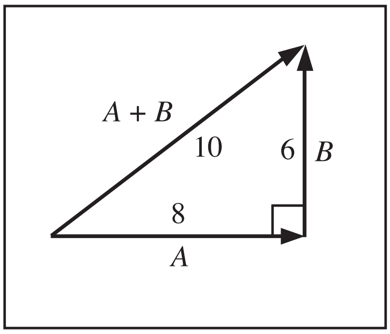
٣ـ جمع المتجهات المتعامدة *Adding Perpendicular Vectors*

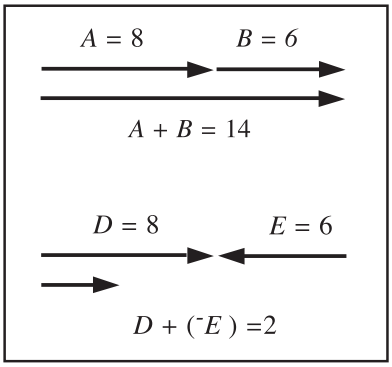


الشكل (١-٧)

يوضح الشكل (١-٧) أسلوب جمع المتجهات المتعامدة، حيث تكون محصلة الجمع هي وتر المثلث قائم الزاوية ، ويحسب المقدار باستخدام قانون فيثاغورث الذي درسته في مادة الرياضيات لحساب المثلثات كالتالي :

$$\sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{100} = 10.$$

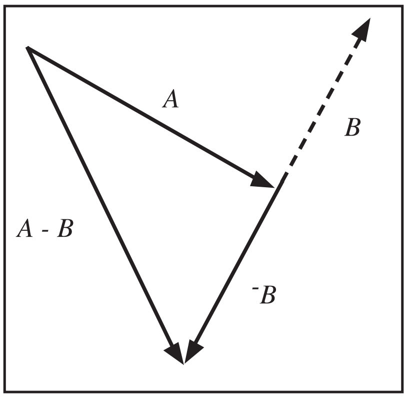
٤ـ جمع المتجهات المتوازية *Adding Parallel Vectors*



الشكل (١-٨)

يوضح الشكل(١-٨) طريقة جمع المتجهات المتوازية سواء كانت في نفس الاتجاه أو في اتجاهين متعاكسين .

طرح المتجهات *Subtracting Vectors*



الشكل (١-٩)

عند طرح المتجهات عادة نستخدم مصطلح المتجه السالب، حيث تجرى عملية الطرح بأن نجمع المتجه $(\vec{A})$ مع سالب المتجه $(\vec{B})$ شكل (١-٩) فتكون العملية كالتالي:

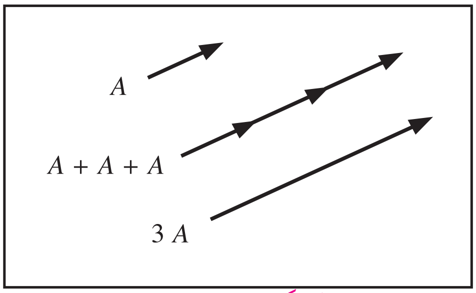
$$\vec{A}-\vec{B}= \vec{A}+(-\vec{B})$$

حيث تنطبق عليها نفس طرق جمع المتجهات الآنفة الذكر.

ضرب المتجهات *Vectors Multiplication*

توجد عدة حالات لضرب المتجهات كالتالي :

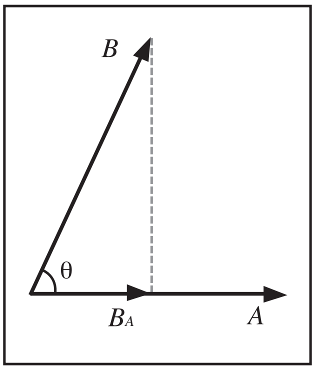
١ـ ضرب متجه بكمية عددية *Multiplication by Scalar*



الشكل (١-١٠)

يوضح الشكل (١-١٠) هذه الحالة، فعند ضرب المتجهات بمقدار عددي فإن الناتج يكون كمية متجهة، مثلاً عند ضرب العدد (3) في المتجه $(\vec{A})$ يكون الناتج $(3\vec{A})$ وفي نفس اتجاه المتجه $(\vec{A})$، أما عند ضرب العدد (-3) في المتجه $(\vec{A})$ فيكون الناتج $(-3\vec{A})$ وفي الاتجاه المعاكس للمتجه $\vec{A}$.

