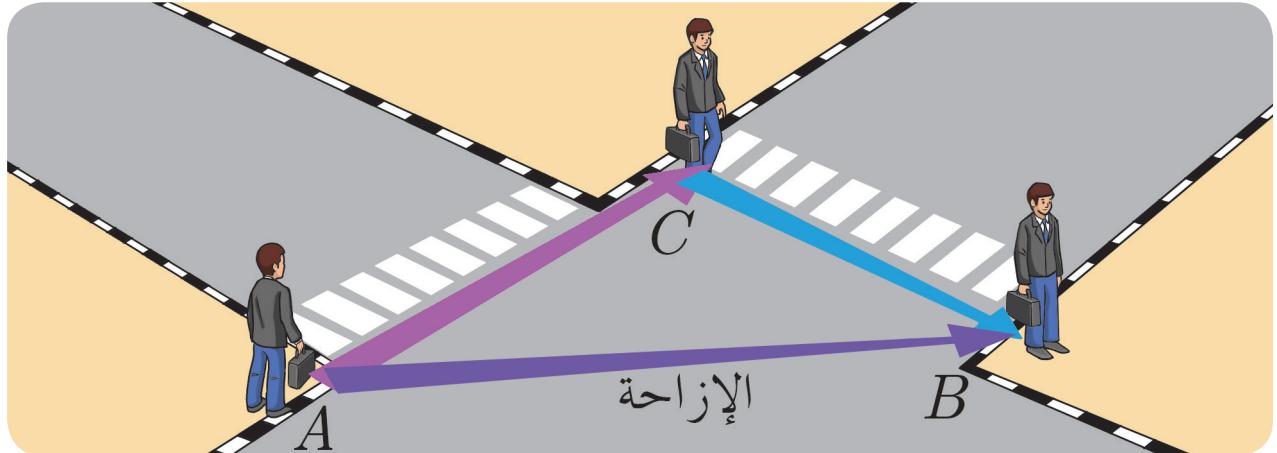
$$AB = X_B - X_A = (-2) - (+1) = -3 \text{ m}$$

تـدـلـ إـشـارـةـ السـالـبـةـ عـلـى أـنـنـا نـسـيـرـ بـالـاتـجـاهـ الـسـالـبـ لـلـمـحـوـرـ.

3-2-1 شعاع الإزاحة:

الاحظ وأستنتج:

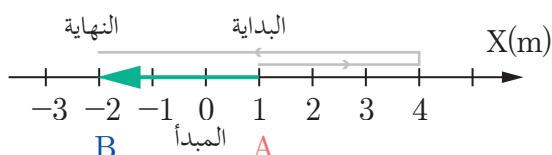
أراد باسل عبور الشّارع من الموضع A إلى الموضع C ، قاطعاً مسافة 8 m ، ثمَّ عبور الشّارع الثاني من الموضع C إلى الموضع B ، قاطعاً مسافة أخرى قدرُها 6 m الموضّح في الشّكل:



- ما المسافة الكلية التي قطعها باسل؟
 - ما طول القطعة المستقيمة الموجّهة \overrightarrow{AB} ؟
نسمّي القطعة المستقيمة الموجّهة \overrightarrow{AB} بشعاع الإزاحة.
- وهو شعاع يتجه من الموضع الابتدائي إلى الموضع النهائي للمتحرّك وطوليّته تساوي البُعد بين الموضعين.

تطبيق (1)

انظر إلى الشّكل المجاور، وأجيب عن الآتي:

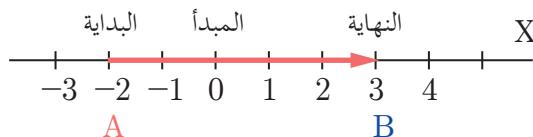


- ما مقدار الإزاحة من الموضع A إلى الموضع B ؟
- ما طوليّة شعاع الإزاحة \overrightarrow{AB} ؟

بتطبيق علاقَة البُعد بين نقطَتين، نجدُ مقدار الإزاحة: $AB = x_B - x_A = (-2) - (1) = -3\text{ m}$.
طوليّة شعاع الإزاحة \overrightarrow{AB} تمثّل الإزاحة من النّقطة A إلى النّقطة B وتساوي 3 m .

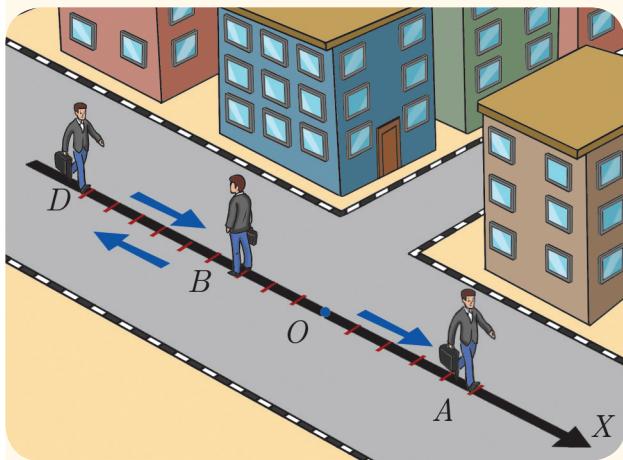
ملاحظة:

يمكُن إيجاد طوليّة شعاع الإزاحة من الرسم مباشرةً.





أختبر نفسك



1. انظر إلى الشكل المجاور، وحدد طولية شاع الإزاحة \vec{AB} ؟

2. انطلق شخص من النقطة B فاصلتها (3-) باتجاه النقطة D فاصلتها (9-)، ثم عاد باتجاه النقطة A فاصلتها (5+).

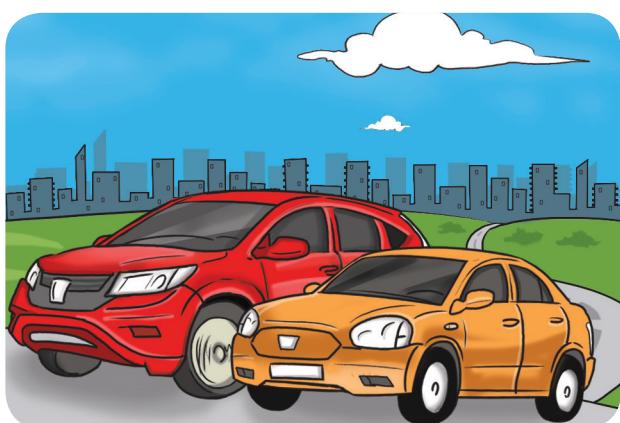
المطلوب:

- حساب المسافة التي قطعها الشخص.
- ما هي جهة شاع الإزاحة الحالى؟
- حدد بدايته ونهايته وطوليته

3-1 مفهوم السرعة:

1-3-1 السرعة الوسطى v_{avg}

نشاط (2):



انطلقت سيارتان في اللحظة ذاتها من مدينة دمشق، فقطعا مسافة 160 km لتصلا إلى مدينة حمص خلال زمن قدره ساعتان، السيارة الأولى تابعت الرحلة دون توقف. أمّا السيارة الثانية، فتوقفت للتزوّد بالوقود ثم تابعت طريقها لتصل إلى حمص، ومع ذلك وصلتا في اللحظة ذاتها، فكّر ثم أجب.

- احسب سرعة كلّ منهما؟
- هل النتيجة مقنعة ودقيقة؟
- هل للسيارتين السرعة ذاتها على طول المسار، فسر ذلك؟

السرعة الوسطى عددياً: هي المسافة المقطوعة مقسومة على الزمن اللازم لقطعها:



$$v_{avg} = \frac{\overline{M_1 M_2}}{\Delta t} = \frac{\Delta \bar{X}}{\Delta t} = \frac{\text{المسافة المقطوعة}}{\text{الزمن}}$$

السرعة الوسطى لا تعطي القيمة الدقيقة للسرعة.

٢-٣-١ السرعة الآنية v

الاحظ وأجيب:

هل السيارة متحركة؟ وما قيمة سرعتها؟



إن القراءة المباشرة للقيمة التي تظهر على عدداد السرعة في سيارة متحركة يدللنا عملياً على القيمة الححظية للسرعة، وهي أكثر دقةً من السرعة الوسطى، فهي تصف التغيرات الصغيرة في المسافة خلال فاصل زمنيّ صغير جداً.

أي تؤول السرعة الوسطى إلى السرعة الآنية أو الححظية عندما يكون التغير في المسافة صغيراً خلال فاصل زمنيّ صغير جداً

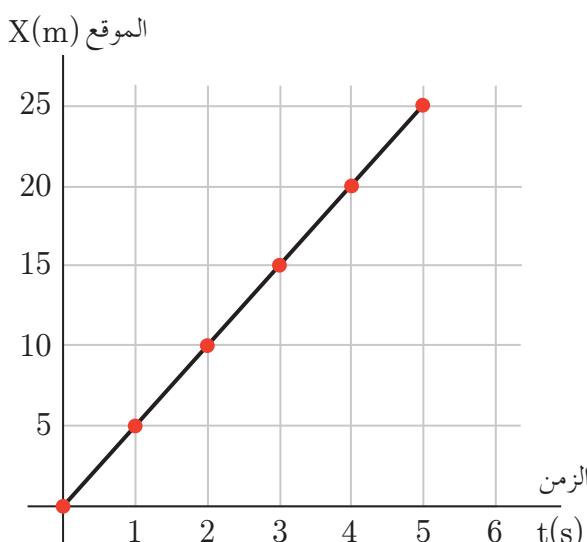
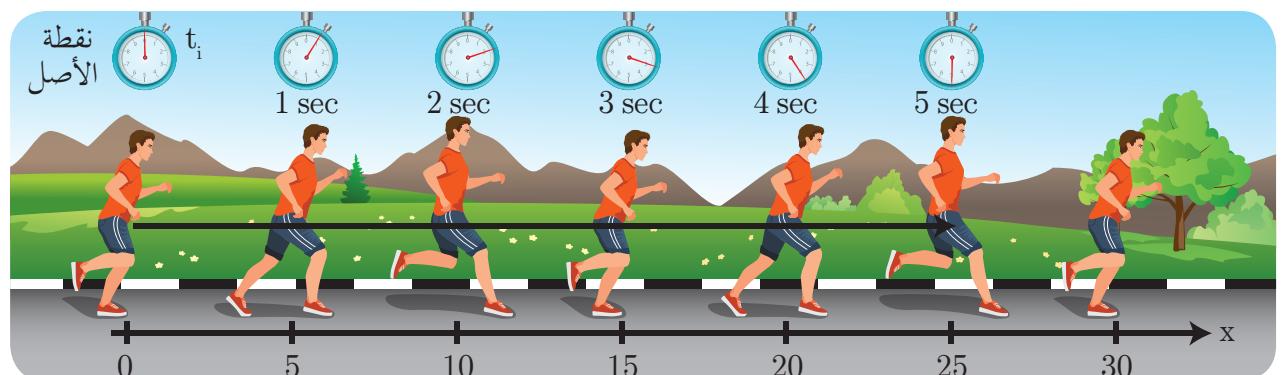
$$v = \frac{dx}{dt}$$

٣-٣-١ السرعة الثابتة والسرعة المُتغيّرة

كيف نحكم على جسم أنه يتحرك بسرعة ثابتة؟

الاحظ وأستنتج:

يجري عدّاء على طريق مستقيم، حيث تتغيّر فاصلته (موقعه) بتغيّر الزّمن وفق الجدول الآتي:



الزمن (s)	الموقع (m)
0	0
1	5
2	10
3	15
4	20
5	25

- احسب النسبة $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ في القياسات السابقة. ماذا أستنتج؟
- احسب ميل الخط البياني.
- قارن بين النتائج التي حصلت عليها. ماذا أستنتج؟
- توقع ما هي فاصلة العداء في اللحظات: $t = 7 \text{ s}$ ، $t = 6 \text{ s}$

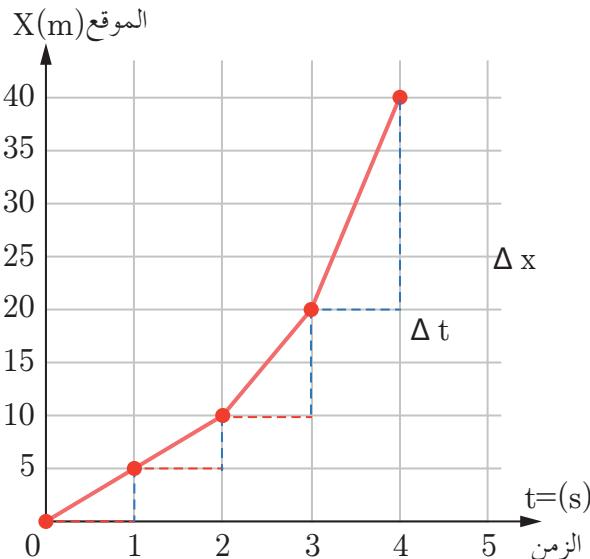
أستنتج:

- تكون سرعة المُتحرك ثابتة القيمة، إذا قطع المُتحرك مسافاتٍ متساويةٍ خلال فواصل زمنية متساوية.
- ندعو ميل الخط البياني السابق (المُستقيم) بالسرعة اللحظية.

$$v = v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} = const$$

الاحظ وأستنتج:

لدينا الخط البياني الآتي الذي يصف تغير موضع جسم خلال فواصل زمنية متساوية، قيمة كل منها ثانية واحدة:



الزمن (s)	الموقع (m)
0	0
1	5
2	10
3	20
4	40
5	45

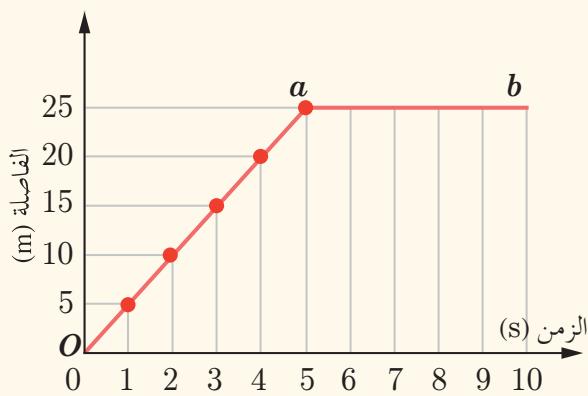
- احسب النسبة $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ لكل موضعين متتاليين.
- هل النسب السابقة متساوية؟
- ماذا أستنتج؟

أستنتج: تكون سرعة المُتحرك غير ثابتة القيمة إذا قطع مسافاتٍ غير متساويةٍ خلال فواصل زمنية متساوية.

ويلاحظ أنَّ الخط البياني لتغييرات المسافة بتغير الزمن في حالة السرعة غير الثابتة ليس مستقيماً.



أختبر نفسك

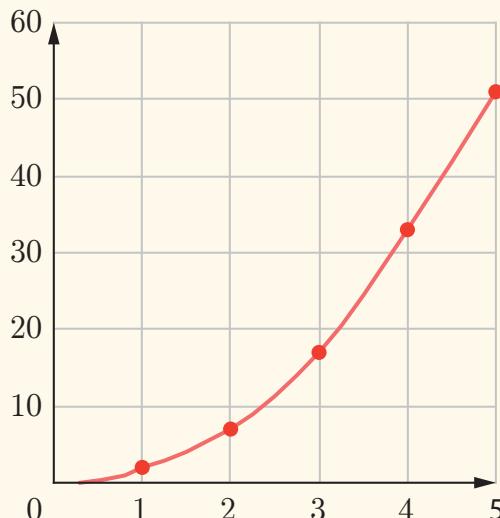


1. يصف الرسم البياني الآتي تغير فاصلة جسم متحرك بتغيير الزمن. أجب عن الأسئلة:

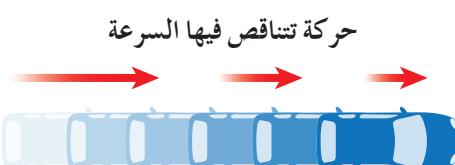
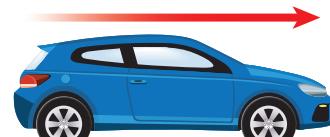
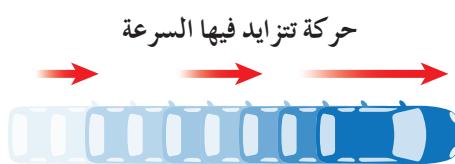
- ما فاصلة الجسم في الثانية الثالثة من حركته؟
- ما اللحظة الزمنية التي تكون فيها فاصلة الجسم 20 m ؟

- ما سرعة الجسم خلال المرحلة Oa ؟ ولماذا؟
- ما سرعة الجسم خلال المرحلة ab ؟ ولماذا؟

2. يمثل المنحني البياني الآتي تغيرات فاصلة، متحرك مع الزمن. هل سرعة الجسم ثابتة أو متغيرة؟ ولماذا؟



4-1 التسارع : (acceleration)

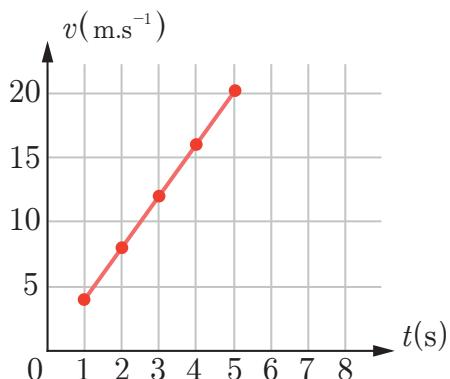


نشاط (3)

انطلقت سيارة من السكون، وسجلت قيم سرعتها في لحظاتٍ مختلفة، فكانت كما في الجدول الآتي:

السرعة (m.s^{-1})	0	4	8	12	16	20
الزمن (s)	0	1	2	3	4	5

$\frac{\Delta v}{\Delta t}$	$\frac{4-0}{1-0}$	$\frac{8-4}{2-1}$	$\frac{12-8}{3-2}$	$\frac{16-12}{4-3}$	$\frac{20-16}{5-4}$
-----------------------------	-------------------	-------------------	--------------------	---------------------	---------------------

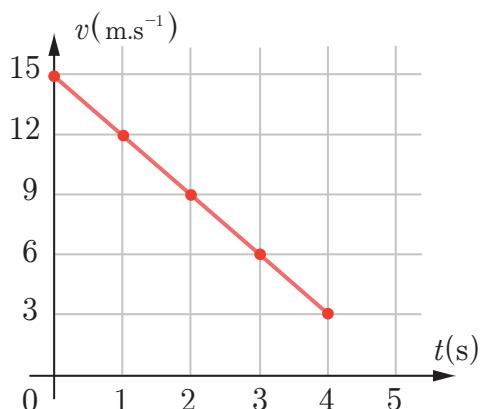


- هل تغير قيمة السرعة؟ وما قيمة التغيير الحاصل؟
- احسب قيمة النسبة $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ ، ماذا تستنتج؟
- احسب ميل الخط البياني (المستقيم) المرسوم.
- قارن بين النتائج التي حصلت عليها. ماذا تستنتج؟

نشاط (4)

استخدم سائق مكابح سيارته، فتغيرت سرعة السيارة وفق القيم كما في الجدول الآتي:

السرعة (m.s^{-1})	15	12	9	6	3
الزمن (s)	0	1	2	3	4



- هل تزداد قيمة سرعة الجسم أم تنقص بمرور الزمن؟
- احسب قيمة النسبة $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ ، هل هي ثابتة؟
- احسب ميل الخط البياني (المستقيم) المرسوم.
- قارن بين النتائج التي حصلت عليها. ماذا تستنتج؟
- توقع كم ستكون قيمة السرعة عندما $t = 5 \text{ s}$ ؟

١-٤-١ التسارع الوسطي a_{avg}

نعرف التسارع الوسطي a_{avg} بين اللحظتين t_1 و t_2 تكون فيهما سرعة المُتحرك v_1 و v_2 على الترتيب بالعلاقة:

$$a_{avg} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

ووحدته في الجملة الدولية هي m.s^{-2}

تمرين:

تنطلق سيارة من السكون (سرعتها الابتدائية معدومة)، وبعد خمس ثوانٍ من بدء الزّمن بلغت سرعتها 20 m.s^{-1} . المطلوب: احسب تسارعها الوسطي.

٢-٤-١ التسارع الآني a

نعرف التسارع الآني a بأنّه التسارع الوسطي الذي نحصل عليه من تغيير قيمة السرعة بمقدارٍ صغيرٍ dv عندما يلغي الفاصل الزمني قيمةً صغيرةً جداً dt ، ويعبر عنه بالعلاقة:

$$a = \frac{dv}{dt}$$

إضاءة

نقول عن حركة أنّها متسارعة، إذا ازدادت سرعتها بتغيير الزّمن



متسارعة

نقول عن حركة أنّها مُطابِطة، إذا تناقصت سرعتها بتغيير الزّمن

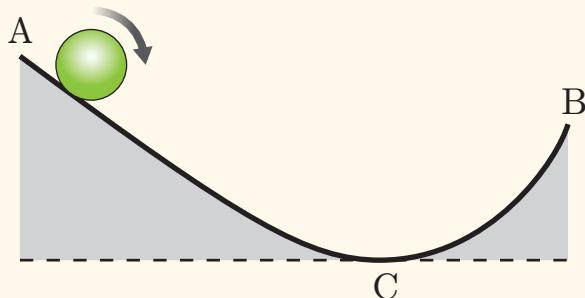


متباطة

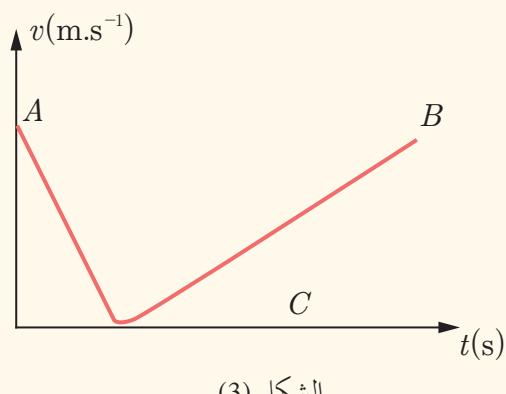
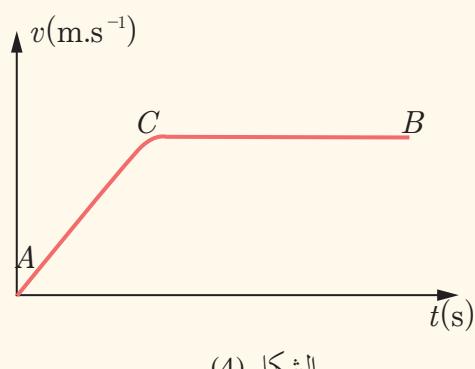
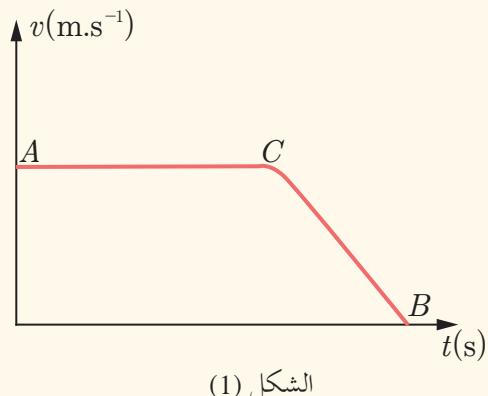
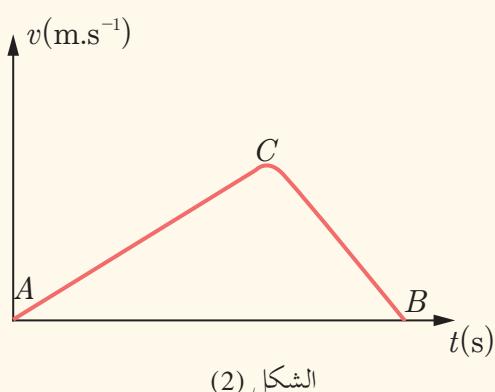
أختبر نفسك



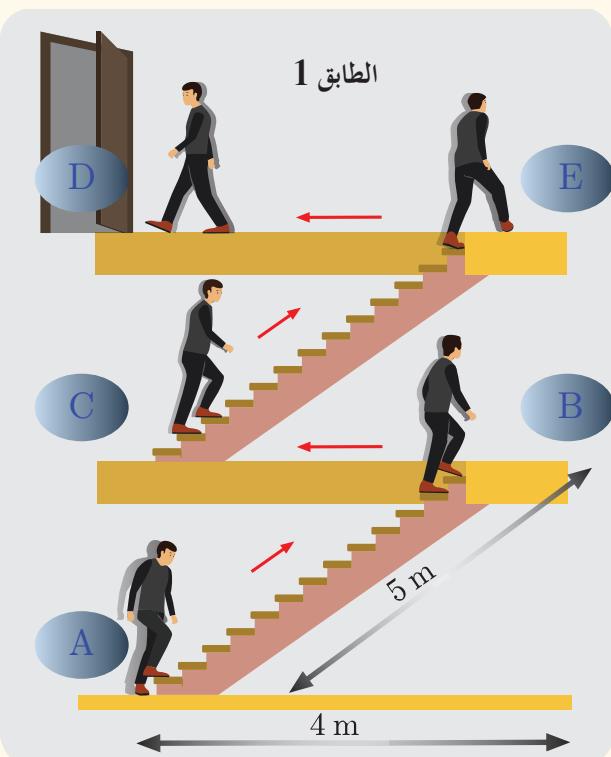
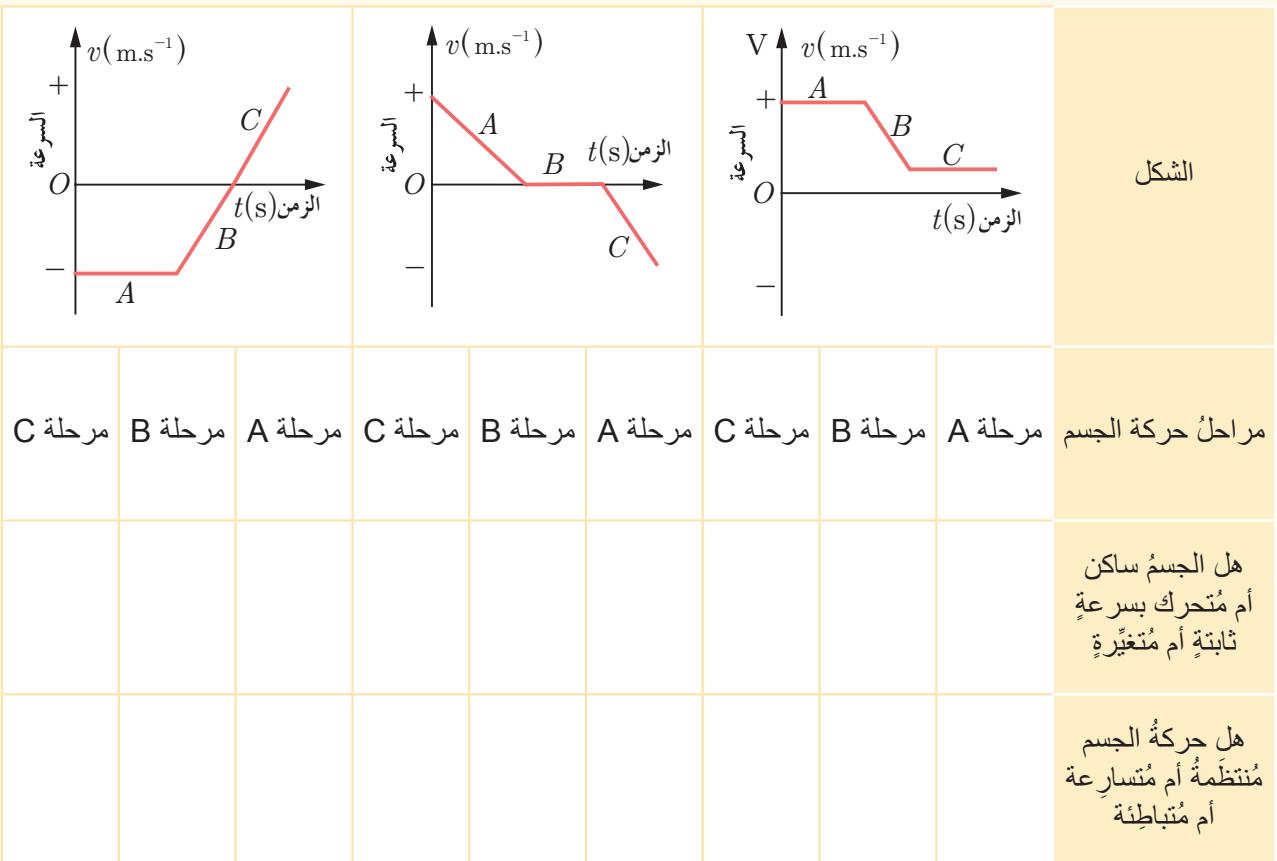
1. يبدأ دوّلابٌ حركته من السكون من النقطة A في قمة منحدرٍ أملس، كما في الشكل الآتي، ليصل إلى النقطة C ، ثمَّ يتبعُ حركته صعوداً نحو الأعلى ليصل إلى النقطة B . **المطلوب:**



- هل حركة من A إلى C متسارعة أم متباطئة؟
- هل حركة من C إلى B متسارعة أم متباطئة؟
- أيُّ شكلٍ من الأشكال الآتية يعبر عن تغير سرعة الدوّلاب في أثناء حركة من A إلى B :



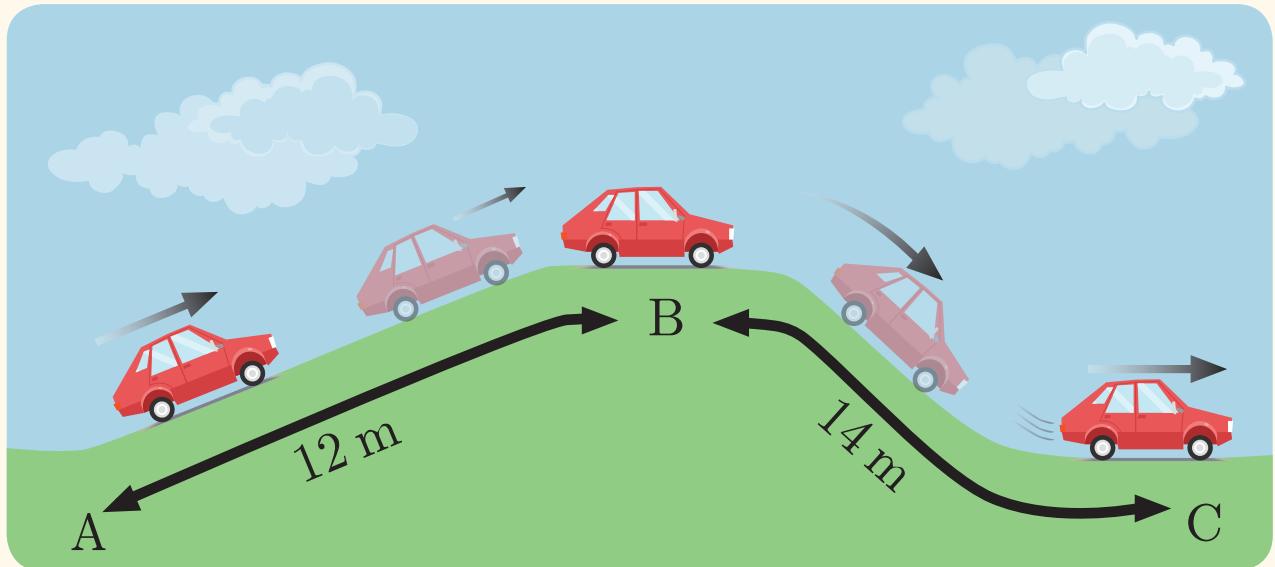
2. أمعن النظر في الرسم البياني الآتية التي تبيّن الحالة الحركيّة لجسم مع مرور الزّمن، ثمّ أكمل الجدول الآتي:



3. يصعد طالبٌ من الصف الأول الثانوي إلى غرفة الصّف وفق الشّكل المُبيّن:

- ما هي المسافةُ التي قطعها ليصلَ إلى غرفةِ الصّف؟
- ما هو شاعُ الإزاحةِ الحاصل؟
- احسب المسافة الشّاقوليّة AD .

