



دليل المعلم الفصل الدراسي الأول الصف العاشر

10

الفصل الدراسي الأول

Hisas
Ortine

الناشر

المركز الوطني لتطوير المناهج

يسير المركز الوطني لتطوير المناهج، وزارة التربية والتعليم - إدارة المناهج والكتب المدرسية،
استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العنوانين الآتية:
هاتف: 8-4617304/5، فاكس: 4637569، ص. ب: 1930، الرمز البريدي: 11118
أو بوساطة البريد الإلكتروني: scientific.division@moe.gov.jo

بنية كتاب الطالب: دورة التعلم الخمسية

صممت وحدات كتاب الطالب وفق دورة التعلم الخمسية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعليمية، وتُوفّر لهم فرصاً عديدة للاستقصاء، وحل المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا. وتتضمن ما يأتي:

الاستكشاف :Exploration 2

مشاركة الطلبة في الموضوع؛ ما يمنحهم فرصةً لبناء فهتمهم الخاص. ويجمع الطلبة في هذه المرحلة بيانات مباشرة تتعلق بالمفهوم الذي يدرسوه عن طريق إجراء أنشطة عملية متنوعة وجاذبة، منها ما يعتمد المنحى التكاملي (STEAM) الذي يساعد الطلبة على اكتساب مهارات العلم.

تجربة استهلالية

ناتج جمع قوتين عملياً

ادعك هنا أنَّ مجموع قوتين مقدار كل منهما 5 نوتن في جسم، هو $5N + 5N = 10N$ ، في حين أدعى سادس أنَّ مجموع القوتين $5N + 5N = 10N$ ، أيهما تُؤكِّد؟

إرشادات السلامة: الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القديمين.

خطوات العمل: بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أثذن الخطوات الآتية:

- أقْبَلَ الميزان الأول كما في الشكل (أ)، ثمَّ أَدْوَنَ القراءة.
- أقْبَلَ الميزان الثاني بالحلاقة، إضافة إلى الميزان الأول كما في الشكل (ب)، ثمَّ أَدْوَنَ قراءة كلٍّ من الميزاني.
- أقْبَلَ أَدْوَنَ من الميزاني في الشكل (ب)، أحدهما إلى اليمين، والآخر إلى اليسار كما في الشكل (ج)، حتى تصبح قراءة كلٍّ ميزان مساوية لقراءة الميزان في الشكل (أ)، ثمَّ أَدْوَنَ كل قراءة.

التحليل والاستنتاج:

- ماذا تأشَّلَ قراءة الميزان الأول في الحالة (أ)؟
- كيف تغيَّرت قراءة كلٍّ من الميزاني في الحالات (ب) و (ج)؟
- أقْرَأَ مجموع قراءة الموزعين في الحالة (ب) والحالة (ج) بوزن المثلث.
- أُفْتَ أَدْوَنَ أَيُّهُما أَوْيَدَ: أَدْعَاءَ هَا أَمْ أَدْعَاءَ يَهَانَ، مَاذَا أَسْتَخِجُ؟

9

التهيئة :Engagement 1

إثارة فضول الطلبة الطبيعي ودافعيتهم للبحث والاستكشاف، وتنشيط المعرفة السابقة بال موضوع.

أتأمل الصورة

يكون هبوط الطائرات باتجاه موازٍ لمدرج المطار في الأحوال الاعتيادية، ولكن الطيارة يواجه صعوبات في أثناء عملية الهبوط في الأحوال العاصفة؛ إذ تكون الرياح العرضية نشطة جداً، فيلجأ الطيارة إلى توجيه مقدمة الطائرة بشكل متعرج عن اتجاه المدرج بعكس اتجاه هذه الرياح، كما هو مُبيَّن في الصورة. وهذا ما حدث مع طيارة أردنية؛ إذ تمكَّن من الهبوط بأمان على الرغم من العاصفة القوية التي ضربَت مطار هيثرو في لندن عام 2020 م، علماً باَنَّه تعرَّضَ على عشرين طائرةً للهبوط وقتها.

فما الهدف من توجيه الطيارة مقدمة الطائرة نحو الاتجاه المبيَّن في الشكل؟ ما أثر ذلك في السلامة العامة؟

التقويم :Evaluation 5

التحق من تعلم الطلبة وفهمهم للموضوع، ومنح المعلم فرصة لتعرف نقاط القوة والضعف لدى طلبه.

<p>مراجعة الوحدة</p> <p>6. صرَّحت سالفة كثافة سرعة مقدارها 20 m/s في الاتجاه الناتج في الشكل المجرور أنَّ الناتج الأفقي للسرعة:</p> <p>a. $20 \cos 120^\circ$. b. $20 \cos 60^\circ$. c. $20 \sin 120^\circ$. d. $20 \cos 30^\circ$.</p> <p>2. لـ لقطة: ركز اللاعب كرة قدم مكثفها 1 kg بسرعة 0.4 m/s باتجاه 30° ملحوظة. الاتجاه يصطف زاوية مقدارها 37° مع سطح الأرض الأفقي، وبتسارع مقداره 10 m/s^2 استقرتكرة مذكورة مذكرة مقدارها 6 N تعود إلى مستوى سطح الأرض.</p> <p>a. أخذ الكثافة المتجهة والمكتاب اليسابع. b. أخذ الكثافة المتجهة بيدوا. c. حل المثلث المحيط للحساب المطلوب؟ أشتَرِجَيْه.</p> <p>3. لـ لقطة: توفر قوى عادةً في حجم كذا في المثلث المحيط.</p> <p>أوجد المقدار والاتجاه المحسنة المغير المذكورة في الجسم بالطريقة التحليلية.</p> <p>4. أُنْسَتَ مثقبون: الأول $F = 8 \text{ N}$ في اتجاه محور (y)، والثاني $F = 5 \text{ m}$ في اتجاه محور (x). أجد:</p> <p>a. $3F$. b. $0.5r$. c. $r \times F$. d. $r \times r$. e. r.</p> <p>5. لـ المشكلة: التلقط نور من منزلتها سيراً على الأقدام، ووقفت مسافة 400 m بجهة الغرب، ثمَّ توجهت شمالاً ووقفت مسافة 200 m متذبذباً خطوط مستقيم، فكم متراً يجب أن تسير في اتجاه وينبع عليها السير حتى تصل منزلتها؟</p>	<p>مراجعة الوحدة</p> <p>1. أضف دائرة حول رقم الجملة الصحيحة لحل جملة مما يلي:</p> <p>الكتلة المئوية من الكثبات الفزاعية الآتية هي:</p> <ol style="list-style-type: none"> عند المسارين في الطائرة. الكتلة المئوية لإلاعنة الطائرة. تصريف الماء في الثلاجة الباردة. حجم وفود الطائرة. <p>2. عند حجم المثلث: 30 N و 20 N مجمعاً مثقبوها، فإن الناتج غير الصحيح من الواقع المشحونة الآتية هو:</p> <ol style="list-style-type: none"> 10 N. 20 N. 50 N. 55 N. <p>3. حاصل الضرب المثلثي $B \times A$ في الشكل المجرور هو:</p> <ol style="list-style-type: none"> $AB \sin 90^\circ$. $AB \sin 30^\circ$. $AB \sin 120^\circ$. $AB \cos 90^\circ$. <p>4. العددة بين تضييف الناتج a_1، a_2، a_3 على العلاقة $(a_1 - a_2 = 0)$ هي:</p> <ol style="list-style-type: none"> الثقبان a_1، a_2 متساويان في المقدار، ومتعددان في الاتجاه. الثقبان a_1، a_2 متساويان في المقدار، وفي الاتجاه نفسه. الثقبان a_1، a_2 مختلفان في المقدار، وفي الاتجاه نفسه. الثقبان a_1، a_2 مختلفان في المقدار، ومتعددان في الاتجاه. <p>5. المقدار والاتجاه المحسنة القوى في الشكل المجرور هما:</p> <ol style="list-style-type: none"> 30 N باتجاه محور (y). 30 N باتجاه محور (x). 10 N باتجاه محور (y). 0 N.
--	--

37

36

3 الشرح والتفسير :Explanation

تقديم محتوى يتسم بالتنوع في أساليب العرض، ويضم العديد من الصور والأشكال التوضيحية والرسوم البيانية المرتبطة بالموضوع؛ مما يمنح الطلبة فرصةً لبناء المفهوم.

أ. الكيفيات الفيزيائية

يوجع عاصيَّة الكيفيات الفيزيائية إلى قصبيِّ رئيسيِّين، هما:

- الـ **كيفيات المقدار** التي تأخذُ فقط بمقدار، ولا يوجد لها اتجاهٌ في الشكل (١)، يكتفي بالقول أنَّ درجة حرارة الجسيم ٩٠°C، ويسنَّ سلاليٍ أحدَةٍ دلاليٍ في المفتَّ عن مقدارٍ كثيفٍ، فإذاً أجرَىَ حادثَ ٥٠ kg، ومن الأمثلة الأخرى على الكيفيات المقدارية (Scalar quantities) الحجم، والطاقة، والضغط.
- الـ **كيفيات المتجهية**

هي الكيفيات التي تأخذُ بمقدارٍ بالإضافة إلى اتجاهًا، ففيما يخطُّ سرعة الريح مثلاً في الشكل (٢) لا يكتفى بالقول أنَّ مقدارها وصفتها كالتالي، وكذلك لا يكتفى بالقول أنَّ المقدار ينطوي على مقدارٍ واتجاهٍ، فهو يُذكر كلَّ المقدار واتجاهٍ على التوالي على الحرف (Vector quantities) على الأرجاء، والأسلاك، والغلو.

المفهوم الفيزيائي

الـ **الدرس**

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

4 التوسيع :Elaboration

تزويد الطلبة بخبرات إضافية لإثارة مهارات الاستقصاء لديهم، عن طريق إشراكهم في تجارب وأنشطة جديدة تكون أشبه بتحْدُّ يُفضي إلى التوسيع في الموضوع، أو تعزيز فهمه.

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١

الـ ١

الـ ٢

الـ ٣

الـ ٤

الـ ٥

الـ ٦

الـ ٧

الـ ٨

الـ ٩

الـ ١٠

الـ ١١</

يشمل الدرس عناصر متعددة، عرضت بسلسل بنائي واضح؛ مما يسهل تعلم الطلبة المفاهيم والمعارف والأفكار الواردة في الدرس.

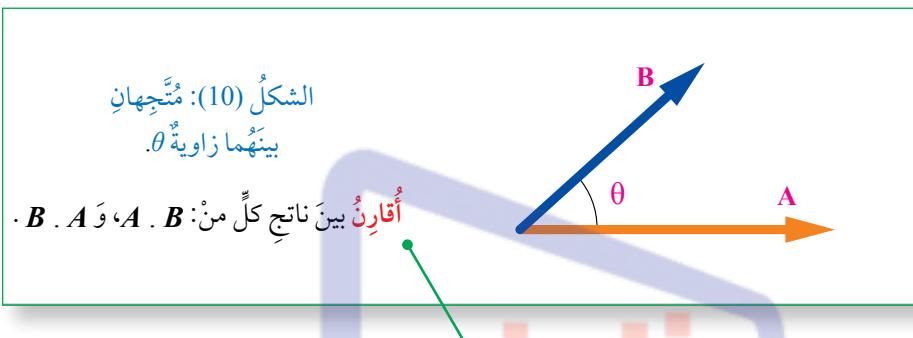
عناصر محتوى الدرس

الفكرة الرئيسية

تضمن تلخيص المفاهيم والأفكار والمعارف التي سيتعلمها الطالب خلال الدرس

الفكرة الرئيسية:

للمجامات المتجهة خصائص تمتاز بها عن الكميات القياسية.



أسئلة الأشكال

أسئلة إجابتها تكون من الصورة لتدريب الطلبة على التحليل.

أفك

تنمية مهارات التفكير

أفكز
ما الذي يكون اتجاه التسارع
دائماً في نفس اتجاه محصلة
القوى $\sum F$ ؟

ب. الكميات المتجهة

هي الكميات التي تحدد بالمقدار والاتجاه معًا. ففي ما يخص سرعة الرياح مثلاً في الشكل (1)، لا يكفي بالقول إن مقدارها سرعة الرياح 24 km/h، وإنما يجب تحديداً اتجاهها نحو الشرق لكنه يصبح وصفها كاملاً. وكذلك للاعب كرة القدم، فهو يركّب الكرة بقدمه لتطello بسرعة كبيرة وفي اتجاه محدّد لكنه يسحق هدفاً في المرمى. ومن الأمثلة الأخرى على الكميات المتجهة (Vector quantities): الإزاحة، والتسارع، والغلو.

المفاهيم والمصطلحات

تظهر بخط غامق؛ للتركيز عليها وجذب انتباه الطالب لها.

شرح محتوى الدرس

شرح محتوى الدرس بعبارات بسيطة تراعي الفئة العمرية وخصائص الطلبة النهائية. ونظم الشرح بحيث تشمل على عناوين رئيسة يتعرف منها عناوين ثانوية وأحياناً تدرج عناوين فرعية من العناوين الثانوية وتظهر بألوان مختلفة.

الكميات القياسية والكميات المتجهة

Scalar and Vector Quantities

الكميات الفيزيائية

Physical Quantities

نتعامل في حياتنا مع كميات فيزيائية عديدة؛ سواءً أكانت كميات أساسية (مثل: الزمن، ودرجة الحرارة، والكتلة، والطول)، أو كميات مشتقة (مثل: الغلو، والسرعة، والتسارع)، ويعبر عن بعض تلك الكميات بعدد ووحدة مناسبين، فنقول مثلاً إن كتلة الحقيقة 6 kg، وسرعة الطائرة 200 m/s. ولكن، هل كان وصف كلّ من الكميات كافيًّا؟

يوضح الشكل (1) حالة الطقس المتوقعة في العاصمة عمان بحسب تنبؤات دائرة الأرصاد الجوية الأردنية. ما الكميّات الفيزيائية التي ظهرت في الشّرة الجويّة؟ هل اختلف وصف كلّ منها عن غيره؟

يلاحظ وجود كميات فيزيائية يمكن وصفها وصفاً كاملاً بتحديد مقدارها فقط، وأخرى يتلزم تحديد مقدارها واتجاهها معًا.

في النهار

الطقس

أمطار خفيفة

9°C

24 km/h



محافظة العاصمة - عمان

درجة الحرارة

سرعة الرياح

اتجاه الرياح



نظرة عامة على كتاب الطالب

تجربة



التجربة ١

إيجاد محصلة قوتين بصورة عملية

المواضي والأدوات: طاولة القوى، مجموعات من الأقلال تتكون كل منها من ثلاثة أقفال متساوية في الكتلة، ميزان إلكتروني (حسن)، ثلاثة حوامل أقفال.

ارشادات السلامة: الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

التحليل والاستنتاج:

1. أحسب القوى الثلاث الموزونة في العلاقة: $F = mg$, حيث m : كتلة القوى، F : العلقة.

2. أضع طاولة القوى على سطح مستو، واستعمل الميزان لقياس كتلة حامل الأقلال، ثم أدون النتيجة.

3. أغلق الأقلال الثلاثة (كل قفل بخط)، ثم أضبط خطياً منها على تدرج الصغر 0° ، وخيطاً آخر على تدرج 120° ، وأحرك الخيط المتبقى حتى ينطبق مركز الحلقة على مركز طاولة القوى، ثم أدون التدرج الذي انطبق عليه الخيط.

4. أكرر الخطوة الثانية باستخدام ثلاثة أقفال أخرى متساوية. هل تغيرت النتيجة؟

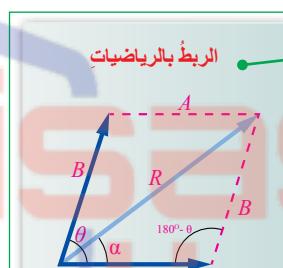
خبرات عملية تكسب الطالب مهارات ومعارف متنوعة ومنها ما هو على المنحي التكاملي (STEAM).

المهارات

تحدي قدرات الطلبة في مجال التفسير، والتحليل، ومعالجة المعلومات؛ لذا فهي تبني قدراتهم على التأمل، والتفكير والاستقصاء، لتحقيق مفهوم التعلم مدى الحياة

الربط

تقدّم معلومات بعرض التكامل مع المباحث الأخرى أو ربط تعلم الطالب مع مجالات الحياة؛ ليصبح تعلمه ذا معنى.



لإيجاد المحصلة R للمتغيرين:
أ، و B اللذين ينتهيما زاوية (θ)
طريقه رياضية، يستخدم قانون جيب التمام:

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cos(180^\circ - \theta) \\ \rightarrow R^2 = A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta$$

ولتحديد اتجاه المحصلة (الزاوية α)، يستخدم قانون الجيب:

$$\sin \alpha = \frac{B \sin \theta}{R}$$

أسئلة مراجعة الدرس

أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسة والمفاهيم والمصطلحات والمهارات.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسية:** أذكر اختلافاً واحداً وتشابهاً واحداً بين:
أ. الكمية المتجهة والكمية القياسية. ب. المتجه وسالب المتجه.
ج. الضرب القياسي والضرب المتجهي.

2. **أصنف** الكميات الآتية إلى متجهة، وقياسية:
• زمن الحصة الصافية. • قوة الجاذبية الأرضية.
• درجة حرارة المريض. • كتلة الحقيقة المدرسية.
• المقاومة الكهربائية.

تقدير تكويني

أسئلة للتحقق من مدى فهم الطالبة أثناء سير التعلم (تقدير تكويني).

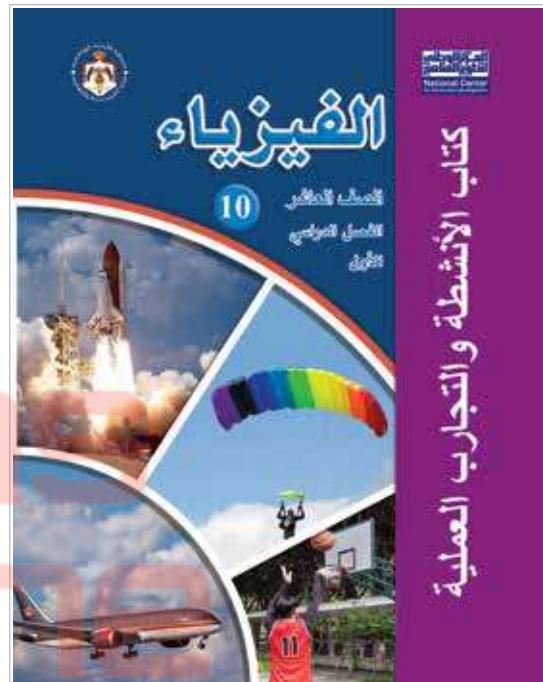
أتحقق: كيف يمكن تحديد كل من طول السهم واتجاهه عند تمثيل المتجه بيانياً؟ ✓

بنية كتاب الأنشطة والتجارب العملية

يخصص كتاب الأنشطة والتجارب العملية لتسجيل الملاحظات ونتائج الأنشطة والتمارين التي ينفذها الطلبة، وما يتعلمونه بشكل رئيس في الدروس. ويتضمن كتاب الأنشطة والتجارب العملية توجيهات للطلبة بشأن ما يجب القيام به. ويسهم في تقديم تغذية راجعة مكتوبة حول تعلم الطلبة وأدائهم.

أوراق عمل خاصة بالأنشطة الموجدة في كتاب الطالب.

تتضمن أوراق العمل المواد والأدوات الازمة لإجراء النشاط، وإرشادات السلامة الواجب اتباعها في أثناء إجراءات التنفيذ. وتوضح فيها إجراءات العمل مع وجود أماكن مخصصة لتدوين الملاحظات والتائج التي توصل إليها الطلبة. وتتضمن بعض أوراق العمل صوراً توضيحية لبعض الإجراءات التي توجب ذلك.



التجربة 1 قياس تسارع السقوط الحرّ عملياً

تجربة استهلاكية

الخلفية العلمية: تعرف المقدمة بأنها كمية فيزياية متجهة ذات مقدار واتجاه، وهي تُقاس بوحدة نيوتن (N)، ويمكن تحديد مقدارها باستعمال الميزان النابض.

عند جمع قوتين أو أكثر، فإنَّ تائج عملية الجمع يعتمد على اتجاهات تلك القوى، وعلى مقاديرها، وهذا يختلف عن الجمع الجبرى للأعداد، وجمع الكميات الفизياتية التي لها مقدار فقط. توضح هذه التجربة كيفية جمع المتجهات بصورة عملية.

ادعُ هنا أنَّ مجموع قوتين مقدار كلٍ مُمْتَزٍ 5 نيوتن في حجم، هو $N + 5N = 5N$ ، في حين أدعُ يمَّا أنَّ مجموع قوتين مقدار كلٍ مُمْتَزٍ 5 نيوتن في حجم، هو $5N + 5N = 10N$. أيهما ثوُيد؟

الهدف:

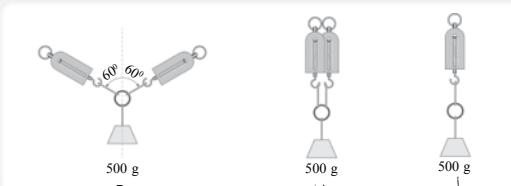
التبسيط بين جمع القوى وجمع الأعداد.

المواد والأدوات:

تقل كتلته 50g، ميزان نابضان، ثلاثة خيوط متساوية في الطول، حلقة مُهمَّة الوزن تقريباً.

إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.



خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أفقُّ الخطوات الآتية:

1. أقيِّسَ أثْلَى التَّقْلُّبَ بالميزان الأول كما في الشكل (أ)، ثمَّ أُدْرُّ القراءة في الجدول.