٢ـ الضرب العددي *Scalar Product*

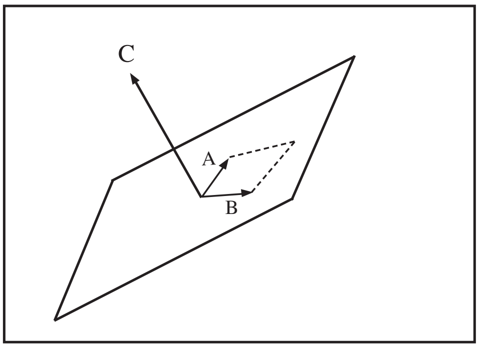


الشكل (١-١١)

يوضح الشكل(١-١١) ناتج الضرب العددي لمتجهين بحيث تكون المحصلة كمية عددية، لذلك سمي بالضرب العددي ويعبر عنه رياضيًّا كالتالي : $\vec{A} \bullet \vec{B} = AB\cos\theta$

حيث كلما صغُرت الزاوية بين المتجهين زادت محصلة الضرب العددي .

٣ـ الضرب الاتجاهي *Vector Product*



الشكل (١-١٢)

يوضح الشكل (١-١٢) ناتج الضرب الاتجاهي لمتجهين حيث تكون محصلة الضرب الاتجاهي متَّجهًا ثالثًا عموديًّا على كلٍّ من المتجهين $(\vec{A}$ و $\vec{B})$ ، ويعبر عن هذا النوع من الضرب رياضيًّا كالتالي :

$$\vec{A} \times \vec{B} = \vec{c}$$

حيث إن :

$$\left|\vec{A} \times \vec{B}\right| = AB\sin\theta$$

$$\therefore \; c = AB\sin\theta$$

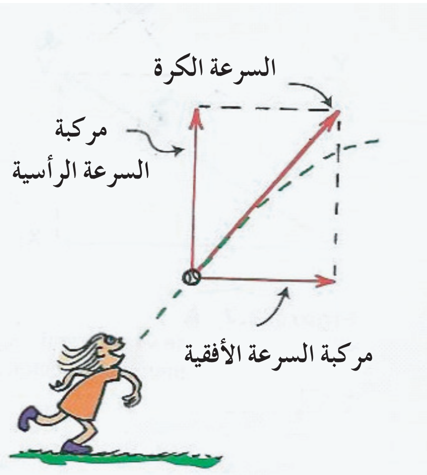
وتعتبر متجهات القوة أفضل مثالاً على استخدام هذا الأسلوب ، وذلك عندما تؤثر على الجسم أكثر من قوة، ويُراد معرفة محصلة القوى المؤثرة على الجسم واتجاهها.

مركبتا المتجه *Components of Vector*

درست حتى الآن طرقًا مختلفة للحصول على محصلة المتجهات، وهي متجه جديد ناتج من جمع ، أو طرح ، أو ضرب متجهين أو أكثر، ولكن كثيرًا ما يتبادر للذهن ما الذي يجعل جسمًا ما يسلك مسارًا محددًا كالمسار المنحني مثلاً ؟ هل يمكن الحصول على المتجهات الأصلية أو ما تسمى بمركبتي المتجه واللتين نتجت عنهما هذه الحركة ؟

إن عملية تحديد مركبات المتجهات تسمى بعملية تحليل المتجهات *vectors resolution* ، حيث يمكن تحليل أي متجه إلى مركبتين رأسية وأفقية ، وكما ذكرنا سابقًا فإن هذه المتجهات قد تكون متجهات السرعة أو متجهات الإزاحة وغيرها . ومن المهم أن نوضح هنا أننا نحتاج إلى تحليل المتجهات عند دراسة الحركة في بعدين، وبالتالي دراسة الكميات المتجهة في هذين البعدين .

فمثلا الشكل (١-١٣) يوضح فتاة تقذف بالكرة بسرعة ما في الاتجاه الموضح ، حيث تم تحليل متجه السرعة هنا إلى مركبة أفقية (سينية) ، ومركبة رأسية (صادية) ، ومن المهم أن نلاحظ أن المركبتين يجب أن ترسمان من ذيل المتجه المراد تحليله وهي عادة نقطة الأصل للمستوى الإحداثي، لذلك ترسم هذه المتجهات في مستوى إحداثي (سيني وصادي) لتسهيل عملية تحليل المتجهات. وحيث إن هذا المتجه يصنع زاوية



الشكل (١-١٣)

ولتكن (θ) مع المستوى الأفقي ، فإنه يمكننا التعبير عن عملية تحليل المتجهات رياضيًّا كالتالي :

$$\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y \qquad (١\_٧)$$

المركبة الأفقية :

$$\vec{A}_x = A\cos\theta \qquad (١\_٨)$$

المركبة الرأسية :

$$\vec{A}_y = A\sin\theta \qquad (١\_٩)$$

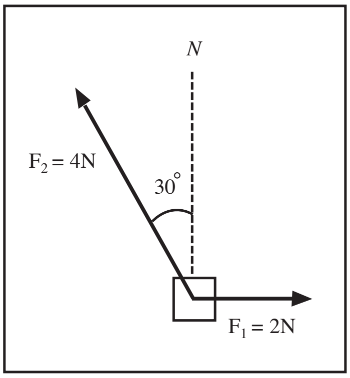
أما تحديد الاتجاه فتمثله الزاوية (θ) ، ويمكن حسابها كالتالي:

$$\tan\theta = \vec{A}_y \,/\, \vec{A}_x$$

$$\tan\theta = \frac{A\sin\theta}{A\cos\theta}$$

مثال (٤) : تحليل متجهات القوى

الشكل (١–١٤) يوضح قوتين تؤثران على مكعب من الخشب $F_1 = 2N$، تؤثر باتجاه الشرق ، بينما $F_2 = 4N$ تؤثر على المكعب باتجاه يصنع زاوية 30° مع الشمال . احسب القوة المحصلة المؤثرة على المكعب مقدارًا واتجاهًا.

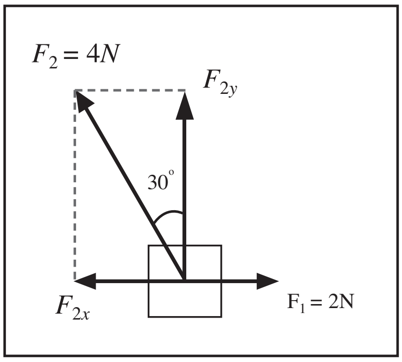


الشكل (١–١٤)

الحل :

بالنسبة إلى القوة F_1 فإنها لا تحتاج إلى تحليل، فهي تؤثر في اتجاهٍ واحدٍ هو الاتجاه الأفقي :

أما بالنسبة إلى القوة F_2 فلا بد من إجراء عملية التحليل حيث إنها تصنع زاوية مع الاتجاه الرأسي ، وبالتالي فإن لها مركبتين (رأسية وأفقية) ، كما بالشكل (١-١٥) .



الشكل (١-١٥)

مركبة القوة في الاتجاه الأفقي F_{2x}:

$$F_{2x} = -4.0 \sin 30^\circ = -4.0 \times \frac{1}{2} = -2.0$$

مركبة القوة في الاتجاه الرأسي F_{2y} :

$$F_{2y} = 4.0 \cos 30^\circ = 4.0 \times 0.87 = 3.48$$

محصلة القوى في الاتجاه الأفقي :

$$F_{net(x)} = F_1 + F_{2x} = 2-2 = 0$$ (المتجهان متعاكسان)

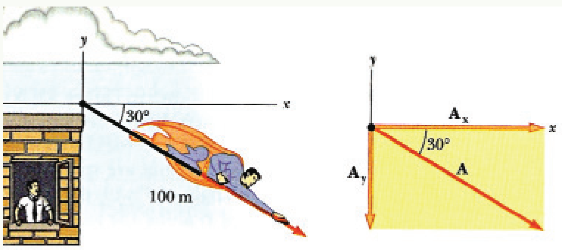
محصلة القوى في الاتجاه الرأسي :

$$F_{net(y)} = F_{2y} = 3.48 \text{ N}$$

إذًا محصلة القوة المؤثرة على المكعب تساوي 3.48 N باتجاه الشمال .

اختبر فهمك ٨

ادرس حركة قفزسوبر مان في الشكل(١-١٦) من أعلى بناية طويلة ، ثم أوجد كلاًّ من المركبة الأفقية والمركبة الرأسية لمتجه الإزاحة 100 m التي يقطعها .



الشكل (١-١٦)

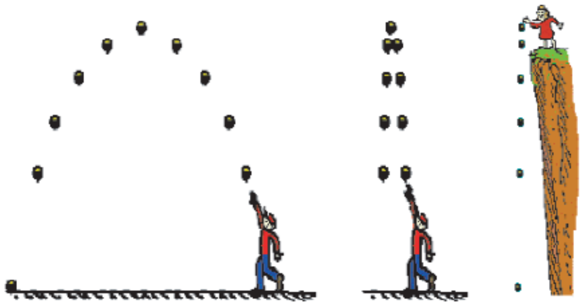
استخدم خارطة المفاهيم التي أعددتها في الاستكشاف (١) وأضف المعلومات الجديدة المناسبة حول المتجهات .

لمزيد من المعلومات حول المتجهات ، قم بزيارة الموقع التالي على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية : 6http://www.sparknotes.com

١-٧ حركة المقذوفات *Projectile Motion*

ذكرنا سابقًا أن حركة المقذوفات تعتبر من أمثلة الحركة في بعدين، كما ذكرنا أن هناك كثيرًا من الأمثلة في حياتنا اليومية تسلك مسارًا مقذوفًا في أثناء حركتها ، فممارسو الرياضات المختلفة خاصة التي تستخدم الكرات ككرة السلة والقدم والطائرة وغيرها يركزون كثيرًا على شكل المسار المنحني الذي تتخذه الكرة لتسديد أهدافهم . كما إن مصممي النافورات المائية التي نشاهدها في شوارع مسقط يهتمون بتنويع مسار انسكاب الماء لكي يعطي جماليات مختلفة ، إن هؤلاء الأشخاص الذين يعملون في المجالات المختلفة جميعهم استفاد من تطبيق المبادئ الفيزيائية في حركة المقذوفات والتي سندرسها في هذا الجزء بشيء من التفصيل .