4. تحرّك سيّارة وفق الشّكل أدناه فإذا كانت:



سرعتها عند $A: v_A = 18 \text{ m.s}^{-1}$

وسرعتها عند $B: v_B = 2 \text{ m.s}^{-1}$

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

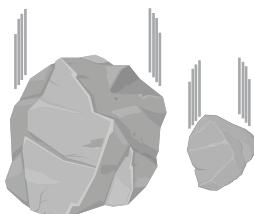
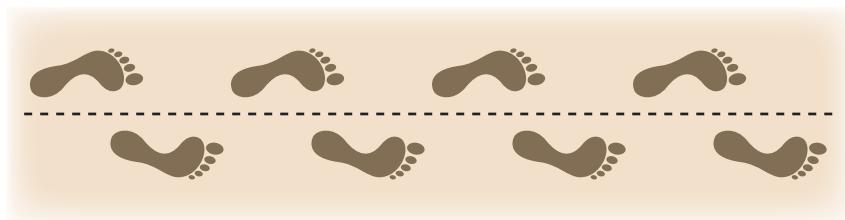
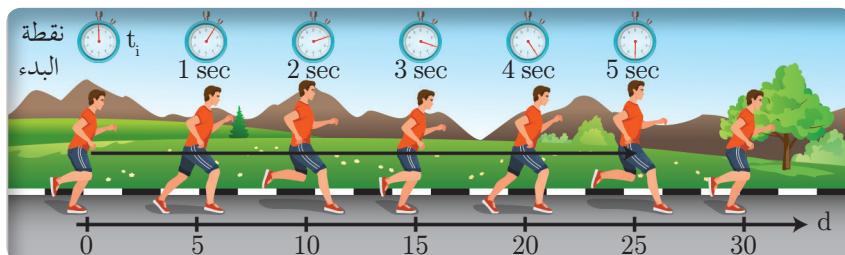
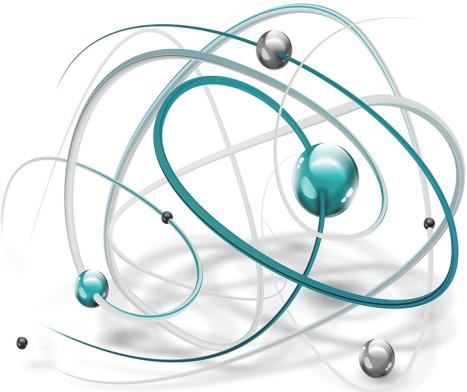
المسافة BC المطلوب:

a. قارن بين سرعتها الوسطى في مرحلة الصعود، وسرعتها الوسطى في مرحلة الهبوط.

b. ما قيمة التسارع الوسطى في مرحلتي الصعود والهبوط؟ وما نوع الحركة في كل مرحلة؟

2-1

الحركة المستقيمة



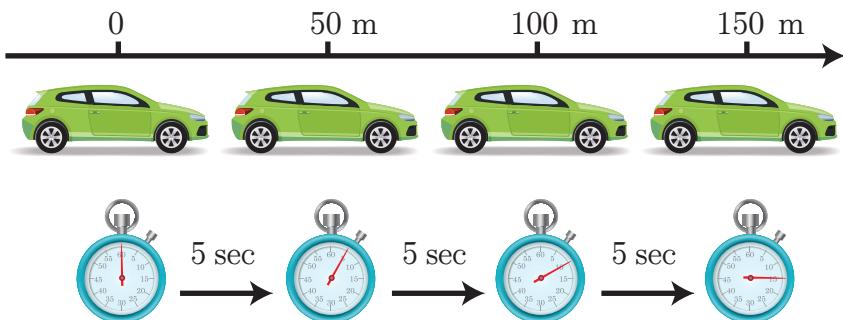
الأهداف:

- * يُتَعَرَّفُ لِلْحَرْكَةِ الْمُسْتَقِيمَةِ.
- * يُتَعَرَّفُ لِتَوَابِعِ الْحَرْكَةِ الْمُسْتَقِيمَةِ الْمُنْتَظَمَةِ.
- * يُتَعَرَّفُ لِلْحَرْكَةِ الْمُسْتَقِيمَةِ الْمُتَغَيِّرَةِ بِاِنْتِظَامٍ.
- * يُتَعَرَّفُ لِتَوَابِعِ الْحَرْكَةِ الْمُسْتَقِيمَةِ الْمُتَغَيِّرَةِ بِاِنْتِظَامٍ.
- * يَسْتَتَّجُ حَرْكَةَ السَّقْوَطِ الْحَرِّ.
- * يَسْتَتَّجُ تَوَابِعَ حَرْكَةِ السَّقْوَطِ الْحَرِّ.
- * يَرْبِطُ الْحَرْكَةَ بِمَوَاقِفِ حَيَاتِيَّةٍ.

1-2 الحركة المستقيمة المُنتظمة

الأحظ وأستنتج:

تثبت على الطرق العامة كاميرات مراقبة لحركة السيارات، يتم من خلالها رصد السرعة لتجنب حوادث المرور، وتحدد السرعة بلوحة مرورية يسجل عليها بشكل واضح حدود السرعة المسموح بها. إحدى الكاميرات سجلت حركة سيارة في الشكل:



1. هل السيارة الموضحة في الشكل تسير ضمن حدود السرعة؟
2. هل تسير السيارة بسرعة متزايدة أم متناسبة أم ثابتة؟

أستنتج: نقول عن حركة إنها مستقيمة مُنتظمة إذا كان مسارها مستقيماً، وحافظت سرعتها على قيمة ثابتة.

التابع الزمني في الحركة المستقيمة المُنتظمة (تابع الفاصلة): هو التابع الذي يصف تغيرات الفاصلة بتغيير الزمن.

ليكن مبدأ القياس (O) من محور موجه مُنطبق على المسار المستقيم، ولتكن x_0 الفاصلة في اللحظة $t = 0$ (الفاصلة الابتدائية)، x الفاصلة في اللحظة t

$$\begin{aligned} v &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ v &= \frac{x - x_0}{t - t_0} \\ v &= \frac{x - x_0}{t - 0} \end{aligned}$$

بالحل نجد:

$$x = vt + x_0$$

وهو التابع الزمني للفاصلة في الحركة المستقيمة المُنتظمة، ويلاحظ أنه من الدرجة الأولى بالنسبة للزمن.
تطبيق (1):

تحرك سيارة على طريق أفقية مستقيمة بسرعة ثابتة، حيث كانت فاصلتها $x_1 = 8 \text{ m}$ في اللحظة $s = t_1 = 1 \text{ s}$ ، وفي اللحظة $s = t_2 = 3 \text{ s}$ كانت فاصلتها $x_2 = -4 \text{ m}$. المطلوب:

1. أوجد التابع الزمني للحركة بعد تعين قيم ثوابته.
2. هل جهة حركة السيارة وفق جهة المحور أو عكس جهة المحور؟
3. ارسم خطأً بيانيًا يبيّن تغيرات الفاصلة بتغيير الزمن.

الحل:

1. المسار مستقيم والسرعة ثابتة، فالحركة مستقيمة منتظمة. تابعها الزمني من الشكل:
 $x = vt + x_0$ لنحدّد قيم ثوابت التابع: x_0 و v

$$8 = v(1) + x_0 \quad \dots \quad (1)$$

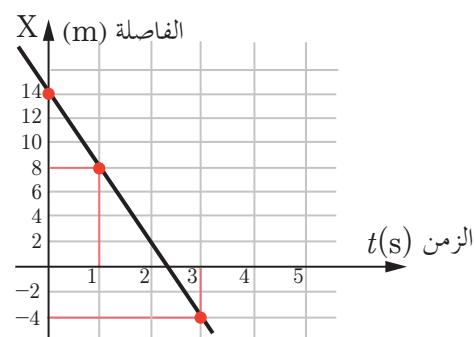
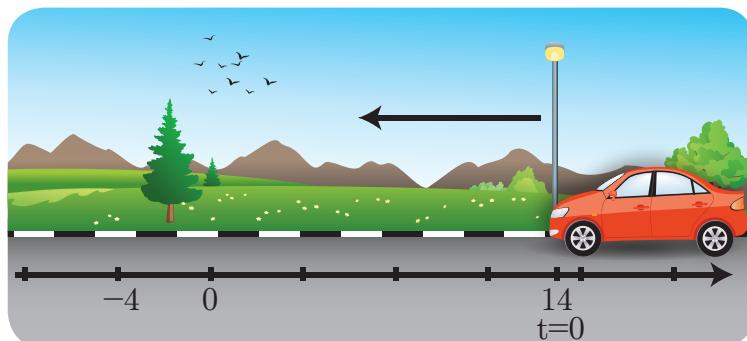
$$(-4) = v(3) + x_0 \quad \dots \quad (2)$$

$$v = -6 \text{ m.s}^{-1} \iff 12 = -2v \quad \text{ومنه} \quad (-4) = v(3) + x_0$$

ومن أجل إيجاد الثابت الآخر نعوض قيمة السرعة في إحدى المعادلتين: مثلاً في (1):

$$x = -6t + 14 \text{ m} \iff 8 = (-6).1 + x_0 \quad \text{فالتابع الزمني هو:}$$

2. أستنتج من هذا التابع: أن الإشارة السالبة للسرعة تدل على أن جهة حركة السيارة بعكس جهة المحور.
 3.



تطبيق (2)

- تسير دراجتان على طريق أفقية مستقيمة وفق التابعين الزمنيين الآتيين: الأول: $x + 2 = 4t$ ، الثاني: $3t = 1 - x$.
المطلوب:

- ما طبيعة حركة كلّ منها، ولماذا؟
- يبين أي الدراجتين أسرع؟
- هل تسيران بجهة واحدة أو بجهاتين متعاكستان، ولماذا؟
- مثلّ بيانياً حركة كلّ منها.

الحل:

1. بما أن كلاً من التابعين من الدرجة الأولى، بالنسبة للزمن فالحركة منتظمة، والمسار مستقيم فالحركة مستقيمة. أي أن الحركة مستقيمة منتظمة.

2. بداية نقوم بإصلاح التابعين وفق الشكل العام:

$$x_1 = 4t - 2 \quad \text{بإصلاح التابع الأول نجد أنه يصبح بالشكل:}$$

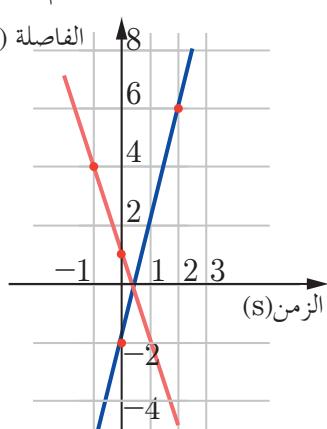
$$x_2 = -3t + 1 \quad \text{ويصبح التابع الثاني بالشكل:}$$

بالمقارنة مع الشكل العام للتابع الزمني في الحركة المستقيمة المنتظمة نجد:

$$v_1 = 4 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v_2 = -3 \text{ m.s}^{-1}$$

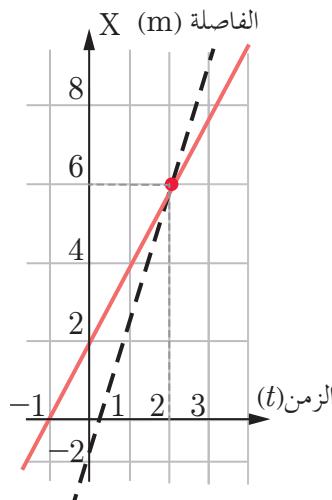
فالدراجة الأولى أسرع من الثانية.



3. الدراجتان تسيران بجهتين متعاكستين. والسبب هو أن سرعة الدراجة الأولى موجبة، وهي تتحرك بجهة المحور، بينما سرعة الدراجة الثانية سالبة، وهي تتحرك بعكس جهة المحور.

تطبيق (3)

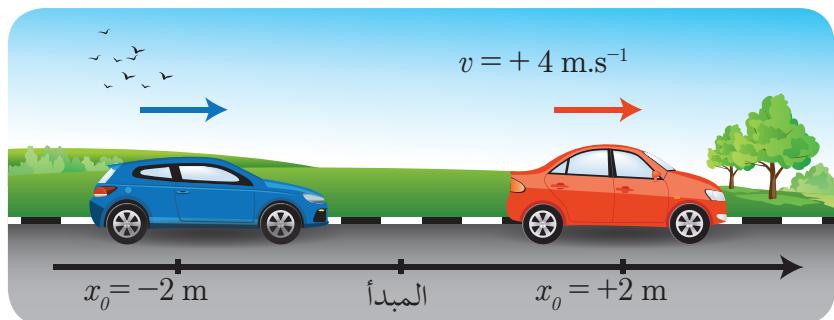
تسير سيارتان على الطريق الأفقي المستقيم نفسها. التابع الزمني لحركة السيارة الأولى: $x_1 = 2t + 2$ والتابع الزمني لحركة السيارة الثانية $x_2 = 4t - 2$. بين حسابياً وبيانياً أين ومتى تلتقي السيارتان؟
الحل:



عندما تلتقي السيارتان يكون لهما الفاصلة نفسها. أي:

$$t = 2 \text{ s} \iff 2t = 4 \text{ s}$$

ومنذ هذه اللحظة تكون الفاصلة لكل منهما



2-2 الحركة المستقيمة المتغيرة بالنظام



تحتاج الطائرة عند إقلاعها أو هبوطها لمدرج طويل نسبياً. هل سرعتها على المدرج في أثناء إقلاعها أو هبوطها ثابتة أم متغيرة؟

أجب وأستنتج:



انطلقت سيارة من السكون على مسار مستقيم، وكانت فوائل حركتها والأزمنة المقابلة لها محددة في الجدول:

الفاصلة (m)	7	8	11	16	23	32
الزمن (s)	0	1	2	3	4	5

لحسب السرعة بين لحظتين متاليتين:

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$\frac{8-7}{1-0}$	$\frac{11-8}{2-1}$	$\frac{16-11}{3-2}$	$\frac{23-16}{4-3}$	$\frac{32-23}{5-4}$
v	$v_1 = ?$	$v_2 = ?$	$v_3 = ?$	$v_4 = ?$	$v_5 = ?$
$\frac{\Delta v}{\Delta t}$	$\frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = ?$	$\frac{v_3 - v_2}{t_3 - t_2} = ?$	$\frac{v_4 - v_3}{t_4 - t_3} = ?$	$\frac{v_5 - v_4}{t_5 - t_4} = ?$	

- هل المقدار Δx ثابت؟
- هل المقدار Δt ثابت؟
- هل النسبة $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ ثابتة؟
- أرسم الخط البياني المُعبر عن تغيرات السرعة مع الزمن، وأحسب ميله.
- ماذا أستنتج مما سبق؟

أستنتج:

تكون حركة جسم مستقيمة متغيرة بانتظام إذا كان مسارها مستقيماً، وقيمة سرعتها تتغير بمعدل ثابت بمرور الزمن؛ أي أن تسارعها ثابت.

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = const$$

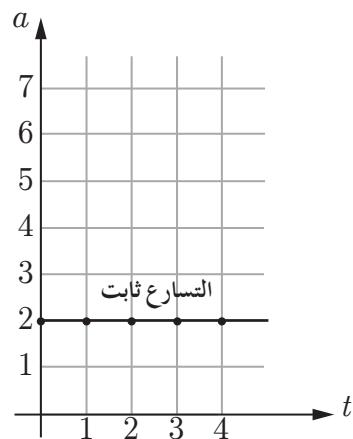
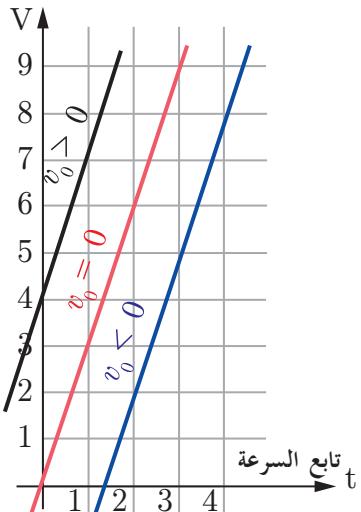
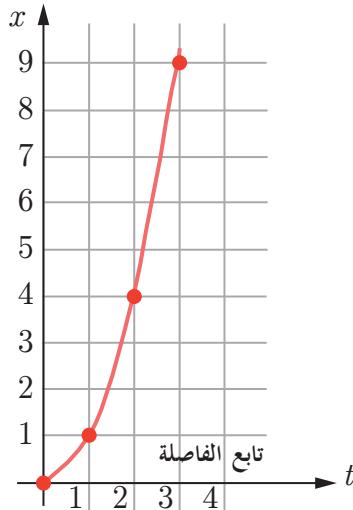
$$a_{avg} = a = const$$

1-2-2 توابع الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام:

$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$	التابع الزمني للفاصله وهوتابع من الدرجة الثانية بالنسبة للزمن
$v = at + v_0$	التابع الزمني للسرعة اللحظية
$a = const$	التسارع ثابت
$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$	التابع اللازمني

تناسب المسافات المقطوعة طرداً مع مربعات الأزمنة الازمة لقطيعها لمتحرّك انطلق من السكون:

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



تطبيق (4)

تحرّك سيارة في سباق للسيارات على طريقٍ أفقيةٍ مُستقيمة، يُكتبُ التابع الزّمني لحركتها على الشّكل المطلوب:

$$x = 2t^2 + 4t + 10$$

1. استنبع ثوابت الحركة.

2. احسب سرعة السيارة بعد مرور 3 ثوانٍ من بدء الحركة.

3. احسب المسافة المقطوعة عندما تصبح سرعتها 40 m.s^{-1}

الحلّ:

1. بما أنَّ تابع الفاصلـة الزّمنـي من الـدرجة الثـانية بالـنسبة لـلـزـمنـ والـمسـارـ مـسـتـقـيمـ، فالـحـرـكـةـ مـسـتـقـيمـةـ مـتـغـيـرـةـ بـاـنـظـامـ.

تابع الفاصلـة الزـمنـي من الشـكـلـ:

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

$$x = 2t^2 + 4t + 10$$

بالمقارنة نجد: $x_0 = +10 \text{ m}$, $v_0 = +4 \text{ m.s}^{-1}$, $a = 4 \text{ m.s}^{-2}$

2. تابع السـرـعـةـ الزـمنـيـ منـ الشـكـلـ:

$$v = at + v_0 \quad \text{نـعـرضـ} \quad v = 4t + 4$$

$$v = 4 \times 3 + 4 = 16 \text{ m.s}^{-1}$$

3. حساب المسافة المقطوعة من أجل

نـعـرضـ فـيـ التـابـعـ المـسـتـقـلـ عـنـ الزـمنـ: $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$

$$(40)^2 - (4)^2 = 2 \times 4 \times \Delta x$$

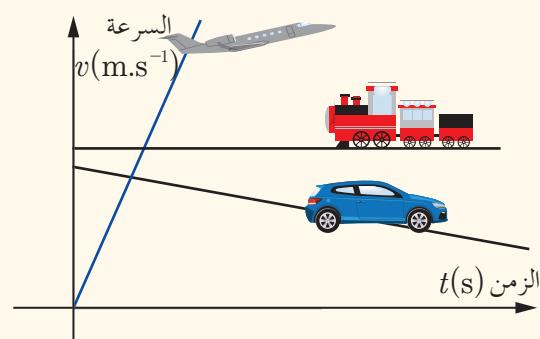
$$1600 - 16 = 8 \times \Delta x$$

$$1584 = 8 \times \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{1584}{8} = 198 \text{ m}$$

- نقولُ عن جسمٍ بأنه مُتحرك بالنسبة لجملة مُقارنة إذا تغيَّر بعده عنها بتغيير الزَّمن.
- المسافة: هي طول المسار الذي يسلكه الجسم المُتحرك في أثناء حركة بغضّ النظر عن جهة الحركة، وهي مقدارٌ موجِّبٌ دوماً، وحدتها في الجملة الدوليَّة هي المتر (m).
- الفاصلَة: تعبيرٌ للدلالة على البعد بين نقطة من المحور الموجَّه ومبدأ الإحداثيات (O)، وتُقَرَّن الفاصلَة بالإشارة (+) للقياس بالاتجاه الموجِّب للمحور، وبالإشارة (-) للقياس بالاتجاه السالب للمحور.
- شعاع الإزاحة \overrightarrow{AB} هو شعاعٌ يتَّجه من الموضع الابتدائي إلى الموضع النهائي للمُتحرك، وطوليته تساوي البُعد بين الموضعين.
- السرعة الوسطى عددِياً: هي المسافة المقطوعة مقسومة على الزَّمن اللازم لقطعها وحدتها في الجملة الدوليَّة $m.s^{-1}$.
- السرعة الآنيَّة: تغير صغير في المسافة خلال فاصل زمني صغير جداً $v = \frac{dx}{dt}$ وحدتها في الجملة الدوليَّة $m.s^{-1}$.
- التسارُع الوسطى $a_{avg} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ وحدتها في الجملة الدوليَّة $m.s^{-2}$.
- التسارُع الآنيَّ $a = \frac{dv}{dt}$ وحدتها في الجملة الدوليَّة $m.s^{-2}$.

الحركة المستقيمة المُتغيَّرة بانتظام	الحركة المستقيمة المُنتظمة
$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$ $v = at + v_0$ $a = const$ $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$	$x = vt + x_0$ $v = const$ $a = 0$

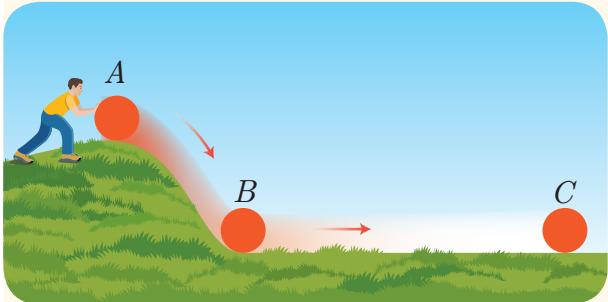


أختبر نفسِي

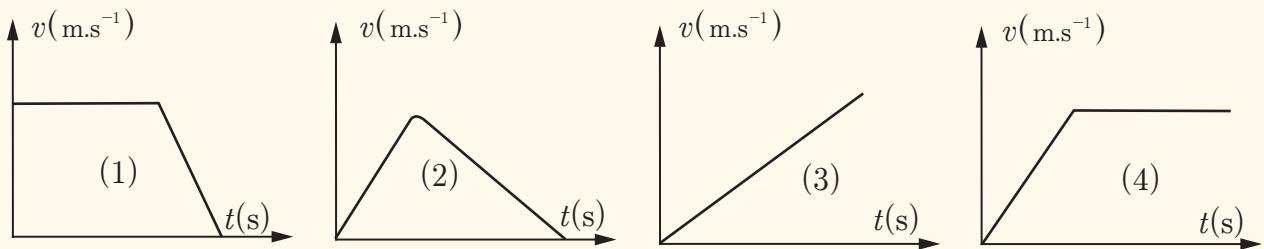


أولاً: أجب عن الأسئلة التالية:

- بالاعتماد على الخط البياني الموضح في الشكل المجاور، ما طبيعة حركة كل من الطائرة والقطار والسيارة؟



2. يترك شخص كرة إسفنجية لتهبط من النقطة A لتصل للنقطة B , وتابع حركتها لتوقف عند النقطة C كما في الشكل المجاور: أي رسم بياني من الرسم البياني الآتية يصف حركة الكرة:



3. هبطت طائرة مدنية على مدرج مطار، فاحتاجت لقطع مسافة 1 km من لحظة ملامستها أرض المدرج حتى التوقف عن الحركة، فإذا كانت سرعتها لحظة ملامسة المدرج 180 km/h فإن تسارعها:

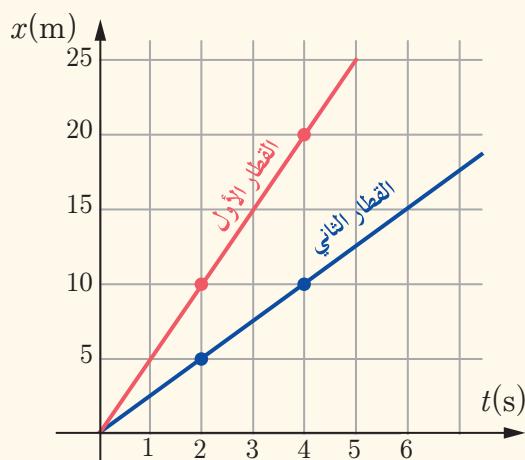
$$-2 \text{ m.s}^{-2} . \text{d}$$

$$+2.25 \text{ m.s}^{-2} . \text{c}$$

$$-1.25 \text{ m.s}^{-2} . \text{b}$$

$$2.5 \text{ m.s}^{-2} . \text{a}$$

ثانياً:



يسير قطارات على سككين مستقيمتين بسرعتين ثابتتين وفق الخط البياني الموضح لكل منها المطلوب:
استنتج التابع الزمني لكل منها وبين أيهما أسرع.