الخلفية العلمية:

تضُّئُ هذه التجربة قياس مسافة حركة الكثرة بين نقطتين باستخدام المسطرة، أو الشريط المترى، وقياس زمن انتقال الكثرة بين هاتين النقطتين، ثمَّ

تطبيق معادلة الحركة الآتية:

$$\Delta y = v_0 \Delta t + \frac{1}{2} a(\Delta t)^2$$

حيث:

(Δy) السرعة الابتدائية، وتساوي (0).

(Δt) الزمن الكلى.

وعند تقليل المتغيرات بين طرفي المعادلة، فإنَّها تصبح

$$2\Delta y = a(\Delta t)^2$$

لحساب تسارع السقوط الحرّ بصورة دقيقة جداً، يجدر

تكرار المحاولة مرات عدة، ورسم العلاقة البيانية بين

المتغيرين: (Δy) على المحور الأفقي، و(Δt) على

المحور الرأسى ثم إيجاد بيل منحنى هذه العلاقة.

الهدف:

حساب تسارع السقوط الحرّ.

المواد والأدوات:

كرة مطاطية صغيرة، بوابان ضوبيتان، عدّل زماني رقمي، شريط قياس مترٌ، ح

إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

ملحوظة: تأثير الهواء في الكرة المطاطية قليل جداً، ومن الممكن إهماله مقارنة

الوحدة 2 حساب المتجهات

نظرة عامة على كتاب الأنشطة والتجارب العلمية

تجربة إثرائية

تأثير مقاومة الهواء في سقوط الأجسام قرب سطح الأرض



والمتعلقة بسقوط الأجسام الحرّ، فإذاً يطلب إثمارًا مقاومة الهواء، وافتراض أنَّ المسالك العملية الخاصة بالمشاهدات الواقعية، فإنَّ الأجسام لا تسقط بتسارٍ هوائي لحركتها، إذ تُشاهد سقوط أوراق الشجر وريشة المصفر وغير ذلك من ردة مخالفةٍ عن سقوط الحجر والكرة الطائلة والأجسام التقليدية الأخرى، فمنذ ردة جولف من الارتفاع نفسه، مجدًّا أنَّ كرة جولف تبقى في حالة تسارع حتى حين تسقط وفقَ الشجر يتضاعف في بداية حركتها، ثمَّ تكتُل مساحتها ثبات سرعتها؟

على تأثير وزنها نحو الأسفل، وبشكلٍ إجمالي مقاومة الهواء لحركتها لأنَّها في حين تؤثر مقاومة الهواء في ورقة الشجر تأثيرًا كبيرًا نسبيًّا إلى وزنها ما يجعلها ثابتة.

يُطلب تأثير وزنها ومقاومة الهواء، فإذاً تبدأ حركتها يتضاعف يجعل سرعتها في زاد مقاومة الهواء للجسم كلما زادت سرعته حتى تصبح مقاومة الهواء متساويةً بطيءً ملحوظًّا، ويتقدَّم مرحلةً جديدةً من الحركة بسرعة ثابتة، تتساوِي عندها مقاومة الهواء لحركة الجسم مع وزنه السرعة الحالية terminal velocity.

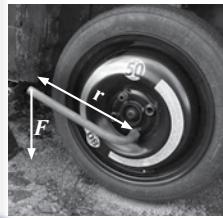
بالرغم من (٧)،

تجارب على سقوط أجسام مختلفة في الهواء، وقد أظهرت نتائجها أنَّ مقاومة تتناسب طرديًّا مع مربع سرعة الجسم؛ ككلما زادت سرعة سقوط الجسم زادت أمان السرعة الحالية للجسم، فلأنَّها تأثيرٌ بكتيرى؛ فلا جاسم ذات الكتل الكبيرة تصل في حين تصل الأجسام الخفيفة إلى سرعتها الحالية الصغيرة في زمن قليل.

Motion

تجربة إثرائية

مركبة القوة وعلاقتها بحركة الأجسام



الخلفية العلمية: قد تشنَّد على إحدى أطراف المفتاح الخاص بذلك، كما في الشكل، بالرغم من تأثيره بأنفسه قُوىًّا للذئب على طرف دراع المفتاح، فإذاً يُطلب لحل هذه المشكلة؟

يمكن للشخص إطالةَ دراع المفتاح (٢) باستخدام ماسورة متأنٍّ ما يُسْهلُ عليه ذلك، أي يزيد عنم القوة (رسوت آلة يزيد القوة نفسها؛ أي يزيد عنم القوة (رسوت آدرس هذا الموضوع في صورتين لاحقَة)، إذ يتناقض مقدار عنم القوة طرديًّا مع طول دراعها (مقدار متجه القوة في زراعة عنم الموق)، ولكن، هل يؤثُّ اتجاه القوة في زراعة عنم القوة يُصْبِّغُ فك البرغي أكثر سهولة؟

تجربة إثرائية.

يشتمل كتاب الأنشطة والتجارب العلمية على تجارب إثرائية، منها ما يعمّق فهم الطالبة لموضوع الدرس، ومنها ما يتيح للطلبة فرصة التوسيع في المعرفة في موضوع ما.

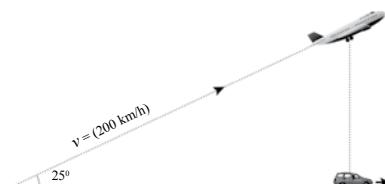
أسئلة اختبارات دولية أو على نمطها.

يتضمن كتاب الأنشطة والتجارب العلمية عدداً من أسئلة الاختبارات الدولية أو على نمطها، لأنها تُركز على إتقان العمليات واستيعاب المفاهيم، والقدرة على توظيفها في مواقف حياتية واقعية، ولتشجيع المعلم على بناء نماذج اختبارات تحاكي هذه الأسئلة؛ لما لها من أثر في إثارة تفكير الطلبة، ما قد يُسهم في جعل التفكير العلمي المنطقي نمط تفكير للطلبة في حياتهم اليومية.

أسئلة اختبارات دولية، أو أسئلة على نمطها

السؤال الأول:

تُقلع طائرة بسرعة (200 km/h) باتجاه يصنع زاوية (25°) مع سطح المدرج الأفقي للمطار، وفرين الصيانة في المطار يتابع حركة عجلات الطائرة في أثناء عملية الإقلاع باستخدام عربة، بحيث يكون موقع العربة أدنى العجلات مباشرةً باستثناء في أثناء زمن الإقلاع كما في الشكل المجاور، مقدار سرعة العربة الأفقيَّة على المدرج هو:



- أ- (200 km/h)
- ب- (181 km/h)
- ج- (222 km/h)
- د- ($.84 \text{ km/h}$)

أسئلة اختبارات دولية

السؤال الأول:



وقف رائد فضاء على سطح القمر، ثمَّ أُسقط ريشة ورقاً، ولكن، عند تنفيذه هذه التجربة على سطح الأرض، بما في ذلك المشاهدين؟

- أ- تسقط البظرفة على سطح الأرض قبل الرمي.
- ب- تسقط البظرفة على سطح الأرض متساوية وزن الريشة.
- ج- تسقط البظرفة على سطح الأرض قبل الرمي، أما على سطح القمر فلا يرمي.
- د- تسقط البظرفة والريشة معاً على سطح القمر.

دليل المعلم

يُقدم الدليل نظرة عامة عن كل وحدة في كتاب الطالب والدروس المكونة لها. ويعرض الدرس وفق

نموذج تدريسي مكون من ثلاث مراحل، ينفذ كل منها من خلال عناصر محددة. وتببدأ كل وحدة بمصفوفة نتاجات تتضمن نتاجات الوحدة والنتائج السابقة واللاحقة المرتبطة بها؛ لتعيين المعلم على الترابط الرئيسي للمفاهيم والأفكار، ولتساعده في تصميم أنشطة التعلم والتعليم في الوحدة وتنفيذها.

تقديم الدرس

1

الفكرة الرئيسية:

اطرح السؤال الآتي على الطبة:
قطان، مقدار الأول N = 50، ومقدار الثانية N = 30. إذا كانتا في مستوى واحد أفقى، وأثروا في صندوق موضوع على سطح أفقى أملس موازٍ لمستوى القوتين، في جمجمة القوتين؟
الربط بمعرفة السابقة:

مراجعة مربعة النسب المثلثية في الرياضيات (جا، sin، جتا، cos، ظا) وكذلك نظرية فيثاغورس، من خلال رسم مثلث قائم الزاوية، وتوضيح النسب المثلثية وكيفية إيجادوتر المثلث وربط ذلك كله مع تحليم المتجهات وإيجاد مقدار واتجاه مخلة عدة

مناقشة:

اتكتب على اللوح معادلة الضرب النقطي: $B = AB \cos \theta$. ثم نقاش الطلبة في هذه المعادلة، وطرح الأسئلة الآتية:
ما أكبر قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟ صفر.
و عند أي زاوية 90° صفر.
ما أقل قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟ صفر.
و عند أي زاوية 90° صفر.
متى تكون القيمية الجبرية لخالص الضرب النقطي سالبة؟ فسر إجابتك.
عندما تكون الزاوية بين المتجهين أكبر من 90°، وأقل أو تساوي 180°.

مراحل نموذج التدريس

تقديم الدرس

1

تقديم الدرس يشمل ما يأتي:

الفكرة الرئيسية:

التوضيح للمعلم كيفية عرض الفكرة الرئيسية للدرس.

الربط بالمعرفة السابقة

يُقصد به تنشيط التعلم السابق للطالب، الذي يُعد أساساً ليتعرف على تنظيم المعلومات، وطرائق تراثتها. ويُقدم الدليل مقترحات عدّة لهذا الربط، وينتهي بطرق متعددة تختلف باختلاف موضوع الدرس.

الدرس

2

الدرس يشمل ما يأتي:

المناقشة

يُقدم الدليل للمعلم مقترحات لمناقشة الطلبة في موضوع الدرس، مثل الأسئلة التي تمهد للحوار بين المعلم وطلبه، وتقدم إجابات مقترنة بها، تمنح المناقشة الطلبة فرصةً للتعبير عن آرائهم، وتعلّمهم تنظيم أفكارهم، وحسن الإصغاء، واحترام الرأي الآخر، وتزيد من ثقتهم بأنفسهم.

بناء المفهوم

تنوعت طرائق بناء المفهوم بالدليل وذلك بحسب طبيعة المفهوم. ويُقدم الدليل أفكاراً مقترنة لبناء المفاهيم الواردة في كتاب الطالب.

استخدام الصور والأشكال

تُنمّي الصور والأشكال الثقافة البصرية، وتوضّح المفاهيم الواردة في الدرس. يُبيّن الدليل للمعلم كيفية توظيفه الصور والأشكال في عملية التدريس، ويرشده إلى كيفية الإفاده منها في تحفيزهم على التفكير.

إضاءة للمعلم

استخدام الصور والأشكال:

اعرض على الطلبة المتجهات (F, 1, 2, 3, 4) التي في الشكل، ثم اطرح عليهم السؤال الآتيين:
1. عبر عن مقدار كلٍّ من هذه المتجهات بدلالة المتجه F.
2. حدد اتجاه كلٍّ منها.

إضاءة للمعلم

يُستخدم مقياس الرسم في الخراطط الجغرافية والمخططات الهندسية وغيرها لتمثيل الكميّات الكبيرة جدًا، أو الصغيرة جدًا، التي لا يمكن تمثيلها بمقاييسها الحقيقية. ولتمثيل الكميّات الفيزيائية المتّجهة بدقة، يُستخدم مقياس رسم مناسب لمقدار الكمية المراد تمثيلها، بحيث تتناسب وحجم الورق المستعمل، وذلك برسم سهم طوله يُمثل مقدار الكمية المتّجهة، واتجاه السهم يُمثل اتجاهها كما في الشكل الآتي:

معلومات للمعلم تُسهم في إعطائه تفصيلات محددة عن موضوع ما. وقد تُسهم الإضاءة في تقديم إجابات لأسئلة الطلبة التي تكون غالباً خارج نطاق المعلومة الواردة في الكتاب.

• أخطاء شائعة

قد يكون لدى بعض الطلبة بناء معرفي غير صحيح، يذكر الدليل هذه الأخطاء.

أخطاء شائعة

يخلط بعض الطلبة بين طرح المتوجه وسائل المتوجه؛ لذا وُضِّح لهم أنَّ طرح المتوجه هو جمعُ سالب المتوجه؛ أيُّ إنَّ سالب المتوجه جزئيةٌ من طرح المتوجه.

طريقة أخرى للتدريس

ربما يجد بعض الطلبة صعوبة في تحديد اتجاه ناتج الضرب المتوجه؛ لذا يُمْكِن استعمال طريقة أخرى (إضافة إلى قاعدة كف اليد اليمنى)، هي قاعدة قبضة اليد اليمنى على النحو الآتي:

لفترض أنَّ $C = A \times B$ ، حيث يُمثل المتوجه C ناتج الضرب المتوجه L : $A \times B$. فإذا أردنا - مثلاً - تحديد اتجاه C ، فإنَّا نُحرِّكُ الأصلين الأربع لكتف اليد اليمنى من اتجاه A إلى اتجاه B عبر الزاوية الصغرى، فيشير اتجاه الإيمان إلى اتجاه C ; أي إلى اتجاه محور Z كما في الشكل؛ إذ يكون المتوجه C متعامداً دائمًا مع كلٍ من المتجهين A ، و B . وبالطريقة نفسها، يمكن أيضًا استعمال قاعدة البرغي بدلاً من قبضة اليد اليمنى.

يقدم الدليل مقترنات لتدريس المفهوم بأكثر من طريقة. ويمكن للمعلم الاستفادة من تنوع الطرائق المقدمة لتدريس المفهوم ما في خططه العلاجية؛ لمعالجة ضعف بعض الطلبة، إضافةً إلى إمكانية الإفادة منها في تقديم المفهوم بطرائق تنسجم مع خصائص الطلبة وذكاءاتهم المختلفة.

نشاط سريع

● ذكر الطلبة بالفرق بين المسافة والإزاحة، ثم حدد على اللوح نقطة البداية.
● اطلب إلى عدد من الطلبة رسم خط مستقيم، طوله 20 cm، من نقطة البداية تنتهي، كل على حدة، ثم رسم سهم في نهاية الخط ليدل على اتجاه الحركة. سلِّمُوا الخطوط لهم بمصلوٍ إلى نقطة ال نهاية نفسها بالرغم من أنَّ نقطة البداية هي نفسها، وكذلك الحال بالنسبة إلى المسافة التي قطعواها؛ أيُّ إنَّ مقدار الإزاحة ثابت، ولكنَّ اختلاف اتجاهها أدى إلى اختلاف إزاحة كلٍّ منهم؛ ما يعني أنَّ الإزاحة كمية متوجة تتطلب تحديد المقدار والاتجاه.

• نشاط سريع

يسهم هذا النشاط في التنسيق بين الموقف التعليمي وأحد المواقف في الحياة العملية، ويستثير قدرات الطلبة، وينجذب جانب الملل لديهم.

معلومات إضافية

● من الأمثلة الفيزيائية على ضرب المتوجه في كمية قياسية (سiderose) الطالب في صفوف لاحقة: الرخم الخطبي Linear Momentum (p)، الذي يساوي ناتج ضرب الكتلة m في السرعة v ($p = m v$)، وهو كمية متوجة، واتجاهه في اتجاه السرعة.

● تُسَهِّل المعلومات الإضافية في توسيع مدارك الطلبة.

التعزيز

● سُمِّيَ الضرب القياسي بهذا الاسم لأنَّ ناتج الضرب كمية قياسية، وسُمِّيَ أيضًا بالضرب القطلي لأنَّ إشارة الضرب بين المتجهين هي نقطة (0).
● أسؤال الطلبة عن سبب تسمية الضرب المتوجهي (التقطعي) بهذا الاسم.

● معلومات تُعزِّز فهم موضوع الدرس، فضلًا عن اقتراح طرائق متنوعة لتعزيز المفهوم.

• القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمواد الدراسية

● يُيَّن الدليل للمعلم القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمواد الدراسية والموضوع المرتبط بها، ويبين له أهمية كل مفهوم في حياة الطلبة، وفي بناء شخصية متکاملة متوازنة لكل منهم.

التقويم

3

● التقويم يشمل ما يأتي:

● إجابات أسئلة مراجعة الدرس.

● إجابات أسئلة الوحدة.

التقويم في كتاب الطالب

روعي التقويم في كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتجارب العملية ودليل المعلم؛ للتحقق من فهم الطلبة، ويدعم التقويم الإنجازات الفردية، ويتيح للطلبة فرصة التأمل في تعلمهم، ووضع أهداف لأنفسهم. ويوفر التغذية الراجعة والتحفيز والتشجيع لهم. ويُوظَّف في التقويم استراتيجيات تلبي حاجات الطلبة المتنوعة. وفق ما يأتي:

تحقق

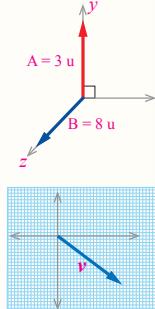
أتحقق: كيف يمكن تحديد كل من طول السهم واتجاهه عند تمثيل المتجه بيانياً؟

أسئلة للتحقق من مدى فهم الطلبة أثناء سير التعلم (تقويم تكويني).

مراجعة الدرس

- الفكرة الرئيسية:** أذكر اختلافاً واحداً وتشابهاً واحداً بين:
أ. الكمية المستجدة والكمية القياسية. ب. المتجه وسائل المتجه.
ج. الضرب القياسي والضرب المتجهي.
- أصنف** الكميّات الآتية إلى متجهة، وقياسية:
• زمن الحصة الصافية. • قوّة الجاذبية الأرضية. • درجة حرارة المريض.
• المقاومة الكهربائية. • كثافة الحقيقة المدرسية.
- أمثل بيانياً** الكميّتين المتجهتين الآتىتين:
أ. قوّة مغناطيسية مقدارها 0.25 N في اتجاه يصنع زاوية مقدارها 143° مع محور x .
ب. تسارع ثابت مقداره 4 m/s^2 في اتجاه يصنع زاوية مقدارها 30° جنوب الشرق.
- ما مقدار الزاوية بين الكميّتين المتجهتين \mathbf{F} و \mathbf{L} في الحالتين الآتىتين:
أ. $\mathbf{F} \times \mathbf{L} = 0$ ب. $\mathbf{F} \cdot \mathbf{L} = 0$ بافتران أن $\mathbf{F} \neq 0$ ، $\mathbf{L} \neq 0$ ، و $\mathbf{F} \perp \mathbf{L}$.

- احسب:** اعتماداً على العلاقة الآتية للتذبذب المغناطيسي $\Phi = B \cdot A$ ، $B = 0.1 \text{ Tesla}$ ، $A = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ ، و مقدار الزاوية بين المتجهين A و B 45° .



- احسب:** اعتماداً على البيانات في الشكل المجاور، احسب مقدار حاصل الضرب المتجهي $(\mathbf{B} \times \mathbf{A})$ ، محدداً الاتجاه (الرمز لا يعني وحدة unit).

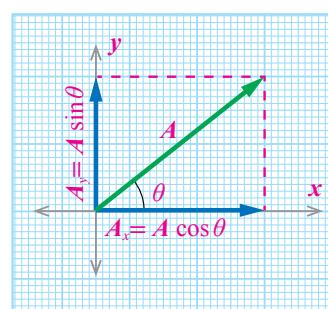
- احسب:** سيارة تسير بسرعة ثابتة 7 ، وفي اتجاه مُحَدَّد. مُنْتَهٍ سرعة السيارة بيانياً برسم سهم طوله 5 cm باستخدام مقياس الرسم $(1 \text{ cm} : 10 \text{ m/s})$ على النحو المُبيَّن في الشكل المجاور. احسب مقدار سرعة السيارة، محدداً اتجاهها.

- احسب** مقدار الزاوية بين المتجهين \mathbf{F} و \mathbf{r} ، التي يتساوى عندها مقدار الضرب القياسي ومقدار الضرب المتجهي للمتجهين، أي إن: $|\mathbf{F}| \cdot |\mathbf{r}| = \mathbf{r} \cdot \mathbf{F}$.

مراجعة الدرس

أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسية للدرس والمفاهيم والمصطلحات والمهارات المتنوعة.

التقويم



الشكل (23): تحليل المتجه إلى مركبته.

$$\text{أثبت أن: } A_x^2 + A_y^2 = A^2$$

أسئلة الأشكال

أسئلة إجاباتها تكون من الصورة
لتدريب الطلبة على التحليل.

مراجعة الوحدة

1. أضف دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

- الكمية المتجهة من المكيات الفيزيائية الآتية هي:
 - عدد المسافرين في الطائرة.
 - المدة الزمنية لإقلاع الطائرة.
 - تسارع الطائرة في أثناء إقلاعها.
 - حجم وقود الطائرة.

2. عند جمع المؤثرين: 30 N و 20 N جمماً متجهاً، فإن الناتج غير الصحيح من الناتج المحتمل الآتي هو:

- 10 N .
- 20 N .
- 50 N .
- 55 N .

3. حاصل الضرب المتجهي $|A| \times |B|$ في الشكل المجاور هو:

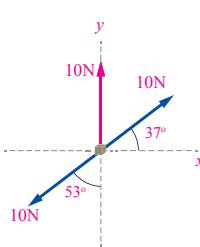
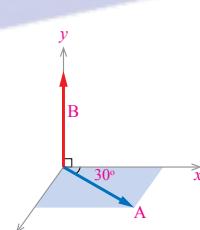
- $AB \sin 90^\circ$.
- $AB \sin 30^\circ$.
- $AB \sin 120^\circ$.
- $AB \cos 90^\circ$.

4. العلاقة بين متجهى التسارع a_1 ، a_2 بناءً على العلاقة $(a_1 - a_2) = 0$ هي:

- المتجهان a_1 ، a_2 متساويان في المقدار، ومتعاكسان في الاتجاه.
- المتجهان a_1 ، a_2 متساويان في المقدار، وفي الاتجاه نفسه.
- المتجهان a_1 ، a_2 مختلفان في المقدار، وفي الاتجاه نفسه.
- المتجهان a_1 ، a_2 مختلفان في المقدار، ومتعاكسان في الاتجاه.