يوضح الشكل (١-١٧) أنواعًا مختلفة من المقذوفات ، فالشكل(١-١٧-١) يسمى السقوط الحر، حيث تتحرك الكرة الساقطة في بعدٍ واحدٍ (حركة خطية) ، أما الشكل (١-١٧-٢) فتسمى المقذوفات الرأسية وهي أيضًا من أنواع الحركة الخطية ، وتنطبق عليها معادلات الحركة الخطية كونها تتحرك في بعدٍ واحدٍ وهو البعد الرأسي إلى أعلى ثم تعود باتجاه الأرض في نفس البعد لكن باتجاه معاكس ، أما الشكل (١-١٧-٣) فتسمى بالمقذوفات في مستوى ، أي أن الكرة تتحرك في بعدين أفقي ورأسي ، وهذا محور حديثنا في هذا الجزء .



الشكل (١-١٧)

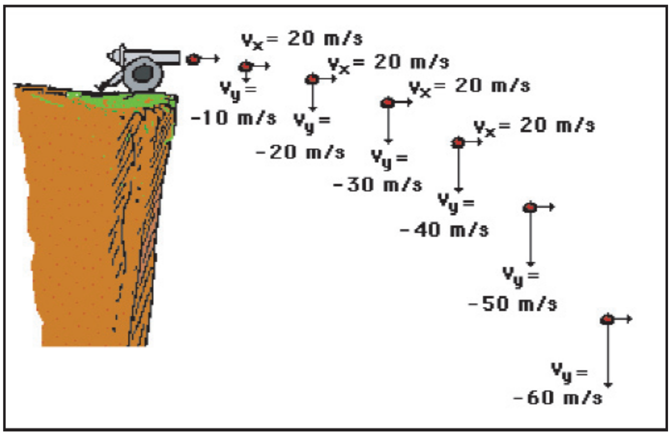
إن من أهم خصائص دراسة حركة المقذوفات ما يلي :

- المركبات الأفقية للسرعة والتسارع مستقلة تمامًا عن المركبات الرأسية وبالتالي تتم معالجتها بشكل مستقل حيث يكون الرابط الوحيد هو الزمن .
- قوة الجاذبية : هي القوة الوحيدة التي تؤثر على المركبة الرأسية لحركة الجسم في كامل المسار وباتجاه الأرض (إلى الأسفل).
- يهمل تأثير مقاومة الهواء لحركة الجسم المقذوف.
- السرعة الأفقية للمقذوف ثابتة المقدار .
- التسارع في الاتجاه الرأسي هو تسارع الجاذبية الأرضية.
- السرعة الرأسية تتغير بمعدل 10 m/s في كل ثانية.
- لا توجد قوة تؤثر على الحركة الأفقية، وبالتالي التسارع في الاتجاه الأفقي يساوي صفرًا.

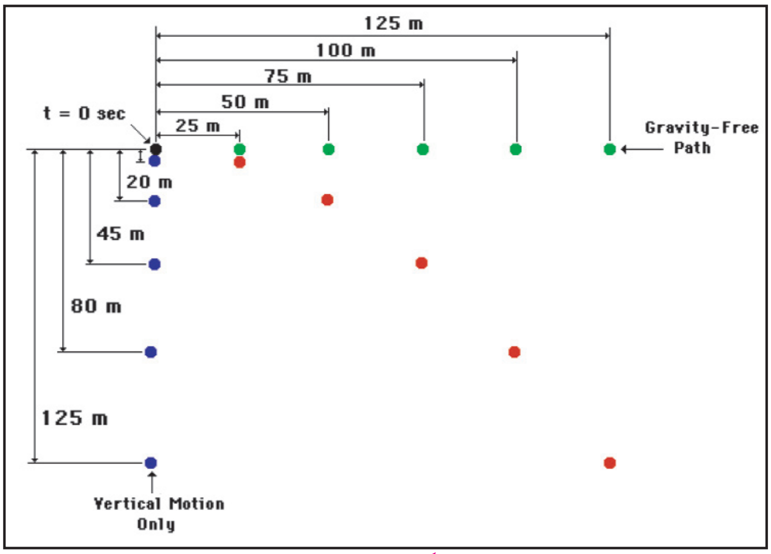
ويمكن تلخيص الخصائص السابقة لحركة المقذوفات بالمعادلات الرياضية كالتالي :

١ – السرعة الأفقية والسرعة الرأسية :

تظل السرعة الأفقية v_x ثابتة المقدار طوال فترة الحركة ، حيث إن سهم السرعة الأفقية لا يتغير لا في المقدار ولا في الاتجاه نظرًا لأنها تتأثر بالجاذبية الأرضيةكما هو موضح في الشكل (١–١٨) ، أما السرعة الرأسية v_y فإنها تتغير في الاتجاه وفي المقدار بمعدل 10 m/s في كل ثانية بسبب تأثير الجاذبية الأرضية كما هو واضح في الشكل (١ـ١٧ـ٣).