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

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

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

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

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

رابعاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

يتحرك جسم على طريق مستقيمةٍ أفقيةٍ، ويحدد التابع الزمني لفاصلته بالعلاقة $x = 2t^2 - 3t + 4$ ، المطلوب حساب:

1. سرعته الابتدائية؟

2. سرعته بعد 4 s من بدء حركته؟

3. المسافة المقطوعة عندما تصبح سرعته 15 m.s^{-1}

المسألة الثانية:

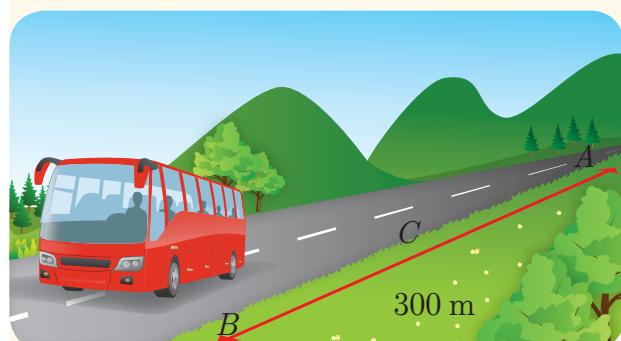
تحرّك سيارة وفق مسار مستقيم بسرعة ابتدائية $v_0 = 6 \text{ m.s}^{-1}$ ، وتسارع ثابت $a = 4 \text{ m.s}^{-2}$ المطلوب حساب:

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

2. المسافة المقطوعة في كلٍ من اللحظتين السابقتين.

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

المسألة الثالثة:



تحرّك حافلة لنقل الركاب لتقطع المسافة المستقيمة $AB = 300 \text{ m}$ ، تبدأ حركتها من النقطة A دون سرعة ابتدائية وتسارع $+2 \text{ m.s}^{-2}$ ، وعندما تصل إلى النقطة C الواقعة بين A و B تصبح حركتها متباطئة بانتظامٍ تسارعها -1 m.s^{-2} ، وتعدُم سرعتها عند وصولها إلى B المطلوب:

1. حساب الزمان اللازم لقطع المسافة AB .

2. تحديد موضع النقطة C .

المسألة الرابعة:



ينطلق قطار من السكون ليتحرّك حركةً مستقيمةً أفقيةً بتسارع ثابت، فيقطع مسافة $AB = 120 \text{ m}$ خلال زمانٍ قدره 20 s ، والمطلوب حساب:

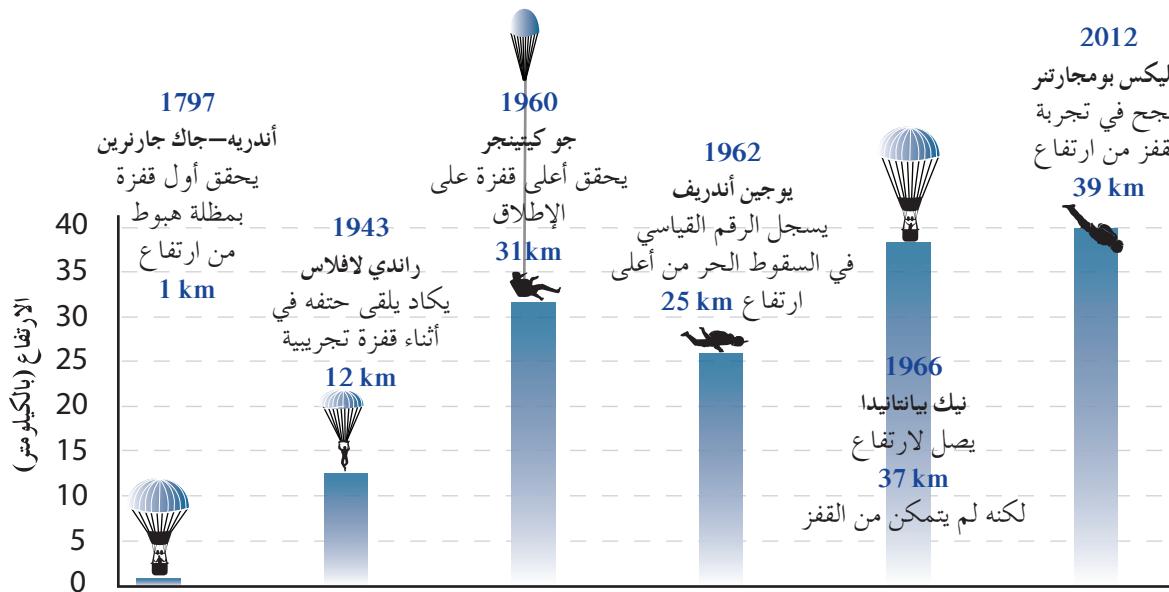
1. تسارعه.

2. سرعته في نهاية المسافة AB .

3. الزمان اللازم ليقطع مسافة 30 m من بدء حركته.

3-2 حركة السقوط الحر

قفزات بمظلات للهبوط كسقوط حر



تابعت العديد من وسائل الأنباء العالمية المحاولة التي قام بها المغامر فيليكس بومغارتر عام 2012 م حين سقطَ من منطادِ ساكنٍ على ارتفاع 39 km عن سطح الأرض بنجاح، وهذه المحاولة سبقتها العديد من المحاولات من ارتفاعات مختلفة نجحَ بعضُها، والآخر لم يكتب لها النجاح. ما السرعة الابتدائية التي كان يمتلكُها المغامر؟ ما القوى الخارجية المؤثرة فيه؟ (مع إهمال مقاومة الهواء ودافعه أر خميدس على المغامر).

استنتاج

يحدث السقوط الحر إذا تركَ الجسم ليسقطَ بتأثير قوة ثقله فقط.

نتناول في هذا الدرس السقوط الحر في حالة خاصة وهي السقوط دون سرعة ابتدائية.

إضافة

استطاع نيوثن أن يهمل تأثير مقاومة الهواء بإجراء تجربته في أنابيب، تم تفريغها من الهواء بواسطة مخلية هواء. ويمكن أن تخفيق من تأثير مقاومة الهواء ويمكن أن نهملها بأن نأخذ جسمًا ذا كثافة كبيرة، ونجعل شكله انسيابيًّا.

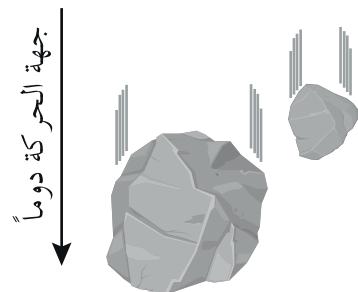
كان الاعتقاد السائد سابقاً أن الأجسام الخفيفة تسقط في الخلاء بسرعة أقل من الأجسام الثقيلة، إلا أن غاليليو (1564 - 1642) أثبت أن الأجسام تسقط بالتسارع ذاته في منطقة بجوار سطح الأرض.

1-3-2 قوانين السقوط الحر:

اترك قطعةً نقودٍ وقطعةً ورقٍ تسقطان من الارتفاع ذاته وفي المكان ذاته في اللحظة ذاتها.

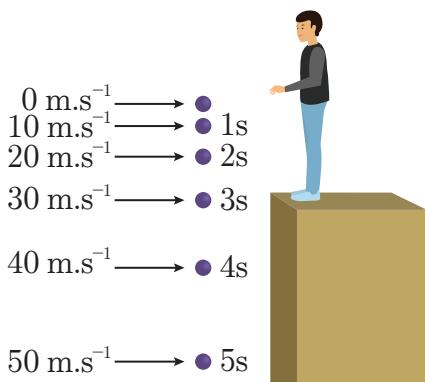
- أيٌّ منها ستصلُّ إلى الأرض أولاً؟
- حدد القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة كلٌّ منها؟
- **تسقطُ الأجسامُ في الخلاء، وفي المنطقة ذاتها بحركاتٍ مُتطابقة.**
- **حركة السقوط الحر مُستقيمةً منحاتها شاقولي.**

إنَّ حركة السقوط الحر هي حالةٌ خاصةٌ من الحركة المستقيمة المُتغيِّرة بانتظامٍ والفارق بينهما هو: في حالة السقوط الحر يخضع الجسم لتسارع الجاذبية الأرضية والذي نعتبره ثابتاً في منطقةٍ معينةٍ كما أنَّ محور الحركة هو المستقيم الشاقولي والموجَّه بجهة الحركة.



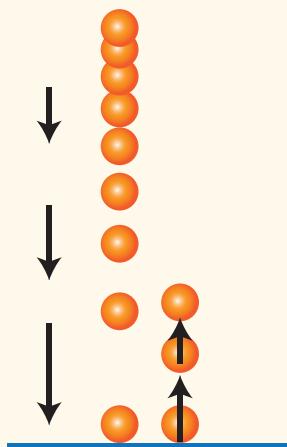
مُقارنة بين الحركة المستقيمة المُتغيِّرة بانتظام وحركة السقوط الحر

حركة السقوط الحر	الحركة المستقيمة المُتغيِّرة بانتظام	الوصف
مستقيم	مستقيم	المسار
$g = \text{const} = 9.8 \text{ m.s}^{-2}$	$a = \text{const} (\text{m.s}^{-2})$	التسارع
$v = gt$	$v = at + v_0$	تابع الزَّمني للسرعة
$y = \frac{1}{2}gt^2$	$x = \frac{1}{2}a t^2 + v_0 t + x_0$	تابع الزَّمني للفاصله
$v^2 = 2gy$	$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$	تابع المستقل عن الزَّمن



ملاحظة: للسهولة يمكن أن نعتبر أنَّ تسارع الجاذبية الأرضية تقريباً $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$

أختبر نفسك



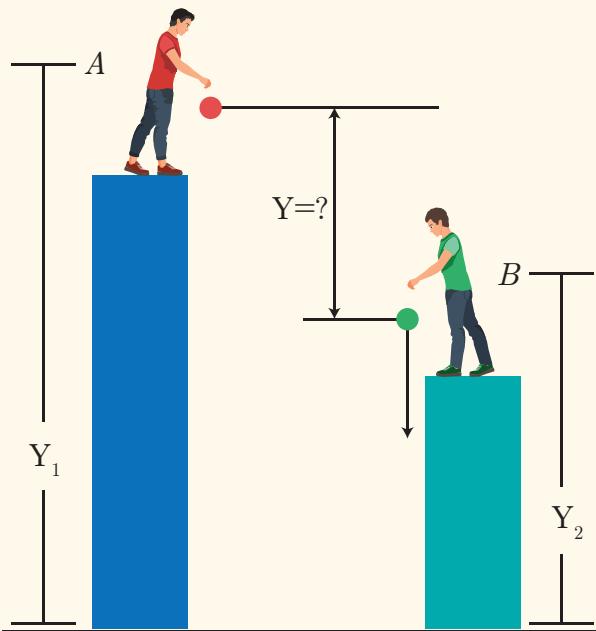
1. سقط كرّة مطاطيّة كتلتها $m = 100\text{ g}$ من ارتفاع y عن سطح الأرض في مكان تساُر الحاذبيّة الأرضيّة $\approx 10\text{ m.s}^{-2}$ سقوطاً حرّاً فستغرقُ لتصل إلى سطح الأرض زماناً قدره 3 s ، **المطلوب:**

a. احسب الارتفاع الذي سقط منه الكرّة.

b. إذا فرضنا أنَّ الكرّة فقدت 85% من طاقتها الكليّة نتيجة اصطدامها بالأرض. ما الارتفاع الذي سترتدُ الكرّة إليه عن سطح الأرض؟



برج بيزا المائل في إيطاليا



2. يسقط جسمٌ من ارتفاع y عن سطح الأرض، فيقطع في الثانية الأخيرة من حركته 75% من ارتفاع الكلي الذي سقط منه. **المطلوب حساب:**

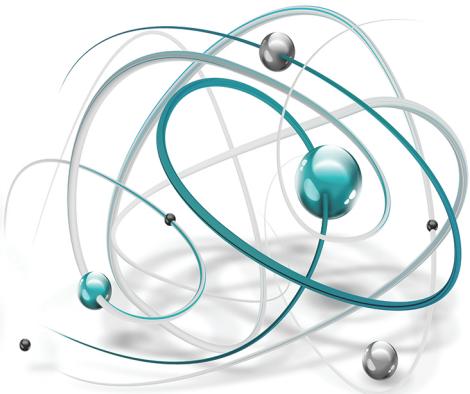
a. الارتفاع الذي سقط منه الجسم؟

b. سرعة الجسم لحظة ملامسته سطح الأرض؟

3. يُلقي شخص A كرّة بلاستيكية من ارتفاع y_1 عن سطح الأرض الأفقي، فاستغرقت 2 s لتصل إلى الأرض ويُلقي الشخص B كرّة بلاستيكية مماثلة من ارتفاع y_2 عن سطح الأرض، فاستغرقت 1.5 s لتصل إلى الأرض. **المطلوب:** احسب المسافة y بين الشخصين.

3-1

قوانين نيوتن وتطبيقاتها

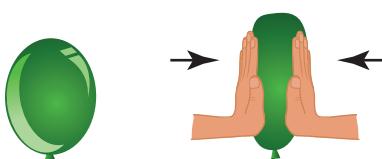


نُتَعَرِّضُ لِكَثِيرٍ مِنْ قُوَّةِ الدُّفَعِ وَالشُّدَّ فِي حَيَاةِنَا الْيَوْمَيَّةِ. وَنَدِرُكُ أَنَّ الْأَرْضَ تَجْذِبُ الْأَجْسَامَ الْوَاقِعَةَ فِي مَحِيطِهَا بِقُوَّةٍ، وَلِرَفْعِ جَسَمٍ عَنْ سَطْحِ الْأَرْضِ إِلَى مَسْتَوِيِّ مُعَيْنٍ، نَحْتَاجُ إِلَى تَطْبِيقِ قُوَّةٍ لِلتَّغلُّبِ عَلَى قُوَّةِ الْجَاذِبَةِ الْأَرْضِيَّةِ وَفِقَ اِتَّجَاهٍ مُحَدَّدٍ. أَيْ أَنَّا إِذَا أَرْدَنَا تَحْرِيكَ جَسَمٍ يَجِبُ أَنْ نَطْبِقَ عَلَيْهِ قُوَّةً...

وَقُوانِينِ نِيُوتُنَ هِي صِيغٌ رِياضِيَّةٌ فِي غَايَةِ البِساطَةِ، تَساعِدُ فِي دراسَةِ مُسَبِّبَاتِ الْحَرْكَةِ، وَتَنْطَبِقُ عَلَى جَمِيعِ الْحَالَاتِ الْخَاصَّةِ بِالْأَجْسَامِ الْمُتَحْرِكَةِ (مَاعِدًا حَالَةَ الْحَرْكَاتِ بِسُرُّعَاتٍ كَبِيرَةٍ جَدًّا).

الاحظُ وأستنتِجُ:

- خذُ بالوناً منفوخاً وحاول أن تغيِّر شكلَه. كيفَ يمكُّنك ذلك؟



- إذا تحرَّكَتُ العَربَاتُانِ فِي الصُورَتَيْنِ أَدْنَاهُ بِالسُّرْعَةِ ذاتِهَا، وَعَلَى الْمَسَارِ ذاتِهِ، فَأَيُّهُمَا يَسْهُلُ إِيقَافُهَا؟



- أَيُّهُمَا يَسْهُلُ تَحْرِيْكَهُ أَكْثَر، عَرْبَةٌ فَارِغَةٌ أَمْ مَلِيَّةٌ؟ وَلِمَاذَا؟



- هل هناكَ عَلَاقَةٌ بَيْنَ القُوَّةِ وَالْحَرْكَةِ؟

الأهداف:

- * يقوم بإجراء تجارب حول القوة والحركة.
- * يتعرّفُ بقوانين نيوتن.
- * يستنتجُ العلاقةَ بينَ القوةِ والتسارُعِ.
- * يربطُ قوانِينِ نِيُوتُنَ بِمُواقِفَ حَيَاةَيَّةِ.

الكلمات المفتاحية:

- * القُوَّة Force
- * التسارُع Acceleration
- * الْحَرْكَة Motion
- * الْكَتْلَة Mass
- * العَطَّالَة Inertia
- * قوى الاحتكاك Frictional Force

من خلال ما سبق نلاحظ الآتي:

- القوة كلُّ ما يسبِّب تغيير في شكل الجسم أو في حالته الحركية.
- من السهل تغيير حركة بعض الأجسام، بينما يصعب ذلك على بعضها الآخر، ويعود ذلك إلى اختلاف الكتلة، وتزداد صعوبة هذا التغيير كلما كانت كتلة الجسم أكبر.
- كتلة الجسم مقدارٌ عدديٌّ موجِّبٌ ثابتٌ يعبر عن مادَّة، نرمزُ له بالرَّمز m ، ويقدر بالجملة الدوليَّة بوحدة الكيلوغرام kg، ويعبر عن عطالة الجسم الصَّلب.
- عطالة الجسم تعبر عن مُمانعة الجسم لتغيير شاعر سرعته.

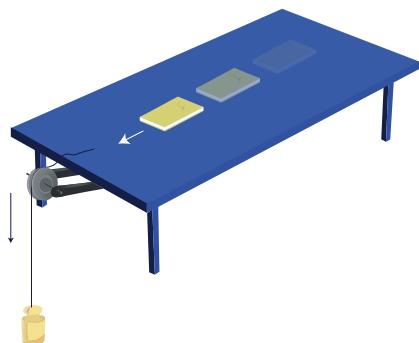
1-3 قوانين نيوتن

1-1-3 القانون الأول: قانون العطالة (القصور الذاتيَّا)

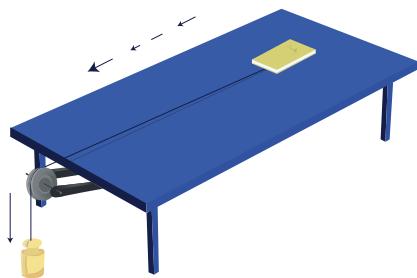
أجري وستتجُّ:

أدوات التجربة: كتاب مدرسي، خيط متين عديم الامتياط، بكرة، مقص، ثقل مناسب.

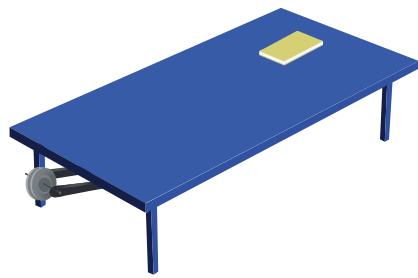
أضع كتاباً أملس على سطح منضدة أفقية ملساء.



الشكل (3)



الشكل (2)



الشكل (1)

- ما القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة الكتاب، وهو ساكن على سطح المنضدة (الشكل 1)? هل تُغيِّر هذه القوى من حالته الحركية؟
- أربط الكتاب بطرف خيط يمِّر على مِحرَّز بكرة مثبتة بحافة المنضدة، وأعلق بطرفه الآخر ثقلاً مناسباً يجعلُ الكتاب يتحرَّك أفقياً (الشكل 2). ما القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة الكتاب؟
- أقطع الخيط في أثناء حركة الكتاب (الشكل 3)، ما القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة الكتاب عندئذ؟ هل يستمرُّ الكتاب في حركته على سطح المنضدة؟

صاغَ نيوتن قانونه الأول في الحركة الذي يختص بالمواصفات التي تكون فيها محصلة القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة جسمٍ ما معروفة، عُرف باسم قانون العطالة أو قانون القصور الذاتي:

إذا انعدمت محصلة القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة جسمٍ صلب، فإنَّ مركز عطالة الجسم يبقى ساكناً إذا كان بالأصل ساكناً، وإذا كان متحركاً تصبح حركته مستقيمةً منتظمةً، وسرعة مركز عطالته هي سرعته لحظةً انعدام محصلة القوى.

إضاءة

مركز عطالة الجسم: هو مركز كتلة الجسم، وينطبق على مركز ثقل الجسم.

فكرة:

في الشكل المجاور قام رياضي بشد زلاجة طفلته على سطح أرضٍ جليديٍّ أفقيةً ملساءً مسافةً معينةً ثم تركها. ما طبيعة حركتها بعد أن تركها برأيك؟ ولماذا؟



تطبيق (1)

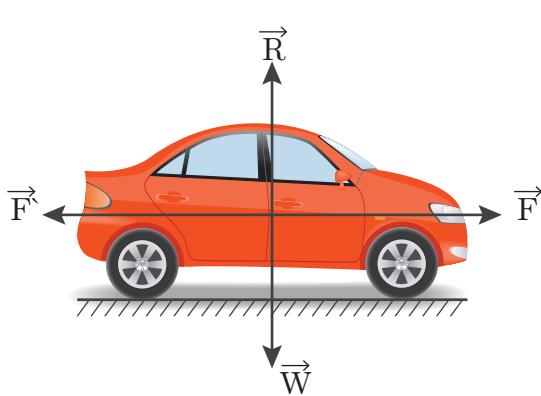
تحرك سيارة كتلتها m على طريق مستقيمةً أفقيةً خاضعة لقوى جر، محركها شدّته $F = 100 \text{ N}$ ، كما تخضع لقوى احتكاكٍ نعدها ثابتةً شدّتها $F' = 100 \text{ N}$ والمطلوب:

1. ارسم مخططاً للقوى التي تخضع لها السيارة في أثناء حركتها السابقة.

2. ما طبيعة حركة مركز عطالة السيارة؟

3. ما هو القانون الذي اعتمد عليه في إجابتك؟

الحل:

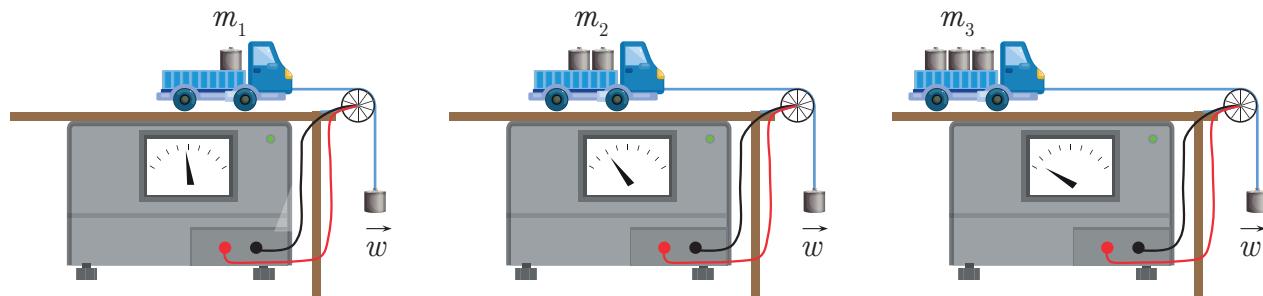


تحرك السيارة حركةً مستقيمةً منتظمةً، لأنَّ مركز عطالتها يخضع لمُحصلة قوى معروفة (قوة ثقل السيارة وقوة رد فعل الطريق قوتان متعاكستان مُباشرة، كذلك قوة جر محرك السيارة وقوّة الاختناق قوتان متعاكستان مُباشرة). وذلك اعتماداً على قانون نيوتن الأول.

3-1-2 القانون الثاني لنيوتن

أجرِّب وأستنتج:

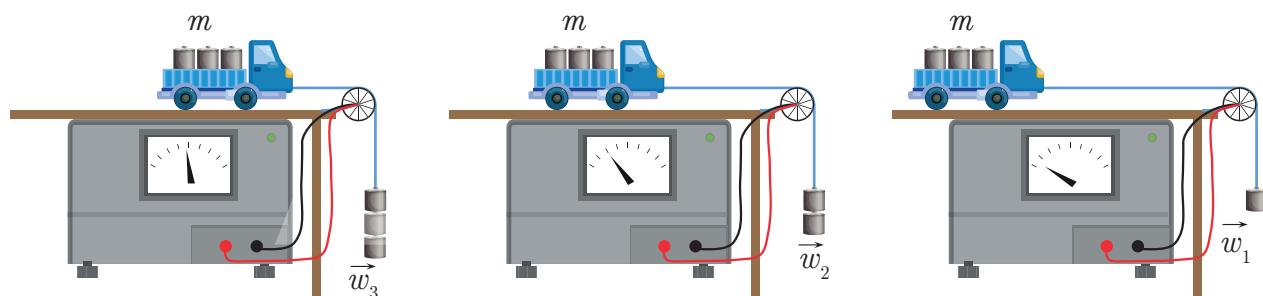
أثبتت على حافة الطاولة بكرةً، زود محور دورانها بمولدٍ (كهربائي) مُتصل بمقاييس التسارع، ثم أضجع السيارة على الطاولة الملساء، وأربطُ بها خيطاً يمْرُّ على محَّز البكرة وقد رُبط بنهايته الأخرى ثقل يسبِّب الحركة كما هو موضح في الشكل الآتي:



- أثبتت الثقل الذي يشد السيارة، وأغيِّر من كتلة السيارة بإضافة كتل إليها، ثم أقرأ دلالة مقاييس التسارع، وأسجِّل النتائج في الجدول:

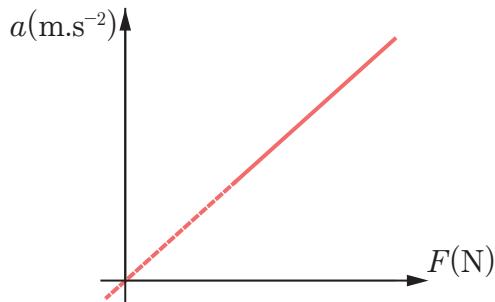
$m \text{ (kg)}$			
$a \text{ (m.s}^{-2}\text{)}$			

- أثبتت كتلة السيارة، وأغيِّر من قوَّة الشد (قوَّة الثقل)، ثم أقرأ دلالة مقاييس التسارع، وأسجِّل النتائج في الجدول:



$w = F \text{ (N)}$			
$a \text{ (m.s}^{-2}\text{)}$			

لو مثّلنا النتائج التي حصلنا عليها بيانياً، لحصلنا على الخط البياني الآتي:



النتائج:

- تنقص قيمة التسارع بازدياد كتلة الجسم المُتحرّك مع ثبات القوّة المُسبيّة للحركة.
- ترداد قيمة التسارع بازدياد شدّة القوّة المُسبيّة للحركة عند ثبات كتلة الجسم المُتحرّك.

النتائج التي حصلنا عليها قد توصل إليها نيوتن وصاغها في قانونه الثاني الذي ينصُّ على أنَّه:

إذا خضع مرکز عطالة جسمٍ صلبٍ لمُحصلة قوىٍ خارجيَّة ثابتةً منحىً وجهةً وشدَّةً، اكتسب تسارعاً ثابتاً يتاسب طرداً مع شدَّةِ مُحصلة القوى الخارجية المؤثرة، وله المنحى ذاته والجهة ذاتها.

نعتبر رياضياً عن هذا القانون:

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

حيث: تقدُّر شدّة القوّة بوحدة N، الكتلة بوحدة kg، التسارع بوحدة $m.s^{-2}$

- يُبيّنُ هذا القانون علاقة مُحصلة القوى الخارجية بالتسارع الذي يكتسبه مركز عطالة الجسم المتأثُّر بها.
- يفسُّر اختلاف شدّة التسارع المكتسب باختلاف كتلة الجسم المُتحرّك.
- يوضح تأثير القوى في حركة الأُجسام.

النيوتن: شدَّةُ قوَّةٍ إذا أثَّرت في جسمٍ كتلته (1 kg) اكتسب تسارعاً قدرُه (1 m.s⁻²).

إثراء:

ربط الرياضيات بالفيزياء

مساقيط الأشعة:

مساقط شعاع \vec{A} على المحور المُبيَّن هو

$$u = A \cos \theta$$

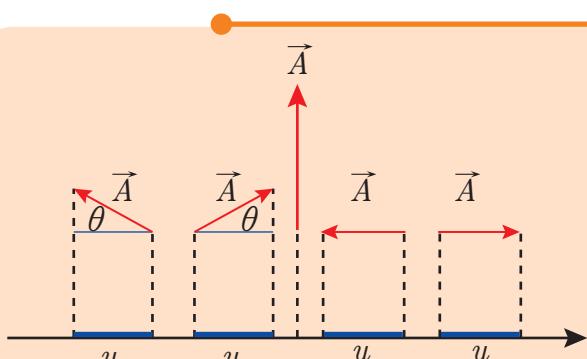
أُستنتج

إذا كان الشعاع يوازي محور الإسقاط وبجهته

$$u = A \cos 0 = A$$

إذا كان الشعاع يوازي محور الإسقاط وبعكس جهته

$$u = A \cos \frac{\pi}{2} = 0$$



تطبيق (2)

تجرُّ قاطرة مقطوراتٍ، كتلتها 50000 kg على خطٍّ حديديٍّ أفقىٍ بتسارع ثابت 1.2 m.s^{-2} . ما تسارعُ مركز عطالة الجملة عندما تكون كتلة المقطورات 20000 kg مع بقاء قوَّة الجرِّ ثابتة؟ ماذا تستنتج؟

الحل:

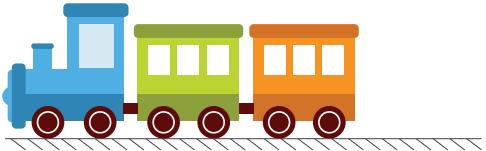
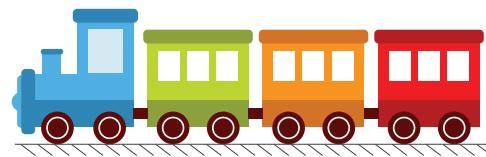
$$F = ma$$

$$F' = m'a'$$

$$F = F'$$

$$50000 \times 1.2 = 20000 \times a'$$

$$a' = 3 \text{ m.s}^{-2}$$



أستنتج أنَّ التسارع يزداد بتناقص كتلة الجسم عند ثبات القوَّة.