5. المقدار والاتجاه لمحصلة القوى في الشكل المجاور هما:

- 30 N باتجاه محور $+y$.
- 30 N باتجاه محور $-y$.
- 10 N باتجاه محور $+y$.
- 0 N .



مراجعة الوحدة

أسئلة متنوعة مرتبطة بالمفاهيم
والمصطلحات والمهارات والأفكار
العلمية الواردة في الوحدة.

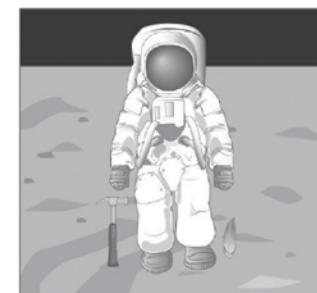
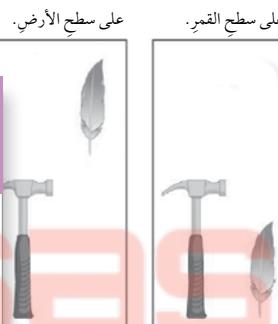
يشمل التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية على ما يأتي:

التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

أسئلة الاختبارات الدولية

أسئلة اختبارات دولية، أو أسئلة على نمطها

السؤال الأول:



أسئلة التحليل والاستنتاج

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أتنفيذ الخطوات الآتية:

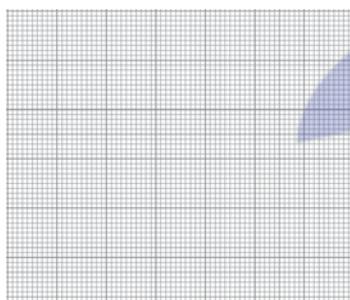
- أضع طاولة القرى على سطح مستو، وأستعمل الميزان لقياس كتلة حامل الأنقل، ثم أدون النتيجة.
- أعلق الأنقال الثلاثة (كُل ثقل بخيط)، ثم أضبط خيطاً منها على تدريج الصفر 0° ، وخيطاً آخر على تدريج 120° ، وأحرزُ الخيط المتبقى حتى ينطبق مركز الحلقة على مركز طاولة القرى، ثم أدون التدريج الذي انتهى عليه الخيط.
- أكرر الخطوة الثانية باستخدام ثلاثة أنقاض أخرى متساوية. هل تغيرت النتائج؟

التحليل والاستنتاج:

- أحسبُ القرى الثلاثة المؤثرة في الحلقة باستخدام العلاقة: $F = mg$ ، حيث m : (كتلة حامل الثقل) + كتلة الثقل). ما مقدار محصلة تلك القرى؟

2. أحسبُ بيانياً محصلة القوىتين: الأولى، والثانية.

$$F_{1,2} = \dots \text{N}, \Theta = \dots ^\circ$$



- أقارنُ محصلة هاتين القوىتين بالقوة الثالثة من حيث: المقدار، والاتجاه.

وقفَ رائد فضاء على سطح القمر، ثم أسقط ريشة ومطرقة من يديه في الملاحظة نفسها، فوصلتا سطحًا معاً، ولكن، عند تفبيك هذه التجربة على سطح الأرض ستلاحظ أن المطرقة تصلك أولاً سطح الأرض، فيما التفسير الصحيح لها بين المشاهدين؟

- أ - تسقط المطرقة على سطح الأرض قبل الريشة، لأن قوة جذب الأرض لها كبيرة. أما على القمر فإن وزن الريشة وزن المطرقة متساويان.
- ب - تسقط المطرقة على سطح الأرض قبل الريشة؛ لأن تأثير مقاومة الهواء فيها (نسبة إلى وزنها) فيه في الريشة. أما على سطح القمر فلا يوجد هواء.
- ج - تسقط المطرقة على سطح الأرض قبل الريشة، لأن قوة جذب الأرض للأجسام تساوي أمثال قوة جذب التمر.
- د - تسقط المطرقة والريشة معاً على سطح القمر؛ نظراً إلى عدم وجود جاذبية للقمر.

◀ الرابط مع المعرفة السابقة:

راجع الطلبة مراجعة سريعة في مقاييس الرسم، مثل مقاييس رسم الخريطة وكيفية استخدامه في تحويل المسافات من الخريطة إلى الواقع أو العكس وربطها مع تمثيل الكميات المتوجهة بيانياً، كذلك مراجعة الطلبة بعملية ضرب الأعداد وخصائصها وربط ذلك بضرب الكميات المتوجهة القياسي والمتوجهي، مُستخدمًا أسلوب المناقشة، وطرح الأسئلة، وحل أمثلة تطبيقية.

التقويم في دليل المعلم

الرابط مع المعرفة السابقة



استراتيجيات التقويم:

التقويم المعتمد على الأداء

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- التقديم: عرض منظم مخطط يقوم به الطالب.

- العرض التوضيحي: عرض شفوي أو عملي يقوم به الطالب.

- الأداء العملي: أداء الطالب مهام محددة بصورة عملية.

- ال الحديث: تحدث الطالب عن موضوع معين خلال مدة محددة.

- العرض: عرض الطالب إنتاجه الفكري والعملي.

- المحاكاة/ لعب الأدوار: تنفيذ الطالب حواراً بكل ما يراقبه من حركات.

- المناقشة/ المناظرة: لقاء بين فريقين من الطلبة يناقشون فيه قضية ما، بحيث يتبنى كل فريق وجهة نظر مختلفة.

الورقة والقلم

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الاختبار: طريقة منظمة لتحديد مستوى تحسين الطالب معلومات ومهارات في مادة دراسية تعلمها قبلًا.

التواصل.

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- المؤتمر: لقاء مخطط يعقد بين المعلم والطالب.

- المقابلة: لقاء بين المعلم والطالب.

- الأسئلة والأجوبة: أسئلة مباشرة من المعلم إلى الطالب.

يشتمل كتاب الطالب على مهارات متنوعة:

المهارات

مهارات القرن الحادي والعشرين

يشهد العالم تحولات وتغيرات هائلة ما يتطلب مستويات متقدمة من الأداء والمهارة، والتحول من ثقافة المستوى الأدنى إلى ثقافة الجودة والإتقان، ومن ثقافة الاستهلاك إلى ثقافة الإنتاج. يعد إكساب الطالب مهارات القرن الحادي والعشرين ركيزة أساسية لتحقيق مفهوم التعلم مدى الحياة.

- التعلم الذائي.
- التفكير الابتكاري.
- التفكير والعمل التعاوني.
- التفكير الناقد.
- التواصل.
- المعرفة المعلوماتية والتكنولوجية.
- المرونة.
- القيادة.
- المبادرة.
- الإنتاجية.



مهارات العلم

العمليات التي يقوم بها الطلبة أثناء التوصل إلى النتائج والحكم والتحقق من صدقها، وتسهم ممارسة هذه المهارات في إثارة الاهتمامات العلمية للطلبة؛ ما يدفعهم إلى مزيد من البحث والاكتشاف.

- الأرقام والحسابات.
- استعمال المتغيرات.
- الاستنتاج.
- التجريب.
- تفسير البيانات.
- التواصل.
- التوقع.
- طرح الأسئلة.
- القياس.
- الملاحظة.



مهارات القراءة



تعد القراءة عملية عقلية يمارس فيها الفرد عِدَّة مهارات. وتهدف مهارات القراءة بوجه عام إلى تنمية البنى المعرفية وحصيلة المفردات العلمية والذكاءات المتعددة، وتعزيز الجوانب الوجدانية والثقة بالنفس والقدرة على التواصل الفاعل، وتنمية التفكير العلمي والإبداعي.

- الاستنتاج.
- التسلسل والتتابع.
- التصنيف.
- التلخيص.
- التوقع.
- الحقيقة والرأي.
- السبب والنتيجة.
- الفكرة الرئيسية والتفاصيل.
- المشكلة والحل.
- المقارنة.

المهارات العلمية والهندسية

تنمي هذه المهارات قدرات الطالب على عرض أعماله وأفكاره بدقة وموضوعية، وتبريرها والبرهنة على صدقها، وعرضها بطرائق وأشكال مختلفة، وتبادلها مع الآخرين، واحترام الرأي الآخر. وتؤكد هذه المهارات أهمية إحداث الترابط المرغوب فيه بين المواد الدراسية المختلفة، ومع متطلبات التفكير الناقد والإبداعي.

- استخدام الرياضيات.
- الاعتماد على الحجة والدليل العلمي.
- بناء التفسيرات العلمية وتصميم الحلول الهندسية.
- تحليل وتفسير البيانات.
- التخطيط وإجراء الاستقصاءات.
- تطوير واستخدام النماذج.
- الحصول على المعلومات وتقيمها وإيصالها.
- طرح الأسئلة وتحديد المشكلات.

يعتمد اختيار إستراتيجية التدريس أو الأسلوب الداعم على عوامل عده، منها: التثاجات، وخصائص الطلبة النهائية والمعرفية، والإمكانات المتاحة، والزمن المتاح.



فكرة، انتقِ زميلاً، شارك Think- Pair- Share

Think
about the question

Pair
with your partner

Share
your ideas with others

أسلوب يستخدم لعرض أفكار الطلبة، وفيه يطرح المعلم سؤالاً على الطلبة، ثم يمنحهم الوقت الكافي للتفكير في الإجابة وكتابه أفكارهم في ورقة، ثم يطلب إلى كل طالبين مشاركة بعضهما بعضًا في الأفكار، ثم عرضها على أفراد المجموعات.



الطاولة المستديرة Round Table

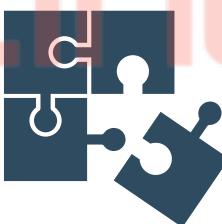
يمتاز هذا الأسلوب بسرعة تجميع أفكار الطلبة؛ إذ يكتب المعلم أو أحد أفراد المجموعة سؤالاً في أعلى ورقة فارغة، ثم يمرر أفراد المجموعة الورقة على الطاولة، بحيث يضيف كل طالب فقرة جديدة تمثل إسهاماً في إجابة السؤال، ويستمر ذلك حتى يطلب المعلم إنهاء ذلك. بعدها، ينظم أفراد المجموعة مناقشة للإجابات، ثم تعرض كل مجموعة نتائجها على بقية المجموعات.



دراسة الحالات Case Study



تعتمد هذه الإستراتيجية على إثارة موضوع أو مفهوم ما للنقاش، ثم يعمل الطلبة في مجموعات على جمع البيانات وتنظيمها، وتحليلها للوصول إلى إيضاح كافٍ للموضوع أو تحديد أبعاد المشكلة واقتراح حلول مناسبة لها.



بطاقة الخروج Exit Ticket

يمثل هذا الأسلوب مهمة قصيرة ينفذها الطلبة قبل خروج المعلم من الصف، وفيها يجيبون عن أسئلة قصيرة محددة مكتوبة في بطاقة صغيرة، ثم يجمع المعلم البطاقات ليقرأ الإجابات، ثم يعلق في الحصة التالية على إجابات الطلبة التي تمثل تغذية راجعة يستند إليها في الحصة اللاحقة.

استراتيجيات التدريس وأساليب داعمة في التعلم

التعلم التعاوني Collaborative Learning: عمل الطلبة ضمن مجموعات؛ لمساعدة بعضهم بعضاً على التعلم؛ تحقيقاً لهدف مشترك أو واجب ما؛ على أن ييدي كل طالب مسؤولية في التعلم، ويتولى العديد من الأدوار داخل المجموعة.

التفكير الناقد critical thinking: نشاط ذهني عملي للحكم على صحة رأي أو اعتقاد عن طريق تحليل المعلومات وفرزها واختبارها؛ بهدف التمييز بين الأفكار الإيجابية والأفكار السلبية.

حل المشكلات Problem Solving: إستراتيجية تقوم على تقديم قضايا وسائل حقيقة واقعية للطلبة، ثم الطلب إليهم تحصصها ومعالجتها بأسلوب منظم.



أكواب إشارة المرور Traffic Light | Cups: يستخدم هذا الأسلوب للتدرис والمتابعة باستعمال أكواب متعددة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر)، بوصف ذلك إشارة للمعلم في حال احتاج الطلبة إلى المساعدة. يشير اللون الأخضر إلى عدم حاجة الطلبة إلى المساعدة، ويشير اللون الأصفر إلى حاجتهم إليها، أو إلى وجود سؤال يريدون طرحه على المعلم من دون أن يمنعهم ذلك من الاستمرار في أداء المهام المنوطة بهم. أما اللون الأحمر فيشير إلى حاجة الطلبة الشديدة إلى المساعدة، وعدم قدرتهم على إتمام مهماتهم.

استراتيجيات التدريس وأساليب داعمة في التعلم

الطلقة الفظية:



يستخدم هذا الأسلوب لتعزيز عملية المناقشة والتأمل، وفيه يتبادل أفراد المجموعة الأدوار بالتحدث عن الموضوع المطروح، والاستماع لبعضهم بعضاً مدةً محددة من الوقت.

التعلم بالتعاقد:



تعتمد هذه الإستراتيجية على إشراك الطالبة إشراكاً فعالاً في تحمل مسؤولية تعلمهم، تبدأ بتحديد ما سيتعلموه في فترة زمنية محددة. و تستلزم هذه الإستراتيجية عقد اتفاق محدد بين المعلم و طلبه يتضح فيه المصادر التعليمية التي سيلجأ إليها الطلبة خلال عملية بحثهم، و طبيعة الأنشطة التي سيجريونها، وأسلوب التقويم و توقيته.

السقالات التعليمية (Instructional Scaffolding):

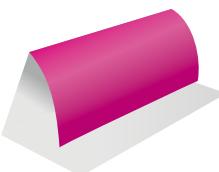


تجزئة الدرس إلى أجزاء صغيرة؛ مما يساعد الطالبة على الوصول إلى استيعاب الدرس، أو استخدام الوسائل السمعية والبصرية، أو الخرائط الذهنية، أو الخطوط العريضة، أو إيماءات الجسم أو الروابط الإلكترونية وغيرها من الوسائل التي تعد بمثابة "السقالات التعليمية" التي تهدف إلى إعانة الطالب على تحقيق التعلم المقصود.

التعلم المقلوب (Flipped Learning):

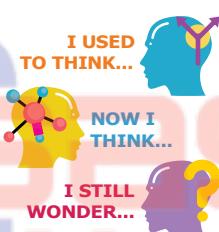
استعمال التقنيات الحديثة وشبكة الإنترن特 على نحو يسمح للمعلم بإعداد الدرس عن طريق مقاطع الفيديو، أو الملفات الصوتية، أو غير ذلك من الوسائل؛ ليطلع عليها الطالبة في منازلهم (تظل متاحة لهم على مدار الوقت)، باستعمال حواسيبهم، أو هوافهم الذكية، أو أجهزتهم اللوحية قبل الحضور إلى غرفة الصف. في حين يخصص وقت اللقاء الصفي في اليوم التالي لتطبيق المفاهيم والمحتوى العام الذي شاهدوه، وذلك في صورة سلسلة من أنشطة التعلم النشط، والأنشطة الاستقصائية، والتجريبية، والعمل بروح الفريق، وتقييم التقدم في سير العمل.

:Fold and Pass



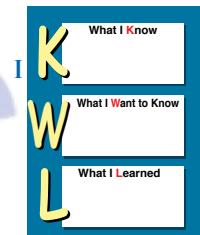
أسلوب يحبب فيه الطالبة أو أفراد المجموعات عن سؤال في ورقة، ثم تُمرر الورقة على طلبة الصف بعد نشيها، و تستمرة العملية حتى يُصدر المعلم للطلبة إشارة بالتوقف، ثم يقرأ أحد أفراد المجموعة ما كتب في الورقة بصوت عالٍ. وبهذا يتيح للمعلم جمع معلومات عن إجابات الطلبة، ويتاح للطلبة المشاركة بحرية أكبر، وتقديم التغذية الراجعة، و تقويم الآخرين عندما يقرؤون إجابات غيرهم.

I Used to Think, But Now I know



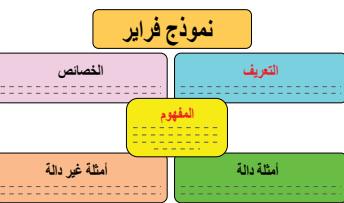
أسلوب يقارن فيه الطالبة (لفظاً، أو كتابةً) أفكارهم في بداية الدرس بما وصلت إليه عند نهايته، ومن الممكن استخدامه تقوياً ذاتياً يتيح للمعلم الاطلاع على مدى تحسن التعلم لدى الطلبة، وتصحيح المفاهيم البديلة لديهم، وتحطيم الدرس التالي، وتصميم خبرات جديدة تناسب تعلمهم بصورة أفضل.

جدول التعلم What I already Know/ What



:(Want to Learn / What I Learned

- يعتمد على محاور أساسية ثلاثة، وهي :
- ماذا أعرف؟ وهي خطوة مهمة لفهم الموضوع الجديد وإنجاز المهام، فالتعلم يحدد إمكاناته حتى يمكن من استثمارها على أحسن وجه.
 - ماذا أريد أن أتعلم؟ وهي مرحلة تحديد المهمة المتوقعة إنجازها أو المشكلة التي ينبغي حلها.
 - ماذا تعلمت؟ وهي مرحلة تقويم ما تعلمه الطالب من معارف ومهارات وأنشطة.



طريقة فراير Frayer Method

يتطلب هذا الأسلوب إكمال الطلبة (فرادي، أو ضمن مجموعات) المنظم التصويري الآتي:

يهدف التمايز إلى الوفاء بحاجات الطلبة الفردية، ويكون في المحتوى، أو في بيئة التعلم، أو في العملية التعليمية التعلمية، ويسهم التقييم المستمر والتجميع المرن في نجاح هذا النهج من التعليم.

يكون التمايز في أبسط مستوياته عندما يلجم المعلم إلى تغيير طريقة تدريسه؛ بغية إيجاد فرص تعلم لطالب، أو مجموعة صغيرة من الطلبة.

تمايز التدريس والتعلم

Differentiation of Teaching and Learning

يمكن للمعلم تحقيق التمايز عن طريق أربعة عناصر رئيسة، هي:

٣. **المحتوى Products:** المشاريع التي يتبعن على الطالب تنفيذها؛ للتدريب على ماتعلمه في الوحدة، وتوظيفه في حياته، والتوسيع فيه.

٤. **بيئة التعلم Learning environment:** عناصر البيئة الصفيية جميعها.

١. **المحتوى Content:** ما يحتاج الطالب إلى تعلمه، وكيفية حصوله على المعلومة.

٢. **الأنشطة Activities:** الفعاليات التي يشارك فيها الطالب؛ لفهم المحتوى، أو إتقان المهارة.

أمثلة على التمايز في الأعمال التي يؤديها الطلبة:

- السماح للطلبة بالعمل فرادى أو ضمن مجموعات صغيرة؛ لتنفيذ المهام المنوطة بهم، وتحفيزهم على ذلك.

أمثلة على التمايز في بيئة التعلم:

- تطوير إجراءات تسمح للطلبة بالحصول على المساعدة عند انشغال المعلمين بطلبة آخرين، وعدم تمكّنهم من تقديم المساعدة المباشرة لهم.

- التحقق من وجود أماكن في غرفة الصف، يمكن للطلبة العمل فيها بهدوء، ومن دون إلهاء، وكذلك أماكن أخرى تُسهل العمل التعاوني بين الطلبة.

ملحوظة: يعتمد التمايز في التعليم على مدى استعداد الطلبة، ومناهي اهتماماتهم، وسجلات تعلمهم.

أمثلة على التمايز في المحتوى:

- تقديم الأفكار باستعمال الوسائل السمعية والبصرية.

- الاجتماع مع مجموعات صغيرة من الطلبة الذين يعانون صعوبات لإعادة تدریسهم فكرةً، أو تدريسيهم على مهارةً؛ أو توسيع دائرة التفكير ومستوياته لدى أقرانهم المُتقدّمين Advanced students.

أمثلة على التمايز في الأنشطة:

- الإفادة من الأنشطة المُتدرّجة التي يمارسها الطلبة كافيةً، ولكنهم يظهرون فيها تقدّماً حتى مستويات معينة. وهذا النوع من الأنشطة يُسهم في تحسّن أداء الطلبة، ويتتيح لهم الاستمرار في التقدّم، مراعيًا الفروق الفردية بينهم؛ إذ تباين درجة التعقيد في المستويات التي يصلها الطلبة في هذه الأنشطة.

- تطوير جداول الأعمال الشخصية (قوائم مهام يكتبها المعلم، وهي تتضمّن المهام المشتركة التي يتبعن على الطلبة كافةً إنجازها، وتلك التي تفي بحاجات الطلبة الفردية).

- تقديم أشكال من الدعم العملي للطلبة الذين يحتاجون إلى المساعدة.

- منح الطلبة وقتاً إضافياً لإنجاز المهام؛ بغية دعم الطلبة الذين يحتاجون إلى المساعدة، وإفساح المجال أمام الطلبة المُتقدّمين Advanced students للخوض في الموضوع على نحو أعمق.