الشكل (١–١٨)



الشكل (١-١٩)

٢- الإزاحة الأفقية والإزاحة الرأسية :

يوضح الشكل (١-١٩) أن الإزاحة الأفقية تزداد بمعدل ثابت 25 m في كل ثانية ، حيث السرعة ثابتة ، بينما الإزاحة الرأسية تزداد تحت تأثير تسارع الجاذبية الأرضية ، حيث إن السرعة الرأسية تزداد بمعدل 10 m/s لذا فالإزاحة تزداد.

٣- التسارع الأفقي والتسارع الرأسي:

التسارع الأفقي يساوي صفرًا؛ وذلك لأنه لا توجد قوة مؤثرة على الاتجاه الأفقي، بينما التسارع الرأسي يساوي تسارع الجاذبية الأرضية (g) .

الكمية المتجهة	المتجه الأفقي	المتجه الرأسي
السرعة	$v_x = \Delta d_x / \Delta t$	$v_{fy} = v_{iy} + g\Delta t$ $v^2_{fy} = v^2_{iy} + 2g\Delta d_y$
الإزاحة	$\Delta d_x = v_x \Delta t$	$\Delta d_y = v_{iy}\Delta t + 1/2g(\Delta t)^2$
التسارع	صفر	g

مثال (٥) :

انطلق لاعب الوثب الطويل بسرعة 11 m/s بحيث يصنع زاوية 20° مع الاتجاه الأفقي ، احسب كلاً من :

١- المسافة التي قفز إليها.

٢- أعلى ارتفاع وصل إليه في أثناء القفز .

الحل :

١ـ $d_x = (v_i \cos\theta)t$

ولحساب t وهو الزمن الكلي للقفز نستخدم المعادلة :

$$v_{fy} = v_{iy}\sin\theta - gt$$

وباعتبار v_{fy} تساوي صفرًا كون اللاعب وصل إلى أعلى ارتفاع حيث السرعة الرأسية تساوي صفراً فإن:

$$0 = (11)\sin 20^\circ - 9.8t$$

إذًا

$$t = 0.38\ s$$

وبالتالي :

$$d_x = (11\cos 20^\circ)0.38$$

$$d_x = 3.9\ m$$

٢ـ لحساب أعلى ارتفاع نحسب d_{ymax} كالتالي :

$$d_{ymax} = (v_i\cos\theta)t - \tfrac{1}{2}gt^2$$

$$= (11)(\cos 20^\circ)(0.38) - \tfrac{1}{2}(9.8)(0.38)^2$$

$$d_{ymax} = 3.19\ m$$

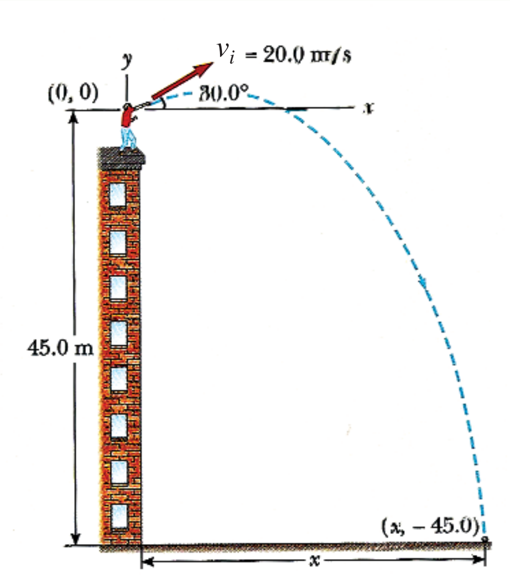
اختبر فهمك ٩

قذفت كرة من بناية ارتفاعها 45 m بسرعة ابتدائية تساوي 20 m/s وتصنع زاوية مقدارها 30° مع الاتجاه الأفقي ، كما في الشكل (١-٢٠) احسب ما يلي :

١ـ الزمن الذي استغرقته الكرة للسقوط.

٢ـ السرعة النهائية للكرة قبل اصطدامها بالأرض .

٣ـ بعد الموقع الذي سقطت فيه الكرة من قاعدة البناية.