تطبيق (3)

تحرَّك سيارة كتلتها $m = 500 \text{ kg}$ ، بتسارع ثابت a ، بتأثير مُحصلة قويٍّ خارجية تبلغ شدَّتها $N = 1000 \text{ N}$ ما قيمة هذا التسارع؟ وما قيمته إذا أصبحت شدَّة مُحصلة القوى المؤثرة $N = 2000 \text{ N}$ ؟ ماذا تستنتج؟

الحل:

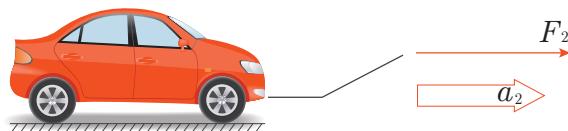
$$F = ma$$

$$a_1 = \frac{F_1}{m}$$

$$a_1 = \frac{1000}{500} = 2 \text{ m.s}^{-2}$$

$$a_2 = \frac{F_2}{m}$$

$$a_2 = \frac{2000}{500} = 4 \text{ m.s}^{-2}$$

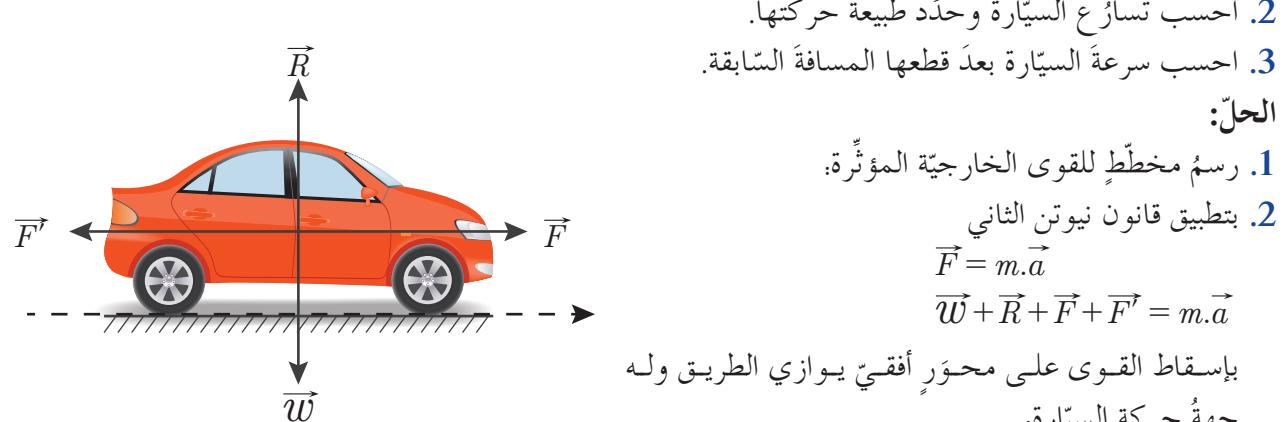


أستنتج أنَّ قيمة التسارع تزداد بازدياد شدة مُحصلة القوى المؤثرة عند ثبات كتلة الجسم.

تطبيق (4)

تنطلقُ سيارة، كتلتها $m = 500 \text{ kg}$ من السُّكون على طريقٍ مستقيمٍ أفقىٍ، فتخضع لقوى احتكاكٍ نعدها ثابتة، شدَّتها $N = 80 \text{ N}$ ، بالإضافة إلى قوَّة جرِّ المُحرِّك التي تحافظُ على شدَّة $F = 180 \text{ N}$ ، فزدادُ سرعةُ السيارة بمعدلٍ ثابتٍ فتقطع مسافةً 1 km .

1. ارسم مخطَّطَ القوى الخارجىَّة المؤثِّرة في مركز عطالة السيارة.



2. احسب تسارع السيارة وحدّد طبيعة حركتها.
3. احسب سرعة السيارة بعد قطعها المسافة السابقة.
الحل:

1. رسم مخطط للقوى الخارجية المؤثرة:

2. بتطبيق قانون نيوتن الثاني

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{w} + \vec{R} + \vec{F} + \vec{F}' = m \cdot \vec{a}$$

بالإسقاط على محور أفقى يوازي الطريق وله
جهة حركة السيارة:

$$0 + 0 + F - F' = m \cdot a$$

$$180 - 80 = 500 a$$

$$a = \frac{100}{500} = 0.2 \text{ m.s}^{-2}$$

بما أنَّ السيارة تخضع لمحصلة قوى ثابتة (قوة جر المحرك وقوة الاحتكاك، وهما قوتان ثابتان) تكتسب السيارة تسارعاً ثابتاً، فالحركة مستقيمة مُغيّرة بانتظام.

3. باستخدام العلاقة المستقلة عن الزَّمن

$$v^2 - v_0^2 = 2 a \cdot \Delta x$$

$$v^2 - 0 = 2(0.2)(1000)$$

$$v = \sqrt{400} = 20 \text{ m.s}^{-1}$$

تطبيق (5)

قام أحد طلاب الصف الأول الثانوي بجر صندوق أملس، كتلته 25 kg على سطح أفقى أملس (من دون احتكاك)، وذلك بتطبيق قوة جر أفقية شدتها 50 N، المطلوب:

1. ارسم مخطط القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة الصندوق.
2. احسب التسارع الذي يكتسبه الصندوق.
3. احسب المسافة التي يقطعها مركز عطالة الصندوق بعد 10 s من بدء حركته إذا علمت أنه بدأ حركته من السكون.

الحل:

1. رسم مخطط القوى الخارجية المؤثرة:

2. بتطبيق قانون نيوتن الثاني (العلاقة الأساسية في التحرير)

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

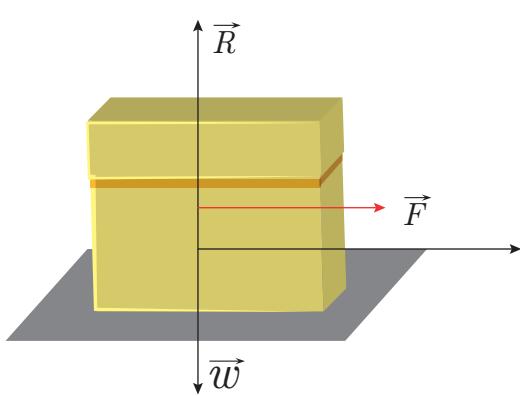
$$\vec{w} + \vec{R} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

بالإسقاط على محور بجهة قوة الجر \vec{F}

$$0 + 0 + F = m \cdot a$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{50}{25} = 2 \text{ m.s}^{-2}$$

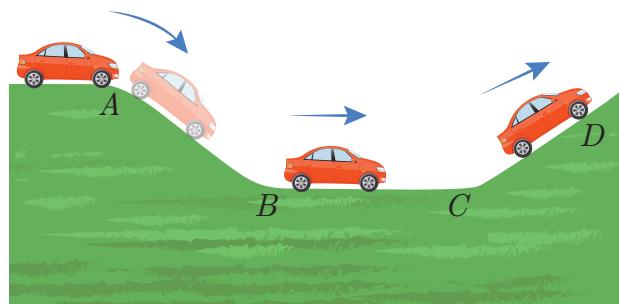


3. المسار مستقيم والتسارع ثابت فالحركة مستقيمة متسارعة بانتظام

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

$$x - x_0 = \frac{1}{2}(2)(10)^2 + (0)(2)$$

$$x - x_0 = 100 \text{ m}$$



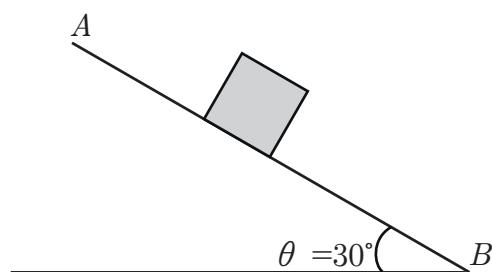
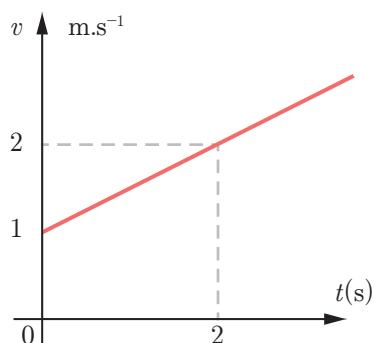
تمرين (1)

تحرّك عربة من السّكون من دون قوّة جرّ على طريقٍ أملسٍ فتقطعُ المسار بدءاً من A ثمَّ توقف في D .

1. ارسم مخطط القوى الخارجية التي يخضع لها مركز عطالة العربة في كل مرحلة.
2. ما طبيعة حركة العربة في كل مرحلة.

تمرين (2)

نُعطي لجسم كتلته $g = 100 \text{ kg}$ سرعةً ابتدائيةً $v_0 = 100 \text{ m.s}^{-1}$ مُوازيةً للمستوي AB الذي يميل عن الأفق بزاوية $\theta = 30^\circ$ فيخضع لقوّة احتكاكٍ نعدّها ثابتة، إذا بدأ حركته من A إلى B .



1. استنتاج من الخطّ البياني السرعة الابتدائية للجسم وتسارعه.

2. ما طبيعة حركة الجسم في أثناء حركته من A إلى B ؟

3. احسب شدّة قوّة احتكاكٍ التي يخضع لها الجسم في أثناء حركته.

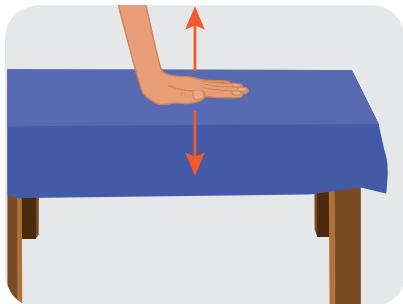


تمرين (3)

سيارة تسحب سيارةً آخرى مُعلّلة، كتلتها 2000 kg على طريقٍ مستقيمةً أفقيةً، فإذا أردنا أن تتسارع السيارة بانتظام من السّكون إلى سرعة 2.5 m.s^{-1} (نهملُ قوى الاحتكاك) خلال 50 s ، ما مقدار القوّة التي يجب أن يؤثّر بها جبلُ السحب على تلك السيارة.

3-1-3 القانون الثالث لنيوتن. مبدأ الفعل ورد الفعل

الاحظ وأستنتج:



- لماذا بقيت الإشارة في مكانها على الرغم من قوة شد كل من المتسابقين للحبل؟
- ما هو سبب شعورك بالألم عندما تؤثر على الطاولة الأفقية بقوة كبيرة شاقولية نحو الأسفل؟
- لماذا يتحرّك القاربُ بعكس جهة حركة الشخص الذي يغادرُه؟

من خلال ما سبق نستطيع أن نعمم :

إذا أثّرَ جسم A بقوّة \vec{F} في جسم آخر B ، فإنَّ الجسم B يؤثّرُ في الجسم A بقوّة \vec{F} تساوي \vec{F} بالقيمة وتعاكسها بالاتجاه. تسمى إحدى هاتين القوتين قوّة الفعل بينما تسمى الأخرى قوّة رد الفعل.

ينصُّ قانونُ نيوتن الثالث على أنَّ:

لكلِّ فعلٍ ردُّ فعلٍ يساويه بالمقدار ويُعاكسُه بالجهة.

تصرين (4)

احسب شدةَ القوّة التي تؤثّرُ بها أرضيّةُ مصعدٍ ساكنٍ على رجلٍ كتلته 75 kg يقفُ داخلَ المصعد .
(اعتبار $g = 10\text{ m.s}^{-2}$)

إثراء: 

نبذةٌ عن العالم إسحاق نيوتن



عالم إنجليزيّ يُعدّ من أبرز العلماء مُساهمةً في الفيزياء والرياضيات عبر العصور. صاغَ نيوتن قوانينَ الحركة وقانونَ الجذب العام. كما أثبتَ أنَّ حركةَ الأجسام على الأرض والأجسام السماوية يمكنَ وصفها وفقَ مبادئَ الحركة والجاذبية ذاتها. يرجعُ له الفضلُ بوضعِ القوانين الرياضيّة التي أثبتَت قوانينَ كبلر المُتعلقة بحركة الكواكب حولَ الشمس. أزالَ نيوتن آخرَ الشكوكَ حولَ صلاحيةِ نظريةِ مركزيةِ الشمس كنموذجٍ للكون.

تعلّمْتُ

- القوّة: كلّ ما يسبّب تغيير في شكل الجسم أو في حالته الحركيّة.
- عطالة الجسم: تعبر عن مُمانعة الجسم لـتغيير حالته الحركيّة.
- قوانين نيوتن:

1. القانون الأول: إذا انعدمت محصلة القوى الخارجيّة المؤثرة في مركز عطالة جسم صلب، فإنّ مركز عطالة الجسم يبقى ساكناً إذا كان بالأصل ساكناً، وإذا كان متّحراً كاً تصبح حركة مستقيمةً منتظمةً، وسرعة مركز عطالته هي سرعته لحظة انعدام محصلة القوى.

2. القانون الثاني: إذا خضع مركز عطالة جسم صلب لممحصلة قوى خارجيّة ثابتة منحى وجهةً وشدةً، اكتسب تسارعاً ثابتاً يتناسب طرداً مع شدة محصلة القوى الخارجيّة المؤثرة، وله المنحى ذاته والجهة ذاتها.

ترتبط محصلة القوى الخارجيّة المؤثرة \vec{F} في مركز عطالة جسم، كتلته m ، وتسراعه \vec{a} ، بالعلاقة:

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

3. القانون الثالث: لكلّ فعل رد فعل يساويه بالقيمة ويعاكسه بالجهة.

أختبر نفسك



أولاً: اختار الإجابة الصحيحة لكلّ مما يأتي:

1. سيارة كتلتها m عندما تكون متوقفة فإنّ:

a. محصلة القوى المؤثرة في مركز عطالتها معروفة.

b. تؤثر فيها قوّة وحيدة.

c. تسراعها ثابت غير معروفة.

d. محصلة القوى المؤثرة في مركز عطالتها ثابتة غير معروفة.

2. سيارة كتلتها m عندما تسير على طريق مستقيم بسرعة ثابتة، فإنّ:

a. محصلة القوى المؤثرة في مركز عطالتها معروفة.

b. تؤثر فيها قوّة وحيدة.

c. تسراعها ثابت غير معروفة.

d. محصلة القوى المؤثرة في مركز عطالتها ثابتة غير معروفة.

3. سيارة كتلتها m عندما تتتسارع حركتها بانتظام فإن:

a. سرعتها ثابتة.

b. تسارعها معدوم.

c. مُحَصّلة القوى المؤثرة في مركز عطالتها ثابتة غير معدومة.

d. مُحَصّلة القوى المؤثرة في مركز عطالتها معدومة.

4. عندما ندفع بالقوة ذاتها كتلتين $m_1 = 5m_2$ فإن:

a. $a_1 = a_2$

b. $a_1 = 2a_2$

c. $a_1 = 5a_2$

d. $a_2 = 5a_1$

5. إذا زادت سرعة سيارة كتلتها 800 Kg من 10 m.s^{-1} إلى 30 m.s^{-1} خلال 5 s ، فإن مُحَصّلة القوى المؤثرة

على السيارة تساوي:

a. 1600 N

b. 4800 N

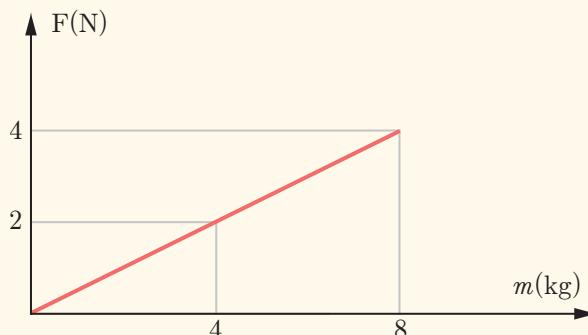
c. 3200 N

d. 200 N

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. يقف رجل كتلته 50 kg على أرض مستوية أفقية، ما قيمة القوة التي يؤثّر بها سطح الأرض على الرجل، وما أتجاهها؟ (باعتبار $(g = 10 \text{ m.s}^{-2})$).

2. الخط البياني المقابل يمثل العلاقة بين الكتلة والقوة المؤثرة في مركز العطالة، ما هو تسارع مركز العطالة؟



3. احسب شدة ثقل رائد فضاء على سطح الأرض، ثم على سطح القمر، إذا كانت كتلته على سطح الأرض 90 kg ، حيث تسارع الجاذبية على سطح القمر 1.67 m.s^{-2} ، وتسارع الجاذبية على سطح الأرض 9.8 m.s^{-2} .

ثالثاً: حل المسائل الآتية:
المسألة الأولى:

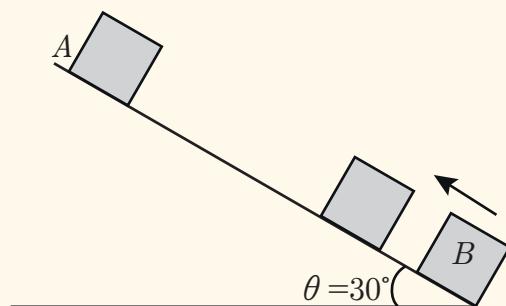
تجر عربة كتلتها 24 kg بدءاً من السكون على طريق مستقيمٍ أفقٍ، فلزم لذلك تطبيق قوةً أفقيةً شدّتها 75 N بلغت سرعتها 5 m.s^{-1} بعد قطعها مسافة 10 m . **المطلوب حساب:**

a. شدة قوة الاحتكاك بين الأرض والعربة.

b. الزمن اللازم لقطع تلك المسافة.

المسألة الثانية:

نُقذف جسمًا كتلته 1 kg من B أسفل مستوى يميل عن الأفق بزاوية $\theta = 30^\circ$ ، بسرعةٍ ابتدائيةٍ توازي المستوى، فيتوقف الجسم في النقطة A ، ويكون التابع الزمني لسرعة الجسم $v = -6t + 3$ ، علماً أنَّ الجسم يخضع في أثناء حركته إلى قوة احتكاكٍ ثابتة الشدة.



a. استنتج تسارُعَ الجُسم وسرعته الابتدائية.

b. احسب المسافة التي قطعها الجسم حتى توقف.

c. احسب شدة قوة الاحتكاك.

المسألة الثالثة:

تطلق سيارة كتلتها 1350 kg من السكون على طريق مستقيمٍ أفقٍ بتسارع ثابت، فبلغ سرعتها 20 m.s^{-1} خلال زمن 4 s . (بإهمال قوى الاحتكاك ومُقاومة الهواء)، **المطلوب حساب:**

a. تسارُع حركة مركز عطالة السيارة.

b. شدة قوة جر محرك السيارة في أثناء الحركة السابقة.

المسألة الرابعة:

بينما كان سائق يقود سيارته على طريق مستقيمٍ أفقٍ بسرعة 20 m.s^{-1} ، تفاجأ بإشارة المرور الحمراء، فاستخدم المكابح لتصبح حركة سيارته مُتباطئةً بانتظام فتوقفت خلال زمن 4 s . **المطلوب حساب:**

a. تسارُع السيارة خلال مرحلة التباطؤ.

b. بعد السيارة عن إشارة المرور لحظة استخدام المكابح.

المسألة الخامسة:

1. تسير سيارة على طريق مستقيمٍ أفقٍ بسرعةٍ ثابتة 20 m.s^{-1} ، بتأثير قوة جر محركها الثابتة والتي تبلغ قيمتها 7500 N . احسب شدة مُحصلة القوى المُعيبة المؤثرة في مركز عطالة السيارة.

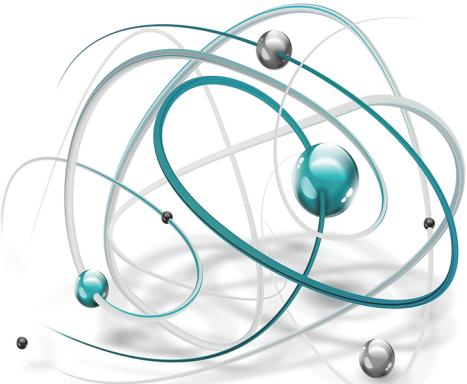
2. تصل السيارة بعدئذ بسرعتها السابقة 20 m.s^{-1} إلى طريقٍ صاعدٍ تميل على الأفق بزاوية 30° ، احسب المسافة التي يقطعها مركز عطالة السيارة حتى توقف مع بقاء قوى الاحتكاك ثابتة.

المسألة السادسة:

تحرَّك سيارة، شدّة ثقلها $N = 3000$ ، على طريق مستقيمٍ أفقٍ بسرعةٍ ثابتة، قيمتها 50 m.s^{-1} ، وفي لحظة ما ضغط السائق على المكابح فتباطأت السيارة بانتظام حتى توقفت، إذا علمت أنَّ السيارة تعرضت لقوى احتكاكٍ شدّتها 50% من شدّة ثقل السيارة، ما المسافة التي تقطعها السيارة حتى توقف تماماً.

4-1

العمل والاستطاعة



الأهداف:

- * يتعرّف العمل الفيزيائي.
- * يستنتج علاقة عمل قوّة.
- * يميّز بين العمل المحرّك والعمل المقاوم.
- * يتعرّف الاستطاعة.
- * يربط بين تغيير الطاقة الحركية والعمل (نظريّة الطاقة الحركية).
- * يربط بين تغيير الطاقة الكامنة والعمل (نظريّة الطاقة الكامنة).

الكلمات المفتاحية:

- * القوّة Force
- * المسافة Distance
- * العمل Work
- * الاستطاعة (القدرة) Power
- * الزمن Time
- * الطاقة الكامنة Potential energy
- * الطاقة الحركية Kinetic energy
- * الطاقة الميكانيكية Mechanical energy
- * الانتقال Displacement

الاحظ وأستنتج:

- عندما يدفع الطفل السيارة بقوة ولا يستطيع تحريكها، هل لهذه القوة التي يبذلها عمل؟



- يدفع الطفل سيارته ليحركها من مكانٍ آخر، فهل القوة التي يطبقها تقوم بعملٍ؟



- هل أجرَ الرجل أو المرأة عملاً عندما نقل الصندوق من مكانه؟ ما وضع حامل القوة بالنسبة للانتقال في الحالتين؟



أستنتج

إذا أثّرت قوّة في نقطةٍ من جسمٍ صلبٍ ونقلّته على حاملها أو حامل إحدى مركبتيها، فإنَّ القوّة أُنجزَت عملاً فيزيائياً.

1-1-4 عمل قوّة ثابتة الشدّة:

إذا انتقلت نقطة تأثير قوّة ثابتة الشدّة F ، مسافة d ، انتقالاً مُستقيماً يصنع حاملها زاوية θ ، فإنّ عمل هذه القوّة \overline{W} يعطى بالعلاقة:

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

$$\overline{W} = F d \cos \theta$$

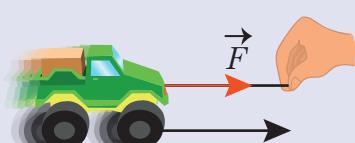
وحدة قياس العمل في الجملة الدوليّة الجول J .
ويُعرّف الجول بأنه:

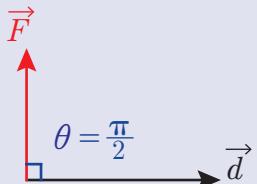
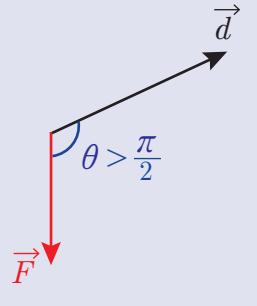
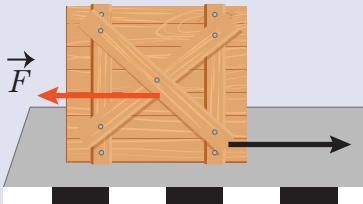
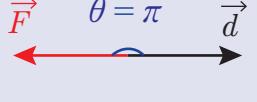
عمل قوّة، مقدارها نيوتن واحد، تنتقل نقطة تأثيرها على حاملها وبجهتها مسافة متر واحد.

$$1(J) = 1(N) \times 1(m)$$

من هذا التعريف أستنتج أنه:

- ليتّج لدينا عمل يجب تطبيق قوّة يحدّث على أثراها انتقالاً لمركز عطالة الجسم .
- العمل مقدار جبّيّ موجّب أو سالب لأنّه ينبع من الجداء السلمي لشعاع القوّة في شعاع الانتقال.
- إنّ وجود $\cos \theta$ في علاقـة العمل يساعد في تحديد حالات العمل الممكـنة (موجـب، سـالـب ، مـعدـوم) حيث θ هي الزـاوية بين شـعـاعـ القـوـةـ وـشـعـاعـ الـانـتـقـالـ، ويـمـكـنـ أنـ نـمـيـرـ الحالـاتـ الآـتـيـةـ بـحـسـبـ هـذـهـ الزـاوـيـةـ:

مثال	مُخطّط القوّة والانتقال	نوع العمل	علاقـةـ العملـ	الزاـويـةـ بيـنـ القـوـةـ وـالـانـتـقـالـ
قوّة الشدّ قوّة تساعد على الحركة	 $\theta = 0$	العمل موجّب مُحرّك	$W = F d \cos 0$ $\cos 0 = +1$ $W = +F d$	شـعـاعـ القـوـةـ وـشـعـاعـ الـانـتـقـالـ عـلـىـ حـامـلـهاـ وـبـجـهـتـهاـ وـجـهـةـ وـاحـدـةـ
قوّة التّقل في أثناء الهبوط تساعد على الحركة	 $\theta < \frac{\pi}{2}$	العمل موجّب مُحرّك	$W = F d \cos \theta$ $\cos \theta > 0$ $W > 0$	شـعـاعـ القـوـةـ يـصـنـعـ زـاوـيـةـ حـادـةـ مـعـ شـعـاعـ الـانـتـقـالـ

<p>فَوَّ الشُّد الشاقوليَّة مع انتقالٍ أَفْقِيًّا لا تسْبِب عَمَلاً</p> 		<p>العمل معدوم</p> $W = Fd \cos \frac{\pi}{2}$ $\cos \frac{\pi}{2} = 0$ $W = 0$	<p>شعاع الفَوَّ عمودي على شعاع الانتقال</p>
<p>فَوَّ الثَّقْل في إثْنَاء الصُّعُود يُعيِّنُ الحركة</p> 		<p>العمل سالب مُقاوم</p> $W = Fd \cos \theta$ $\cos \theta < 0$ $W < 0$	<p>شعاع الفَوَّ يصنُع زاوية مُنفرجة مع شعاع الانتقال</p>
<p>فَوَّ الاحتكاك فَوَّ مُعيقة للحركة</p> 		<p>العمل سالب مُقاوم</p> $W = Fd \cos \pi$ $\cos \pi = -1$ $W = -Fd$	<p>شعاع الفَوَّ وشعاع الانتقال على حامل واحد وبجهتين مُتعاكستين</p>

تطبيق 1

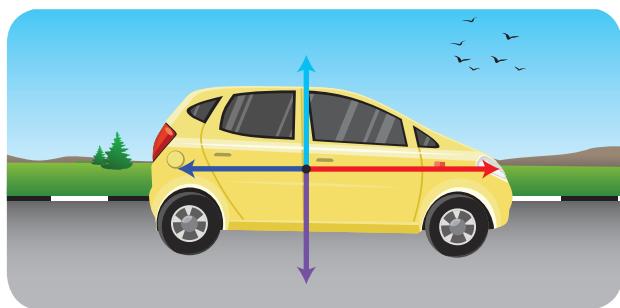
تحرَّك سيارة بتأثير قَوَّة جرِّ مُحرَّك ثابتة الشدَّة على طَرِيق مُسْتَقِيمَة أَفْقِيَّة علَمَاً أَنَّهَا تخضعُ لقوى احتكاكٍ و مقاومةٍ هواء، مُحَصَّلُها ثابتة الشدَّة: حَدَّد على الشَّكَل المُجَاوِر مُخْطَطَ القوى الْخَارِجِيَّة المُؤَثِّرة، ثُمَّ اكْتُب العلاقة المُعبَّرَة عن عمل كلَّ قَوَّة.