نشاط سريع

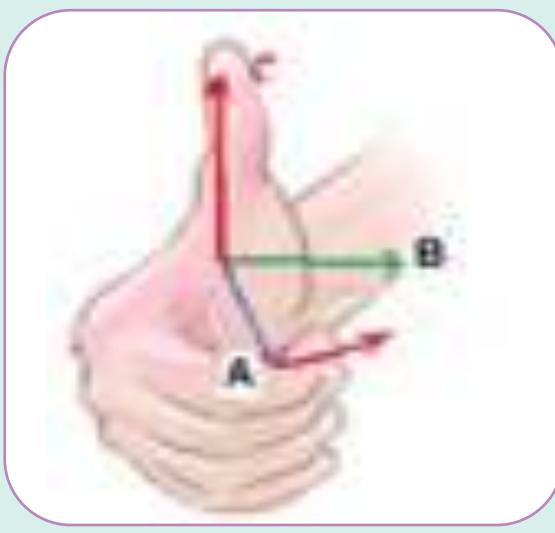
- ذَكْرُ الطلبة بالفرق بين المسافة والإزاحة، ثم حَدِّد على اللوح نقطة البداية.
- اطلب إلى عدد من الطلبة رسم خط مستقيم، طوله 20 cm، من نقطة البداية نفسها؛ كُلّ على حِدة، ثم رسم سهم في نهاية الخط ليدل على اتجاه الحركة. سُيُلاحظ الطلبة أَنَّهم لم يصلوا إلى نقطة النهاية نفسها بالرغم من أَنَّ نقطة البداية هي نفسها، وكذلك الحال بالنسبة إلى المسافة التي قطعوها؛ أيْ إِنَّ مقدار الإزاحة ثابت، ولكنَّ اختلاف اتجاهها أَدى إلى اختلاف إزاحة كُلّ منهم؛ ما يعني أَنَّ الإزاحة كمية متوجهة تتطلَّب تحديد المقدار والاتجاه.
- نشاط سريع.**

طريقة أخرى للتدريس

ربما يجد بعض الطلبة صعوبة في تحديد اتجاه ناتج الضرب المتجهي؛ لذا يُمكِّن استعمال طريقة أخرى (إضافة إلى قاعدة كف اليد اليمنى)، هي قاعدة قبضة اليد اليمنى على النحو الآتي:

لنفترض أَنَّ $A \times B = C$ ، حيث يُمثِّل المتجه C ناتج الضرب المتجهي لـ $A \times B$.

فإذا أردنا - مثلاً - تحديد اتجاه C ، فإنَّنا نُحرِّك الأصابع الأربع لكف اليد اليمنى من اتجاه A إلى اتجاه B عبر الزاوية الصغرى، فيشير اتجاه الإبهام إلى اتجاه C ؛ أيْ إلى اتجاه محور Z^+ كما في الشكل؛ إذ يكون المتجه C متعامداً دائماً مع كُلّ من المتجهين: A ، و B . وبالطريقة نفسها، يُمكِّن أيضاً استعمال قاعدة البرغي بدلاً من قبضة اليد اليمنى.



طريقة أخرى للتدريس.

مشروع الوحدة.

مشروع الوحدة:

مشروع هذه الوحدة هو تصميم ملعب أو حديقة عامة في منطقتك على النحو الآتي:

تنظيم جلسة عصف ذهني للطلبة، تتناول مواصفات الحديقة أو الملعب المراد تصميمه من حيث: الشكل، والموقع، ومطابقته لشروط الصحة والسلامة العامة.

تشكيل لجان من الطلبة، تتوَّلى كُلّ منها جانباً من المشروع.
التجوُّل بين اللجان مُوجَّهاً، ومساعِداً، ومُرشِّداً، مثل توجيهي اللجنة المسؤولة عن الموقع إلى دخول الموقع الإلكتروني لدائرة الأراضي والمساحة؛ لاستخراج مُخطَّط موقع، و اختيار قطعة الأرض المناسبة من حيث المساحة (بناءً على مقياس الرسم الموجود على المُخطَّط)، ومن حيث سهولة الوصول إليها، و توافر الخدمات... ثم تحديد موقع القطعة استناداً إلى موقع مرجعي معروف في المنطقة باستعمال الأسهم والاتجاهات الجغرافية... وهكذا.

الطلب إلى أفراد كل لجنة - بعد إنتهاء المهمة المنوطة بهم - كتابة تقرير كامل عن المشروع، مستعينين بشبكة الإنترنت وبرمجيات الحاسوب.

توظيف التكنولوجيا:

في ظل التسارع الملحوظ الذي يشهده العالم في مجال التكنولوجيا، والتوجهات العالمية لمواكبة مختلف القطاعات وال المجالات، بما في ذلك قطاع التعليم، فقد تضمن كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتارين دروساً تعتمد على التعلم المترافق (Blended Learning) الذي يربط بين التكنولوجيا وطرق التعلم المختلفة، وأنشطةً وفق المنحى التكاملي (STEAM) تُعدُّ التكنولوجيا المحور الرئيسي فيها.

عند توظيف المعلم للتكنولوجيا، يتبعَ عليه مراعاة ما يأتي:

- التحقق من موثوقية الواقع الإلكتروني التي يقتربها على الطلبة؛ يوجد العديد من الواقع التي تحتوي على معلومات علمية غير دقيقة.
- زيارة الموقع الإلكتروني قبل وضعه ضمن قائمة الواقع الإلكترونية المقترحة؛ إذ تتعرّض بعض الواقع الإلكترونية أحياناً إلى القرصنة الإلكترونية واستبدال الموضوعات المعروضة.
- إرشاد الطلبة إلى الواقع الإلكترونية الموثوقة التي تنتهي عادة بأحد الاختصارات الآتية: (.org .edu .gov).

توظيف التكنولوجيا

ابحث في الواقع الإلكتروني الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع تمثيل المتجهات بيانياً، علماً بأنه يُمكنك إعداد عروض تقديمية تتعلق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams ، أو استعمل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.



الوحدة الأولى: المتجهات VECTORS

تجربة استهلالية: ناتج جمع قوتين عملياً.

الدرس	التاجات	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: الكميات القياسية والكميات المتجهة.	<ul style="list-style-type: none"> ● يوضح المقصود بالكميات الفيزيائية؛ المتجهة، والقياسية. ● يستنتج خصائص المتجهات بطرائق مختلفة. ● يحسب الزاوية المحصورة بين متجهين باستعمال تعريف الضرب القياسي لمتجهين. ● يطبق خصائص المتجهات على كميات فيزيائية متتجهة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● ناتج جمع قوتين عملياً. 	4
الثاني: جمع المتجهات وطرحها.	<ul style="list-style-type: none"> ● يطبق خصائص المتجهات على كميات فيزيائية متتجهة. ● يستنتج خصائص المتجهات بطرائق مختلفة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● إيجاد محصلة قوتين بصورة عملية. 	5

الصف	التاجات اللاحقة	الصف	التاجات السابقة
الحادي عشر	<ul style="list-style-type: none"> ● يحسب محصلة القوى المؤثرة في شحنة نقطية بتأثير عدّة شحنات نقطية. ● يحسب محصلة المجال الكهربائي عند نقطة بتأثير عدّة شحنات نقطية. ● يصف التدفق المغناطيسي عبر سطح، ويعبر عنه بمعادلة. ● يصف القوة المغناطيسية التي يؤثّر بها المجال في الشحنة المتحركة فيه. ● يصف القوة المغناطيسية التي يؤثّر بها المجال في الموصل الذي يحمل تياراً كهربائياً. 	السابع	<ul style="list-style-type: none"> ● يقدم أدلة على أنَّ التغير في سرعة الجسم يرتبط بالقوة المحصلة المؤثرة في الجسم، وكتلة الجسم.
		التاسع	<ul style="list-style-type: none"> ● يستنتج أنَّ الشغل الذي تبذله قوة يساوي ناتج ضرب مقدار القوة في مقدار المسافة التي يتحركها الجسم في اتجاه يوازي القوة.



المتجهات Vectors

أتَأَمَلُ الصورة

وجّه انتباه الطلبة إلى أنَّ الطائرة التي في الصورة هي في مرحلة الهبوط على مدرج المطار، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

- ماذا تلاحظ على اتجاه المدرج واتجاه الطائرة في أثناء هبوطها؟
- هل تهبط الطائرات دائمًا على هذا النحو أم يقتصر ذلك على ظروف وأحوال معينة؟
- هل يمكنك تحديد اتجاه الرياح على مدرج المطار؟ يراعى عند إنشاء مدرج المطار أنْ يكون على نحٍ معاكس لاتجاه الرياح ما أمكن؛ ما يساعد على عملية إقلاع الطائرات بأقل سرعة (سرعة الطائرة بالنسبة إلى الهواء = سرعة الطائرة بالنسبة إلى الأرض + سرعة الرياح بالنسبة إلى الأرض؛ والجمع هنا هو جمع متوجهي)؛ إذ تزداد سرعة الطائرة بالنسبة إلى الهواء عندما تكون سرعة الرياح عكس اتجاه سرعة الطائرة.

يوجد في كل مطار برج مراقبة لإرشاد الطيارين في أثناء عمليات الإقلاع والهبوط، ويعتمد عمل مَنْ فيه بصورة رئيسية على استعمال المتجهات لتحديد سرعة الطائرة، واتجاهها، وارتفاعها، إلى جانب مراعاة سرعة الرياح في المطار، والمسار الذي يجب أنْ تسلكه الطائرة؛ تجنّبًا لأي حوادث جوية أو أرضية. وفي حال أهمل الطيار سرعة الرياح واتجاهها، وبخاصة إذا كانت سرعة الرياح عمودية على اتجاه المدرج (عرضية) – كما هو الحال في الصورة – ووجه الطائرة باتجاه المدرج في أثناء الهبوط مثلاً. فإنَّ الطائرة ربما تنحرف عن المدرج، وتتجه إلى مسار آخر بعيداً عنه؛ ما قد يتسبّب في وقوع حوادث تؤثّر سلباً في سلامة المسافرين وطاقم الطائرة، فضلاً عن الأضرار المادية؛ لذا يجب توجيه الطائرة بشكل منحرف في اتجاه معاكس لاتجاه الرياح – كما في الصورة – بحيث تكون السرعة النهائية للطائرة في اتجاه المدرج.



أتَأَمَلُ الصورة

يكونُ هبوطُ الطائراتِ باتجاهِ موازٍ لمدرج المطارِ في الأحوالِ الاعتيادية، ولكنَّ الطيَارِ يواجهُ صعوباتٍ في أثناءِ عمليةِ الهبوطِ في الأحوالِ العاصفةِ، إذ تكونُ الرياحُ العرضيةُ نشطةً جدًّا، فيلجأُ الطيَارُ إلى توجيهِ مُقدمةِ الطائرةِ بشكلٍ منحرفٍ عن اتجاهِ المدرجِ بعكسِ اتجاهِ هذهِ الرياحِ، كما هو مُبيَّنُ في الصورةِ. وهذا ما حدثَ مع طيَارٍ أردنيٍّ؛ إذ نمكَنَّ منِ الهبوطِ بأمانٍ على الرغمِ منِ العاصفةِ القويةِ التي ضربَتْ مطارَ هيثروَ في لندنَ عامَ 2020 م. علماً بـأنَّه تعرَّضَ على عشرينَ طائرةً للهبوطِ وقتَهِ. فما الهدفُ منْ توجيهِ الطيَارِ مُقدمةً الطائرةِ نحوَ الاتجاهِ المُبيَّنِ في الشكلِ؟ ما أثرُ ذلكَ في السلامةِ العامةِ؟

الفكرة العامة:

الكميات الفيزيائية عديدة ومتعددة؛ فبعضها كميات متجهة تتطلب تحديد المقدار والاتجاه للتغيير عنها على نحو كامل صحيح، وبعضها الآخر كميات قياسية تحدّد بالمقدار فقط وليس لها اتجاه، علمًا بأنَّ التعامل مع الكميات المتجهة، وإجراء العمليات الحسابية عليها يختلف اختلافاً كبيراً عن الكميات القياسية.

الدرس الأول: الكميات القياسية والكميات المتجهة

Scalar and Vector Quantities

الفكرة الرئيسية: للكميات المتجهة خصائص تمتاز بها عن الكميات القياسية.

الدرس الثاني: جمع المتجهات وطرحها

Addition and Subtraction of Vectors

الفكرة الرئيسية: جمع الكميات المتجهة أو طرحها يكون إما بيانياً، وإما رياضياً عن طريق تحليل الكميات المتجهة إلى مركباتها.



8

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* القضايا ذات العلاقة بالعمل: إدارة المشاريع.

وجّه الطلبة إلى أهمية التخطيط للمشروع بشكل دقيق وعلمي، ودراسته، وجمع معلومات كافية عنه قبل البدء بتنفيذها.

الفكرة العامة:

اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

- ما الكميات الفيزيائية التي يُزود ركاب الطائرة بمعلومات عنها؟

الكميات الفيزيائية التي يُزود ركاب الطائرة بمعلومات عنها، هي: سرعة الطائرة، وارتفاعها، ودرجة حرارة الجو.

قارن بين تلك الكميات من حيث المقدار والاتجاه، مبيناً للطلبة أنَّ بعضها مقداراً فقط، وليس لها اتجاه، مثل درجة حرارة الجو (30°C)، وأنَّ بعضها الآخر مقداراً واتجاهًا مثل سرعة الطائرة (900 km/h) في اتجاه الغرب مثلاً. بين للطلبة أيضًا أنَّ خصائص الكميات التي لها مقدار واتجاه (جمع، طرح، ضرب...) تختلف عن تلك التي لها مقدار فقط.

مشروع الوحدة: تصميم ملعب أو حديقة

عامة في منطقتك على النحو الآتي:

نظم جلسة عصف ذهني للطلبة، تتناول مواصفات الحديقة أو الملعب المراد تصميمه من حيث: الشكل، والموقع، ومطابقتها لشروط الصحة والسلامة العامة.

كونَ لجانًا من الطلبة، تتولى كل منها جانبًا من المشروع.

تجوّل بين اللجان موجهاً، ومساعداً، ومرشدًا، مثل توجيه اللجنة المسئولة عن الموقع إلى دخول الموقع الإلكتروني لدائرة الأراضي والمساحة؛ لاستخراج مخطط موقع، واختيار قطعة الأرض المناسبة من حيث المساحة (بناءً على مقياس الرسم الموجود على المخطط)، ومن حيث سهولة الوصول إليها، وتوافر الخدمات... ثم تحديد موقع القطعة استناداً إلى موقع مرجعي معروف في المنطقة باستعمال الأسماء والاتجاهات الجغرافية... وهكذا.

اطلب إلى أفراد كل لجنة - بعد إنتهاء المهمة المنوطة بهم - كتابة تقرير كامل عن المشروع، مستعينين بشبكة الإنترنت وبرمجيات الكمبيوتر.

تجربة استهلاكية

الهدف: تمييز جمع القوى من جمع الأعداد.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة:

نبه الطلبة إلى توخي الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على أقدامهم.

المهارات العلمية:

القياس، المقارنة، تقديم الدليل.

الإجراءات والتوجيهات:

ووجه الطلبة إلى الاستعانة بدليل التجارب عند إجراء التجربة، واطلب إليهم ضبط (معايير) الموازين قبل استعمالها؛ لضمان الحصول على قراءات أكثر دقة، وتحقق من صلاحية الموازين ودققتها قبل دخول المختبر.

النتائج المتوقعة:

الحالة (الشكل)	أ	ب	ج
قراءة الميزان الأول	N 5	N 2.5	N 5
قراءة الميزان الثاني	-	N 2.5	N 5، والزاوية بين قوقي الشد في الميزانين 120°

قد يتوصل الطلبة إلى قراءات للميزانين قريبة من هذه النتائج، لكنها ليست مطابقة لها تماماً؛ نظراً إلى عدم ضبط (معايير) الميزانين قبل استعمالها، أو حدوث خلل فيما نتيجة كثرة الاستعمال. غير أنَّ النتيجة النهائية المتوقعة للطلبة كافة هي أنَّ جمع المتجهات مختلف عن جمع الأعداد.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: قائمة رصد.

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	يُميّز جمع القوى من جمع الأعداد.		
2	يقيس قياساً دقيقاً جداً الوزن باستعمال الميزان النابضي.		
3	يعتمد أدلة علمية وموثوقة لتأييد الادعاء، أو دحضه.		
4	يحترم الرأي والرأي الآخر.		

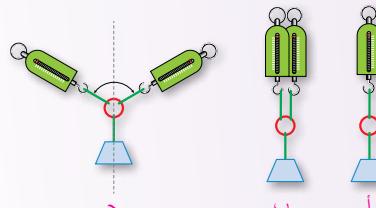
تجربة استهلاكية

ناتج جمع قوتين عملياً

ادعَتْ هيا أنَّ مجموع قوتين مقدار كلٍّ منها N تُؤثِّران في جسم، هو $5N + 5N = 5N$ ، في حين أدعى يمان أنَّ مجموع القوتين $10N = 5N + 5N$. أيهما تُؤيد؟

المواضي والأدوات: ثقل كتلة 500g، ميزان ناصفان، ثلاثة خيوط متساوية في الطول، حلقة مُهمَلة الوزن تقريباً.

إرشادات السلامة: الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.



خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أُنفَّذ الخطوات الآتية:

1. **أقيسُ:** أعلقَ الثقل بالميزان الأول كما في الشكل (أ)، ثم أدوَّن قراءةَ كُلِّ

2. **أقيسُ:** أعلقَ الميزان الثاني بالحلقة، إضافةً إلى الميزان الأول كما في الشكل (ب)، ثم أدوَّن قراءةَ كُلِّ

من الميزانين.

3. **أقيسُ:** أزيِّعَ كلامَ الميزانين في الشكل (ب): أحدهما إلى اليمين، والآخر إلى اليسارِ كما في الشكل (ج)، حتى تصبح قراءةَ كُلِّ ميزانٍ متساويةً لقراءةَ الميزان في الشكل (أ)، ثم أدوَّن كُلَّ قراءةً.

التحليل والاستنتاج:

1. ماذا تمثل قراءة الميزان الأول في الحالة (أ)؟

2. كيفَ تغيَّرت قراءةَ كُلِّ من الميزانين في الحالتين (ب) و (ج)؟

3. **أقاربُ** مجموع قراءة الموازين في الحالة (ب) والحالَة (ج) بوزن الثقل.

4. **أقوِّمُ**: أحدُ أيهما أقوىًّا: ادعَاءَ هيا أمَّ ادعَاءَ يمان، ماذا أستنتج؟

9

تحليل النتائج:

1. تمثل قراءة الميزان الأول في الحالة (أ) وزن الثقل: $(W = mg = 0.5 \times 10 = 5 N)$.

2. **الميزان الأول:** تناقصت قراءة هذا الميزان إلى النصف في الحالة (ب) ($2.5 N$).

ازدادت لتعود إلى قيمتها الأولى في الحالة (ج) ($5 N$).

الميزان الثاني: تشابهت قراءة هذا الميزان تشاهاً تماماً مع قراءة الميزان الأول في

الحالتين: (أ) ($2.5 N$), و (ج) ($5 N$); إذ ازدادت القراءة.

3. **الحالة (ب):** مجموع قراءة الميزان الأول وقراءة الميزان الثاني ($2.5 + 2.5 = 5 N$) يساوي وزن الثقل $5 N$.

الحالة (ج): المجموع المتجهي لقراءة الميزان الأول وقراءة الميزان الثاني ($5 + 5 = 5 N$) يساوي وزن الثقل $5 N$.

صحة ادعاء كُلِّ من هيا ويمان تعتمد على مقدار كُلِّ من القوتين واتجاهها؛ ففي الحالَة (ج)، حيث الزاوية بين المتجهين 120° , يكون ادعَاءَ يمان صحيحاً ($5 + 5 = 5 N$). وفي الحالَة (ب)، حيث القوتان متوازيتان (الزاوية بينهما 0°), يكون ادعَاءَ هيا صحيحاً. نستنتج من ذلك أنَّ ناتج جمع القوى يعتمد على مقادير واتجاهات تلك القوى.

الكميات الفيزيائية
Physical Quantities

نتعامل في حياتنا مع كميات فيزيائية عديدة، سواءً كانت كميات أساسية (مثل: الزمن، ودرجة الحرارة، والكتلة، والطول)، أو كميات مشتقة (مثل: القوة، والسرعة، والتسارع)، ويُعبر عن بعض تلك الكميات بعدد وحدة مناسبين، فنقول مثلاً إن كتلة الحبيبة 6 kg ، وسرعة الطائرة 200 m/s . ولكن، هل كان وصف كلّ من الكميتين كافياً؟

يُوضح الشكل (1) حالة الطقس المتوقعة في العاصمة عمّان بحسب تبؤات دائرة الأرصاد الجوية الأردنية. ما الكميّات الفيزيائية التي ظهرت في التسّرة الجوية؟ هل اختلف وصف كلّ منها عن غيره؟

يلاحظ وجود كميات فيزيائية يمكن وصفها وصفاً كاملاً بتحديد مقدارها فقط، وأخرى يلزم تحديد مقدارها واتجاهها معًا.



الفكرة الرئيسية:

للكميات المتجهة خصائص تمتاز بها عن الكميات القياسية.

نتائج التعلم:

- أوضح المقصود بالكميات الفيزيائية المتجهة، والقياسية.
- استنتج خصائص المتجهات بطرائق مختلفة.
- احسب الزاوية المحصورة بين متجهين باستخدام تعريف الضرب القياسي لمتجهين.
- طبق خصائص المتجهات على كميات فيزيائية متجهة.

المفاهيم والمصطلحات:

- الكميات المتجهة.
- الكميات القياسية.
- تمثيل المتجهات.
- Representation of Vectors
- تساوي متجهين
- egalité de deux Vecteurs
- مالي المتجه
- Negative of a Vector
- الضرب القياسي
- Scalar Product
- الضرب المتجهي
- Vector Product

الشكل (1): حالة الطقس في العاصمة عمّان.

10

- وزّع ورقة عمل على المجموعات تتضمن أسئلة تتعلق بالكميات المتجهة والكميات القياسية، وكيفية التمييز بينهما، وأهمية المتجهات وتطبيقاتها.
- حدد زمن النشاط (10 دقائق).
- تجوّل بين أفراد المجموعات موجّهاً، ومساعداً، ومُرشداً.
- اطلب إلى أفراد بعض المجموعات عرض نتائجها أمام أفراد المجموعات الأخرى.
- أدّر نقاشاً بين أفراد المجموعات للتوصّل إلى مفهوم المتجه.