الشكل (١-٢٠)

لمزيدٍ من المعلومات حول حركة المقذوفات قم بزيارة الموقع التالي على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية :
http://www.physicsclassroom.com

أسئلة الفصل

أولاً : الأسئلة الموضوعية

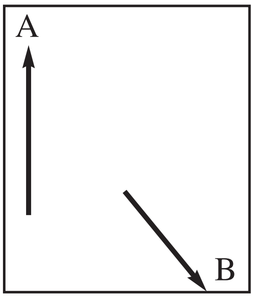
السؤال الأول : اختر الإجابة الصحيحة من بين البدائل المعطاة.

١ السرعة المتوسطة لحصان يقطع مسافة 10 km في 30 min بوحدة km/h هي :

أ) 10 ب) 20 ج) 30 د) أكثر من 30

٢ أي من المتجهات التالية تمثل العلاقة $(\overrightarrow{A}+\overrightarrow{B})$ الموضحة في الشكل (١–٢١)

أ)  ب)  ج)  د) 



الشكل (١–٢١)

٣ جسم يسقط سقوطًا حرًّا تكون سرعته بعد مرور 10 s من سقوطه بوحده: m/s :

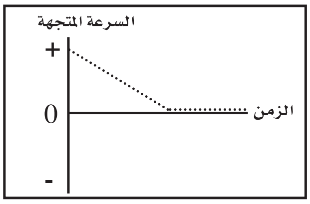
أ) 10 ب) 50 ج) 100 د) أكثر من 100

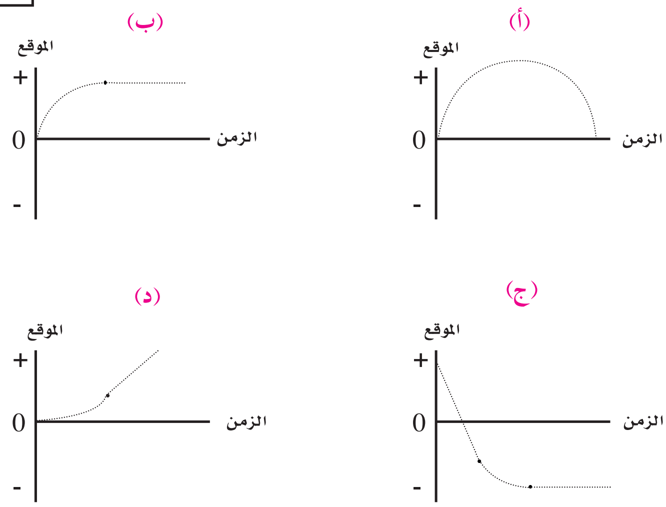
٤ قطرات ماء تنسكب من صنبور الماء بمعدل منتظم في أثناء سقوطها رأسيًّا نلاحظ أنها :

أ) تقترب من بعضها بعضًا ب) تبتعد عن بعضها بعضًا

ج) تقترب ثم تتباعد د) تتباعد ثم تقترب

٥ المنحنى المقابل يمثل منحنى (السرعة المتجهة – الزمن) عند تحويله إلى منحنى (الموقع - الزمن) يصبح :



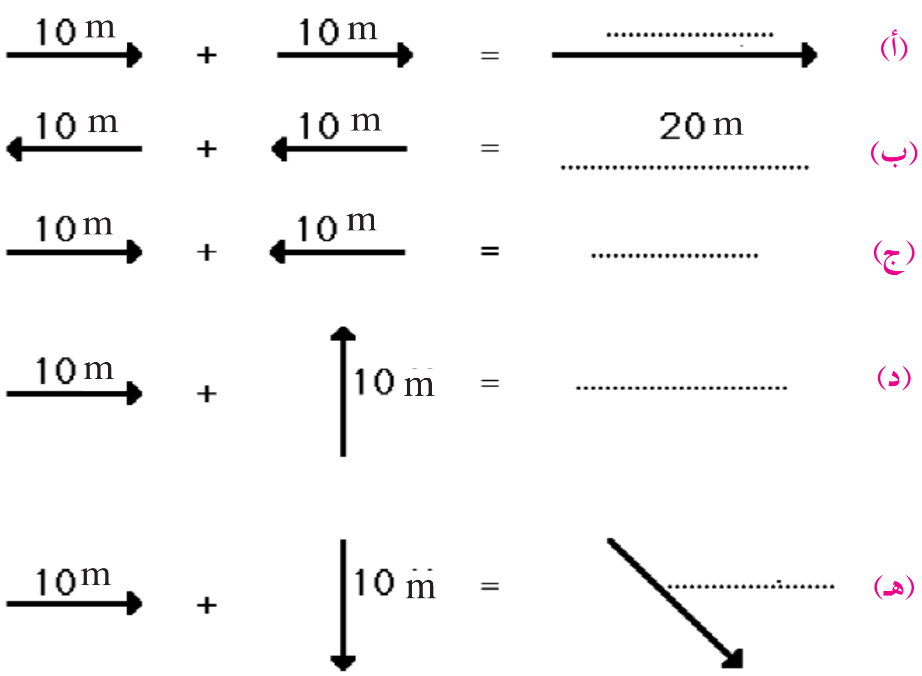


السؤال الثاني : أكمل الفراغات بالإجابات المناسبة :