الحل:

عمل قَوَّة الثَّقل: قَوَّة الثَّقل عمودية على الانتقال الأفقي $W_w = mg d \cos \frac{\pi}{2} = 0$

عمل قَوَّة جرِّ المُحرَّك: قَوَّة جرِّ المُحرَّك قَوَّة لَهَا حامل الانتقال وجهته.

$$W_F = Fd \cos \theta = +Fd$$



عمل قوة الاحتكاك: قوة الاحتكاك قوة لها حامل الانتقال وتعاكسه بالجهة.
 $W_{\vec{F}} = F'd \cos \theta = -F'd$
 عمل قوة رد الفعل: قوة رد الفعل قوة عمودية على الانتقال.
 $W_{\vec{R}} = R d \cos \frac{\pi}{2} = 0$

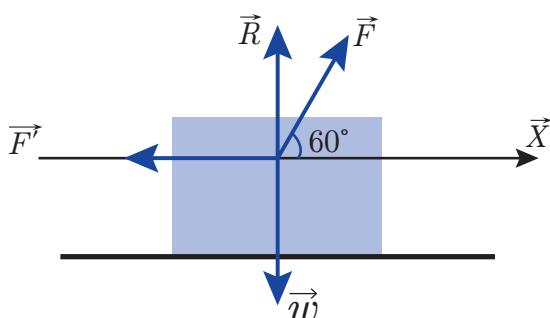
تطبيق 2

يشد شخص جسمًا، كتلته $m = 30 \text{ kg}$ ، على أرض أفقية وفق مسار مستقيم ثابتة بتطبيق قوة شدتها F ، يصنع حاملها مع الانتقال زاوية $\theta = 60^\circ$ ، ويُخضع الجسم لقوة احتكاك ثابتة الشدة $F' = 20 \text{ N}$ تعكس الحركة والمطلوب:

1. ارسم مخططاً للقوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة الجسم.
2. احسب F شدة القوة المطبقة.
3. احسب العمل الذي تبذله كل قوة من القوى المؤثرة في مركز عطالة الجسم عندما ينتقل مسافة 5 m .

الحل:

1. بما أن سرعة الجسم ثابتة فهو يخضع لمُحصلة قوى معدومة وذلك بحسب قانون العطالة



$$\begin{aligned}\vec{R} &= \vec{0} \\ \vec{F} + \vec{F}' + \vec{w} + \vec{R} &= \vec{0}\end{aligned}$$

بالإسقاط على محور أفقي كما في الشكل:

$$+F \cos \frac{\pi}{3} - F' + 0 + 0 = 0$$

$$F = \frac{20}{\frac{1}{2}} = 40 \text{ N}$$

2. حساب عمل كل من القوى المؤثرة:

عمل قوة الشد موجب (محرك)، لأن الزاوية بين شعاعي القوة والانتقال حادة.

$$W_{\vec{F}} = F d \cos \frac{\pi}{3} = 40 \times 5 \times \frac{1}{2} = 200 \text{ J}$$

عمل قوة الاحتكاك سالب (مُقاوم)، لأن الزاوية بين شعاعي القوة والانتقال مستقيمة:

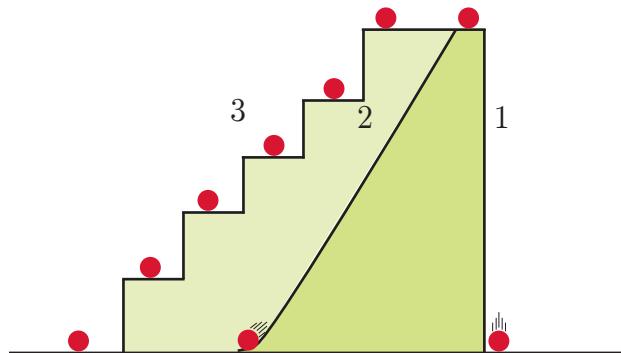
$$W_{\vec{F}'} = -F' d = 20 \times 5 = -100 \text{ J}$$

عمل قوّي رد الفعل والثقل معدوم؛ لأن الزاوية بين شعاعي القوة والانتقال قائمة:

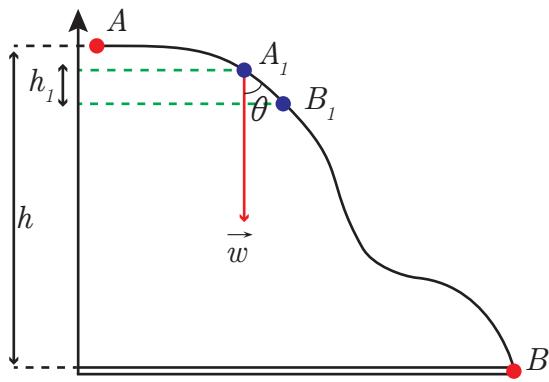
$$W_{\vec{R}} = 0 \quad W_{\vec{w}} = 0$$

٢-١-٤ عمل قوة التقل في أثناء انتقال ما:

نشاط:



اترك كرة تسقط بتأثير قوة ثقلها من الأعلى إلى الأسفل عبر مسارات مختلفة 1، 2، 3 والتي لها ارتفاع واحد h عن سطح الأرض. ما هو عمل قوة ثقل الكورة في كل حالة عندئذ؟



إذا انتقلَ جسمٌ من النقطة A إلى النقطة B عبر طريق مُنحِنٍ (كما في الشّكل المُجاوِر) فما هو عمل قوّة الثقل عندئذٍ؟

نجزء الانتقال الكلّي إلى انتقالات صغيرة A_1B_1
ونحسب عمل قوّة الثقل في أثناء هذا الانتقال

$$W_1 = wA_1B_1 \cos\theta$$

$$\cos\theta = \frac{h_1}{A_1B_1}$$

$$W_1 = wA_1B_1 \frac{h_1}{A_1B_1}$$

$$W_1 = wh_1$$

ويكون عمل قوّة الثقل في أثناء الانتقال الكلّي، هو المجموع الجبري للأعمال العنصريّة لقوّة الثقل في أثناء الانتقالات الصّغيرة:

$$W_{\vec{w}} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$$

$$W_{\vec{w}} = wh_1 + wh_2 + wh_3 + \dots$$

$$W_{\vec{w}} = w(h_1 + h_2 + h_3 + \dots)$$

$$W_{\vec{w}} = m g h$$

$$W_{\vec{w}} = w h$$

أي أنَّ عمل قوّة الثقل لا يتعلّق بالطريق المسلوب، وإنّما بالوضعين البدائي والنهائي.

2-4 الاستطاعة



إذا قامَ عدّة أشخاص بالعمل ذاته فربما ستجدُ أنَّ كلَّ واحدٍ منهم يجرّه في وقتٍ مختلفٍ عن الآخر. عند استخدامِك مضخّتي ماء لمملء خزانين لهما الحجم ذاته إلى سطح البناء نفسه، نجدُ أنَّ إحدى المضختين تملأ الخزان قبل الأخرى.

- أيُّ المضختين الأفضل برأيك، ولماذا؟
لِمُقارنةِ القدرات بينَ الأشخاص أو الآلات، علينا حسابُ العمل الذي يجرّه أحدهم خلال وحدة الزمن. ونسميُّ هذا المفهوم فيزيائياً بالاستطاعة الميكانيكية.

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

يُقدّر العمل بالجول J

ويُقدّر الزمن بالثانية s

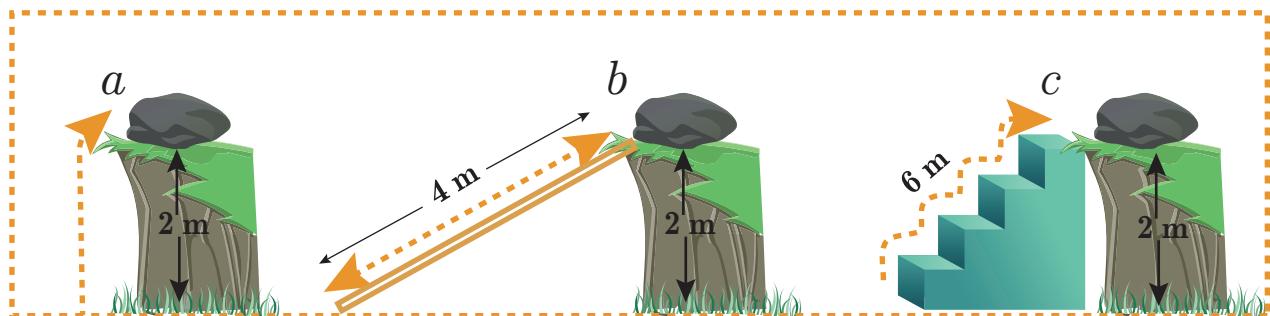
عندئذٍ تقدّرُ الاستطاعة بـ Watt ، ويُرمز لها بـ W



الاستطاعة: هي العمل المنجز خلال وحدة الزَّمن.
الواط: هو استطاعةُ عامل أو آلٍ تُنجز عملاً، قدره جولٌ واحدٌ خلال ثانية واحدة.
هناك وحدة أخرى للاستطاعة: الحصان البخاري (hp) حيث $1 \text{ hp} = 735 \text{ W}$

فَكَرْ وَأَجِبْ:

نرفع حجراً، كتلته m من سطح الأرض إلى أعلى المستوى عبر المسارات a, b, c بالسرعة ذاتها، بحيث تكون حركة الصخور ثابتةً على مسارها، أي الحالات الثلاثة ينجز العمل بأقل استطاعة؟ ولماذا؟



تطبيق(3)

مُحرِّك يرفع جسمًا، كتلته $g = 200 \text{ kg}$ ، بسرعة ثابتة $v = 3 \text{ cm.s}^{-1}$ ، احسب استطاعته مقدرة بالواط، ثم بالحصان البخاري.

الحل:

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

$$P = \frac{F d}{t}$$

$$P = \frac{m g d}{t}$$

$$P = F \cdot v$$

$$P = 200 \times 10 \times 3 \times 10^{-2}$$

$$P = 60 \text{ W}$$

$$P = \frac{60}{735} = 0.078 \text{ hp}$$

تمرين:

تجري قطرة عدّة عربات بقوة شدّتها $N = 48 \times 10^3 \text{ N}$ على مسار مستقيم، طوله 100 km، خلال 1 h, 20 min. احسب عمل هذه القوة واستطاعتها خلال المسار السابق.

3-4 نظرية الطاقة الدّرّيّة ونظرية الطاقة الكامنة:



يُعتبر مفهوم الطاقة وأشكالها من المفاهيم الفيزيائية التي لها تطبيقات كثيرة في مجالات الحياة عامة، وللطاقة أشكال عديدة تتحوّل من شكل إلى آخر حسب الظروف المتوفرة والأداة المستخدمة لاستهلاكها أو توليدها.

العمل شكلٌ من أشكال الطاقة، ويمتلك الجسم طاقة إذا كان قادرًا على القيام بعمل ، ومن أشكال الطاقة: الطاقة الحركية والطاقة الكامنة.

الطاقة الحركية: هي الطاقة التي يمتلكها الجسم المتحرك، وتعلق بكتلة الجسم وسرعته، وتعطى بالعلاقة:

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

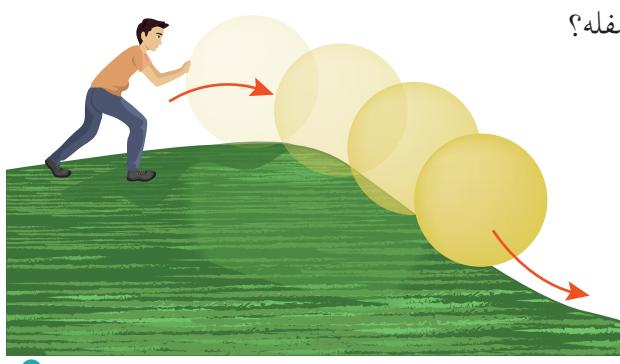
الطاقة الكامنة الثقالية: هي الطاقة التي يمتلكها الجسم عندما يكون على ارتفاع معين عن مستوى مرجعي، وتعلق بـ **بُشْقِ الْجَسْمِ** وارتفاعه عن المستوى المرجعي، تعطى بالعلاقة:

$$E_p = wh$$



الاحظ وأجيب:

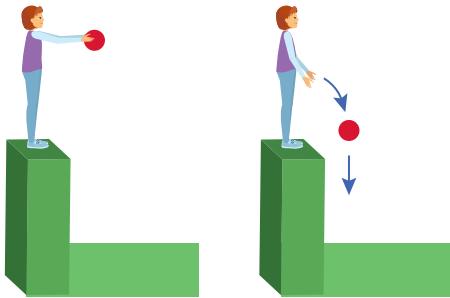
ما نوع الطاقة التي تمتلكها الكرة الساكنة في أعلى ارتفاع على قمة المنحدر المائل؟



ما نوع طاقة الكرة في أثناء انتقالها من قمة المنحدر نحو أسفله؟

4- استنادًا لنظرية الطاقة الدّرّيّة ونظرية الطاقة الكامنة

نترك حجرًا كتلته m ، يسقط سقطًا حرًا من ارتفاع h عن سطح الأرض الذي نعتبره المستوى المرجعي.



- استنتج علاقة سرعة الحجر لحظة وصوله سطح الأرض.
بما أن الحجر يسقط سقوطاً حرّاً فإن:

$$v = gt$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

بالتعويض ينتج: $v = \sqrt{2gh}$

- ما العلاقة بين تغيير الطاقة الحركية للحجر ومجموع أعمال القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالته؟
إن تغيير الطاقة الحركية للحجر بدءاً من لحظة سقوطه وحتى وصوله سطح الأرض:

$$\Delta E_K = E_{K_2} - E_{K_1}$$

$$\Delta E_K = \frac{1}{2}mv^2 - 0$$

$$\Delta E_K = \frac{1}{2}m(2gh)$$

$$\Delta E_K = mgh$$

وبما أنّ عمل قوّة ثقل الحجر $W = mgh$

استنتج: $\Delta E_K = W$

- نعمّم هذه النتيجة على شكل نظرية، تعرف باسم نظرية الطاقة الحركية لجسم صلب، والتي تنصّ على:
إن تغيير الطاقة الحركية لجسم صلب خلال فاصل زمني معيّن يساوي العمل الذي تقوم به محصلة القوى المؤثرة في الجسم خلال الفاصل الزمني نفسه.

- ما العلاقة بين تغيير الطاقة الكامنة للحجر وعمل محصلة القوى المؤثرة في مركز عطالته؟
إن تغيير الطاقة الكامنة للحجر بدءاً من سقوطه وحتى وصوله سطح الأرض:

$$\Delta E_P = E_{P_2} - E_{P_1}$$

$$\Delta E_P = 0 - wh$$

$$\Delta E_P = -mgh$$

وبما أنّ عمل قوّة ثقل الحجر $W = mgh$

استنتج: $\Delta E_P = -W$

- نعمّم هذه النتيجة على شكل نظرية، تُعرف باسم نظرية الطاقة الكامنة الثقالية، والتي تنصّ على:
إن تغيير الطاقة الكامنة الثقالية في جملة (جسم - أرض) خلال فاصل زمني معيّن، يساوي قيمةَ عمل قوّة الشغل، ويعاكِس إشارَةَ عند انتقال نقطة تأثيره بين الوضعين المُعتبرين خلال الفاصل الزمني ذاته.

- ما العلاقة بين تغيير الطاقة الحركية و تغيير الطاقة الكامنة الثقالية لجسم صلب؟
لدينا:

$$\Delta E_K = W$$

$$\Delta E_P = -W$$

$$\Delta E_K + \Delta E_P = 0$$

بجمع العلاقتين نجد: $\Delta(E_K + E_P) = 0$

أي أنَّ مجموع الطاقتين الحركية والكامنة مقدار مصونٌ لا يتغيَّر، نسمِّي مجموع هاتين الطاقتين بالطاقة الميكانيكية للجسم، ونرمزُ لها E ، وهي مقدارٌ مصونٌ في حالة خضوع الجسم لقوى الشحالة.

نعمَّ هذه النتيجة بشرط أن تكون جميعُ القوى المؤثرة على الجسم قوىًّا مُحافظة.

$$\Delta E = 0$$

$$E_2 - E_1 = 0$$

$$E_2 = E_1 = \text{const}$$

وهذا يتحققُ مبدأً مصونية الطاقة.

تطبيق (4)

يُوضع جسمٌ كتلته $m = 5 \text{ kg}$ على مستوىً أفقى، نعطي للجسم سرعةً ابتدائية $v_0 = 2 \text{ m.s}^{-1}$ ، فيخضعُ الجسم في أثناء حركةٍ لقوى احتكاكٍ ثابتة، شدتها تساوي $F' = 10 \text{ N}$



1. احسب تسارُعَ الجسم.
2. احسب المسافةَ التي يقطعُها الجسم قبلَ أن يقفَ.
3. احسب العمل الذي قامَت به قوَّةُ الاحتكاكِ.
4. احسب تغييرَ الطاقة الحركية للجسمِ.
5. احسب تغييرَ الطاقة الكامنة للجسمِ.
6. هل الطاقة الميكانيكية محفوظة؟ علَّ ذلك.

الحلُّ:

1. القوى المؤثرة في الجسم هي قوَّةُ الاحتكاك \vec{F}' وقوَّةُ التقلُّل \vec{W} وقوَّةُ ردِّ الفعل الناظمي \vec{R} بتطبيق المبدأ الأساسي في التحرير.

$$\begin{aligned}\vec{F} &= m\vec{a} \\ \vec{F}' + \vec{W} + \vec{R} &= m\vec{a}\end{aligned}$$

بالإسقاط على محورٍ أفقى موجَّه بجهةِ الحركة

$$-F' + 0 + 0 = ma$$

$$a = \frac{F'}{m}$$

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

الحركة مُطبَّطة بانتظام.

$$v = at + v_0$$

$$0 = -2t + 2$$

$$t = 1 \text{ s}$$

نُوَضَّ في مُعادلة المسافة المقطوعة

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0$$

$$\Delta x = -t^2 + 2$$

$$\Delta x = 1 \text{ m}$$

2. من قوانين الحركة:

$$\begin{aligned}
 W &= F'x \\
 &= -10 \times 1 \\
 W &= -10 \text{ J}
 \end{aligned}$$

3. عمل قوة الاحتكاك:
- $$\Delta E_K = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -\frac{1}{2}5(2)^2 = -10 \text{ J}$$
4. تغير الطاقة الحركية
5. يبقى الجسم في المستوى الأفقي نفسه، إذن لا تغير طاقته الكامنة أي: $\Delta E_p = 0$
6. بمقارنة نتيجة السؤال (3) ونتيجة السؤال (5) أستنتج أنَّ الطاقة الميكانيكية غير محفوظة. نعمل ذلك بأنَّ قوى الاحتكاك غير مُحافظة (مُبددة للطاقة).

تعلمتُ

- إذا انتقلت نقطة تأثير القوى \vec{F} بشuang إزاحة \vec{d} ، فإنَّ عمل هذه القوة W يساوي:

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

حيث F : شدَّة القوة. d : طولية شuang الإزاحة. θ : الزاوية بين \vec{F} و \vec{d} .

- وحدة العمل في الجملة الدوليَّة هي الجول، ورمزه J.
- إذا كانَ عملُ قوَّةٍ خلال زمانِ t يساوي W ، فإنَّ الاستطاعة تساوي:
$$P = \frac{W}{t}$$
- إذا أثَّرت قوَّة \vec{F} في جسمٍ مُتحركٍ بسرعة v ، فإنَّ استطاعة هذه القوَّة تساوي:
- نظريَّة الطاقة الحركيَّة:** إنَّ عملَ محصلة القوى المؤثرة في جسمٍ يساوي تغيير الطاقة الحركيَّة للجسم (بشرط أن تكون القوى مُحافظةً).
- نظريَّة الطاقة الكامنة:** إنَّ عملَ محصلة القوى المؤثرة في جسمٍ يساوي بالقيمة المطلقة ويعاكس بالإشارة تغيير الطاقة الكامنة للجسم (بشرط أن تكون القوى مُحافظةً).
- الطاقة الميكانيكيَّة تساوي مجموع الطاقة الحركيَّة والطاقة الكامنة، وتغيير الطاقة الميكانيكيَّة يساوي عمل القوى غير المُحافظة (المُبددة للطاقة).



أختبر نفسِي

أولاًً: أجب عن الأسئلة الآتية:

- هل قوى الثقالة هي قوى مُحافظة؟ علل إجابتكم.
- هل القوى المُعيقة للحركة تسبِّب زيادة السرعة أو نقصانها دوماً؟ أعطِ أمثلة.
- عند تحرك سيارة بسرعةٍ مُستقيمةٍ مُتنظمةٍ على طريقٍ أفقيٍّ، تكون محصلة القوى المؤثرة في مركز عطاله السيارة معدومة، ومع ذلك تستهلك السيارة الوقود أي تصرُف عملاً، كيف تشرح ذلك؟

ثالثاً: حل المسائل الآتية: (نعتبر في أثناء حل المسائل $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$)

المسألة الأولى:

يجري عامل كتلتها 80 kg عربة كتلتها 40 kg على طريق مائل بزاوية 30° على الأفق، بسرعة ثابتة، ما قيمة العمل الذي يقدمه العامل لجر العربة مسافة 20 m ؟ ما الطاقة التي يوفرها العامل فيما لو قام بسحب العربة باستخدام جبل طويلاً مربوط بالعربة، وبقي الرجل مكانه في أعلى الطريق؟

المسألة الثانية:

تجري قاطرة عربات، بقوة $N = 400$ على سكة مستقيمة أفقية بسرعة ثابتة 36 m.s^{-1} لمدة ساعة، المطلوب حساب:

1. العمل التي تنجذب القوة المطبقة من القاطرة.
2. استطاعة محرك القاطرة.

المسألة الثالثة:

سيارة كتلتها $m = 800 \text{ kg}$ ، تطلق من السكون على طريق مستقيمة أفقية، بتأثير قوة جر $F_1 = 2500 \text{ N}$ ، وتخضع لقوى مقاومة محصلتها F_2 ، لها حامل، وتعاكستها بالجهة شدتها $F_2 = 900 \text{ N}$ المطلوب حساب:

1. تسارع مركز عطالة السيارة.
2. الزمن t اللازم ليقطع مركز العطالة مسافة قدرها 400 m .
3. العمل الميكانيكي لكل من القوتين \vec{F}_1 ، \vec{F}_2 خلال قطع المسافة السابقة.
4. الاستطاعة المتوسطة التي بذلها محرك السيارة خلال الزمن t .



تدفع أم عربة طفلتها بسرعة ثابتة على طريق مستقيمة أفقية بقوة شد تصنع مع الأفق زاوية 60° ، باعتبار العربة تخضع لقوة احتكاك شدتها 20 N ، احسب العمل الذي تبذله قوة الدفع عندما تحرّك العربة مسافة 5 m .

المسألة الخامسة:

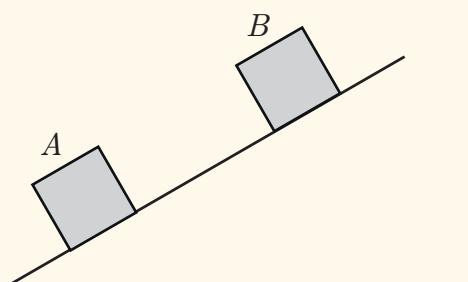
نطلق جسمًا، كتلته 100 g من نقطة A على مستوى يميل عن الأفق بزاوية $\theta = 30^\circ$ ، فيصل الجسم إلى النقطة B بسرعة B بسرعة $B = \frac{1}{2}v_A$ ، إذا علمت أنَّ الجسم يخضع في أثناء حركته لقوة احتكاك ثابتة، شدتها 1 N وأن المسافة $AB = 2 \text{ m}$ ، **المطلوب** حساب:

1. تغير الطاقة الحركية للجسم خلال المسافة السابقة.
2. سرعة الجسم عند A .

المسألة السادسة:

تحرّك سيارة كتلتها $m = 900 \text{ kg}$ بسرعة 72 Km.h^{-1} على طريق مستقيمة أفقية، يرى السائق على بعدٍ مناسب أن إشارة المرور أصبحت حمراء، فيضغط على المكابح، فتتوقف السيارة خلال دقيقة من الزمن بعد أن تقطع مسافة 100 m ، **المطلوب**:

احسب الاستطاعة التي بذلتها قوة المكابح على السيارة لتوقف.



مشروع دراسة حركة خط إنتاج مخبز آلي

مقدمة:

الهدف العام:

الاستفادة من الحركات الفيزيائية في الصناعة (المخبز الآلي).

أهداف المشروع:

1. دراسة تطبيقات الحركة المستقيمة المنتظمة والحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام.
2. دراسة الجدوى الاقتصادية لأنمتة بعض الصناعات.
3. تحسين الإنتاج واختصار زمن الإنتاج.
4. اقتراح تطبيقات أخرى.

مراحل المشروع:

أولاً— التخطيط:

- تحديد طبيعة حركة خط الإنتاج من خلال زيارة ميدانية.
- دراسة ومقارنة بين الإنتاج اليدوي التقليدي والإنتاج الآلي.
- الإجراءات الصحية المتبعة في كلّ منها.

ثانياً— التنفيذ:

- يتم توزيع الطلاب إلى أربع مجموعات:
 - المجموعة الأولى: مهمتها زيارة مخبز يعمل وفق الطرق التقليدية، وإجراء دراسة حول كمية الإنتاج وعدد ساعات العمل، وعدد العمال، ومدى تحقيق الشروط الصحية المناسبة .
 - المجموعة الثانية: مهمتها زيارة مخبز ي العمل وفق خط إنتاج آلي، وإجراء دراسة حول كمية الإنتاج، وعدد ساعات العمل، وعدد العمال، ومدى تحقيق الشروط الصحية المناسبة .
 - المجموعة الثالثة: البحث عبر الشبكة عن تطبيقات حديثة تعتمد بها دول أخرى لإنتاج الخبز.
 - المجموعة الرابعة: مقارنة النتائج لكل مجموعة من حيث كمية الإنتاج وجودته.

ثالثاً— التقويم:

مناقشة النتائج وإعداد تقرير كامل حول الآثار الإيجابية والسلبية لأنمتة بعض الصناعات في الجمهورية العربية السورية واقتراح طرق للمعالجة.



الوحدة الثانية

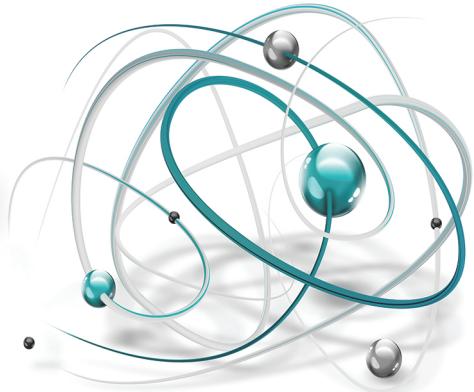
الكهرباء

كيف تعمل آلة تصوير المستندات؟

ما يحدث داخل ماكينة تصوير المستندات شيء مدهش حقاً إذ تعمل هذه الآلة بمبدأ تجاذب الشحنات المتعاكسة معتمدة أساسيات الكهرباء الساكنة حيث تكون شحنات إضافية موجبة أو سالبة على المادة ولكن دون أن تكون لها حرية الحركة، فالشحنة الموجبة تجذب الشحنة السالبة والعكس صحيح.



الكهرباء الساكنة



يتناولُ موضوعُ الكهرباء الساكنة دراسة الشّحنة الكهربائية والتأثير المُتبادل فيما بينها وهي في حالة التوازن، بينما يتناولُ موضوعُ الكهرباء المُتحرّكة حرّكة الشّحنة في الدّارات الكهربائية.



البرقُ والصّواعقُ من الظواهر التي تحدثُ في الطبيعة، ويرجعُ ذلك إلى الشّحنة الكهربائية المُتشكلة على سطح الغيوم.

الاحظْ وأفکرْ

- عندما أسرّحُ شعرِي الجاف بمشطٍ مصنوع من البلاستيك ألاحظ انجداب الشعر نحو المشط.
- عندما أخلعُ ملابسي الصوفية في الظلام ألاحظُ أحياناً شرارة كهربائية.
- كيف يكتسبُ الجسم المُعتدل شحنة كهربائية؟
- هل الأجسام في الظواهر السابقة مشحونة أم مُعتدلة؟
- إن انتقالَ الشّحنة الكهربائية من جسمٍ إلى آخرٍ يفسّرُ لنا هذه الظواهر.
- الجسمُ الذي يفقدُ الإلكترونات يصبحُ موجِبَ الشّحنة.
- الجسمُ الذي يكتسبُ الإلكترونات يصبحُ سالبَ الشّحنة.
- شحنة الإلكترون e ، هي أصغرُ مقدارٍ للشّحنة تم تحديده (حتى الآن)، وتُسمى الشّحنة الأساسية.

الأهداف:

- * يعرّف الشّحنة الكهربائية الأساسية.
- * يميّز بين الكهرباء الساكنة والمُتحرّكة.
- * يسمّي التأثير المُتبادل بين شحتين نقطتين.