إجابة سؤال الشكل (1):

الكميات الفيزيائية هي درجة الحرارة، وسرعة الرياح. وقد اختلف وصف كلّ منها؛ إذ وصفت درجة الحرارة بالمقدار فقط، في حين وصفت سرعة الرياح بالمقدار والاتجاه معًا (اتجاه السهم يمثل اتجاه السرعة).

تقديم الدرس

الكميات الفيزيائية

الفكرة الرئيسية:

لفترض أنّ سيارة تحركت بسرعة 70 km/h في اتجاه الشمال مدة 5 دقائق، ثم اتجهت نحو الشرق، وتحركت بسرعة 70 km/h مدة 5 دقائق أيضًا.

اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

- هل كانت سرعة السيارة متساوية في كلتا الحالتين؟
- هل تساوى الزمن الذي استغرقه السيارة في الحركة في كلتا الحالتين؟
- ما مجموع كلّ من السرعة والزمن؟

وضّح للطلبة أنّ سرعة السيارة غير متساوية في كلتا الحالتين (متساوية في المقدار، ولكنها ليست في الاتجاه نفسه)، وأنّ مجموع السرعة في كلّ منها لا يساوي 140 km/h والمجموع الكلي للapsed time هو 10 دقائق، بالرغم من أنّ السرعة والزمن كميتان فيزيائيتان. وضّح لهم أيضًا أنّ السرعة كمية لها مقدار واتجاه؛ لذا، فهي تختلف اختلافاً تاماً - في خصائصها، والتعامل معها - عن الزمن الذي له مقدار فقط، وليس له اتجاه.

الربط بالمعرفة السابقة:

راجع الطلبة مراجعة سريعة في موضوع مقاييس الرسم، مثل مقاييس رسم الخريطة وكيفية استخدامه في تحويل المسافات من الخريطة، إلى الواقع أو العكس، وربطها بتمثيل الكميات المتجهة بيانياً. بعد ذلك راجع الطلبة في عملية ضرب الأعداد وخصائصها، واربط ذلك بضرب الكميات الفيزيائية؛ المتجهة والقياسية.

التدريس

بناء المفهوم:

استعمل استراتيجية التعليم التعاوني للتوصّل إلى مفهوم المتجه على النحو الآتي:

- وزّع الطلبة إلى مجموعات.

نشاط سريج

- ذكر الطلبة بالفرق بين المسافة والإزاحة، ثم حدد على اللوح نقطة البداية.
- اطلب إلى عدد من الطلبة رسم خط مستقيم، طوله 20 cm، من نقطة البداية نفسها؛ كل على حدة، ثم رسم سهم في نهاية الخط ليدل على اتجاه الحركة. سيلاحظ الطلبة أنهم لم يصلوا إلى نقطة النهاية نفسها بالرغم من أن نقطة البداية هي نفسها، وكذلك الحال بالنسبة إلى المسافة التي قطعوها؛ أي إن مقدار الإزاحة ثابت، ولكن اختلاف اتجاهها أدى إلى اختلاف إزاحة كل منهم؛ ما يعني أن الإزاحة كمية متوجة تتطلب تحديد المقدار والاتجاه.

مثال إضافي

- أقيمت مباراة لكرة القدم على ملعب مدينة الحسين الرياضية.
- حدد كميتي متوجهين، وكميتيين قياسيتين، ثم رتبها في جدول، مبيناً اسم الكمية، ورمزها، ووحدة قياسها في النظام الدولي (SI).
 - اطلب إلى الطلبة حل السؤال ضمن مجموعات ثنائية.

الإجابات المختملة:

اسم الكمية	رمز الكمية	وحدة القياس	كمية متوجة، كمية قياسية
طول الملعب، عرض الملعب	L	m	قياسية
كتلة كرة القدم	m	kg	قياسية
القوس المؤثر في الكرة لحظة ركلها	F	N	متوجة
سرعة انطلاق الكرة لحظة ركلها	□	m/s	متوجة

بوجه عام، تقسم الكميات الفيزيائية إلى قسمين رئيسين، هما:

A. الكميات القياسية

هي الكميات التي تحدّد فقط بالمقدار، ولا يوجد لها اتجاه. ففي الشكل (1)، يكفي بالقول إن درجة حرارة الجو ٢٠°C نهاراً. وحين يسألني أحد زملائي في الصف عن مقدار كلتي، فإني أجيبه مثلاً: 50 kg. ومن الأمثلة الأخرى على الكميات القياسية (Scalar quantities): الحجم، والطاقة، والضغط.

B. الكميات المتجهة

هي الكميات التي تحدّد بالمقدار والاتجاه معًا. ففيما يخص سرعة الرياح مثلاً في الشكل (1)، لا يكتفى بالقول إن مقدارها 24 km/h نهاراً، وإنما يجب تحديد اتجاهها نحو الشرق لكي يصبح وصفها كاملاً. وكذلك للاعب كرة القدم، فهو يركّل الكرة بقدميه لتنطلق سرعة كبيرة وفي اتجاه محدّد لكي يُسجل هدفاً في المرمى. ومن الأمثلة الأخرى على الكميات المتجهة (Vector quantities): الإزاحة، والتسارع، والقوة.

المثال

أصنف الكميات الفيزيائية في الجدول (1) الآتي إلى كميات متجهة، وأخرى قياسية:

الجدول (1)	الكمية الفيزيائية
(4 kg)	كتلة
(20 m/s ² , غرب)	التسارع
(200 J)	الشغل
(120 N, شرق)	القوة

الحل:

- الكتلة: كمية قياسية؛ لأنها حددت فقط بمقدار.
- التسارع: كمية متجهة؛ لأنها حددت بمقدار واتجاه.
- الشغل: كمية قياسية؛ لأنها حددت فقط بمقدار.
- القوة: كمية متجهة؛ لأنها حددت بمقدار واتجاه.

11

الإشارة السالبة تعني عكس الاتجاه في الكميات المتجهة، ولكن ذلك لا ينطبق على الكميات القياسية؛ فدرجة الحرارة قد تكون موجبة أو سالبة، وهي كمية قياسية.

تحقق: ✓

الكميات المتجهة:

كميات لها مقدار واتجاه، وهي تُحدَّد بالمقدار والاتجاه معاً.

الكميات القياسية:

كميات لها مقدار، وليس لها اتجاه، وهي تُحدَّد بالمقدار فقط.

للمراجعة

الكميات القياسية:

كتلة القلم، طول القلم، زمن سقوط القلم.

الكميات المتجهة:

وزن القلم (قوة جذب الأرض للقلم)، تسارع القلم.

المثال 2

أجب بـ (نعم) أو (لا)، مُعرِّزاً إجابتي بمثال على كلٍ مما يأتي:

- تشير الإشارة السالبة أو الإشارة الموجبة إلى اتجاه الكمية المتجهة. هل يمكن أن تكون الكمية القياسية سالبة؟
- قد يكون للكمية المتجهة والكمية القياسية الواحدة نفسها.
- قد تتساوى كميتان متجهتان في المقدار، وتختلفان في الاتجاه.

الحلُّ:

- نعم، فدرجة الحرارة قد تكون سالبة، وهي كمية قياسية. والإشارة السالبة هنا لا تعني اتجاهها.
- نعم، فطول المسار الفعلي بين نقطتي البداية والنهاية هو كمية قياسية، لكن الإزاحة (الخط المستقيم من نقطة البداية إلى نقطة النهاية) هي كمية متجهة، ووحدة قياس كلٍ من هاتين الكميتين هي نفسها (المتر في النظام الدولي).
- نعم، فالكميات المتجهة قد تتساوى في المقدار، وتختلف في الاتجاه. فمثلاً، ثُوَرُ في الجسم فُؤَتَان متساويتان في المقدار؛ إحداهما باتجاه الشرق، والأخرى باتجاه الشمال. وقد تكون هذه الكميات مختلفة في المقدار، ومتتماثلة في الاتجاه.

ندりنة

في أثناء جلوسي في غرفة الصف سقط قلم باتجاه سطح الأرض. أحد كميتين قياسيتين، وكميتين متجهتين لها صلة بذلك.

12

التعزيز:

- وزّع الطلبة إلى فريقين، ثم نظم مسابقة بينهما بعد عقد جلسة عصف ذهني لكلا الفريقين.
- وجّه أحد الفريقين إلى البحث عن كميات متجهة، ثم كتابتها على يمين اللوح.
- وجّه الفريق الآخر إلى البحث عن كميات قياسية، ثم كتابتها على يسار اللوح.
- أنشئ لجنة تحكيم من الطلبة؛ لمراقبة مدى التزام الفريقين بما يأتي:
 - الوقت المحدّد للنشاط (10 دقائق مثلاً).
 - كتابة الطالب كمية واحدة فقط على اللوح، وعدم تكرار ذلك إلّا بعد انتهاء جميع أعضاء الفريق من المشاركة في عملية الكتابة.
- بعد انتهاء الوقت المحدّد، ناقش كل فريق في إجابته، ثم اشطب الكميات المكررة وغير الصحيحة، ثم عدّ الإجابات الصحيحة، لتعلّم لجنة التحكيم الفريق الفائز.

يُستعمل مقياس الرسم في الخرائط الجغرافية والمخططات الهندسية وغيرها لتمثيل الكميات الكبيرة جداً، أو الصغيرة جداً، التي لا يمكن تمثيلها بمقاديرها الحقيقة. ولتمثيل الكميات الفيزيائية المتوجهة بدقة، يُستعمل مقياس رسم مناسب لقدر الكمية المراد تمثيلها، بحيث تتناسب وحجم الورق المستعمل، وذلك برسم سهم طوله يُمثل مقدار الكمية المتوجهة، واتجاه السهم يُمثل اتجاهها كما في الشكل الآتي:



لإيجاد طول السهم، تُستعمل العلاقة الآتية:
طول السهم = مقدار الكمية × مقياس الرسم

توظيف التكنولوجيا

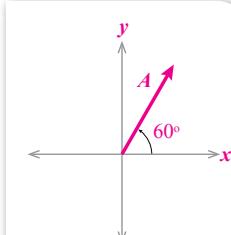
ابحث في الواقع الإلكتروني الموثوق عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع تمثيل المتجهات بيانياً، علمًا بأنّه يمكن إعداد عروض تقديمية تتعلق بموضوع الدرس. شارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمل أيّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.



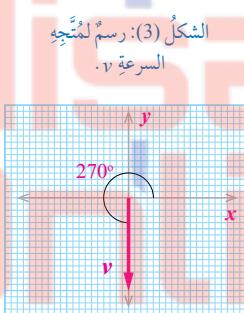
تمثيل المتجهات بيانياً

Representation of Vectors: Graphical Method

إن التعامل مع الكميات القياسية، وإجراء العمليات الحسابية عليها، أسهل من التعامل مع الكميات المتجهة. فمثلاً، من السهل المقارنة بين كميتيْن قياسيتين، خلافاً للمقارنة بين كميتيْن متجهيْن؛ لأنَّ كُلَّ منهما مقداراً واتجاهًا. لذا نلجأ أحياناً إلى تمثيل الكميات المتجهة (Representation of vector quantities) تمثيلاً بيانياً؛ ما يُسهل التعامل مع الكميات الفيزيائية المتجهة (مثل: القوة، والسرعة). يمكن أيضًا استخدام تمثيل البياني في إيجاد محصلة كميَّات متجهَّةٍ عدَّة، وإجراء عمليات الجمع والطرح عليها.
للكمية المتجهة مقدارٌ يُحدَّد بعده وحدة قياس، ولها اتجاه أيضًا. ولتمثيلها بيانياً، نختار مستوىً إحداثياً مثل ($y-x$)، ونقطة إسناد مثل نقطة الأصل ($0,0$)، ثم نرسم سهَّماً بحيث يقع ذيله (نقطة بداية) عند نقطة الأصل، وذلك على النحو الآتي:
• طول السهم يُمثل مقدار المتجه، ويُحدَّد باستخدام مقياس رسم مناسب.
• اتجاه السهم يُحدَّد نسبةً إلى اتجاه مرجعٍ؛ إما جغرافيًّا باستخدام الجهات الأربع (شمال، جنوب، شرق، غرب)، وإما باستخدام الزاوية θ التي يصنفها المتجه مع محور مرجعيٍّ، مثل محور ($+x$)، بعكس دوران عقارب الساعة، وتُسمى الزاوية المرجعية. فمثلاً، المتجه A في الشكل (2) يُكتب بصورة $A = A, 60^\circ$ ؛ ما يعني أنَّ المتجه A يصنف زاويةً مرجعيةً مقدارها 60° مع محور ($+x$).).



الشكل (2): رسم المتجه A
على المستوى $y-x$.



الشكل (3): رسم المتجه
السرعة .

13

المثال 3

اكتسب جسم سرعة 270° , $v = 3 \text{ m/s}$, v . أمثل متجه السرعة بيانياً.

الحل:

- أختار مقياس رسم مناسب، مثل ($1 \text{ cm} : 1 \text{ m/s}$)؛ أي إن كل 1 cm على الورقة يُمثل 1 m/s ، فيكون طول السهم: $3 \text{ cm} = 3 \text{ m/s} \times (1 \text{ cm}) / (1 \text{ m/s})$.
- أرسم سهَّماً طوله 3 cm ، وله نقطة بداية (تسمى ذيل المتجه) عند نقطة الأصل $(0,0)$ ، ونقطة نهاية (تسمى رأس المتجه)، بحيث يصنف اتجاه السهم زاويةً مقدارها 270° مع المحور ($+x$) بعكس دوران عقارب الساعة (اتجاه الجنوب) كما في الشكل (3).

مثال إضافي //

مثَّلت قوة F_1 مقدارها 300 N بيانياً بسهم طوله 6 cm في اتجاه الشمال. إذا استعمل مقياس الرسم نفسه في تمثيل قوة أخرى F_2 ، برسم سهم طوله 10 cm ، في اتجاه يصنف زاوية 37° جنوب الشرق، فجد:
أ . مقياس الرسم المستعمل.
ب . مقدار القوة الثانية F_2 ، واتجاهها.

الحل:

أ.

$$6 \text{ cm} = 300 \text{ N} \times \text{scale}$$

$$\text{Scale} = 6 \text{ cm} / 300 \text{ N} = \left(\frac{1 \text{ cm}}{50 \text{ N}} \right)$$

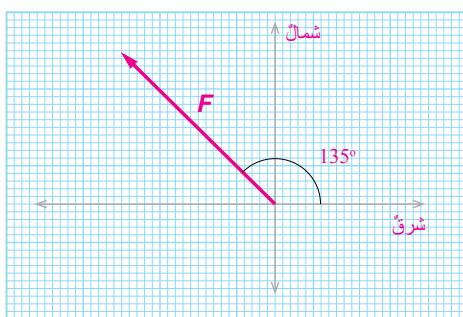
$$10 \text{ cm} = F_2 \times \left(\frac{1 \text{ cm}}{50 \text{ N}} \right)$$

$$F_2 = 10 \times \left(\frac{50}{1} \right) = 500 \text{ N}$$

ب.

المثال 4

تُؤثِّر قُوَّة F مقدارها 60 N في جسم باتجاه يصنع زاويةً مقدارها 45° شمال الغرب. أمثل متجه القوَّة F بيانياً.



الشكل (4): رسم لمتجه القوَّة F .

*** ملاحظة:** إذا كان المتجه يصنع زاوية 0° شمال الغرب، فهذا يعني 45° مثل (شمال الغرب)، وقطع زاوية 45° باتجاه اليمين، أما إذا كانت الزاوية 45° باتجاه الشمال، أما إذا كانت الزاوية 45° غرب الشمال فيجب البدء من الشمال باتجاه الغرب، وهكذا.

الحل :

- اختيار مقياس رسم مناسب، مثل $(1\text{ cm} : 10\text{ N})$ ، فيكون طول السهم: $60\text{ N} \times (1\text{ cm} / 10\text{ N}) = 6\text{ cm}$

- أرسم سهماً طوله 6 cm ، بحيث يصنع زاويةً مقدارها 135° مع محور $+x$ ، أو زاويةً مقدارها 45° شمال الغرب كما في الشكل (4).

تمرين

مقياس الرسم $(1\text{ cm} : 10\text{ km/h})$.

طول السهم 8 cm في الاتجاه المُبيَّن في الشكل

الآتي:



أتحقق :

لتَحْدِيد طول السهم، يُختار مقياس رسم مناسب، ثم يُحسب طول السهم باستعمال العلاقة الآتية:
 $\text{طول السهم} = \text{مقدار الكمية الفيزيائية} \times \text{مقياس الرسم}$
 أمّا اتجاه السهم فهو اتجاه المتجه نفسه.

تمرين: تسير سيارة بسرعة 7 m/s مقدارها 80 km/h ، في اتجاه يصنع زاويةً مقدارها 37° جنوب الشرق. أمثل متجه السرعة بيانياً.

أتحقق : كيف يمكن تحديد كلٍّ من طول السهم واتجاهه عند تمثيل المتجه بيانياً؟

أتحقق: استخدم أحمد مقياس الرسم $(1\text{ cm} : 20\text{ m})$ لرسم متجه يمثل بُعد المسجد عن منزله كما في الشكل (5). أحدد بُعد المسجد عن منزل أحمد، مبيناً الاتجاه.



الشكل (5): متجه يمثل بُعد المسجد عن منزل أحمد.

14

أفكار:

طول السهم بحسب نظرية فيثاغورس:

$$\sqrt{(-4)^2 + 2^2} = \sqrt{20} = 4.47\text{ cm}$$

إذن، بُعد المسجد:

$$\frac{4.47\text{ cm}}{1\text{ cm}} = 89.4\text{ m}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{2}{-4} = 153^\circ$$

أي في اتجاه يصنع زاوية 153° مع محور $+x$ كما في الشكل (5).

أخطاء شائعة

يعتقد بعض الطلبة أن نقل المتجه من مكان إلى آخر يغير من مقداره؛ لذا وضع لهم خطأ هذا الاعتقاد.

معلومات إضافية

ناتج جمع متجه ما (مثل A) مع سالب ذلك المتجه $(-A)$ هو متجه مقداره يساوي صفرًا:

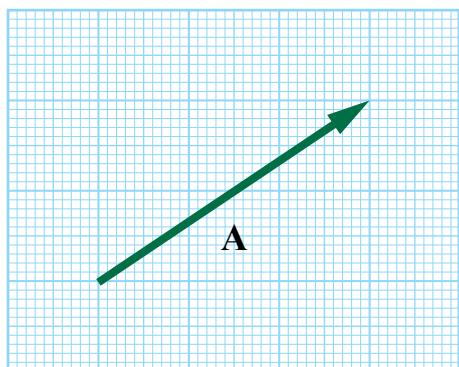
$$A + (-A) = 0$$

ويُسمى المتجه الصافي.

أفخر:
لأن الكتلة m دائمًا موجبة، وناتج ضرب كمية متجهة (a) في كمية قياسية موجبة (m) يكون كمية متجهة ($F = m \cdot a$) في اتجاه المتجه نفسه.

أتحقق:

١. تساوي متجهين: متجهان لهما المقدار نفسه، والاتجاه نفسه.
٢. ضرب المتجه في عدد سالب:
متجه جديد مقداره يساوي مقدار المتجه الأصلي مضروبًا في القيمة المطلقة للعدد السالب، واتجاهه عكس اتجاه المتجه الأصلي.



خصائص المتجهات

تمتاز المتجهات بخصائص عددة تميزها من الكيميات القياسية، وهذه بعضها:

تساوي متجهين

يتساوي متجهان عندما يكون لهما المقدار والاتجاه نفسهما كما في الشكل (6)، إضافةً إلى أنهما من النوع نفسه. اعتماداً على هذه الخصيصة، فإنه يمكن نقل المتجه من مكان إلى آخر شرط المحافظة على ثبات كل من مقداره واتجاهه.

سالب (مكوس) المتجه

هو متجه له مقدار المتجه الأصلي نفسه، ولكنه يعاكسه في الاتجاه، أي إن الزاوية بين المتجه وسالبه المتجه (Negative of a vector) هي 180° . ويُبين الشكل (7) أن المتجه A ، والمتجه $-A$ يتساوياً في المقدار، ويتعاكسان في الاتجاه.

ضرب المتجه في كمية قياسية

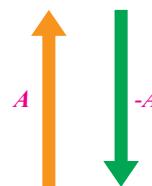
Multiplication of a Vector by a Scalar

يمكن ضرب متجه ما (مثل C) في كمية قياسية (مثل n) للحصول على متجه جديد (nC) مقداره nC ، حيث n عدد حقيقي. أما اتجاهه فيعتمد على إشارة n ؛ فإذا كانت هذه الإشارة موجبة، فإن المتجه nC يكون في الاتجاه نفسه للمتجه C . وفي حال كانت إشارة n سالبة، فإن المتجه nC يكون عكس اتجاه المتجه C .

أفخر: لماذا يكون اتجاه التسارع a دائمًا في نفس اتجاه محصلة القوى $\sum F$ ؟

15

الشكل (6): تساوي المتجهين A و B .



الشكل (7): المتجه A ، وسالبه المتجه $(-A)$.

أتحقق: ما المقصود بكل مما يأتي:

- ٠ تساوي متجهين؟
- ٠ ضرب متجه في عدد سالب؟

استخدام الصور والأشكال:

ارسم على اللوح متجهًا (مثل A) كما في الشكل، ثم اطلب إلى الطلبة رسم متجه آخر:

أ. مساوٍ له في المقدار.

ب. مماثل له في الاتجاه.

ج. مساوٍ له في المقدار، ومماثل له في الاتجاه.

د. مساوٍ له في المقدار، ومعاكس له في الاتجاه.