١ أكمل الجدول التالي حول تصنيف الكميات الفيزيائية إلى كميات عددية أو متجهة مع ذكر السبب :

الكمية الفيزيائية	عددية	متجهة	السبب
القوة المؤثرة على المصعد بواسطة الأسلاك			
قراءة عداد سرعة السيارة			
عدد طلاب الصف الحادي عشر بمدرستك			
عمر شقيقك الأصغر			
سرعة الرياح في مسقط			

٢ أكمل الفراغات سواء بوضع القيمة العددية أو سهم المتجه أو وحدة القياس .



٣ أكمل العبارات التالية بالتعبير المناسب :

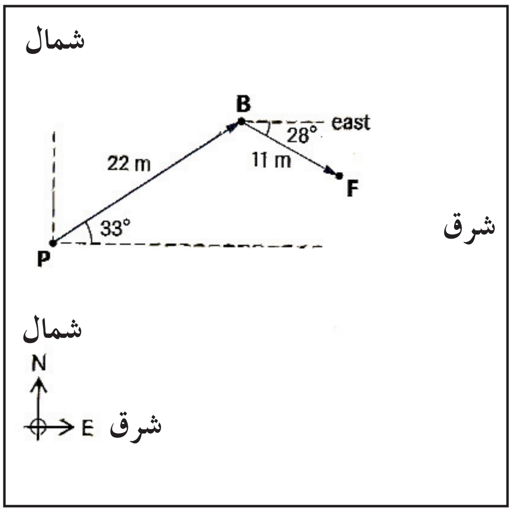
أ) يقال للجسم الذي يساوي تسارعه $0\ m/s^2$ إنه ....

ب) إذا تجاوزت السيارة (ع) السيارة (ك) في الشارع فهذا يعني ....

ج) عداء حامل الميدالية الذهبية قطع سباقات $100\ m$ الأولمبية خلال $10\ s$ فإن مقدار الإزاحة التي قطعها يساوي .... ومقدار سرعته المتجهة يساوي ....

ثانيا: الأسئلة المقالية

١ طارت حمامة في اتجاه يصنع زاوية 33° مع الخط الأفقي من عشها (P) وحطت على إحدى أشجار حديقة بيت سلوى (B) ، ثم بعد ذلك تحركت حتى وصلت لعلبة إطعام الطيور (F) التي تضعها سلوى عادة في الحديقة لجذب الطيور . الشكل(١–٢٢) يوضح خط سير الحمامة ، ادرسه جيدًا ثم أجب عن الآتي:



الشكل (١–٢٢)

أ) المسافة الكلية التي قطعتها الحمامة لتصل إلى علبة الطعام .

ب) باستخدام مقياس رسم مناسب ارسم مسار الحمامة على ورق رسم بياني ثم احسب الإزاحة الكلية.

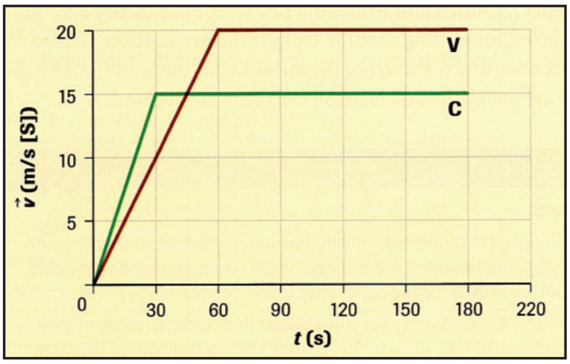
٢ يوضح الجدول أدناه بيانات لأحد ممارسي رياضة المشي بحيث يتحرك بتسارعٍ منتظمٍ من السكون، استخدم البيانات في الجدول ثم أجب عن الآتي:

الزمن t/s	0	0.2	0.4	0.6	0.8
المسافة d/m	0	0.26	1.0	2.3	4.2

أ) ارسم منحنيً لكلٍّ من (السرعة – الزمن) و (التسارع - الزمن) .

ب) استخدم إحدى معادلات الحركة الخطية للتأكد من قيمة التسارع في (أ) .

٣ وقفت عند إشارة المرور الحمراء سيارة (C) بجانب حافلة (V) ، وبعد تحول الإشارة إلى الخضراء انطلقت كلتا المركبتين وفق البيانات الموضحة بالمنحنى في الشكل (١-٢٣) .