الكلمات المفتاحية:

- * التّقريغ الكهربائي
- * القوّة الكهربائية
- * قانون كولوم
- * الكهرباء Electricity
- * الكهرباء الساكنة Static Electricity
- * الشّحنة الكهربائية Electric Charge
- * شحنة موجبة Positive Charge
- * شحنة سالبة Negative Charge
- * قانون كولوم Coulomb's Law
- * كاشف كهربائي Electroscope
- * إلكترون Electron

- * مصونّة الشّحنة الكهربائية Law of conservation of Electric Charge

إثراء:

- اكتشفت الكهرباء الساكنة منذ 600 سنة قبل الميلاد، عندما لاحظ عالم يوناني انجذاب قصاصاتٍ من الورق إلى ساقِ دُلكت بالصوف. ويرجع بعضهم اكتشافها وملحوظتها إلىآلاف السنين، حيث يوجد بعض الكتابات على جدران بعض المعابد التي شيدتها المصريون القدماء.
- ال**التكهّب**: هو شحنُ الجسم بشحنة كهربائية عن طريق فقدِه أو اكتسابِه لإلكترونات.

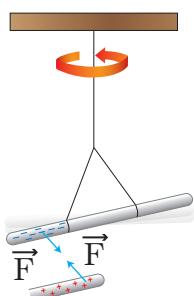
1-1 التفريغُ الكهربائي (Electric Discharge):



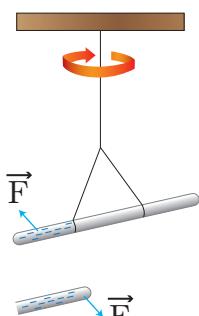
أتساءل:
هل شعرت يوماً بوخزة في يدك عند مصافحة صديقك، بعد أن تنهض عن كرسي من البلاستيك كنت تجلس عليه؟

- تفسير ذلك أنه عند جلوسك على الكرسي يكتسب جسمك شحنة كهربائية خفيفة، وعند المصافحة تنتقل الإلكترونات من يد صديقك إلى يدك أو بالعكس، مما يعيده إلى الحالة المعتدلة ثانية، وهذا ما نسميه التفريغ الكهربائي.
- إن كلًا من الشّارة الكهربائية الصغيرة التي تشعر بها، وكذلك البرق، هما مثالان عن تفريغ الكهرباء الساكنة. وتختلف حالة الشّحن والتفریغ في المثالين السابقين كثيراً من حيث المقدار، إلا أنهما متماثلان في طبيعتهما.

2- القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطتين في الخلاء (قانون كولوم):



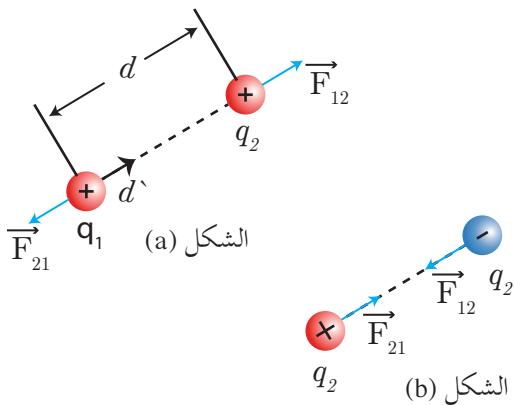
الشكل (b)



الشكل (a)

نعلم أن الشّحنات الكهربائية المتماثلة تتدافع فيما بينها، والشّحنات الكهربائية المُتعاكسة تتجاذب فيما بينها بقوى كهربائية. فما العوامل التي تؤثّر على القوة الكهربائية؟

أثبتت كولوم من خلال تجاربه الآتي:



- إن الشحنتين نقطيتين ساكنتين (q_2, q_1)، اللتين تبعدان عن بعضهما مسافة d تتبادلان التأثير فيما بينهما بقوى متساويتين بالجهة دوماً، ومتساويتان بالشدة $F = F_{12} = F_{21}$ حيث:

\vec{F}_{12} : القوة التي تؤثر بها الشحنة q_1 على الشحنة q_2 .
 \vec{F}_{21} : القوة التي تؤثر بها الشحنة q_2 على الشحنة q_1 .

- إن شدة القوة تتناسب طرداً مع جداء الشحنتين $q_2 \cdot q_1$. فإذا استبدلنا q_1 مثلاً بشحنة أخرى q'_1 حيث $q'_1 = 2q_1$ مثلما ما كانت عليه في الحالة الأولى أي: $F' = 2F$.

إن شدة القوة تتناسب عكساً مع مربع البعد الفاصل بينهما. فإذا جعلنا البعد بين الشحنتين مثلاً ما كان عليه $d' = 2d$ ، مع ثبات قيمة الشحنتين، نجد أن شدة القوة تصبح ربع ما كانت عليه؛ أي: $F' = \frac{1}{4}F$.

1-2-1 قانون كولوم:



شارل أوغستان دي كولوم

1736 – 1806

فيزيائي فرنسي اكتشف القانون الذي يحمل اسمه (قانون كولوم)

تؤثر شحتان نقطيتان ساكنتان q_2, q_1 ببعضهما في الخلاء بقوىن $\vec{F}_{21}, \vec{F}_{12}$ متساوين بالجهة دوماً، محمولتين على المستقيم المار

منهما، شدتهما المشتركة $F = F_{12} = F_{21}$ تتناسب طرداً مع جداء قيمة الشحنتين، وعكساً مع مربع البعد الفاصل بينهما d . وتعطى هذه الشدة بالعلاقة: $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$ حيث F : شدة القوة وحدتها نيوتن N

q_2, q_1 : القيمة الجبرية للشحنة وحدتها الكولوم C .

d : البعد الفاصل بين الشحنتين وحدته المتر m .

k : ثابت النسبة (ثابت كولوم) تتعلق قيمته بالوحدات المستخدمة وبالوسط العازل الفاصل بين الشحنتين قيمته $k = 9 \times 10^9 N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$ في الجملة الدولية وفي الخلاء.

إذا كانت (q_2, q_1) متماثلتين بالشحنة، فإن F تنازليّة.

إذا كانت (q_2, q_1) مختلفةين بالشحنة، فإن F تجاذبية.

تطبيق (1)

شحتان نقطيتان $C = 5\mu C$, $q_2 = 20\mu C$, $q_1 = 5\mu C$ تبعدان عن بعضهما في الخلاء $d = 0.5 m$. المطلوب:

1. احسب شدة القوة الكهربائية المتبادلة بينهما.

2. مثل القوتين المترادفتين بالرسم.

الحل:

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} \quad .1$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{5 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{-6}}{(0.5)^2} = 3.6 N$$

F تنازليّة لأن الشحنتين متماثلتين.

.2

$$\vec{F}_{12}$$

- بما أن القوة مقدار شعاعي، فإن عناصر شعاع القوة الكهربائية (قوة كولوم) هي:
• نقطة التأثير: الشحنة المتأثرة.

- الحامل: المستقيم المار من الشحتين.

- الجهة: توقف على نوع الشحتين، حيث تكون تجاذبية إذا كانت الشحتان مختلفتين نوعاً، وتنافرية إذا كانت الشحتان متماثلين نوعاً.

• الشدة: تُعطى بالعلاقة: $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$

تعميم: في حال وجود عدة شحنات نقطية تؤثر في شحنة نقطية واحدة، فإن القوة الكلية المؤثرة عليها تجمع جمعاً شعاعياً.

تطبيق (2)

ثلاث شحنات كهربائية نقطية ساكنة $q_3 = +8\mu C$, $q_2 = -6\mu C$, $q_1 = +2\mu C$ تقع على استقامة واحدة، بحيث تقع q_2 بين q_1 و q_3 . فإذا علمت أن q_1 تبعد عن q_2 مسافة 3 cm، وأن q_3 تبعد عن q_2 مسافة 6 cm

المطلوب: حساب:

1. شدة القوة المتبادلة بين q_1 و q_2 وما نوعها؟

2. شدة القوة المتبادلة بين q_3 و q_2 وما نوعها؟

3. شدة مُحصلة القوى المؤثرة في q_2 .

الحل:

.1

$$F_{12} = 9 \times 10^9 \frac{q_1 \cdot q_2}{d_1^2}$$

فالقوة تجاذبية $F_{12} = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 120 \text{ N}$

.2

$$F_{32} = 9 \times 10^9 \frac{q_3 \cdot q_2}{d_2^2}$$

فالقوة تجاذبية $F_{32} = 9 \times 10^9 \frac{8 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 120 \text{ N}$

.3

$$F = F_{12} - F_{32} = 120 - 120 = 0 \text{ N}$$

تطبيق (3)

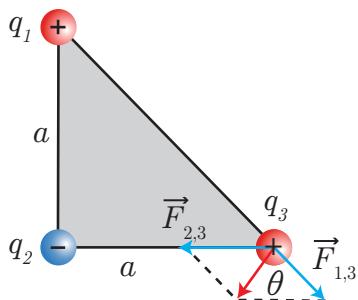
وضعت ثلاث شحنات نقطية على رؤوس مُثلث قائم متساوي الساقين، كما في الشكل، $q_1 = q_3 = 5\mu C$, $q_2 = -3\mu C$. **المطلوب:** احسب شدة القوة المُحصلة المؤثرة في الشحنة q_3 .

الحل:

نرسم مخططاً للقوى الكهربائية المؤثرة في الشحنة، آخذين بعين الاعتبار ما إذا كانت هذه القوى تنافرية أم تجاذبية، ثم نمثل المُحصلة \vec{F} .

- نستخدم قانون كولوم لإيجاد شدة القوة \vec{F}_{13} (القوة التي تؤثر بها q_1 في q_3)

$$F_{13} = 9 \times 10^9 \frac{q_1 \cdot q_3}{(d_{13})^2}$$



• نحسبُ البُعد d_{13} بحسبِ فيثاغورث:

$$d_{13} = \sqrt{a^2 + a^2} = a\sqrt{2} = 5 \times 10^{-2}\sqrt{2} \text{ m}$$

• بالتعويض نجدُ:

$$F_{1,3} = 9 \times 10^9 \frac{5 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2}\sqrt{2})^2} = 45 \text{ N}$$

• وهي قوّةٌ تنافريّةٌ (الشّحنةان من نفس النوع).

• نحسبُ شدّةَ القوّة $\overrightarrow{F}_{2,3}$ بالطريقة ذاتها:

$$F_{2,3} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2} = 54 \text{ N}$$

• إيجاد المُحصلة: $\overrightarrow{F} = \overrightarrow{F}_{1,3} + \overrightarrow{F}_{2,3}$

• بالتربيع: $(\theta = \overrightarrow{F}_{1,3}, \overrightarrow{F}_{2,3})$ حيث: $F^2 = F_{1,3}^2 + F_{2,3}^2 + 2F_{1,3}F_{2,3}\cos\theta$ بالتعويض نجدُ:

$$F = 38,78 \text{ N} \quad F^2 = (45)^2 + (54)^2 + 2 \times 45 \times 54 \times \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 1504.5$$

تعلّمتُ

- أنواع الكهرباء: الكهرباء الساكنة – الكهرباء المتحرّكة.
- الكهرباء الساكنة: تَجمّع الشّحنةان الكهربائية على سطوح الأُجسام.
- التكهرب: هو شحن الجسم بشحنةٍ كهربائية عن طريق فقدانه أو اكتسابه لإلكترونات.
- التفریغ: هو انتقال الشّحنةان الكهربائية من جسمٍ إلى آخر.
- قانون كولوم: تؤثّر شحنةان نقطيتان ساکستان q_1 , q_2 ببعضهما في الخلاء بقوّتين مُتّعاكسَتَين مَحمولَتَين على الخطّ الواصل بينَهما، شدّتهما المُشتركة تتناسبُ طرداً مع كلٍّ من القييمَتَين المُطلقتَين للشّحنةان، وعكساً مع مُرَبَّع البُعد الفاصل بينَهما وَثُحسب بالعلاقة: $F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$

أختبر نفسِي



أولاً: اختار الإجابة الصحيحة لكلّ مما يأتي:

1. القوى الكهربائية المُتبادلة بين الشّحنةان الكهربائية النقطية المُتماثلة، تكونُ قويّاً:

- a. تجاذبية أو تنافريّة.
b. تجاذبية فقط.
c. تجاذبية وتنافريّة.
d. تجاذبية فقط.

2. شحنةان نقطيتان (q_2, q_1) ساکستان، البُعد بينَهما d ، زيدُ البُعد بينَهما ليصبحَ ثلاثةً أمثال ما كانَ عليه فيصيبحُ:

$$F' = 9F \cdot d$$

$$F' = \frac{1}{9}F \cdot c$$

$$F' = \frac{F}{3} \cdot b$$

$$F' = 3F \cdot a$$

3. شحتنان نقطيتان ساكتتان (q_1, q_2)، نضاعف شحنة كلّ منها، ونزيد البُعد بين الشّحتين إلى الضّعف فيصبح:

$$F' = \frac{F}{2} \cdot d$$

$$F' = \frac{F}{4} \cdot c$$

$$F' = F \cdot b$$

$$F' = 4F \cdot a$$

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

- a. تحتفظ بشحتها
- b. تحمل شحنة c
- c. تحمل شحنة d . تصبح معتدلة.
- d. قدرها $4\mu C$
- e. قدرها $6\mu C$
- f. كما هي.

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

$$F' = \frac{1}{9}F \cdot d$$

$$F' = 6F \cdot c$$

$$F' = 9F \cdot b$$

$$F' = 3F \cdot a$$

ثانياً:

ما أوجّه الشّبه بين ظواهر التجاذب والتنا فُرّ بين الشّحنات الكهربائية وظواهر التجاذب والتنافر بين الأقطاب المغناطيسية، وما الاختلاف بين الشّحنات الكهربائية والمعانط؟

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

شحتنان نقطيتان ساكتتان $6\mu C = q_1$ ، $-12\mu C = q_2$ ، البُعد بينهما $d = 2\text{ cm}$. **المطلوب:**

احسب شدة القوة الكهربائية المتبادلة بين الشّحتين النقطيتين، مع رسم يوضح جهة القوة التي تؤثّر بها q_2 على q_1 .

المسألة الثانية:

تألّف ذرة الهيدروجين H_1 من بروتون يقعُ في نواتها، ومن إلكترون يدور حول النواة على مسار نصف قطره $0.53 \times 10^{-10}\text{ m}$ ، فإذا علمت أنَّ شحنة الإلكترون: $q_e = -1.6 \times 10^{-19}\text{ C}$ ، وشحنة البروتون: $q_p = 1.6 \times 10^{-19}\text{ C}$ فاحسب شدة القوة الكهربائية المتبادلة بينهما مع رسم هندسي يوضح هذه القوة.

المسألة الثالثة:

مثلث متساوي الأضلاع، طول ضلعه 6 cm ، نضع في رؤوسه الثلاث (A, B, C) ثلاث شحنات نقطية على الترتيب: $q_1 = 6\mu C$ ، $q_2 = 4\mu C$ ، $q_3 = 0.2\mu C$. احسب شدة محصلة القوى المؤثرة في q_1 .

المسألة الرابعة:

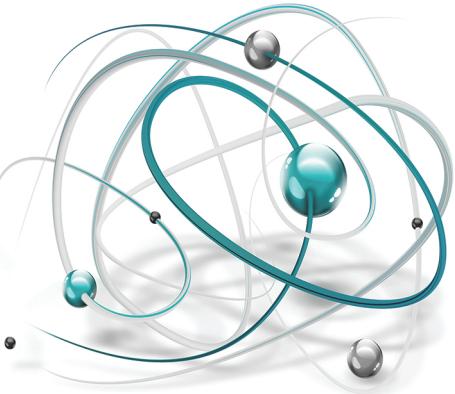
مثلث ABC قائم الزاوية في B ، طول ضلعه $AB = 40\text{ cm}$ ، وطول ضلعه $BC = 30\text{ cm}$ ، نضع في رؤوس المثلث (A, B, C) ثلاث شحنات نقطية على الترتيب: $q_A = 4\mu C$ ، $q_B = 4\mu C$ ، $q_C = 3\mu C$. احسب شدة القوة الكهربائية المؤثرة في الشّحنة q_B الموضوعة في الرأس B .

المسألة الخامسة:

ثلاث شحنات نقطية ساكتة C, B, A على الترتيب، وهي رؤوس مثلث متساوي الساقين $AB = BC = 18\text{ cm}$ ، وقائم الزاوية في B . **المطلوب:** احسب شدة القوة الكهربائية المؤثرة في الشّحنة q_2 ، الموضوعة في B .

2-2

الحقل الكهربائي الساكن



الأهداف:

- * يتعرف تجريبياً على الحقل الكهربائي الساكن.
- * يستنتج العوامل التي توقف علية شدة الحقل الكهربائي.
- * يرسم خطوط الحقل الكهربائي المُنْتَظِم.
- * يستنتاج العلاقة بين شدة الحقل وشدة القوة.

الكلمات المفتاحية:

- * الحقل الكهربائي.
Electric Field
- * خطوط الحقل الكهربائي.
Electric Field Lines

1-2 التعرُّف على الحقل الكهربائي الساكن

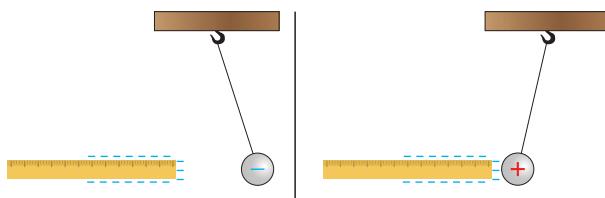
1-1-2 مفهوم الحقل الكهربائي

أجريّ واسنّج:

لإجراء التجربة أحتاج إلى:

1. نواس كهربائي (كرة من البيلسان).

2. مسطّرة بلاستيكية.



• قرّب كرّة نواس كهربائي من طرف مسطّرة بلاستيكية. ماذا تستنتج في الحالات الآتية:

1. كرّة النواس الكهربائي غير مشحونة والمسطّرة البلاستيكية غير مشحونة أيضاً.

2. كرّة النواس الكهربائي غير مشحونة والمسطّرة البلاستيكية مشحونة.

3. كرّة النواس الكهربائي مشحونة والمسطّرة البلاستيكية مشحونة.

• هل تتغيّر النتيجة إذا غيرت مكان الكرّة والمسطّرة وهما مشحونتان، بحيث يقيّان على بعدٍ مُناسب من بعضهما؟

اسنّج

• تتحرّك الكرّة (تقرب أو تبعد)، فينحرّف خطُّ النواس عن وضع توازنه الشاقولي بسبب تأثُّر كرته بقوّة كهربائية نتائج وجود حقلٍ كهربائي ساكنٍ تولَّد عن الشحنات الكهربائية.

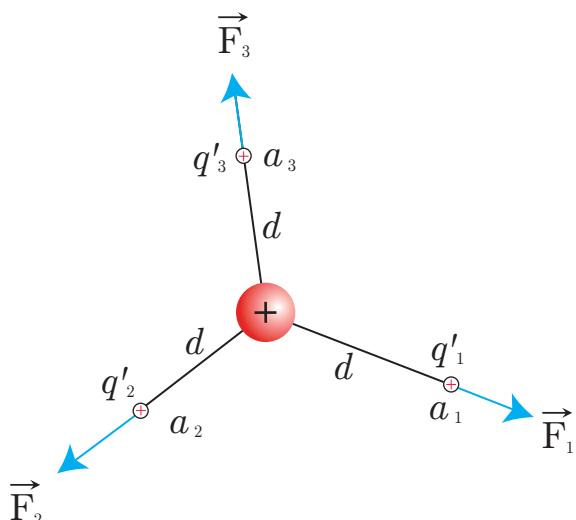
• نقولُ عن منطقةٍ من الفراغ آنه يسودُها حقلٌ كهربائيٌ ساكنٍ إذا تعرَّضَت كلُّ شحنةٍ كهربائيةٍ توضع فيها لقوّةٍ كهربائيةٍ تجاذبِيَّةٍ أو تناُفُريَّةٍ.

2-1-2 شدّة الحقل الكهربائي الساكن المُتولَّد عن شحنة نقطية ساكنة

الاحظُّ واسنّج:

• نضع شحنة نقطية q في نقطةٍ ما بحيث يتولَّد عنها حقلٌ كهربائيٌ \vec{E} .

• نضع شحنة نقطية موجبة q' في النقاط a_3, a_2, a_1 المُتساوية البُعد عن q من المنطقة التي يسودُها الحقل الكهربائي الساقي \vec{E} على الترتيب.



أكمل الجدول الآتي، وأستنتج فيما لو كانت الشحنة q' تخضع لشدة القوة الكهربائية ذاتها:

$\frac{F}{q'}$	شدة القوة (N)	قيمة الشحنة المتأثرة $d = 10 \text{ cm}$ على بعد	قيمة الشحنة المولدة للحقل
	$F_1 =$	$q' = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$	$q = 8 \times 10^{-6} \text{ C}$
	$F_2 =$	$q' = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$	$q = 8 \times 10^{-6} \text{ C}$
	$F_3 =$	$q' = 8 \times 10^{-6} \text{ C}$	$q = 8 \times 10^{-6} \text{ C}$

أرسم الخط البياني المُعبّر عن تغيير شدة القوة بتغيير قيمة الشحنة المتأثرة، ماذا ألاحظ؟

أستنتج

- نسمى النسبة $\frac{F}{q'}$ الثابتة بشدة الحقل الكهربائي المولّد عن الشحنة q ، وتعطى بالعلاقة:
- تقدير شدة الحقل الكهربائي الساكن في الجملة الدولية بوحدة N.C^{-1} أو V.m^{-1} .
- شدة الحقل الكهربائي الساكن المولّد عن الشحنة q متساوية في جميع نقاط الوسط العازل المتجانس المحيط بها، والتي تبعد عنها البعد ذاته.
- بما أنّ القوة مقدار شعاعي فالحقل الكهربائي مقدار شعاعي أيضاً، ويرتبطان بالعلاقة: $\vec{F} = q' \vec{E}$

الاحظ وأستنتج

- نضع شحنات نقطية متماثلة الشحنة في النقاط c, b, a المختلفة البعد عن q من المنطقة التي يسودها الحقل الكهربائي الساين كما في الشكل:
-
- هل تخضع الشحنة q' للقوة الكهربائية نفسها؟
- هل شدة الحقل الكهربائي المولّد عن q ثابتة القيمة عند هذه النقاط؟
- أجيب حسابياً على كلٍ من الأسئلة السابقة من خلال قراءة الجدول الآتي:

شدة الحقل الكهربائي الساكن المولّد عند النقاط السابقة	شدة القوة (N)	بعد q' عن q	قيمة الشحنة المتأثرة q'	قيمة الشحنة المولدة للحقل q
$E_1 =$	$F_1 =$	$d_1 = 10 \text{ cm}$	$q' = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$	$q = 8 \times 10^{-6} \text{ C}$
$E_2 =$	$F_2 =$	$d_2 = 20 \text{ cm}$	$q' = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$	$q = 8 \times 10^{-6} \text{ C}$
$E_3 =$	$F_3 =$	$d_3 = 30 \text{ cm}$	$q' = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$	$q = 8 \times 10^{-6} \text{ C}$

- تخضع الشّحنة q' لقوى كهربائية $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ على الترتيب تختلف في الشدة والاتجاه، وذلك نتيجة تغيير شدة الحقل الكهربائي بغير بعد النقطة عن الشّحنة المولدة للحقل، وتنقص شدة الحقل الكهربائي كلما ابعدنا عن هذه الشّحنة.

2-2 عناصر شعاع الحقل الكهربائي الساكن في نقطة

من العلاقة الشعاعية $E = \frac{\vec{F}}{q'}$ ، ما عناصر شعاع الحقل الكهربائي المتولد عن شحنة كهربائية ساكنة في نقطة منه؟

- **المبدأ:** النقطة المعتبرة (المدرورة)
- **العامل:** المستقيم المار من النقطة المعتبرة والشّحنة النقطية المولدة للحقل.
- **الجهة:**
 - الشّحنة q' المولدة للحقل موجبة: تكون الجهة من الشّحنة إلى النقطة.
 - الشّحنة q' المولدة للحقل سالبة: تكون الجهة من النقطة إلى الشّحنة.
- **الشدة:** تُعطى بالعلاقة:

$$E = \frac{F}{q'} \iff E = k \frac{q}{d^2}$$

حيث:

q' الشّحنة المولدة للحقل، وتقدر بالكيلومتر.

q' الشّحنة المتأثرة بالحقل، وتقدر بالكيلومتر.

d بعد النقطة المعتبرة عن q' المولدة للحقل، وتقدر بالمتر.

k ثابت كيلومتر $= 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$.

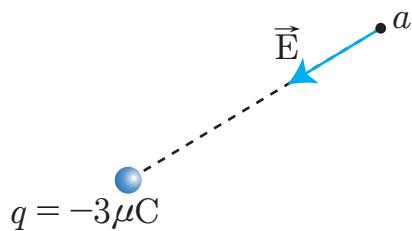
F شدة القوة الكهربائية المؤثرة في الشّحنة q' ، وتقدر باليون.

E شدة الحقل الكهربائي في نقطة d تبعد عن الشّحنة q' المولدة للحقل، وتقدر بوحدة N.C^{-1} أو V.m^{-1} .

أختبر نفسك



- نضع شحنة نقطية q' موجبة في نقطة a من منطقة يسودها حقل كهربائي ساكن متولد عن شحنة موجبة q .
ارسم شعاع القوة المؤثرة في الشحنة q' .
ارسم شعاع الحقل الكهربائي المؤثر في الشحنة q' .
ماذا تلاحظ؟
- نضع شحنة نقطية q' موجبة في نقطة a من منطقة يسودها حقل كهربائي ساكن متولد عن شحنة سالبة q .
ارسم شعاع القوة المؤثرة في الشحنة q' .
ارسم شعاع الحقل الكهربائي المؤثر في الشحنة q' .
ماذا تلاحظ؟
- أعد الرسم السابق في حال كانت الشحنة المتأثرة سالبة.



تطبيق (1)

أحدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع الحقل الكهربائي المتولد عن شحنة نقطية $q = -3\mu C$ في نقطة a ، تبعد عنها في الخلاء مسافة $d = 2 \text{ cm}$.

الحال:

عناصره:

المبدأ: النقطة المعتبرة a .

الحامل: المستقيم الواصل بين الشحنة المولدة للحقل والنقطة المعتبرة.

الجهة: من a إلى q

الشدة:

$$E = 9 \times 10^9 \frac{q}{d^2}$$

$$E = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2}$$

$$E = 6.75 \times 10^7 \text{ N.C}^{-1}$$

تعميم

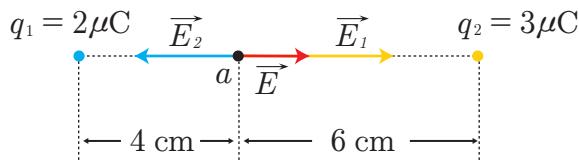
الحقل الكهربائي الساكن المتولد عن عدد شحنات نقطية:

- في حال وجود عدد شحنات نقطية ساكنة، تولد كل منها حقولاً كهربائياً في نقطة واحدة a ، يُحسب الحقل الناتج عن كل شحنة عند a على حدة، ثم تجمع الحقول جمعاً شعاعياً للحصول على الحقل الكهربائي الكلّي المؤثر في a ؛ أي $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$
- إذا كانت مُحصلة الحقول الكهربائية في نقطة ما معروفة، فإن هذه النقطة تسمى نقطة **التعادل الكهربائي**.

تطبيق (2)

شحتنان كهربائيان نقطيان، الأولى $q_1 = 2\mu C$ موضعها في نقطة a_1 ، والثانية $q_2 = 3\mu C$ موضعها في نقطة a_2 تبعد عن a_1 مسافة $a_1 a_2 = 10 \text{ cm}$. **المطلوب:** حدد عناصر شعاع الحقل الكهربائي الساكن، المتولد عن الشحتين في نقطة a تقع على الخط الواصل بين النقطتين a_1, a_2 وعلى بعد 4 cm عن a_1 في الخلاء.

الحل:



- **المبدأ:** النقطة a .
- **الحامل:** المستقيم المار من النقطتين a_1, a_2 .
- **الجهة:**

– بجهة E_1 إذا كان $E_1 > E_2$.

– بجهة E_2 إذا كان $E_2 > E_1$.

- **الشدة:** لحساب شدة الحقل المحصل نحسب، أولاً، شدة الحقل المتولد عن كلٍّ من q_1, q_2 عند النقطة a حيث:

$$E_1 = 9 \times 10^9 \frac{q_1}{d^2}$$

$$E_1 = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6}}{(4 \times 10^{-2})^2} = 1.125 \times 10^7 \text{ N.C}^{-1}$$

$$E_2 = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 0.75 \times 10^7 \text{ N.C}^{-1}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

E_1, E_2 شعاعان على حامل ويجهتين متعاكستين، فالشدة حاصل طرح الشنتين وبجهة الأكبر.