ثم أسأل الطلبة:

١. أي المتجهات التي رسمت تساوي المتجه (A)؟

٢. أي المتجهات التي رسمت تساوي $(-A)$ ؟

٣. صحيحة المفهوم الخطأ في ما يأتي:

«إن تساوي مقداري متجهين يعني تساوي المتجهين».

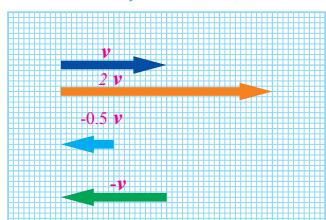
المفهوم الصحيح هو: «تساوي مقداري متجهين لا يعني بالضرورة تساوي المتجهين، أما العكس فصحيح تماماً».

من الأمثلة الفيزيائية على ضرب المتجه في كمية قياسية (سيدرس الطالب في صفوف لاحقة): الزخم الخطي (Linear Momentum $P = m v$)، الذي يساوي ناتج ضرب الكتلة m في السرعة v ، وهو كمية متجهة، واتجاهه في اتجاه السرعة v .

المثال 5

تحرك عربة بسرعة متجهة v مقدارها 40 m/s في اتجاه الشرق. أمثل بيانياً:

الشكل (8):
خصائص
المتجهات.



- متجه السرعة v
- متجه $2v$
- متجه $-0.5v$
- متجه $-v$

الحل:

- اختار مقياس الرسم (1cm: 10 m/s). ثم أرسم سهماً طوله 4 cm ليمثل المتجه v باتجاه الشرق كما في الشكل (8).
- أرسم سهماً طوله 8 cm ليمثل المتجه $2v$ ، ومقداره 80 m/s باتجاه الشرق.
- أرسم سهماً طوله 2 cm ليمثل المتجه $-0.5v$ ، ومقداره 20 m/s باتجاه الغرب.
- أرسم سهماً طوله 4 cm ليمثل المتجه $-v$ ، ومقداره 40 m/s باتجاه الغرب.

استخدام الصور والأشكال:

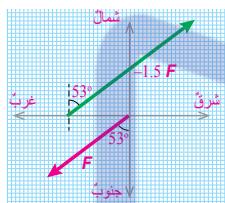
اعرض على الطلبة المتجهات ($F, 1, 2, 3, 4$) المبنية في الشكل، ثم اطرح عليهم السؤالين الآتيين:

- عُبر عن مقدار كلٍ من هذه المتجهات بدلاله المتجه F .
- حدّد اتجاه كلٍ منها.

المثال 6

توتر قوة F مقدارها 250 N في جسم باتجاه يصنع زاوية مقدارها 53° غرب الجنوب. أمثل بيانياً:

الشكل (9):
خصائص
المتجهات.

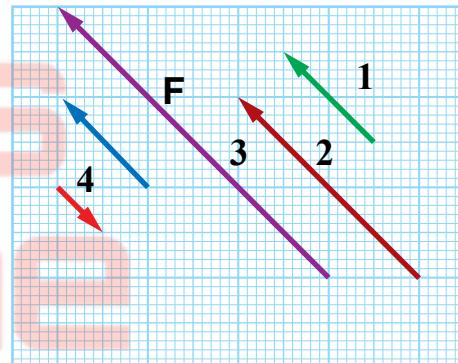


- متجه القوة F .
- متجه $(-F)$.

الحل:

- اختار مقياس الرسم (1cm : 50 N), ثم أرسم سهماً طوله 5 cm ليمثل المتجه F كما في الشكل (9).
- أرسم سهماً طوله 7.5 cm ليمثل المتجه $(-F)$ ، ومقداره 375 N ، واتجاهه معكس لاتجاه F ; أي بزاوية مقدارها 53° شرق الشمال (أو بزاوية مقدارها 37° شمال الشرق) كما في الشكل.

تمرين
تسير سيارة بتسارع ثابت $a = 3 \text{ m/s}^2$ في اتجاه يصنع زاوية مقدارها 30° شرق الشمال. أمثل بيانياً:
أ. سالب المتجه a . ب. ضرب المتجه a في العدد (2).

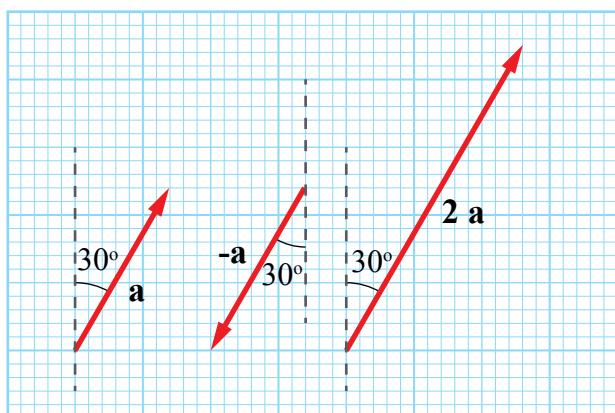


16

تمرين

مقياس الرسم (1cm : 1 m/s^2), إذن، طول السهم الذي يمثل المتجه a هو 3 cm كما في الشكل.

- سالب المتجه $(-a)$: هو متجه طوله 3 cm ، بعكس اتجاه a كما في الشكل.
- ضرب المتجه a في الرقم 2 ($2a$): هو متجه طوله 6 cm ، باتجاه المتجه a .



ضرب المتجهات Vectors Product

تعرّفنا سابقاً أنّه تُتّسج كمية متجهة من حاصل ضرب كمية قياسية في كمية متجهة، ولكننا نحتاج أحياناً في علم الفيزياء إلى ضرب كمية متجهة في كمية أخرى متجهة، فهل سيكون الناتج كمية متجهة أم كمية قياسية؟

يوجّد نوعان من ضرب متجهين بعضهما في بعض، هما: الضرب القياسي، والضرب المتجهي.

أ. الضرب القياسي (النقطي) Scalar (Dot) Product

يُعرّف الضرب القياسي (Scalar product) لمتجهين (مثل: A و B) بينهما زاوية θ ، كما في الشكل (10)، على النحو الآتي:

$$A \cdot B = AB \cos \theta$$

حيث:

A : مقدار المتجه A

B : مقدار المتجه B

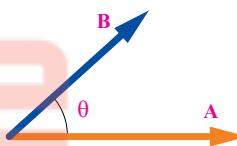
θ : الزاوية الصغرى بين المتجهين: A و B ; أي $(0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ)$. حين ينطبق المتجهان من النقطة نفسها كما في الشكل (10).

أما الناتج من عملية الضرب القياسي فيكون كمية قياسية لها مقدارٌ فقط، وهو مقدار يتغيّر بتغيّر مقدار الزاوية θ بين المتجهين.

من التطبيقات الفيزيائية على الضرب القياسي الشغل W ، وهو حاصلٌ على الضرب القياسي لمتجه القوة F في متجه الإزاحة d :

$$(W = Fd = Fd \cos \theta)$$

الشكل (10): متجهان
بينهما زاوية θ .



أقاربٌ بين ناتج كلٍّ من: $B \cdot A$ و $A \cdot B$.

17

التعرّيز: ◀

سُميّ الضرب القياسي بهذا الاسم لأنَّ ناتج الضرب كمية قياسية، وسُميّ أيضاً بالضرب النقطي لأن إشارة الضرب بين المتجهين هي نقطة (.)

أسأل الطلبة عن سبب تسمية الضرب المتجهي (التقاطعي) بهذا الاسم.

مناقشة: ◀

اكتب على اللوح معادلة الضرب النقطي:
 $A \cdot B = AB \cos \theta$ ثم نقِّش الطلبة في هذه المعادلة، واطرح عليهم الأسئلة الآتية:

ما أكبر قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟

AB

وعند أي زاوية θ ؟

صفر.

ما أقل قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟

صفر.

عند أي زاوية θ ؟

90°

متى تكون القيمة الجبرية لحاصل الضرب النقطي

سالبة؟ فسر إجابتك.

عندما تكون الزاوية بين المتجهين أكبر من 90° ، وأقل

من 180° ، أو تساوي 180° .

أجابة سؤال الشكل (10): ?

$$A \cdot B = AB \cos \theta$$

$$B \cdot A = BA \cos \theta$$

$A \cdot B = B \cdot A$ ، فإنَّ $AB \cos \theta = BA \cos \theta$ بما أنَّ θ :

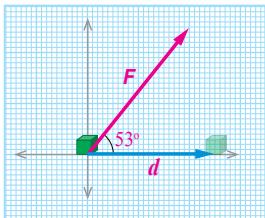
المثال 7

أثْرَتْ قُوَّةً F مقدارها 120 N في جسم، فحرَّكته إزاحةً d مقدارها 5 m في اتجاهِ الشرق. إذا علِمْتَ أنَّ الشغل W الذي شَجَّرَهُتَّ القُوَّةُ F يُعطى بالعلاقة: $W = F \cdot d$. وأنَّ الزاوية بين اتجاه F واتجاه d (53°)، فلُجِّيبَ عما يأتي:

أ. أَمْثلَ المُتَجَهَّنَينَ F وـ d ببيانٍ.

ب. هُلْ يُعَدُّ الشغل W كميةً مُتَجَهَّةً؟ أوضَّحْ ذلك.

ج. أَجِدْ مقدار الشغل الذي أنجَزَهُتَّ القُوَّةُ.



الشكل (11): تمثيل المتجهين F وـ d بيانياً.

$$\text{المعطيات: } F = 120 \text{ N}, d = 5 \text{ m}, \theta = 53^\circ, W = ?$$

$$\text{المطلوب: } W = ?$$

الحل:

أ. مقياس الرسم (1 cm: 20 N) (1 cm: 1 m) للإزاحة، وتمثيل المتجهين مبيَّن في الشكل (11).

ب. لا، لا يُعَدُّ الشغل W كميةً متجهةً، فهو كميةٌ فياسيةٌ لأنَّه ناتجٌ من الضرب الفياسي لـ \mathbf{F} وـ \mathbf{d} .

ج. يُمْكِنَ إيجاد مقدار الشغل الذي أنجَزَهُتَّ القُوَّةُ باستخدَام العلاقة الآتية:

$$\begin{aligned} W &= F \cdot d = F d \cos \theta \\ &= 120 \times 5 \times \cos 53^\circ, \quad \cos 53^\circ = 0.6 \\ &= 360 \text{ J} \end{aligned}$$

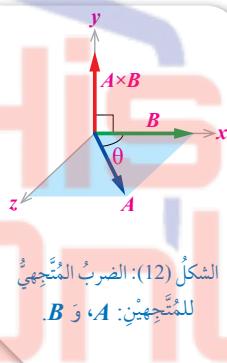
ب. الضرب المتجهي (التقاطعي) Vector (Cross) Product

ناتج الضرب المتجهي (Vector product) لـ \mathbf{A} وـ \mathbf{B} (Mثُلُّ: $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$) يُكتَبُ في صورة $(\mathbf{A} \times \mathbf{B})$ ، ويكونُ كميةً متجهةً بينَهُما زاوية θ يُكتَبُ في صورة $(\mathbf{A} \times \mathbf{B})$ ، ويكونُ كميةً متجهةً لها مقدارٌ واتجاهٌ، ويكونُ الاتجاه دائمًا متعامداً مع كلٍّ من اتجاه المتجهين: \mathbf{A} وـ \mathbf{B} ، كما في الشكل (12)، ويعطى مقداره على النحو الآتي:

$$|\mathbf{A} \times \mathbf{B}| = A B \sin \theta$$

حيثُ:

$|\mathbf{A} \times \mathbf{B}|$: قيمة ناتج الضرب المتجهي للمتجهين: \mathbf{A} وـ \mathbf{B} .
 A : مقدار المتجه \mathbf{A} .



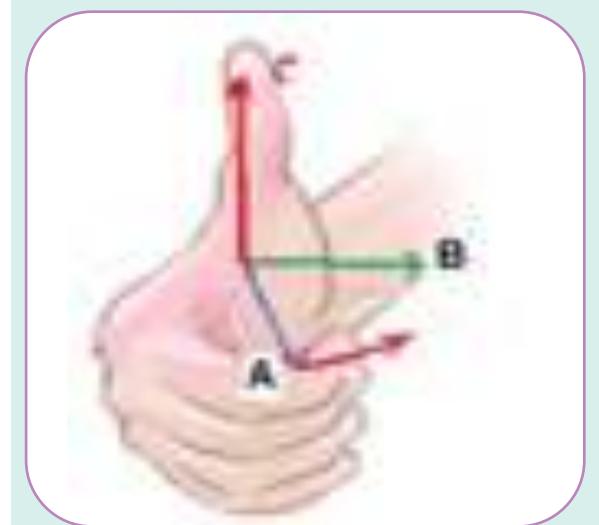
الشكل (12): الضرب المتجهي للمتجهين: \mathbf{A} وـ \mathbf{B} .

طريقة أخرى للتدريس

ربما يجد بعض الطلبة صعوبة في تحديد اتجاه ناتج الضرب المتجهي؛ لذا يمكن استعمال طريقة أخرى (إضافة إلى قاعدة كف اليد اليمنى)، هي قاعدة قبضة اليد اليمنى على النحو الآتي:

لنفترض أنَّ $\mathbf{A} \times \mathbf{B} = \mathbf{C}$ ، حيث يُمثل المتجه \mathbf{C} ناتج الضرب المتجهي لـ $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$.

إذاً أرَدْنَا - مثلاً - تحديد اتجاه \mathbf{C} ، فإنَّا نُحرِّكُ الأصابع الأربع لـ كف اليد اليمنى من اتجاه \mathbf{A} إلى اتجاه \mathbf{B} عبر الزاوية الصغرى، فيشير اتجاه الإبهام إلى اتجاه \mathbf{C} ; أيًّا إلى اتجاه محور \mathbf{z}^+ كما في الشكل؛ إذ يكون المتجه \mathbf{C} متعامداً دائمًا مع كلٍّ من المتجهين: \mathbf{A} وـ \mathbf{B} . وبالطريقة نفسها، يمكن أيضًا استعمال قاعدة البرغي بدلاً من قبضة اليد اليمنى.



B : مقدار المتجه B

θ : الزاوية الصغرى بين المتجهين: A و B ; أي $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$

حين ينطبق المتجهان من النقطة نفسها.

لتحديد اتجاه حاصل الضرب المتجهي $(A \times B)$, سُتخدم قاعدة كف اليد اليمنى، كما في الشكل (13); إذ يشير اتجاه الإبهام إلى اتجاه المتجه الأول A , وتشير الأصابع إلى اتجاه المتجه الثاني B , فيكون اتجاه المتجه الناتج من حاصل ضربهما المتجهي $(A \times B)$ عمودياً على الكف، وخارجها منها.

بوجه عام، يكون المتجه الناتج $(A \times B)$ دائماً عمودياً على المستوى الذي يحوي المتجهين: (A) و (B) , كما هو مبين في الشكل (13).

من التطبيقات الفيزيائية على الضرب المتجهي القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة كهربائية q متحركة بسرعة v في مجال مغناطيسي B , وهي تُعطى بالعلاقة: $F = q(v \times B)$, وكذلك عزم القوة $\tau = r \times F$, حيث:

F : القوة المؤثرة.

r : متجه الموقعة.

تحقق: ما الفرق بين الضرب المتجهي والضرب القياسي؟ ✓

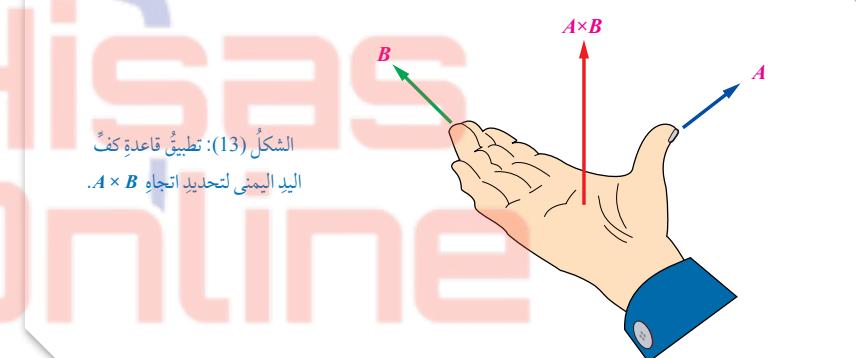
الربط ٥٥

وُضح للطلبة مفهوم الخاصية (العملية) التبديلية في الرياضيات، وهي خاصية Commutativity رياضية ترتبط بالعمليات الثنائية عامةً؛ إذ لا تعتمد فيها النتيجة على ترتيب العناصر. تُطبق هذه الخاصية على عمليات جمع الأعداد: $(a + b) = (b + a)$, أو ضربها: $(a \times b) = (b \times a)$, ولا تُطبق على عمليات القسمة والطرح.

أفخر: إذا أشارت الأصابع إلى المتجه A , وأشار الإبهام إلى المتجه B , فهل تتغير نتيجة الضرب المتجهي؟ أوضح ذلك.

الشكل (13): تطبيق قاعدة كف اليد اليمنى لتحديد اتجاه $A \times B$.

19



تحقق: ✓

- الضرب القياسي: عملية ضرب كمية متجهة في كمية متجهة أخرى، يكون ناتجها كمية قياسية غير متجهة، لها مقدار فقط على النحو الآتي:

$$A \cdot B = AB \cos \theta$$

- الضرب المتجهي: عملية ضرب كمية متجهة في كمية متجهة أخرى، يكون ناتجها كمية متجهة، لها مقدار واتجاه على النحو الآتي:

$$|A \times B| = AB \sin \theta$$

أمّا الاتجاه فيُحدَّد باستعمال قاعدة كف اليد اليمنى.

وصح للطلبة ما يأتي:

أ. الضرب النقطي عملية تبديلية:

$$A \cdot B = B \cdot A$$

ب. الضرب المتجهي عملية غير تبديلية:

$$A \times B = -(B \times A)$$

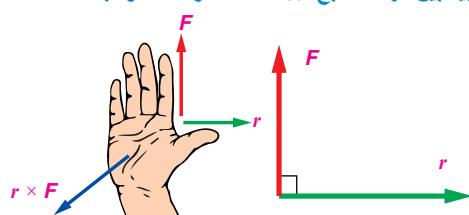
اطلب إلى الطلبة إثبات ذلك رياضياً.

المثال 8

في الشكل (14)، إذا كان $N = 250$ ، $F = 0.4 \text{ m}$ ، $r = 0.4 \text{ m}$ ، فأجيب عما يأتي:

أ. أجد مقدار عزم القوة $(r \times F)$ ، واتجاهه.

ب. إذا تغيرت الزاوية بين r و F لتصبح 135° ، فما مقدار $r \times F$ ، واتجاهه؟



الشكل (14): تطبيق قاعدة كف اليد اليمنى.

الحل:

أ. مقدار عزم القوة $(r \times F)$:

$$\begin{aligned} |r \times F| &= r \times F \times \sin \theta \\ &= 0.4 \times 250 \times \sin 90^\circ, \sin 90^\circ = 1 \\ &= 100 \text{ N.m} \end{aligned}$$

بحسب قاعدة كف اليد اليمنى، يشير الإبهام إلى اتجاه r ، وتشير الأصابع إلى اتجاه F ؛ لذا يكون اتجاه عزم القوة خارجاً من الورقة (باتجاه محور $z+$).

ب. مقدار $r \times F$:

$$\begin{aligned} |r \times F| &= r \times F \times \sin \theta \\ &= 0.4 \times 250 \times \sin 135^\circ, \sin 135^\circ = 0.7 \\ &= 70 \text{ N.m} \end{aligned}$$

اتجاه $r \times F$ يكون خارجاً من الورقة (باتجاه محور $z+$)، كما في الفرع (أ).

لـ

$$A \cdot B = A B \cos \theta$$

$$320 = 20 \times 20 \times \cos \theta$$

$$\cos \theta = 0.8$$

$$\theta = \cos^{-1} 0.8 = 37^\circ$$

. أ

$$|A \times B| = A B \sin \theta$$

$$200 = 20 \times 20 \times \sin \theta$$

$$\sin \theta = 0.5$$

$$\theta = \sin^{-1} 0.5 = 30^\circ, 150^\circ$$

. ب

مُنْجَهَان: A و B ، مقدار كلٌّ مِنْهُما 20 (الرمز u يعني وحدة unit).

أحد مقدار الزاوية بين المتجهين في الحالتين الآتتين:

$$A \cdot B = 320 \text{ u}$$

$$|A \times B| = 200 \text{ u}$$

لـ

20

مراجعة الدرس

أ. الكمية المتجهة لها مقدار واتجاه، أما الكمية القياسية فلها مقدار فقط، ولكل منها مقدار ووحدة.

ب. اتجاه كل منها عكس اتجاه الآخر، ولكل منها المقدار نفسه.

ج. ناتج الضرب المتجهي كمية متجهة، وناتج الضرب القياسي كمية قياسية، ولكن ناتج كل منها يتغير بتغيير الزاوية بين المتجهين.

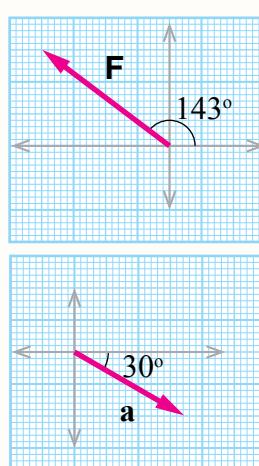
ز من الحصة القياسية: قياسية.

ب. قوة الجاذبية الأرضية: متجهة.

ج. درجة حرارة المريض: قياسية.

د. المقاومة الكهربائية: قياسية.

هـ. كتلة حقيقتك المدرسية: قياسية.