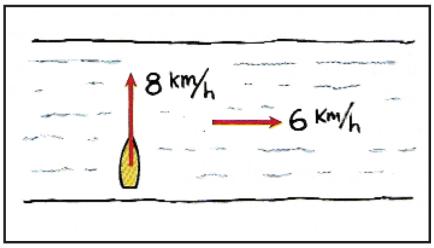
الشكل (١-٢٣)

أ) عند أي لحظة (زمن) كانت كل من المركبتين لها نفس السرعة بعد تحول الإشارة الخضراء؟

ب) عند أي لحظة (زمن) استطاعت الحافلة (V) تجاوز السيارة (C) ؟ (ملاحظة : الإزاحة متساوية للمركبتين) .

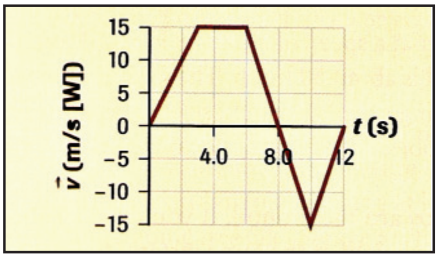
ج) احسب مقدار الإزاحة للمركبتين من البيانات المعطاة عندما تجاوزت الحافلة (V) السيارة (C).

٤ يتحرك قارب بسرعة 8 km/h بعرض نهر كما هو موضح في الشكل (١-٢٤)، فإذا علمت أن ماء النهر ينساب بسرعة 6 km/h احسب السرعة المحصلة التي يتحرك بها القارب واتجاهها.



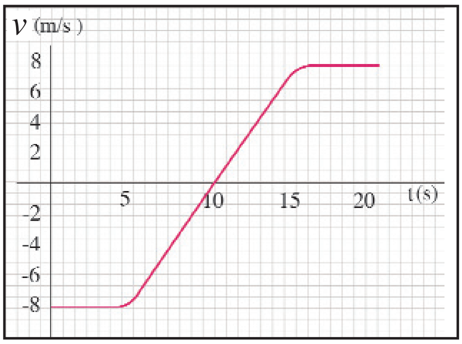
الشكل (١-٢٤)

٥ استخدم البيانات الموضحة في منحنى (السرعة – الزمن) الشكل (١-٢٥) لرسم منحنى (التسارع - الزمن) لنفس الجسم .



الشكل (١-٢٥)

٦ يوضح منحنى (السرعة - الزمن) الشكل (١-٢٦) بيانات جسم يتحرك حركة خطية ، ادرس الشكل جيدًا ثم احسب كلاًّ من :



الشكل (١-٢٦)

أ) التسارع المتوسط للجسم عند الفترات الزمنية (0-5 s) و(5-15 s) و(15 -20 s).

ب) قيمة التسارع اللحظي عند 2 s وعند 10 s.

٧ كل من متجهي الإزاحة $(\overrightarrow{A})$ و $(\overrightarrow{B})$ لهما نفس القيمة وتساوي 3 أما اتجاه كل منهما فيوضحه الشكل (١-٢٧).

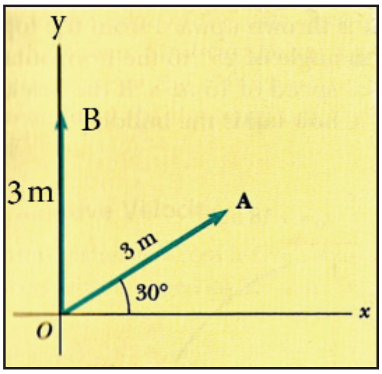
وضِّح بيانيًّا كلاًّ من :

أ) $\overrightarrow{A} + \overrightarrow{B}$

ب) $\overrightarrow{A} - \overrightarrow{B}$

ج) $\overrightarrow{B} - \overrightarrow{A}$

د) $\overrightarrow{A} - 2\overrightarrow{B}$



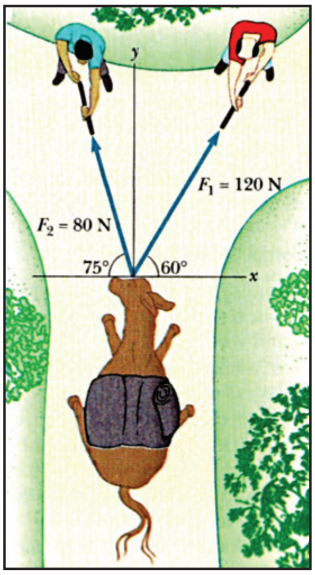
الشكل (١-٢٧)

٨ يقوم رجلان من جمعية الرفق بالحيوان بمساعدة أحد الحيوانات الضخمة سقط في حفرة عميقة في إحدى الغابات، يوضح الشكل (١–٢٨) القوة التي يبذلها كل من الرجلين لرفع الحيوان الضخم .

استخدم البيانات الموضحة بالرسم ثم احسب ما يلي:

أ) محصلة القوى التي يبذلها الرجلان .

ب) القوة التي يمكن أن يبذلها رجل ثالث على الحيوان بحيث تساوي المحصلة النهائية صفرًا.



الشكل (١–٢٨)