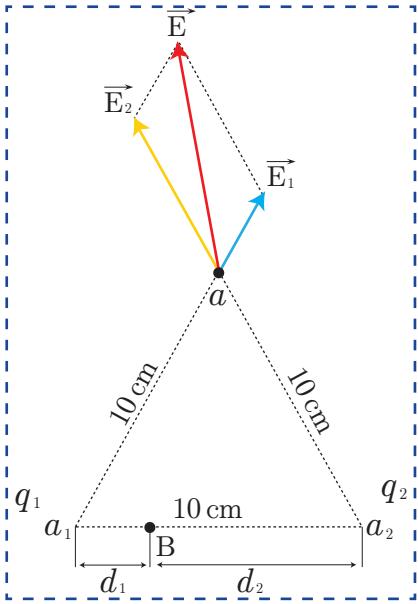
$$E = E_1 - E_2$$

$$E = 1.125 \times 10^7 - 0.75 \times 10^7 = 3.75 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$$

تطبيق (3)

شحتنان كهربائيان نقطيان $q_1 = \frac{2}{9}\mu C$ في النقطة a_1 ، و $q_2 = \frac{8}{9}\mu C$ في النقطة a_2 ، البعد بينهما $a_1 a_2 = 10 \text{ cm}$. **المطلوب:**

1. احسب شدة الحقل الكهربائي المتولد عن هاتين الشحتين عند النقطة a ، الواقعة في الخلاء على بعد 10 cm عن كلٍّ من الشحتين.
2. حدد موضع النقطة b ، الواقعة على القطعة المستقيمة $a_1 a_2$ التي تنعدم فيها شدة الحقل الكهربائي.



$$E_1 = 9 \times 10^9 \frac{q_1}{d_1^2}$$

$$E_1 = 9 \times 10^9 \frac{\frac{2}{9} \times 10^{-6}}{(10 \times 10^{-2})^2} = 2 \times 10^5 \text{ N.C}^{-1}$$

$$E_2 = 9 \times 10^9 \frac{q_2}{d_2^2}$$

$$E_2 = 9 \times 10^9 \frac{\frac{8}{9} \times 10^{-6}}{(10 \times 10^{-2})^2} = 8 \times 10^5 \text{ N.C}^{-1}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

نخلص من الأشعة بالتربيع والجذر فنجد:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \theta}$$

$$E = \sqrt{(2 \times 10^5)^2 + (8 \times 10^5)^2 + 2 \times 2 \times 10^5 \times 8 \times 10^5 \cos \frac{\pi}{3}} = 9.16 \times 10^5 \text{ N.C}^{-1}$$

$$E_1 = E_2$$

$$k \frac{q_1}{d_1^2} = k \frac{q_2}{d_2^2}$$

$$\frac{\frac{2}{9} \times 10^{-6}}{d_1^2} = \frac{\frac{8}{9} \times 10^{-6}}{d_2^2}$$

$$\frac{1}{d_1^2} = \frac{4}{d_2^2} \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$d_1 + d_2 = 0.1 \dots \textcircled{2}$$

$$d_1 = 0.0333 \text{ m} \iff d_1 = 3.3 \text{ cm}$$

$$d_2 = 10 - 3,3 = 6,7 \text{ m}$$

بالحال المُشترَك للمعادلتين 2, 1 نجد:

ملاحظة: نقطة التوازن الكهربائي هي نقطة تندفع منها شدة مُحصلة الحقول الكهربائية المُتولدة عن شحنات كهربائية نقطية.

3-2 خطوط قوة الحقل المغناطيسي الساكن:

أَجْرِبُ وَأَسْتَنْتَجُ:

لإجراء التجربة أحتج إلى:

1. حوض زجاجي مُناسِب.
 2. زيت خروع.

3. سلكين معدنيين.

4. صفيحتين معدنيتين مستويتين.

5. دقائق خفيفة عازلة (سميد، أو وبر).

6. آلة ويمشوت.

- أصب قليلاً من زيت الخروع في الحوض بحيث تكون لدينا طبقة زيتية بسمك 1 cm تقريباً.
- أغمس في الزيت السلكين المعدنيين، وأصلهما بمولد للكهرباء الساكة، وأنثر بين السلكين قليلاً من دقائق السميد أو الوبر.
- أكرر التجربة باستخدام صفيحتين معدنيتين متوازيتين متماثلتين بدلاً من السلكين المعدنيين.
- أكرر التجربتين السابقتين بزيادة شدة الحقل الكهربائي.

– ما الشكل الذي ترسمه دقائق السميد أو الوبر على سطح الزيت في كل من التجربتين الأولى والثانية؟
وما دلالة ذلك

– ما أثر زيادة شدة الحقل على توزيع دقائق السميد أو الوبر على سطح الزيت؟

أستنتج:

• تدل الخطوط المنحنية على أن الحقل الكهربائي متغير، أما الخطوط المتوازية فتدل على أن الحقل الكهربائي منتظم.

• زيادة شدة الحقل الكهربائي يجعل خطوط الحقل متراصة على بعضها أكثر.

• خطوة الحقل الكهربائي هو خط وهمي، يرسم بحيث يكون شعاع الحقل الكهربائي مماساً له في كل نقطة من نقاطه، وجنته دوماً من جهة شعاع الحقل.

• خطوط قوة الحقل الناتجة عن الشحنات الموجبة متوجهة للخارج بعيداً عنها، والناتجة عن الشحنات السالبة متوجهة نحوها (تجه خطوط القوة من الشحنات الموجبة إلى الشحنات السالبة).

• في كل نقطة من المنطقة التي يسودها حقل كهربائي لا يمر سوى خط واحد، وبالتالي خطوط القوة لا تتقاطع، أي لا يمكن أن يكون للحقل إلا اتجاه واحد وشدة واحدة فقط.

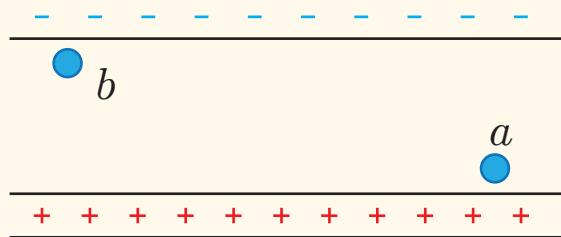
من تجربة الصفيحتين المتوازيتين نقول عن الحقل الكهربائي الساكن: إنه منتظم إذا تساوت أشعة الحقل في كل نقطة من نقاط تواجد الحقل حاملاً وجهاً وشدة؛ أي $\vec{E} = \text{const}$.

وتكون خطوط قوته متوازية فيما بينها وبالجهة ذاتها، وإذا وضعت فيه شحنة نقطية q فإنها تخضع للقوى ذاتها $\vec{F} = q\vec{E} = \text{const}$ في أي نقطة من نقاطه.

أختبر نفسي



يبين الشكل صفيحتين متوازيتين ومشحونتين بشحنتين مختلفتين بالتوتر.
المطلوب:



1. ارسم خطوط الحقل الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين.
2. صِف الحقل الكهربائي بين الصفيحتين.
3. إذا وضع إلكترون عند النقطة a ، ما اتجاه القوة المؤثرة فيه؟
4. إذا وضع بروتون عند النقطة b ، ما اتجاه القوة المؤثرة فيه؟

تعلّمت

- تولّد الشحنة النقطية q في المنطقة المحيطة بها حقلًا كهربائياً \vec{E} ، تُعطى شدّته بالعلاقة:

$$E = k \frac{q}{d^2}$$

- الحقل الناتج عن عدّة شحنات في نقطة يساوي التركيب الشعاعي للحقول المتولدة عن كلّ شحنةٍ مُفردة:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

- جهة شعاع الحقل باتجاه الشحنة إذا كانت سالبة، وبالاتجاه المعاكس إذا كانت موجبة.
- خطّ الحقل (أو خطّ القوة) خطٌّ وهميٌّ، يمسُّ في كلّ نقطة من نقاطه شعاع الحقل في تلك النقطة.
- نقول عن الحقل الكهربائي الساكن إنّه منتظم إذا تساوت أشعةُ الحقل في كلّ نقطةٍ من المنطقة التي يسودها الحقل حاملاً وجهةً وشدّةً؛ أي $\vec{E} = \overrightarrow{\text{const}}$.

أختبر نفسك



أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. وحدة قياس شدة الحقل الكهربائي:

N.C⁻².m⁻² .d

N.C⁻¹ .c

N.C⁻² .b

N.m⁻² .a

2. إذا وضعت شحنة كهربائية نقطية سالية حرّة الحركة في منطقة يسودها حقلٌ كهربائيٌ منتظم فإنَّها:

- a. تبقى ساكنة في b. تحرُّك باتجاه c. تحرُّك في مسارِ d. تحرُّك باتجاه
معاكِس لجهة الحقل الكهربائي. دائريٍّ. الحقل الكهربائي. موضعها. الحقل الكهربائي.

3. في نقطةٍ من منطقة يسودها حقلٌ كهربائيٌ ساكن تكون شدّته تتاسبُ طرداً مع:

a. قيمة الشحنة المتأثرة الموضوعة في تلك النقطة.

b. قيمة الشحنة المولدة للحقل.

c. بعد الشحنة المتأثرة عن الشحنة المولدة للحقل.

d. مُربعُ بعد الشحنة المولدة للحقل عن الشحنة المتأثرة.

4. منطقة يسودها حقلٌ كهربائيٌ ساكن منتظم، شدّته $E = 600 \text{ N.C}^{-1}$ ، إذا وضعت فيه شحنة نقطية $q = 2\mu\text{C}$ فإنَّها تتأثَّر بقوة كهربائية \vec{F} ، شدتها تساوي:

$12 \times 10^{-4} \text{ N}$.d

$3 \times 10^{-4} \text{ N}$.c

$4 \times 10^{-4} \text{ N}$.b

$8 \times 10^{-4} \text{ N}$.a

5. إذا وضعت شحتين نقطيتين ساكتتين q_1, q_2 ، على طرفي وتر مُثلث قائم الزاوية، فيتولَّد في الرأس الثالث للمثلث حقلٌ كليٌّ كهربائيٌ ساكن \vec{E} ، تُعطى شدّته بالعلاقة: (حيث E_1 شدّة الحقل المولَّد من q_1 و E_2 شدّة الحقل المولَّد من q_2)

$E = E_1 - E_2$.d

$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$.c

$E = E_1 + E_2$.b

$E = \sqrt{E_1^2 - E_2^2}$.a

6. منطقة يسودها حقلٌ كهربائيٌ منتظم، شدّته E ، إذا وضعت شحنة نقطية q فإنَّها تتأثَّر بقوة كهربائية شدتها F ، إذا جعلنا مقدار الشحنة $4q' = q'$ فتصبح F' تساوي:

$F' = \frac{1}{8}F$.d

$F' = 4F$.c

$F' = 16F$.b

$F' = \frac{1}{4}F$.a

7. تشكِّل الصفيحتان المتوازيتان **لبوسي** مكثف، إذا وصلتا إلى منبع كهربائيٌ متواصل، لتشحنَا بشحتين كهربائيتين متماثلتين بالمقدار ومختلفتين نوعاً، فالمنطقة المحدَّدة بينهما يسودُها حقلٌ كهربائيٌ ساكنٌ منتظم، خطوطه مُستقيمة متوازية فيما بينها:

a. وتوازي سطحِي الصفيحتين أفقياً.

b. وتوازي سطحِي الصفيحتين شاقوليًّا.

c. وعمودية على سطحِي الصفيحتين.

d. ومائلة على سطحِي الصفيحتين.

ثانية: ضع إشارة ✓ إلى جانب العبارة الصحيحة، وإشارة ✗ إلى جانب العبارة غير الصحيحة، ثم صُحّحها في كلٍ مما يأتي:

1. الحقل الكهربائي الساكن في نقطة من منطقة يسودُها، يتعلّق بالشحنة الموضوّعة في تلك النقطة.
2. الحقل الكهربائي الساكن مقدار سلبي.
3. يتولّد حقلٌ كهربائيٌ ساكنٌ مُنتظَمٌ عن شحنة نقطية ساكنة في المنطقة المحيطة بها.
4. إذا وضعت شحنة كهربائية نقطية في نقطةٍ من منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيٌ ساكنٌ، تبقى ساكنةً في النقطة التي توضع فيها.
5. أشعة الحقل الكهربائي الساكن مماسة لخطوط الحقل في كلٍ نقطةٍ من المنطقة التي يسودُها.
6. تقارب خطوط الحقل الكهربائي الساكن في منطقة يسودُها حقلٌ ضعيف.
7. يمكن استعمال برادة الحديد وزيت الخروع، لتشكل خطوط حقل كهربائيٌ ساكنٌ في منطقة يسودُها هذا الحقل.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

وضعت شحنة كهربائية نقطية $-2\mu C = q$ في نقطةٍ من منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيٌ مُنتظَمٌ فتأثرت بقوّة شدّتها $F = 0.08 N$. والمطلوب:

1. احسب شدّة الحقل الكهربائي المُنتظَم المؤثّر على q .
2. ارسم شكلاً يوضح:

a. خطوط قوّة الحقل الكهربائي.

b. شعاع القوّة الكهربائية وشعاع الحقل الكهربائي المؤثّرين في q .

المسألة الثانية:

من خلال قراءتك للشكل المجاور. المطلوب:

1. احسب شدّة الحقل الكهربائي الكلّي في النقطة D .
 2. احسب شدّة القوّة الكهربائية المؤثّرة في الشحنة q_2 المتوضّعة في النقطة B .
-

المسألة الثالثة:

وضعت أربع شحناتٍ نقطية $q_1 = 2\mu C$ ، $q_2 = 4\mu C$ ، $q_3 = 6\mu C$ ، $q_4 = 8\mu C$ على زوايا مُربّع طول ضلعه $a = 0.1 m$ مرتبة على التوالي باتجاه دواران عقارب الساعة.

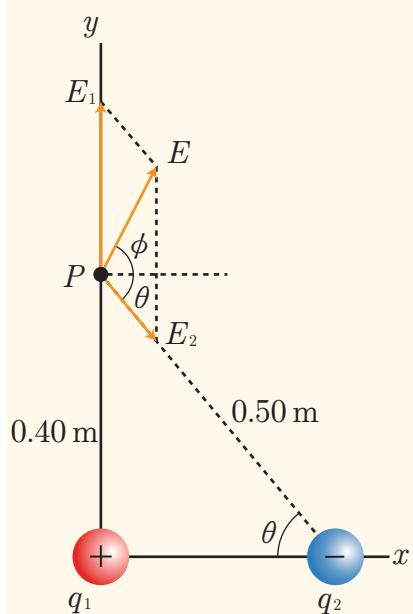
المطلوب:

1. احسب شدّة الحقل الكهربائي الكلّي الساكن عند مركز المُربّع.
 2. حدد عناصر القوّة الكهربائية المؤثّرة في إلكترونٍ موضوع في مركز المُربّع
- شحنة الإلكترون: $e = 1.6 \times 10^{-19} C$

المسألة الرابعة:

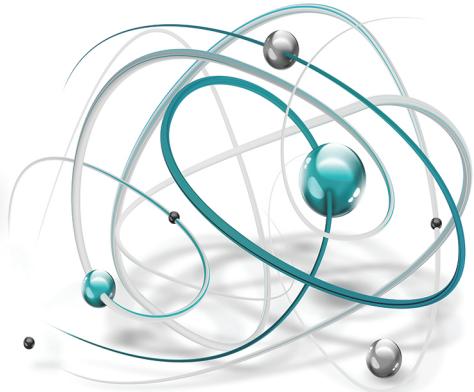
شحتنان مُتوسطتان على رأسين مُثلث قائم $q_2 = -12.5\mu\text{C}$ ، $q_1 = +16\mu\text{C}$ كما في الشكل المجاور. المطلوب:

- احسب شدة الحقل الكهربائي الكلّي الناجم في الرأس الثالث P لل مثلث.

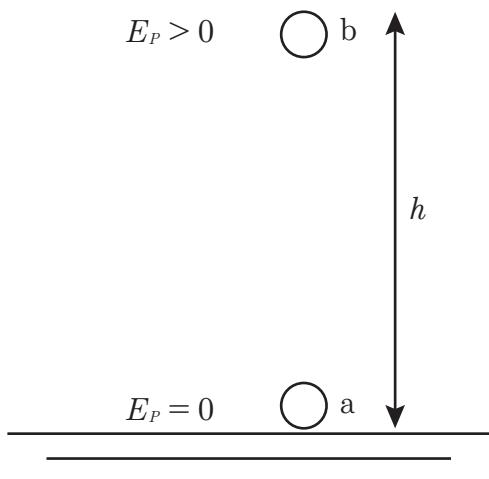


3-2

الكمون الكهربائي



تخضع الأجسام الموجودة بالقرب من سطح الأرض لتأثير حقل الجاذبية الأرضية، وبنقلها نحو الأعلى نقوم بعمل يعاكس عمل قوة جذب الأرض مما يكسبها طاقةً كامنة ثقالية ($E_p = mgh$)، هذا ما يحدث للشحنات الكهربائية الساكنة عند وضعها ونقلها في منطقةٍ يسودُها حقلٌ كهربائيٌ ساكن.



الأهداف:

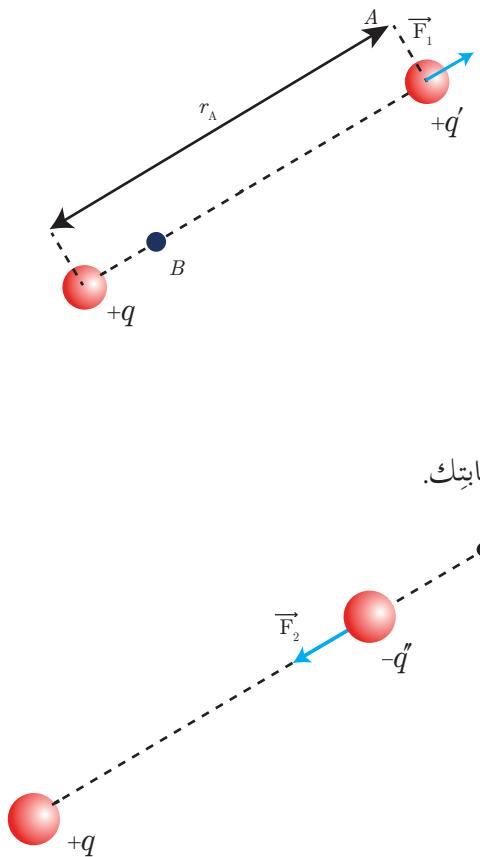
- * يتعرّف الكمون الكهربائي في نقطة من منطقة يسودُها الحقل الكهربائي.
- * يستتّجع العلاقة بين الكمون الكهربائي وشدة الحقل الكهربائي في نقطة.
- * يستتّجع علاقة الكمون الكهربائي في نقطة من منطقة يسودُها الحقل الكهربائي.
- * يستتّجع الكمون الكهربائي المُتولَد عن شحنة نقطية.
- * يستتّجع علاقة الكمون الكهربائي لناقل كرويٍ معزول ومشحون.
- * يتعرّف الوحدة الدوليّة للكمون الكهربائي.

الكلمات المفتاحية:

- * الكمون الكهربائي.
Electric Potential
- * ناقل كرويٍ.
Spherical Conductor



1-3 المون الكهربائي في نقطة من منطقة يسودها حقل كهربائي:



- أضِعْ شحنةً كهربائيةً موجبةً q' في نقطة A مِن منطقةٍ يسودُها حقلٌ كهربائيٌّ مُتولدٌ عن شحنةٍ موجبةٍ q .
- أَحدِدْ بالرَّسْمِ جهةَ القوَّةِ الكهربائيةِ التي تؤثِّرُ بالشحنةِ q' .
- كيَّفَ تتحرَّكُ الشحنةُ q' طوعيًّاً ضمنَ الحقلِ.
- أطْبَقْ قوَّةً مُناسبَةً تنقلُ الشحنةَ q إلى النقطة B الواقعة على المستقيم الواصل بينَ الشحتينِ (q', q) ، والأقرب إلى q .
- هل تزدادُ الطاقة الكامنة الكهربائية للشحنة q' أم تنقصُ؟ عُلِّلْ إجابتَكِ.
- أُستبدلُ الشحنةُ q' بشحنةٍ q'' سالبة.
- أَحدِدْ بالرَّسْمِ جهةَ القوَّةِ الكهربائيةِ التي تؤثِّرُ بالشحنةِ q'' .
- كيَّفَ تتحرَّكُ الشحنةُ q'' طوعيًّاً ضمنَ الحقلِ؟
- أطْبَقْ قوَّةً مُناسبَةً تنقلُ الشحنةَ q'' إلى النقطة C الواقعة على امتدادِ المستقيمِ الواصلِ بينَ الشحتينِ (q'', q) من جهة q'' .
- هل تزدادُ الطاقة الكامنة الكهربائية للشحنة q'' أم تنقصُ؟ عُلِّلْ إجابتَكِ.

أُستنتِجُ:

- الحركة الطبيعية للشحنات الكهربائية تكونُ حيث تنقص طاقتها الكامنة الكهربائية.
- تزدادُ الطاقة الكامنة الكهربائية للشحنة المتأثرة سواء كانت هذه الشحنة موجبة أم سالبة، والسبب اكتسابها عملاً اختزنته على شكل طاقة كامنة كهربائية.
- نسمِي نسبة الطاقة الكامنة الكهربائية E_p التي تخزنُها الشحنة الكهربائية في نقطةٍ إلى قيمة الشحنة q' الموضوعة فيها بالكمون الكهربائي V ، ويُعرَف بالعلاقة: $V = \frac{E_p}{q}$
- الطاقة الكامنة الكهربائية للشحنة المتأثرة، وقدر بالجول J .
 q' : قيمة الشحنة الكهربائية المتأثرة، وقدر بالكيلومتر جول C .
 V : الكمون الكهربائي وقدر بالفولت V (Volt).
- بالإضافة من العلاقة $V = \frac{J}{C}$ عُرِّفَ وحدة الفولط.

الفولت قيمة الكمون الكهربائي عند نقطة، إذا وضعت عندها وحدة الشحنات الموجبة فإنها تكتسب طاقةً كامنةً كهربائية مقدارها واحد جول.

تطبيق (1)

تبلغُ الطاقة الكامنة الكهربائية لبروتون $J = 3.2 \times 10^{-14} \text{ J}$ في نقطةٍ من منطقةٍ يسودُها حقلٌ كهربائيٌّ المطلوب، احسب الكمون الكهربائي عند هذه النقطة علماً أنَّ $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

الحل:

نحن نعلم أن شحنة البروتون = شحنة الإلكترون $= 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ بالقيمة المطلقة.

$$V = \frac{E_p}{q} = \frac{3.2 \times 10^{-14}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2 \times 10^5 \text{ V}$$

إضاءة

إن وحدة الكمون هي جول/الكولوم وسميت هذه الوحدة بالفولت تخليداً لذكرى العالم الإيطالي فولت (1754\1827) Volta الذي اخترع عمود فولطا وهو منبع للتيار الكهربائي.

2-3 المموج الكهربائي الناجم عن شحنة نقطية:

من خلال الدراسة التجريبية في إحدى المخابر تم التوصل إلى النتائج الآتية:

- التجربة الأولى:

$\frac{V}{q}$	الكمون الكهربائي (V)	بعد النقطة عن الشحنة (d) m	الشحنة المولدة للحقن (q) C
	$18 \times 10^4 \text{ V}$	$10 \times 10^{-2} \text{ m}$	$2 \times 10^{-6} \text{ C}$
	$36 \times 10^4 \text{ V}$	$10 \times 10^{-2} \text{ m}$	$4 \times 10^{-6} \text{ C}$
	$72 \times 10^4 \text{ V}$	$10 \times 10^{-2} \text{ m}$	$8 \times 10^{-6} \text{ C}$

من خلال قراءتك للجدول السابق، احسب النسبة $\frac{V}{q}$ ، ماذا أستنتج؟

- التجربة الثانية:

$V \times d$	الكمون الكهربائي (V)	بعد النقطة عن الشحنة (d) m	الشحنة المولدة للحقن (q) C
	$18 \times 10^4 \text{ V}$	$10 \times 10^{-2} \text{ m}$	$2 \times 10^{-6} \text{ C}$
	$9 \times 10^4 \text{ V}$	$20 \times 10^{-2} \text{ m}$	$2 \times 10^{-6} \text{ C}$
	$6 \times 10^4 \text{ V}$	$30 \times 10^{-2} \text{ m}$	$2 \times 10^{-6} \text{ C}$

من خلال قراءتك للجدول السابق، احسب المقدار $V \times d$ ، ماذا أستنتاج؟

أستنتج

إن الكمون الكهربائي في نقطة من حقل كهربائي يتناسب:

1. طرداً مع الشحنة النقطية المولدة للحقل.

2. عكساً مع بعد هذه النقطة عن الشحنة المولدة للحقل الكهربائي.

$$V = k \frac{q}{d}$$

حيث: $k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ ثابت التناوب (ثابت كولوم).

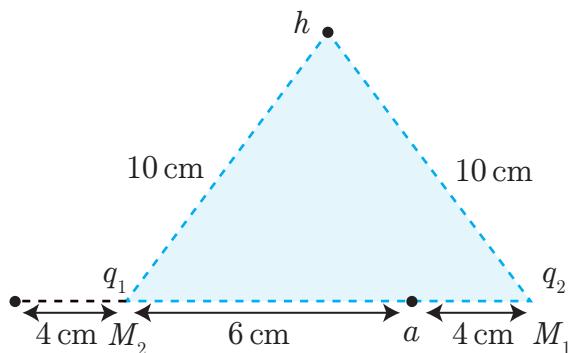
من العلاقة الأخيرة نلاحظ أن الكمون الكهربائي المُتولّد عن شحنة كهربائية نقطية هو مقدارٌ فزيائيٌّ سلميٌّ يتبع الشحنة المولدة له ويكون موجباً إن كانت الشحنة المولدة للحقل موجبة، وسالباً إن كانت سالبة.

تعيم

الكمون الكهربائي عند أيّة نقطة واقعة في منطقة يسودها حقلٌ كهربائيٌّ تابع لعدة شحنات نقطية يساوي المجموع الجبري للكمونات الناشئة عن الشحنات، كلّ على حدة في النقطة المعتبرة.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

تطبيق (2)



في الشكل المجاور سُجّلت نقطتان قيمتاهما $q_1 = -6 \times 10^{-9} \text{ C}$ و $q_2 = 6 \times 10^{-9} \text{ C}$ وضعتا في النقاطين M_2, M_1 ، بحيث تبعدان عن بعضهما مسافة 10 cm في الخلاء. المطلوب:

احسب الكمون الكهربائي في النقاط a, b, h .

الحل:

بما أن الكمون مقدار جبري فالكمون الكلّي الناتج يجمع جمماً جبرياً:

$$V = V_1 + V_2$$

الكمون في النقطة a :

$$V_a = V_1 + V_2$$

$$V_a = 9 \times 10^9 \frac{q_1}{d_1} - 9 \times 10^9 \frac{q_2}{d_2}$$

$$V_a = 9 \times 10^9 \frac{6 \times 10^{-9}}{6 \times 10^{-2}} - 9 \times 10^9 \frac{6 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-2}}$$

$$V_a = 900 - 1350 = -450 \text{ V}$$

الكمون في النقطة b :

$$V_b = V_1 + V_2$$

$$V_b = 9 \times 10^9 \frac{q_1}{d_1} - 9 \times 10^9 \frac{q_2}{d_2}$$

$$V_b = 9 \times 10^9 \frac{6 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-2}} - 9 \times 10^9 \frac{6 \times 10^{-9}}{14 \times 10^{-2}}$$

$$V_b = 1350 - 395.7 = 964.3 \text{ V}$$

الكمون في النقطة h :

$$V_h = V_1 + V_2$$

$$V_h = 9 \times 10^9 \frac{q_1}{d_1} - 9 \times 10^9 \frac{q_2}{d_2}$$

$$V_h = 9 \times 10^9 \frac{6 \times 10^{-9}}{10 \times 10^{-2}} - 9 \times 10^9 \frac{6 \times 10^{-9}}{10 \times 10^{-2}}$$

$$V_h = 540 - 540 = 0 \text{ V}$$

لاحظ أنَّ الكمون الكهربائي في النقطة h معدوم، في حين أنَّ الحقل الكهربائي غير معدوم.

3-3 العلاقة بين المون الكهربائي، وشدة الحقل الكهربائي المترتبة عن شحنة نقطية في نقطة:

يتولَّد حقلٌ كهربائيٌّ عن شحنة نقطية q ، ولتكن a نقطة من هذا الحقل تبعد عن q مسافة d في الخلاء.