أ . (1cm: 0.05 N) ③

طول السهم:

ب . (1cm: 1 m/s²)

طول السهم:

طول السهم 5 cm. وبحسب مقياس الرسم

(1 cm: 10 m/s)، فإن مقدار سرعة السيارة v هو:

$$v = 5 \times 10 = 50 \text{ m/s}$$

الاتجاه: أستعمل المنقلة لقياس الزاوية بين محور x والتجه.

$$|r \times F| = r \cdot F$$

$$r F \sin \theta = r F \cos \theta$$

$$\sin \theta = \cos \theta$$

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

$$\tan \theta = 1$$

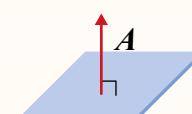
$$\theta = \tan^{-1} 1 = 45^\circ$$

7

$$\Phi = B \cdot A$$

$$= 0.1 \times (2 \times 10^{-6}) \times \cos 45^\circ = 1.4 \times 10^{-7} \text{ T.m}^2$$

يُذكَر أنَّ التجه A هنا هو التجه العمودي على المساحة كما في الشكل المجاور.



8

$$|B \times A| = B A \sin \theta$$

$$|B \times A| = 8 \times 3 \sin 90^\circ = 24$$

بحسب قاعدة كف اليد اليمنى، فإنَّ الإبهام يشير إلى اتجاه B ، والأصابع تشير إلى اتجاه A ؛ لذا، فإنَّ اتجاه $B \times A$ يكون في اتجاه $(-x)$.

5

$$F \times L = FL \sin \theta \quad 4$$

$$0 = FL \sin \theta$$

وبما أنَّ $0 \neq 0$ ، $F \neq 0$ ، فإنَّ:

$$\sin \theta = 0$$

$$\theta = \sin^{-1} 0 = 0^\circ, 180^\circ$$

$$F \cdot L = FL \cos \theta$$

$$0 = FL \cos \theta$$

$$\cos \theta = 0$$

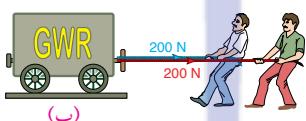
$$\theta = \cos^{-1} 0 = 90^\circ, 270^\circ$$

جمع المتجهات Addition of Vectors

تعرفت في الدرس السابق أنَّ الكميات الفيزيائية تكونُ كمياتٍ متجهةً تحدُّد بالمقدار والاتجاه معًا، أو كمياتٍ قياسيةٍ تحدُّد فقطً بالمقدار، وأنَّ عملية ضربِ الكميات المتجهة تختلف عن عملية ضربِ الكميات التوسيعية. ولكن، هل تختلفُ عمليات الجمع والطرح للكميات المتجهة عنها للكميات القياسية؟

إذاً أضيئتْ أمسِ أربعَ ساعاتٍ في الدراسة، وساعتين في ممارسة الرياضة، وساعةً في العمل التطوعي، فإنَّ مجموع ما استغرقته في الدراسة والرياضية والعمل التطوعي هو 7 ساعات. وإذا كانت درجة حرارة الجو يوم 20°C ، ودرجة حرارة الجو المُتوَعَّدة 24°C ، فإنَّ درجة الحرارة غدًا ستُرتفع 4°C ، بحسب قولِ الراصد الجوي.

هذه بعض الأمثلة على جمعِ الكميات القياسية وطرحها (الزمن، درجة الحرارة)، وقد جُمِعَتْ وطُرِحَتْ بطريقةٍ جبرية شرطَ أن تكون من النوع نفسه، وأن يكون لها الوحدات نفسها، ويكون ناتجُ الجمع كميةٌ قياسيةٌ أيضًا. أمَّا بخصوص جمعِ الكميات المتجهة (Addition of vector quantities) فيجبُ مراعاة الاتجاه والمقدار عند جمعها أو طرحها. فمثلاً، القوتان الثانيان يؤثِّرُ بهما الرجلان لسحبِ العربة في الشكل (15) إذا جمعنا جرئيًّا $400\text{ N} = 200 + 200$ (فإن الإجابة تكون غير صحيحة، أمَّا إذا أتَرَ الرجلان في الاتجاه نفسه، وبالنسبة نفسها كما في الشكل (15) ب) فإنَّ مجموع القوتين 400 N في اتجاه إحدى القوتين يكونُ صحيحةً).



الشكل (15): أ. قوتان في اتجاهين مختلفين. ب. قوتان في الاتجاه نفسه.

الفكرة الرئيسية:

جمعِ الكميات المتجهة أو طرحها يكون إما بيانياً، وإما رياضياً عن طريق تحليلِ الكميات المتجهة إلى مركباتها.

نتائجُ التعلم:

- أُطْبِقْ خصائصِ المتجهات على كمياتٍ فيزيائيةٍ متجهةً.
- أُسْتَنْجِ خصائصِ المتجهات بطريقَةٍ مختلفةٍ.

المفاهيم والمصطلحات:

جمعِ الكميات المتجهة

Addition of vector quantities

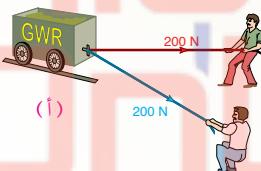
.Resultant Vector

.Graphical Method

.تحليلِ المتجهات إلى مركباتها

.Resolving Vectors into Components

.Analytical Method



22

على اتجاه قوة زميله، بحيث يدفعان الكرسي في اللحظة نفسها معًا كما في الشكل.



- اطلب إلى الطالبة توقع اتجاه حركة الكرسي، ومقارنة توقعاتهم باتجاه الحركة الفعلية الذي شاهدوه أمامهم.
- أدِّ نقاشًا عن تأثير القوتين معًا، وعلاقة ذلك بناتج جمع القوتين (يمكنك تمثيل القوى بيانياً على اللوح).

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* القضايا ذات العلاقة بالعمل: العمل التطوعي.

في المثال المتعلق بالزمن وقضاء ساعة في العمل التطوعي، الفت انتباه الطالبة إلى مفهوم العمل التطوعي، وأهميته، وأثاره الإيجابية في الفرد والمجتمع، وكذلك أهمية إدارة الوقت على نحوٍ فاعلٍ منظمٍ.

جمع المتجهات وطرحها

Addition and Subtraction of Vector

تقديم الدرس

جمع المتجهات

الفكرة الرئيسية:

اطرح السؤال الآتي على الطلبة:

- قطتان، مقدار الأولى $N_1 = 50$ ، ومقدار الثانية $N_2 = 30$. إذا كانتا في مستوى واحد أفقى، وأثَّرتَا في صندوق موضوع على سطح أفقى أملس موازٍ لمستوى القوتين، فما مجموع القوتين؟

استمع إلى إجابات الطلبة كلها، ثم اكتبها على اللوح، ولا تحاول استبعاد أي منها، وشجّعهم على تقديم مزيد من الإجابات المحتملة.

وضُحِّ للطلبة أنَّ جمعِ الكميات المتجهة يختلف عن جمعِ الكميات القياسية؛ إذ إنَّ معرفة الاتجاه تُسهم إسهاماً كبيراً في إيجاد ناتج الجمع، إضافةً إلى المقدار. ووضُح لهم أيضاً أنَّ عمليات جمعِ الكميات المتجهة وطرحها تتم بطريقَةٍ مختلفةٍ؛ بيانياً، ورياضياً، وذلك بتحليلِ المتجهات إلى مركباتها.

◀ الرابط بالمعرفة السابقة:

راجع الطلبة مراجعة سريعة في موضوع النسب المثلثية في الرياضيات (\sin , \cos , \tan)، وفي نظرية فيثاغورس، عن طريق رسم مثلث قائم الزاوية، وتوضيح النسب المثلثية فيه، وكيفية إيجاد وتر المثلث، وربط ذلك كله بتحليلِ المتجهات، وإيجاد المقدار والاتجاه لمحصلة عِدَّة كميات متجهة.

التريض

نشاط سريع

- اطلب إلى أحد الطلبة أن يدفع بقوة كرسيًّا بالصف في اتجاه مُحدَّد، ثم اطلب إلى زملائه توقع اتجاه حركة الكرسي.
- أعِدِ الكرسي إلى مكانه، ثم اطلب إلى آخر - إضافةً إلى الطالب الأول - دفع الكرسي نفسه بقوة في اتجاه عمودي

بناء المفهوم:

مفهوم الجمع لا يقتصر على الجمع الجبري المعروف للأرقام والكميات القياسية؛ إذ تطور إلى مفهوم الجمع المتجهي للكميات المتجهة الذي يتطلب معرفة كل من المقدار والاتجاه، خلافاً لجمع الكميات القياسية (الجمع الجبري) الذي يتطلب معرفة المقدار فقط.

فمثلاً، $2+2$ في جمع المتجهات ليس بالضرورة أن يساوي مقدارها 4 . فالمقدار يتراوح بين 0 و 4 اعتماداً على الزاوية بين المتجهين. أمّا عند جمع الكميات العددية فالإجابة واحدة: $4 = 2 + 2$ ، وكذلك الحال في عمليات الطرح.

أتحقق:

متجه المحصلة: هو متجه ناتج من الجمع المتجهي لمتجهين أو أكثر.

ماذا يتوقعُ أن يكونَ ناتجَ جمعِ القوتينِ إذا أثرَ كُلُّ رجلٍ بالقوَّةِ نفسهِ، ولكنْ في اتجاهينِ متعاكسيْن؟
نستنتجُ مما سبقَ أنَّ ناتجَ جمعِ مُتجهينِ (مثل: A و B) هوَ مُتجهٌ جديدٌ ($A + B$) يختلفُ مقدارُه واتجاهُه باختلافِ المقدارِ والاتجاهِ لكلِّ من المُتجهينِ، وأنَّ ما ينطبقُ على جمعِ مُتجهينِ ينطبقُ على جميعِ مُتجهاتِ عدَّة.

بوجهٍ عامٍ، يُسمى المُتجهُ الناتجُ من الجمع المتجهي لمتجهاتٍ عدَّة (مثل: A و B و C) مُتجهَ المحصلةِ، ويُرمزُ إليه $R = A + B + C$ ، على أنَّ تكونَ المتجهاتُ من النوعِ نفسهِ. فمثلاً، إذا جمعنا متجهاتٍ للسرعةِ فإنَّ متجهَ المحصلةِ يكونَ متجهَةَ سرعةٍ، وكذلك متجهاتُ التسارعِ والقوَّةِ وغيرها.

أتحقق: ما المقصودُ بمتجهِ المحصلةِ؟

المثالُ 9

مزلاجٌ كتلةُ $m_1 = 70 \text{ kg}$ ، وُضع فوقَة صندوقٌ حجمُه 1 m^3 ، وكتلةُ $m_2 = 80 \text{ kg}$ ، سحبَ المزلاج بقوَّة مقدارُها $F_1 = 400 \text{ N}$ باتجاهِ الشرقِ، وأثرَتُ فيهُ قوَّةُ أخرى $N_2 = 100 \text{ N}$ باتجاهِ الغربِ، فتحرَّك بتسارعٍ مقدارُه $a = 2 \text{ m/s}^2$ بالرَّموزِ.

باتجاهِ الشرقِ:

أ. أحدَذَ الكمياتِ القياسيةِ التي يمكنُ جمعها معاً، ثمَّ أجدَ ناتجَ الجمع.

ب. أحدَذَ الكمياتِ المتجهةَ التي يمكنُ جمعها معاً، ثمَّ أغيَّرَ عن ناتجِ الجمعِ (المحصلةِ) بالرموزِ.

الحلُّ:

أ. الكمياتُ القياسيةُ هي: كتلةُ المزلاج، وحجمُ الصندوق، وكتلةُ الصندوق. أمّا الكمياتُ التي يمكنُ جمعُها معاً فيجبُ أن تكونَ من النوعِ نفسهِ، وهي: $m_1 = 70 \text{ kg}$ ، $m_2 = 80 \text{ kg}$ ، وناتجُ جمعهما: $70 + 80 = 150 \text{ kg}$ وهوَ كميةٌ قياسيةٌ.

ب. الكمياتُ المتجهةُ هي: القوةُ الأولى F_1 ، والقوَّةُ الثانيةُ F_2 ، والتسارُعُ a . أمّا الكمياتُ التي يمكنُ جمعها معاً فيجبُ أن تكونَ من النوعِ نفسهِ، وهي: $F_1 = 400 \text{ N}$ ، و $F_2 = 100 \text{ N}$ ، ومحصلتهما: $R = F_1 + F_2$ ، وهيَ كميةٌ متجهةٌ.

23

استخدام الصور والأشكال:

وَجَّهَ الطلبةُ إلى دراسةِ الشكلِ (15)، ثُمَّ الإجابةُ عن الأسئلةِ الآتيةِ:

ما الناتج المتوقع من جمع القوتين في الحالة (أ)؟

قبل إجاباتِ الطلبةِ جميعها، ثُمَّ بيَّنَ لهمَ أنَّ الناتجَ أكبرَ من 200 N ، وأقلَّ من 400 N بحسبِ الزاويةِ بينِ القوتينِ.

هل يختلفُ تسارعُ العربةِ في الحالتينِ؟

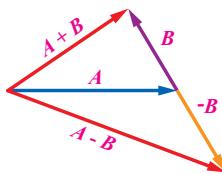
نعم؛ لأنَّ ناتجَ جمعِ القوتينِ في الحالةِ (أ) أقلُ منهِ في الحالةِ (ب).

في رأيكِ، إذا تغيَّرَ اتجاهُ القوتينِ أو إحداهما، فهل سيتغيَّرُ ناتجِ الجمعِ؟

نعم، قد يكونُ الناتجُ صفرًا، أو 400 N ، أو ما بينهما.

وضُّحَ للطلبةِ الاستنتاجُ الذي يمكنُ التوصلُ إليه، وهو: ناتجُ جمعِ الكمياتِ المتجهةِ يختلفُ باختلافِ المقدارِ والاتجاهِ لكلِّ من الكميتينِ.

يخلط بعض الطلبة بين طرح المتجه وسالب المتجه؛ لذا وضح لهم أنَّ طرح المتجه هو جمعٌ لـ سالب المتجه؛ أيَّ إنَّ سالب المتجه جزئيةٌ من طرح المتجه.



الشكل (16): جمع المتجهات وطرحها.

أيَّ إنَّ طرح المتجه يكافِي جمع سالب ذلك المتجه.

أتحقق: ما المقصود بطرح المتجه؟

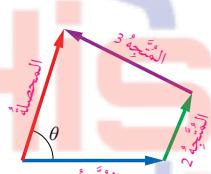
محصلة متجهات عدّة Resultant of Many Vectors

لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر، سواءً أكانت في بُعد واحد مثل محور x أو محور y ، أم في بُعدين مثل مستوى ($x-y$) فإنَّا نستخدم إحدى الطريقيَّتين الآتَيَنِ:

أ. الطريقة البيانية (الرسم Graphical Method)

هي طريقة تلخُصُ في تمثيل المتجهات المراد جمعها بأسهم، ثم ترکيب تلك الأسمِم بطريقة متوازي الأضلاع، أو بطريقة المُضلَّع (الذيل على الرأس)، وستتناولُ في هذا الدرس طريقة المُضلَّع.

- :Polygon (head-to-tail) Method
- تُستخدم هذه الطريقة لإيجاد محصلة العدّيد من المتجهات بيانياً، وتلخُصُ في الخطوات الآتِيَّة:
- اختيار مقاييسِ رسم مناسبٍ، ورسم أسمِم تمثيل المتجهات التي يراد إيجاد محصلتها (جمعها) كما في الدرس السابق.
 - رسم المتجه الأول، ثم رسم المتجه الثاني، بحيث يقع ذيله عند رأس المتجه الأول، وهكذا الحال لبقية المتجهات حتى آخر متجه، كما في الشكل (17)، مع المحافظة على طول السهمِ واتجاهه عند نقلِه.



الشكل (17): محصلة متجهات عدّة بطريقة المُضلَّع.

أتحقق:

طرح المتجه: هو جمع سالب المتجه.

معلومات إضافية

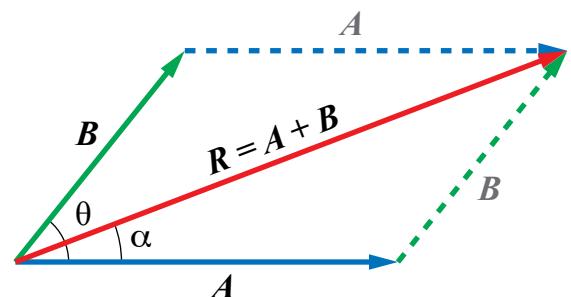
طريقة متوازي الأضلاع (Parallelogram Method): لإيجاد محصلة متجهين (مثل: A ، و B) بيانياً بطريقة متوازي الأضلاع، ارسم المتجه الأول A ، ثم ارسم المتجه الثاني B ، بحيث تنطبق بدايته (ذيله) على بداية المتجه A ، ثم أكمل رسم متوازي الأضلاع، ثم ارسم قطر متوازي الأضلاع الذي يتحد مع هذين المتجهين في نقطة البداية، ليُمثل محصلة المتجهين ($R = A + B$) كما في الشكل. اطلب إلى الطلبة إيجاد محصلة المتجهين A ، و B في الشكل، بطريقة المُضلَّع، ثم مقارنة ناتج الطريقيَّتين.

24

توظيف التكنولوجيا

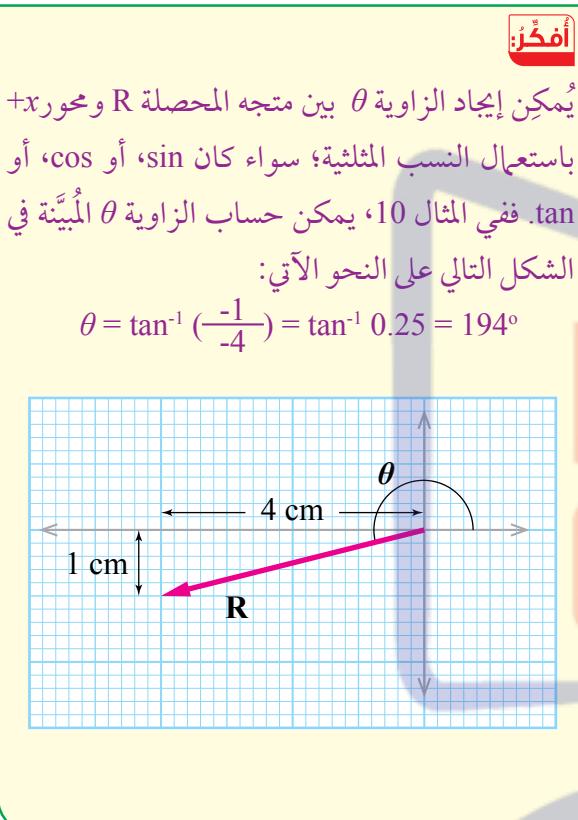
ابحث في الموقع الإلكتروني الموثوق عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع محصلة عدّة متجهات بيانياً، علماً بأنَّه يُمكِّنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft (teams)، أو استعمل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.



أتحقق:

طريقة المضلع: هي طريقة بيانية لإيجاد محصلة متوجهين أو أكثر عن طريق تمثيل المتوجهات بأسهم، ثم تركيبها بوضع ذيل المتوجه الثاني على رأس المتوجه الأول، وهكذا بالترتيب حتى آخر متوجه، فيتمثل طول السهم الواصل من ذيل المتوجه الأول إلى رأس المتوجه الأخير مقدار المحصلة، ويتمثل اتجاه السهم اتجاه المحصلة.



أتحقق: هل يمكن إيجاد الزاوية θ بطريقة رياضية من دون استخدام المنقلة في المثال 10؟
أوضح ذلك.

3. رسم سهم من ذيل المُتَجْهِ الأول إلى رأس المُتَجْهِ الأخير، ليُمثّل طوله مقدار المحصلة، مع مراعاة مقياس الرسم، ويمثل اتجاهه (من الذيل إلى الرأس) اتجاه المحصلة (قياس الزاوية θ بين اتجاه المحصلة ومحور x ، بعكس دوران عقارب الساعة).

أتحقق: أوضح المقصود بطريقة المضلع لإيجاد محصلة متوجهات عدّة بيانياً.

المثال 10

تؤثر ثلاثة قوى في جسم: القوة الأولى F_1 مقدارها 30 N في اتجاه الشمال، والقوة الثانية F_2 مقدارها 50 N في اتجاه يصنع زاوية مقدارها 37° شمال الغرب، والقوة الثالثة F_3 مقدارها 70 N في اتجاه الجنوب. أجد المقدار والاتجاه لمحصلة القوى المؤثرة في الجسم بيانياً.

$$F_3 = 70 \text{ N}, -y, F_2 = 50 \text{ N}, 143^\circ, F_1 = 30 \text{ N}, +y$$

المطلوب: $R = ?$

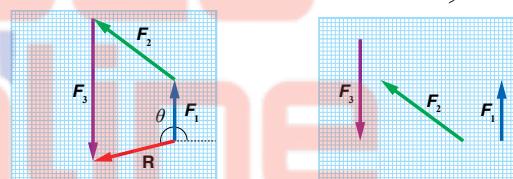
الحلُّ:

أ. اختار مقياس رسم مناسب، وليكن (10 N: 1 cm)، ثم أرسم ثلاثة سهام تمثل متوجهات القوى الثلاث كما في الشكل (18/أ)، بحيث يكون طول الأول F_1 : 3 cm، طول الثاني F_2 : 5 cm، وطول الثالث F_3 : 7 cm.

ب. أرسم السهم الذي تمثل متجه القوة F_1 كما في الشكل (18/ب)، ثم أرسم السهم الذي تمثل متجه القوة F_2 ، بحيث يقع ذيله على رأس سهم F_1 ، ثم أرسم السهم الذي تمثل متجه القوة F_3 ، بحيث يقع ذيله على رأس سهم F_2 . بعد ذلك أرسم سهماً من ذيل المتجه الأول F_1 إلى رأس المتجه الثالث (الآخر)، ليتمثل طوله مقدار المحصلة، ويتمثل اتجاهه اتجاه المحصلة.