1. اكتب العلاقة التي تُعطي الكمون الكهربائي في النقطة a .

2. اكتب العلاقة التي تُعطي شدة الحقل الكهربائي في النقطة a .

3. استنتج العلاقة التي تربط بين الكمون الكهربائي وشدة الحقل الكهربائي في نقطة منه.

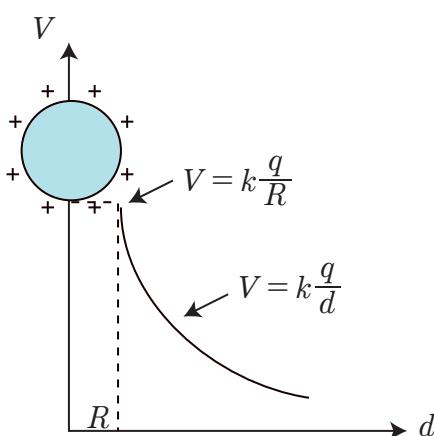
استنتج: يرتبط الكمون الكهربائي الناجم عن شحنة نقطية مع شدة الحقل الكهربائي في نقطة منه بالعلاقة:

$$E = \frac{V}{d}$$

أتفكر

هل تبقى العلاقة بين شدة الحقل و الكمون ذاتها في حال كان الحقل الكهربائي متولَّد عن عدَّة شحناتٍ نقطية؟

4-3 المون الكهربائي لناقل كروي معزول ومشحون:



إنَّ الشُّحنة الكهربائية التي يحملُها ناقلٌ كروي معزول ومشحون تكافئ شحنة q نقطية موضوعة في مركز الناقل، والكمون الكهربائي هو ذاته لجميع نقاط هذا الناقل، ويُعطى بالعلاقة: $V = k \frac{q}{R}$ حيث R : نصف قطر الناقل الكروي.

لاحظ أنّ:

- الكمون الكهربائي في النقاط الواقعة خارج الناقل الكروي وعلى بعد من مركزه يعطى بالعلاقة: $V = k \frac{q}{d}$
- تنافق قيمة الكمون الكهربائي كلما ابتعدنا عن سطح الناقل حتى تصبح مُساوية الصفر عند نقطة في اللانهاية $V_{\infty} = 0$
- شدة الحقل الكهربائي داخل الناقل معدومة. لأن الشحنات تتوزع على السطح الخارجي للناقل.

تطبيق (3)

ناقل كروي معزول، قطره 6 cm، موضوع في الخلاء كمونه يساوي V = -900 V، **المطلوب:** حساب:
1. قيمة الشحنة الكهربائية للناقل.

2. قيمة الكمون الكهربائي عند نقطة تبعد 3 cm عن سطحه (نحو الخارج).
المعطيات:

$$2R = 6 \text{ cm} \Leftrightarrow R = 3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$$
$$V = -900 \text{ V}$$

الحل:

$$V = 9 \times 10^9 \frac{q}{R} \quad .1$$
$$q = \frac{V R}{9 \times 10^9}$$
$$q = \frac{-900 \times 3 \times 10^{-2}}{9 \times 10^9} = -3 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$V = 9 \times 10^9 \frac{q}{d} \quad .2$$
$$d = 3 + 3 = 6 \text{ cm} = 6 \times 10^{-2} \text{ m}$$
$$V = 9 \times 10^9 \frac{-3 \times 10^{-9}}{6 \times 10^{-2}} = -450 \text{ V}$$

تعلّمتُ

- يرتبط الكمون الكهربائي الناجم عن شحنة نقطية مع شدة الحقل الكهربائي في نقطة منه بالعلاقة: $E = \frac{V}{d}$
- الكمون الكهربائي الناجم عن شحنة نقطية q في نقطة تبعد عن q مسافة d يعطى بالعلاقة: $V = k \frac{q}{d}$
- الكمون الكهربائي الناجم عن عدّة شحنات نقطية يساوي المجموع الجبري للكمونات الناجمة عن كلّ شحنة مُنفردة.

أختبر نفسك



أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. ناقل كروي مُعتدل ومعزول، قطره 2 m ، إذا اكتسب شحنة مقدارها 2 C فإن كمونه الذي يقدر بالفولت بدالة ثابت كولوم يساوي:

$$\frac{k}{4} \cdot d$$

$$\frac{k}{2} \cdot c$$

$$k \cdot b$$

$$2k \cdot a$$

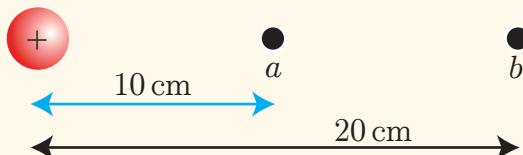
2. في السؤال السابق يكون الكمون الكهربائي عند نقطة على بعد 50 cm من مركز الناقل بدالة ثابت كولوم مُساوياً:

$$\frac{k}{4} \cdot d$$

$$\frac{k}{2} \cdot c$$

$$k \cdot b$$

$$2k \cdot a$$



$$1V \cdot d$$

$$2V \cdot c$$

$$3V \cdot b$$

$$4V \cdot a$$

3. في الشكل المجاور، إذا علمت أن الكمون الكهربائي عند النقطة a يساوي $2V$ ، فإن الكمون الكهربائي عند النقطة b يساوي:

$$20k \cdot d$$

$$\frac{20}{k} \cdot c$$

$$\frac{k}{2} \cdot b$$

$$\frac{0.2}{k} \cdot a$$

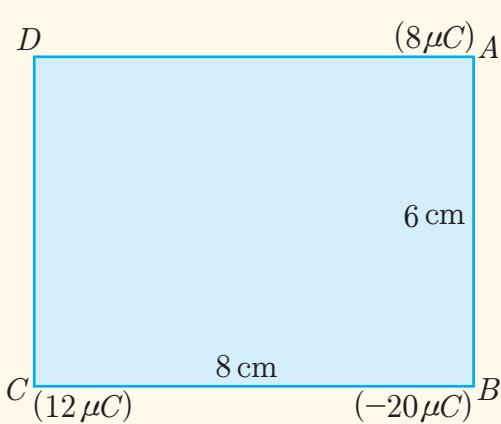
ثانياً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

- احسب الطاقة الكامنة الكهربائية التي يكتسبها جسيم شحنته $q' = 2\mu\text{C}$ إذا وضع عند نقطة تقع على بعد 3 cm من شحنة نقطية مقدارها $3 \times 10^{-8}\text{ C}$.

المسألة الثانية:

في الشكل المجاور ثلاث شحنات نقطية موضوعة عند الرؤوس C, B, A للمستطيل. **المطلوب:**



1. احسب الكمون الكهربائي عند النقطة D .

2. احسب الكمون الكهربائي عند نقطة تلاقي قطري المستطيل.

3. نضع شحنة نقطية رابعة عند الرأس D ، قيمتها $-20\mu\text{C}$ ، احسب شدة الحقل الكهربائي المُتولّد عن الشحنات الأربع عند نقطة تلاقي قطري المستطيل.

المسألة الثالثة:

ناقل كروي معزول ومشحون، نصف قطره 2 cm ، فإذا علمتَ أنَّ الكمون الكهربائي على سطحه يساوي $4.5 \times 10^3 \text{ V}$ ، **المطلوب:**

1. احسب شحنة الناقل الكروي.
2. احسب الكمون الكهربائي عند النقاط الآتية:
 - a. نقطة تقع على بعد 1 cm من المركز.
 - b. نقطة تقع على بعد 10 cm من المركز.
 - c. نقطة تقع على بعد 16 cm من سطح الناقل.

المسألة الرابعة:

مربع $ABCD$ طول ضلعه 5 cm ، وُضعت عند الرأس A الشحنة $20\mu\text{C}$ ، وعند الرأس B الشحنة $10\sqrt{2}\mu\text{C}$.

المطلوب:

احسب الشحنة اللازم وضعها عند الرأس C ليكون الكمون الكهربائي عند الرأس D مُساوياً الصفر.



المسألة الخامسة:

نضع في الرؤوس الأربع لربع طول ضلعه $\sqrt{2}\text{ m}$ الشحنات النقطية الآتية: $q_1 = 2 \times 10^{-8}\text{ C}$ ، $q_2 = 1 \times 10^{-8}\text{ C}$ ، $q_3 = 2 \times 10^{-8}\text{ C}$ ، $q_4 = 3 \times 10^{-8}\text{ C}$

المطلوب:

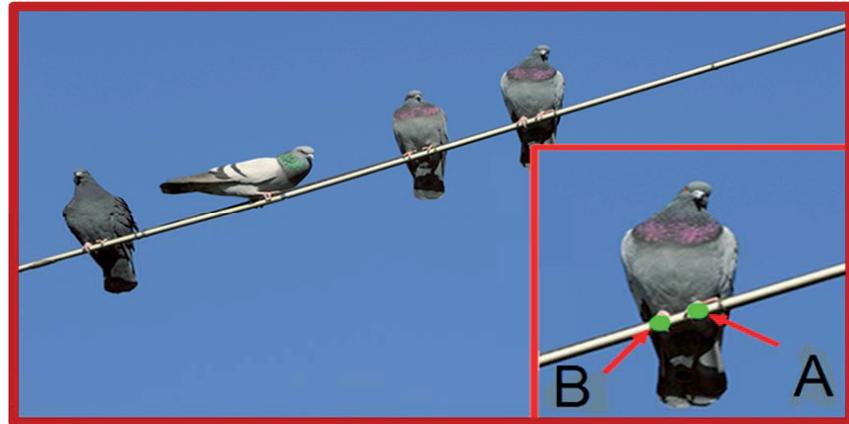
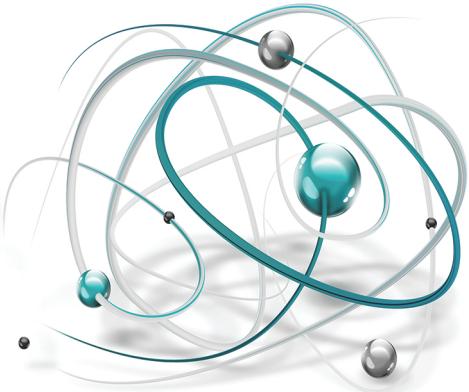
احسب قيمة الكمون الكهربائي المُتولد في نقطة تلقي قطري المربع.

المسألة السادسة:

ثلاث شحنات كهربائية $q_1 = 2 \times 10^{-6}\text{ C}$ ، $q_2 = 2 \times 10^{-6}\text{ C}$ ، $q_3 = 2 \times 10^{-6}\text{ C}$ توزَّع على رؤوس مُثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه 3 cm ، **المطلوب:**

1. احسب قيمة الكمون الكهربائي في نقطة تلقي متوسِّطات المُثلث.
2. نضع في نقطة تلقي متوسِّطات المُثلث شحنة كهربائية $-1 \times 10^{-6}\text{ C}$. احسب الطاقة الكامنة الكهربائية لهذه الشحنة.
3. بفرض أنَّا وضعنا في نقطة تلقي متوسِّطات المُثلث شحنة كهربائية $+1 \times 10^{-6}\text{ C}$ ، وتركتها حرَّة. ماذا يحدُث لهذه الشحنة؟ وما الطاقة الحركية العُظمى التي تبلغُها؟

4-2 فرق الكمون الكهربائي



- في هذه الصورة نشاهد أن طائر الحمام يقف على سلك ناقل يجتازه تيار كهربائي.
- هل يحدث تكهرُب للحمام الذي يقف على سلك الناقل؟ ولماذا برأيك؟
- ما العلاقة بين كمون النقطة A وكمون النقطة B الموضّحتين في الصورة؟
لإجابة على هذه التساؤلات، لابد من توضيح مفهوم فرق الكمون الكهربائي بين نقطتين.

الاحظ وأجيب:

- * يتعلّم فرق الكمون الكهربائي بين نقطتين من منطقة يسودها حقل كهربائي.
- * يستنتج العلاقة بين فرق الكمون وعمل القوة الكهربائية.
- * يتعلّم الوحدة الدوليّة لفرق الكمون اعتماداً على العلاقة بين فرق الكمون وعمل القوة الكهربائية.
- * يستنتاج العلاقة بين شدة الحقل الكهربائي المنتظم وفرق الكمون. (علاقة فرق الكمون مع عمل القوى الكهربائية).

الكلمات المفتاحية:

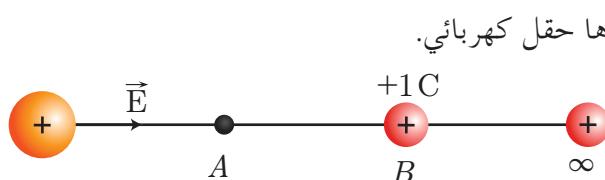
- * فرق الكمون الكهربائي
Difference Electric Potential

٤- فرق الالمون الكهربائي بين نقطتين:

للتتأمل فقاعة صغيرة من الهواء في أنبوب زجاجي مغلق، يحوي ماءً موضوعاً على سطح منضدة أفقية.

- أضع الأنبوب بشكل شاقولي. هل تتحرّك فقاعة الهواء؟
- أضع الأنبوب بشكل مائل من أحد طرفيه. بأيّ اتجاه تتحرّك فقاعة الهواء؟
- هل يمكن للشحنة الكهربائية الموضوعة في منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيٌّ أن تسلك سلوكَ فقاعة الهواء في حركتها؟

٤- العلاقة بين فرق الالمون وعمل القوة الكهربائية



- أضع شحنةً نقطيةً موجبةً q' في نقطة A من منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيٌّ.
- تأثر الشحنة q' بالقوة الكهربائية \vec{F} ، فتنتقل من النقطة A إلى نقطة B .
- اكتب عبارة الطاقة الكامنة الكهربائية للشحنة q' في كلٍّ من النقطتين (B, A) .
- اكتب العلاقة بين عمل القوة الكهربائية وتغيير الطاقة الكامنة الكهربائية.
- استنتج علاقة فرق الالمون الكهربائي بين النقطتين (A, B) بدلالة عمل القوة الكهربائية.
- استنتاج تعريف فرق الالمون الكهربائي بين نقطتين من خلال ما سبق.

$$E_{PB} = q' V_B \quad E_{PA} = q' V_A$$

$$W_{A \rightarrow B} = -\Delta E_P \quad \text{حسب نظرية الطاقة الكامنة.}$$

$$W_{A \rightarrow B} = -(E_{PB} - E_{PA})$$

$$W_{A \rightarrow B} = (E_{PA} - E_{PB})$$

$$W_{A \rightarrow B} = (q' V_A - q' V_B)$$

$$W_{A \rightarrow B} = q' (V_A - V_B)$$

$$V_A - V_B = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q'}$$

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

$$U_{AB} = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q'}$$

- أستنتج أن فرق الكمون الكهربائي بين نقطتين هو مقدار العمل المبذول لنقل وحدة الشحنات الموجبة بين النقطتين بعكس اتجاه الحقل الكهربائي، أي هو مقدار الطاقة الكامنة الكهربائية التي تكتسبها وحدة الشحنات الموجبة عند نقلها بين النقطتين بعكس اتجاه الحقل الكهربائي.

أفker وأجيb:

$$U_{AB} = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q}$$

اعتماداً على العلاقة

ما وحدة فرق الكمون في الجملة الدولية؟

- بفرض أن الشحنة المتنقلة بين النقطتين (B, A) هي إلكترون، وعلى فرض أن فرق الكمون بين النقطتين يساوي (1) فولت. استنتاج قيمة العمل المبذول.

$$- \text{إن وحدة قياس فرق الكمون في الجملة الدولية هي الفولت } 1 \text{ Volt} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}$$

و يعرف الفولت بأنه: فرق الكمون بين نقطتين من منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيٌّ، إذا انتقلت بينهما شحنة نقطية مقدارها $1C$ ، كان عمل القوة الكهربائية في أثناء انتقالها مساوياً $1J$.

- إذا كانت الشحنة المتنقلة بين النقطتين في منطقة الحقل هي إلكترون، نجد أن العمل المبذول:

$$W_{A \rightarrow B} = e(V_A - V_B)$$

$$W_{A \rightarrow B} = e(1V) = 1.6 \times 10^{-19} \text{ (C)} \times 1 \text{ (V)} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1eV = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

وبالتالي يعرف الإلكترون فولت بأنه العمل المتصروف على نقل إلكترون بين نقطتين من منطقة يسودُها حقل كهربائي، فرق الكمون بينهما فولت واحد.

أو الطاقة الحركية التي يكتسبُها الإلكترون عندما ينتقلُ بين نقطتين في منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيٌّ فرق الكمون الكهربائي بينهما يساوي فولتاً واحداً.

أستنتاج:



إنَّ فرقَ الْكِمُونَ بَيْنَ نقطَتَيْنَ مِنْ منطَقَةٍ يَسُودُهَا حَقْلٌ كَهْرَبَائِيٌّ سَاكِنٌ:

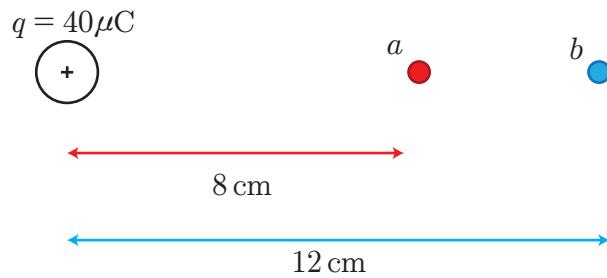
- يَحْدُدُ التَّغْيِيرُ الطَّارِئُ عَلَى الطَّاقَةِ الكَامِنَةِ لِلشُّحْنَةِ عِنْدَمَا تَتَنقُّلُ بَيْنَ هَاتَيْنِ النَّقطَتَيْنِ.
- يَحْدُدُ الْحَرْكَةِ التَّلَقَائِيَّةِ لِلشُّحْنَاتِ الْكَهْرَبَائِيَّةِ، فَتَتَنقُّلُ الشُّحْنَاتِ الْمُوَجَّبَةُ مِنَ الْكِمُونِ الْمُرْتَقِعِ إِلَى الْكِمُونِ الْمُنْخَفِضِ، وَالشُّحْنَاتِ السَّالِبَةِ تَتَنقُّلُ مِنَ الْكِمُونِ الْمُنْخَفِضِ إِلَى الْكِمُونِ الْمُرْتَقِعِ.

$$U_{BA} = V_B - V_A$$

$$U_{BA} = -(V_A - V_B)$$

لا يتعلّق بالطريق المسلوب.

-
-
-



تطبيق (1)

من الشكل أحسبُ:

1. فرقَ الْكِمُونَ بَيْنَ النَّقطَتَيْنِ a و b .
2. الْعَمَلِ الْمِبْذُولِ لِنَقلِ إِلَكْتَرُونٍ مِنَ a إِلَى b .
عُلِمَ أَنَّ $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

الحل:

.1

$$V_a = 9 \times 10^9 \frac{q}{d_a}$$

$$V_a = 9 \times 10^9 \times \frac{40 \times 10^{-6}}{8 \times 10^{-2}} = 4.5 \times 10^6 \text{ volts}$$

$$V_b = 9 \times 10^9 \frac{q}{d_b}$$

$$V_b = 9 \times 10^9 \times \frac{40 \times 10^{-6}}{12 \times 10^{-2}} = 3 \times 10^6 \text{ volts}$$

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

$$U_{ab} = (4.5 - 3) \times 10^6 = 1.5 \times 10^6 \text{ volts}$$

.2

$$W_{a \rightarrow b} = q U_{ab}$$

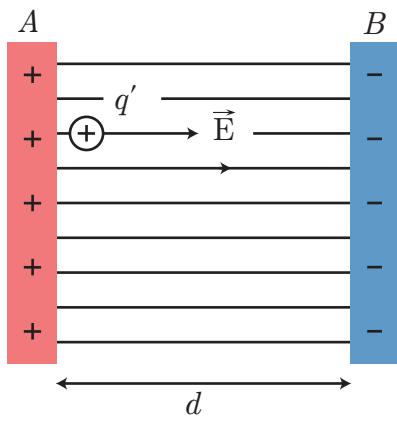
$$W_{a \rightarrow b} = -1.6 \times 10^{-19} (1.5 \times 10^6) = -2.4 \times 10^{-13} \text{ J}$$

3-4 العلاقة بين شدة الحقل الكهربائي المُنْظَم وفرق المُمُون:

الاحظ وأجيئ:

في الشكل المجاور:

- ماذا أسمى الحقل الكهربائي المُتولّد بين الصفيحتين، وما جهته؟
 - ما العمل الناتج من الانتقال التلقائي للشحنة الموجبة q' من الصفيحة المستوية A إلى الصفيحة المستوية B ؟
- نعلم أنّ:



$$W_{A \rightarrow B} = Fd = q'Ed$$

وكذلك:

$$W_{A \rightarrow B} = q'U_{AB}$$

بالمساواة بين العلقتين

$$W_{A \rightarrow B} = q'Ed = q'U_{AB}$$

$$U_{AB} = Ed \implies E = \frac{U_{AB}}{d} = \frac{V_A - V_B}{d}$$

ومن العلاقة الأخيرة نستدل على وحدة جديدة لقياس شدة الحقل الكهربائي هي فولت / متر ($\frac{V}{m}$) وهي تكافئ الوحدة نيوتن / كولوم ($\frac{N}{C}$).

تطبيق (2)

إذا كان فرق الكمون الكهربائي بين صفيحتين مُستويتين مُتوازيتين مَشحونَتين بشحنَتين مُختلفَتين يساوي 240 V ، والمسافة بينهما 0.8 cm ، فأحسب شدة الحقل الكهربائي المُنْظَم بين الصفيحتين.

الحل:

$$E = \frac{U_{AB}}{d} = \frac{240}{0.008} = 30000 \text{ V.m}^{-1}$$

- العلاقة بين فرق الكمون وعمل القوة الكهربائية .

$$U_{AB} = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q'}$$
- **الإلكترون فولت:** هو العمل المصروف على نقل الإلكترون بين نقطتين من منطقة يسودها حقل كهربائي فرق الكمون بينهما فولت واحد. $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
- فرق الكمون بين نقطتين من منطقة يسودها حقل كهربائي ساكن:

- يحدّد التغيير الطارئ على الطاقة الكامنة للشحنة عندما تنتقل بين هاتين النقطتين.
- يحدّد الحركة التقائية للشحنتين الكهربائيّة، فتنتقل الشحنات الموجة من الكمون المرتفع إلى الكمون المنخفض، والشحنات السالبة تنتقل من الكمون المنخفض إلى الكمون المرتفع.

$$U_{BA} = -(V_A - V_B), \quad U_{BA} = V_B - V_A$$

- لا يتعلّق بالطريق المسلوك.

- العلاقة بين شدة الحقل الكهربائي وفرق الكمون

$$U_{AB} = Ed \implies E = \frac{U_{AB}}{d} = \frac{V_A - V_B}{d}$$

أختبر نفسك



أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. إذا كان العمل المبذول لنقل شحنة مقدارها $10\mu C$ بين نقطتين من منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيٌ ساكن يساوي 0.01 J ، فإنَّ فرقَ الكمون بين هاتين النقطتين يُساوي:

10^{-2} V .d

10^2 V .c

10^{-3} V .b

10^3 V .a

2. إذا كان فرقُ الكمون بين نقطتين $U_{AB} = 10^3 \text{ V}$ ، وهمَا ضمنَ منطقةٍ يسودُها حقلٌ كهربائيٌ منتظمٌ شدّته 10^4 N/C ، فإنَّ البُعد بين النقطتين:

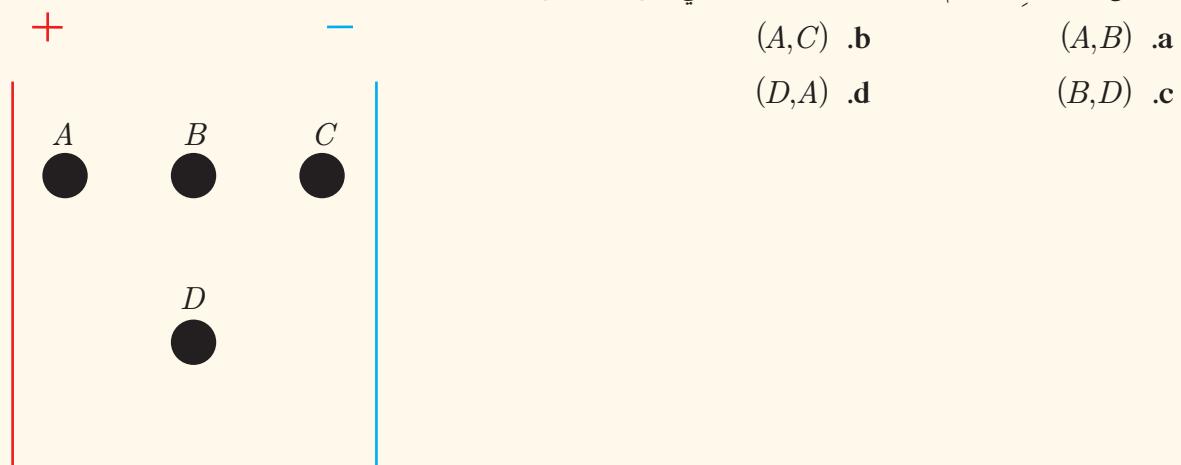
0.1 cm .d

0.1 m .c

1 cm .b

1 m .a

3. في الشّكل المُجاوِر ينعدُم فرقُ الكمون الكهربائي بين النقطتين:



4. إذا أثَّرت قوَّة كهربائيَّة شدّتها $N = 10^{-2} \times 2$ على شحنة كهربائيَّة، فانتقلت مسافة 10 cm ضمنَ الحقل الكهربائيِّ المنتظم، فيكون عمل هذه القوَّة مساوِيًّا لـ:

$1/500 \text{ J}$.d

$1/1000 \text{ J}$.c

1000 J .b

10 J .a

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. هل يتطلّب تحريك شحنة على سطح ناقل مشحون ومعزول إنجاز عمل؟ وضّح السبب.
2. ناقلان كرويَان متساويان قطرًا أحدهما مجوف والآخر مصمت. أيِّ منهما يستوعب شحنة أكثر؟ وضّح السبب.
3. إذا كانت شدة الحقل الكهربائي عند نقطة من ناقل تساوي الصفر. فهل يجب أن يكون الكمون مساوياً الصفر؟ وضّح إجابتك.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

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

المسألة الثانية:

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

1. برهن أن حركة الجسيم في المنطقة هي حركة مستقيمة متتسارعة بانتظام، وذلك بإهمال ثقله.
2. حساب تغير الطاقة الكامنة للجسيم عندما يقطع مسافة 10 m .
3. حساب سرعة الجسيم بعد أن يقطع المسافة السابقة 10 m .

المسألة الثالثة:

قطر أفقي لنصف دائرة طوله 5 cm ، نضع في النقطة A شحنة نقطية $q_1 = 10 \times 10^{-9} \text{ C}$ ، وفي النقطة B شحنة نقطية $q_2 = -30 \times 10^{-9} \text{ C}$. **حساب:**

1. قيمة الكمون الكهربائي في كل من النقطتين (N, M) الواقعتين على محيط نصف الدائرة حيث: $AM = 3 \text{ cm}$ ، $AN = 4 \text{ cm}$
2. قيمة فرق الكمون الكهربائي $V_N - V_M$
3. قيمة العمل الكهربائي اللازم لاتقال الشحنة $q' = \frac{10}{3} \times 10^{-9} \text{ C}$ من النقطة N إلى النقطة M .

مشروع دراسة آلية عمل ماكينة تصوير المستندات

مقدمة:

تستخدم ماكينة تصوير المستندات مبدأ جذب الشحنات المتعاكسة.

الهدف العام:

الاستفادة من أساسيات الكهرباء الساكنة في الحياة اليومية وسوق العمل.

أهداف المشروع:

1. دراسة أجزاء ماكينة تصوير المستندات.
2. دراسة آلية عمل ماكينة تصوير المستندات.

مراحل المشروع:

أولاًً - التخطيط:

- البحث في مراحل تطور عمل ماكينة تصوير المستندات.

- البحث في مبدأ جذب الشحنات الكهربائية المتعاكسة.

ثانياً - التنفيذ:

- يتم توزيع الطلاب إلى مجموعتين:

- المجموعة الأولى: مهمتها دراسة أجزاء ماكينة تصوير المستندات.

- المجموعة الثانية: مهمتها دراسة آلية عمل ماكينة تصوير المستندات.

- المجموعة الثالثة: البحث عبر الشبكة عن أنواع مختلفة لماكينات تصوير المستندات وقدرتها الإنتاجية والجدوى الاقتصادية لكل منها.

ثالثاً - التقويم:

مناقشة النتائج ومقارنتها وإعداد تقرير كامل حول عمل كل جزء من ماكينة تصوير المستندات ودور أساسيات الكهرباء الساكنة فيها.