ج. أقيس - بالمسطرة - طول متجه المحصلة R من الشكل (4.1 cm). وبحسب مقياس الرسم (1cm: 10 N). فإن مقدار المحصلة: $R = 4.1 \times 10 = 41 \text{ N}$.

د. أقيس - بالمنقلة - الزاوية بين متجه المحصلة ومحور x بعكس دوران عقارب الساعة ($\theta = 194^\circ$): لتمثل اتجاه المحصلة.



الشكل (18): أ. تمثل متوجهات القوى بأسهم. ب. محصلة متوجهات القوى بالرسم.

25

استخدام الصور والأشكال:

اطلب إلى الطلبة إيجاد ناتج جمع ما يأتي بيانياً، مستعينين بالشكل (18):

$$F_1 + F_2$$

$$F_2 + F_1$$

$$F_1 + F_3 + F_2$$

ووجه الطلبة إلىربط ما توصلوا إليه بالخاصية التبديلية لجمع المتوجهات.

التجربة 1

إيجاد محصلة قوتين بصورة عملية.

المدف: إيجاد محصلة قوتين بينهما زاوية عملياً.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشادات السلامة: نبه الطلبة إلى توخي الحذر من سقوط الأجسام

والأدوات على أقدامهم.

المهارات العلمية: الاستنتاج، المقارنة، القياس.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجه الطلبة إلى النظر في اتجاه عمودي على مركز الطاولة عند انطباق الحلقة على مركز الطاولة.

- يمكن استعمال طاولة القوى في إيجاد محصلة قوتين أو أكثر؛ سواء كانت تلك القوى متساوية في المقدار، أو غير متساوية.

النتائج المتوقعة:

من المتوقع أن ينطبق الخيط في الخطوة الثانية على التدريج: $240^\circ \pm 2^\circ$ وبالرغم من الدقة المتناهية لنتائج هذه التجربة، فإنه يوجد خطأ بسيط في قياس تدريج الخيط الثالث؛ نتيجة عدم ضبط الخيط الأول على تدريج 0° ، وعدم ضبط الخيط الثاني على تدريج 120° تماماً، أو عدم انطباق مركز الحلقة تماماً على مركز الطاولة.

تحليل النتائج:

1. $(\text{حمل القل} + m) F_3 = F_1 = F_2 = (m + \text{حمل القل}) F$ ، محصلة القوى تساوي صفرًا.

2. باستعمال مقياس رسم مناسب، وتطبيق طريقة مضلع القوى، يمكن إيجاد محصلة القوتين بيانياً.

3. بما أن الحلقة في حالة اتزان، فإن محصلة القوتين تساوي في المقدار القوة الثالثة، وتعاكسها في الاتجاه. ولكن، عملياً، قد لا تتساوى تلك الكميات بصورة كاملة؛ نظراً إلى وجود أحاطاء في القياس، ودقة الرسم.

4. محصلة أي قوتين من القوى الثلاث تساوي في المقدار القوة الثالثة، وتعاكسها في الاتجاه.

5. صفر؛ فعند تمثيل القوى الثلاث بيانياً، تشكل الأسهم الممثلة لتلك القوى مثلاً مغلقاً، بحيث تتطابق نقطة ذيل القوة الأولى على رأس القوة الثالثة، وتكون المحصلة صفرًا.

6. عند مقارنة النتائج، يدير المعلم نقاشاً عن أسباب اختلاف النتائج، وكيفية معالجة ذلك الاختلاف، أو التقليل منه.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والممواد الدراسية

* القضايا الأخلاقية: الاحترام.

في التجربة 1، وجه الطلبة إلى أهمية تنمية قيمة الاحترام والتعاون المتبادل بين أفراد المجموعة الواحدة في أثناء تنفيذ التجربة، وكذلك بين أفراد المجموعات في أثناء مقارنة النتائج، فضلاً عن احترام الرأي والرأي الآخر في أثناء الحوار، والابتعاد عن التعصب لرأي معين.

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

الرقم	اسم الطالب	العيار 1: يجد بدقة كبيرة محصلة قوتين عملياً.	العيار 2: يبني تعاوناً مع أفراد مجموعة، تنفيذاً صحيحاً كاملاً.	المعيار 3: ينفذ خطوات التجربة
1				1
2				2

* 4: ممتاز. 3: جيد جداً. 2: متوسط. 1: مقبول.

التجربة 1

إيجاد محصلة قوتين بصورة عملية



التحليل والاستنتاج:

1. **احسب** القوى الثلاث المؤثرة في الحلقة باستخدام العلاقة: $F = mg$, حيث: m : (كتلة) حامل القوى + كتلة القل، ما مقدار محصلة تلك القوى؟
2. **احسب** بيانياً محصلة قوتين: الأولى، والثانية.
3. **أقرأن** محصلة هاتين القوتين بالقوة الثالثة من حيث: المقدار، والاتجاه.
4. **استنتج** استناداً إلى تجربتي، علاقة محصلة أي قوتين بالقوة الثالثة عند الاتزان (انطباق مركز الحلقة على مركز الطاولة).
5. **احسب** بيانياً محصلة القوى الثلاث، ثم أفرز النتيجة.
6. **أقرأن** نتائج مجموعتي بنتائج المجموعات المتساوية.

شحنة كهربائية تؤثر فيها ثلاث قوى كهربائية على النحو الآتي:
N 200 في اتجاه الجنوب، N 300 في اتجاه يصنف زاوية مقدارها 53° شمال الغرب، N 500 في اتجاه الغرب.

أوجد مقدار محصلة القوى الكهربائية المؤثرة في الشحنة واتجاهها بيانياً.

26

لكرة

مقياس الرسم: 1 cm: 100 N، إذن:

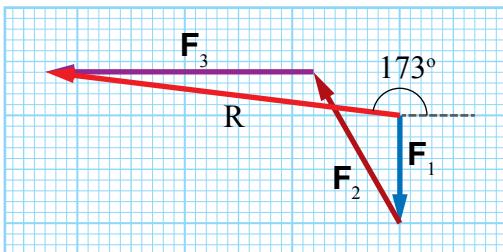
$$F_3 = 5 \text{ cm}, F_2 = 3 \text{ cm}, F_1 = 2 \text{ cm}$$

طول سهم المحصلة R هو 6.8 cm، إذن: مقدار المحصلة R هو:

$$R = 6.8 \text{ cm} \times \frac{100 \text{ N}}{1 \text{ cm}} = 680 \text{ N}$$

باستعمال المقلة، يتبيّن أنَّ الزاوية بين متجه المحصلة ومحور x+ هي: (176°)، أي إنَّ:

$$R = 680 \text{ N}, 176^\circ$$



المثال 11

مثلث أربعة متجهات للسرعة v_1, v_2, v_3, v_4 بالرسم كما في الشكل (19)، وذلك باستخدام مقاييس الرسم: $1 \text{ cm} : 5 \text{ m/s}$

أ. مقدار متجه محصلة السرعة، واتجاهه.

$$v_1 + v_2 + 2v_3 - v_4$$

الحل:

أ. بتطبيق طريقة المُضلَّع كما في الشكل (20)، فإن طول سهم المحصلة R هو 4 cm . ووفقاً لمقاييس الرسم $1 \text{ cm} : 5 \text{ m/s}$ ، فإن مقدار المحصلة: $R = 4 \times 5 = 20 \text{ m/s}$ ، واتجاهها نحو الجنوب: $(R = 20 \text{ m/s}, 270^\circ)$.

ب. بتطبيق طريقة المُضلَّع كما في الشكل (21)، فإن $v_1 + v_2 + 2v_3 + (-v_4)$ هو 10 cm . ووفقاً لمقاييس الرسم $1 \text{ cm} : 5 \text{ m/s}$ ، فإن مقدار المجموع: $R = 10 \times 5 = 50 \text{ m/s}$ ، وباستخدام المقللة نجد أن اتجاهها يميل بزاوية θ مقدارها 323° عن محور $+x$.

ب. الطريقة التحليلية Analytical Method

إن استخدام الطريقة البيانية في إيجاد محصلة متجهات عدَّة يمْثل عمليةً سهلةً، لكنَّها قد تفتقر إلى الدقة. لقد لاحظت وجود اختلافات بسيطةٌ بين نتائجي ونتائج زمانيٍّ عند استخدامي إياها، ويعزى ذلك إلى أخطاءٍ في عملياتِ القياس (قياس الأطوال والزوايا)، لذا سأعرّف طريقةً رياضيةً أكثر دقةً، هي تحليل المتجهات إلى مركباتها.

27

مثال إضافي //

استعملت الموظفة تقوى المصعد للنزول من الطابق الخامس إلى الطابق الأرضي، ثم اتجهت نحو الغرب، وقطعت مسافة 30 m لتصل إلى إدارة الشركة. إذا كان ارتفاع الطابق الخامس 15 m ، فاجد بيانياً محصلة الإزاحة التي تحركتها الموظفة من الطابق الخامس إلى إدارة الشركة.

$$x_1 = 15 \text{ m}, x_2 = 30 \text{ m}$$

المطلوب: المحصلة?

الحل:

تمثيل الإزاحتين x_2 ، و x_1 بيانياً باستعمال مقاييس الرسم ($1 \text{ cm} : 5 \text{ m}$) كما في الشكل، ثم رسم سهم من ذيل x_1 إلى رأس x_2 ليُمثل المحصلة R .

طول سهم المحصلة R هو 6.6 cm

مقدار المحصلة واتجاهها:

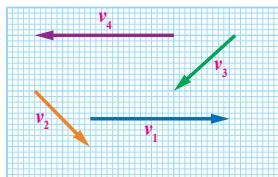
$$R = 6.6 \times 5 = 33 \text{ m}, 107^\circ$$

تعزيز:

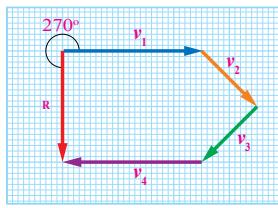
في المثال (11/أ)، يلاحظ أنَّ ناتج جمع المتجهين $v_1 + v_2 + v_3$ يساوي متجه محصلة السرعة R :

$$R = v_1 + v_2 + v_3 + v_4 = v_2 + v_3$$

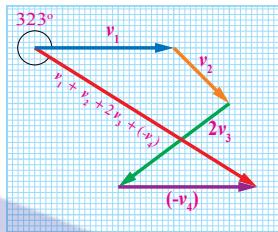
المتجه v_4 يساوي سالب المتجه v_1 ؛ لذا، فإنَّ مجموعهما $(v_1 + v_4)$ يساوي صفرًا.



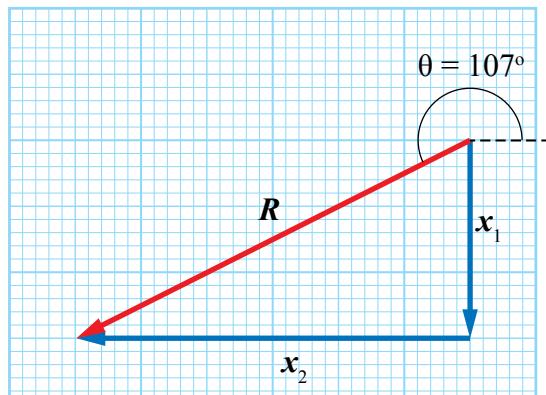
الشكل (19): متجهات السرعة.



الشكل (20): محصلة السرعة.



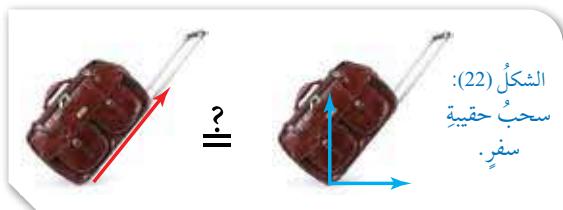
الشكل (21): مجموع المتجهات.



تحليل المتجهات إلى مركباتها

Resolving Vectors into Components

عند سحب حقيبة سفر بطريقتين كما في الشكل (22)، هل يتساوى تأثير كل منها في الحقيقة؟



الشكل (22): سحب حقيبة سفر.

بعد أن تعرّفنا عمليّة جمع متجهين أو أكثر لإيجاد متجه واحد جديد (متجه المحصلة)، سنقوم بعملية عكسية؛ أي تحليل المتجه الواحد، والاستعاضة عنه بمتجهين متعامدين (على محور x و لا مثلاً) يُسمىان مركبتي المتجه، وتكون محصلتهما المتجه نفسه، ويتحدا في نقطة البداية.

يُطلق على هذه العملية اسم تحليل المتجه إلى مركبته Resolving a vector into two components المتجه A الواقع في الربع الأول من مستوى x-y، كما في الشكل (23)، إلى مركبتين، هما:

• المركبة الأفقية A_x : تمثل مسقط المتجه A على محور x.

• المركبة العمودية A_y : تمثل مسقط المتجه A على محور y.

يكون المجموع المتجهي للمركبتين مساوياً للمتجه A ، أي إن:

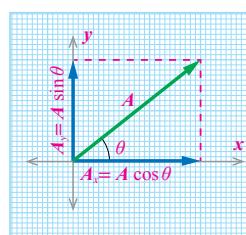
$$A_x + A_y = A$$

وبطبيق النسب المثلثية، فإن:

$$\cos \theta = \frac{A_x}{A} \rightarrow A_x = A \cos \theta$$

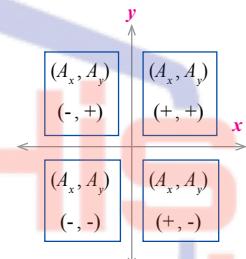
$$\sin \theta = \frac{A_y}{A} \rightarrow A_y = A \sin \theta$$

إذ تغيير إشارات المركبات الأفقية والعمودية بحسب الربع الذي يقع فيه المتجه، أنظر الشكل (24).



الشكل (23): تحليل المتجه A إلى مركبته.

$$A_x^2 + A_y^2 = A^2 \quad \text{أثبت أن:}$$



الشكل (24): إشارات المركبتين (A_x, A_y) .

28

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج

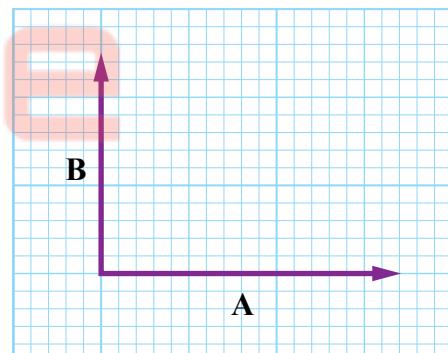
والمواد الدراسية

* التفكير: التأمل والتساؤل.

في الشكل (22)، أخبر الطلبة أنَّ التأمل يشير التفكير، وأنَّ طرح الأسئلة يفضي إلى تساؤلات عدَّة، توصل غالباً إلى حلول جيدة، وطرح أفكار بناءة.

نشاط سريع

- لإثبات احتمال وقوع خطأ في أثناء إيجاد المحصلة بالطريقة البيانية، وأنَّ النتائج تكون أكثر دقة رياضياً (باستخدام نظرية فيثاغورس مثلاً)؛ اطلب إلى الطلبة إيجاد محصلة المتجهين A و B في الشكل؛ بيانياً ورياضياً، ثم مقارنة النتائج.



إجابة سؤال الشكل (23):

الحل:

$$A_x = A \cos \theta$$

$$A_y = A \sin \theta$$

$$A_x^2 + A_y^2 = A^2 \cos^2 \theta + A^2 \sin^2 \theta$$

$$A_x^2 + A_y^2 = A^2 (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta)$$

ولكن: $(\cos^2 \theta + \sin^2 \theta) = 1$

وبذلك، فإن:

أَنْجُونَز:

سدد لاعب كرة السلة نحو المرمى بسرعة محددة v ، وفي اتجاه يصنع زاوية محددة (مثل θ) مع الأفق، فأصبح للسرعة مركبتان:

- مركبة أفقية $v \cos \theta$ ، تؤثر في المسافة الأفقية بين الكرة والمرمى.
- مركبة عمودية $v \sin \theta$ ، تؤثر في المسافة العمودية بين الكرة والمرمى.

أَتَحَقَّق: ✓

تحليل المتجه: استبدال المتجه بمتوجهين متعامدين (على محوري $x-y$ مثلاً) يسميان مركبتي المتجه، وتكون مخلصتهما المتجه نفسه، ويتضمن معه نقطة البداية.



ولما كانت المركبتان: (A_x, A_y) تشكلان ضلعين في مثلث قائم الزاوية، والمتجه A يمثلوتر المثلث، فإن مقدار المتجه A :

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

أما الزاوية المرجعية θ بين المتجه ومحور x فيمكن حسابها من العلاقة الآتية:

$$\tan \theta = \frac{A_y}{A_x} \rightarrow \theta = \tan^{-1} \frac{A_y}{A_x}$$

تجدر الإشارة هنا إلى أننا سحصل على قيمتين للزاوية θ ، فأيهما تمثل القيمة الصحيحة لموقع المتجه؟ إن الذي يحدد ذلك هو إشارة كل من المركبتين: (A_x, A_y) ؛ فإذا كانت الإشاراتان موجبتين دل ذلك على أن المتجه يقع في الربع الأول كما في الشكل (24)، فنختار الزاوية θ التي تقع فيه، وإن كانتا معاً مثلاً، فإن المتجه يقع في الربع الثالث، فنختار الزاوية θ التي تقع فيه.

✓ **أَتَحَقَّق:** ما المقصود بتحليل المتجه؟

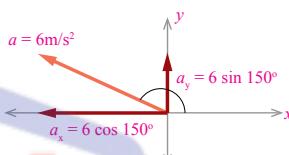
المثال 12

تحريك مركبة بتسارع ثابت $(a = 6 \text{ m/s}^2, 150^\circ)$. أجد مقدار المركبتين الأفقية والعمودية للتسارع، ثم أحدد اتجاه كل منها.

المعطيات: $(a = 6 \text{ m/s}^2, 150^\circ)$.

المطلوب: $a_y = ?$, $a_x = ?$

الحل:



الشكل (25): المركبة الأفقية والمركبة العمودية للتسارع.

المركبة الأفقية:

$$a_x = a \cos \theta = 6 \times \cos 150^\circ = 6 \times -\cos 30^\circ = -5.2 \text{ m/s}^2$$

المركبة العمودية:

$$a_y = a \sin \theta = 6 \times \sin 150^\circ = 6 \times \sin 30^\circ = 3 \text{ m/s}^2$$

يلاحظ أن إشارة a_x سالبة؛ ما يعني أن اتجاهها هو في اتجاه $(-x)$ ، وأن إشارة a_y موجبة؛ ما يعني أن اتجاهها هو في اتجاه $(+y)$ ، حيث إن المتجهة a تقع في الربع الثاني، انظر الشكل (25).

مثال إضافي //

انطلقت كرة جولف بسرعة v ، في اتجاه يصنع زاوية 25° مع الأفق كما في الشكل. إذا كانت المركبة الأفقية لسرعة انطلاق الكرة 36 m/s ، فما مقدار مركبتها العمودية؟

الحل:



$$v_x = v \cos \theta$$

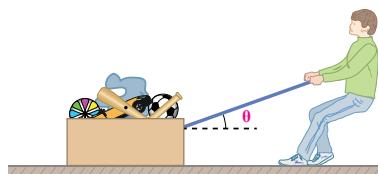
$$36 = v \cos 25^\circ \rightarrow v = \frac{36}{0.9} = 40 \text{ m/s}$$

$$v_y = v \sin \theta$$

$$= 40 \sin 25^\circ = 17 \text{ m/s}$$

المثال 13

يسحب عامل صندوق العاية بفقرة مقدارها 100 N في اتجاه يصنع زاوية θ مقدارها 30° مع محور x كما في الشكل (26). أجد مقدار كل من المركبتين الأفقي والعمودية للقوة، محدداً اتجاههما.



الشكل (26): عامل يسحب الصندوق بفقرة.

المعطيات: $\theta = 30^\circ$ ، $F = 100 \text{ N}$

. $F_y = ?$ ، $F_x = ?$

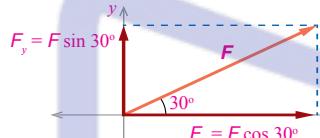
الحل:

: المركبة الأفقي للقوة F_x

. $F_x = F \cos \theta = 100 \times \cos 30^\circ = 100 \times 0.87 = 87 \text{ N}$ باتجاه محور x كما في الشكل (27).

: المركبة العمودية للقوة F_y

. $F_y = F \sin \theta = 100 \times \sin 30^\circ = 100 \times 0.5 = 50 \text{ N}$ باتجاه محور y .



الشكل (27): المركبة الأفقي، والمركبة العمودية للمتجه.

ماذا يحدث للمركبتين الأفقي والعمودي للقوة إذا قلّت الزاوية θ عن 30° ؟

تمرين
أطلق قذيفة بسرعة v ، وكانت المركبة الأفقي للسرعة 20 m/s والمركبة العمودية لها 40 m/s . أجد مقدار السرعة v ، واتجاهها.

30

تمرين

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$v = \sqrt{(-20)^2 + 40^2} = 44.7 \text{ m/s}$$

أما اتجاه السرعة فيُحدَّد بإيجاد الزاوية θ بين متجه السرعة والمركبة الأفقي v_x :

$$\theta = \tan^{-1} \frac{v_y}{v_x} = \tan^{-1} \frac{40}{-20} = \tan^{-1} (-2) = 117^\circ$$

لدراسة أثر تغيير زاوية ميلان المتجه في مركبته، اطلب إلى الطلبة الإجابة عن الأسئلة الآتية، مستعينين بالشكل (26):

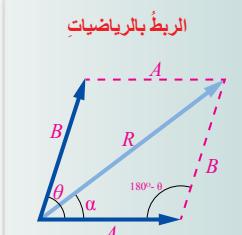
- أي مركبتي القوة أكبر: الأفقي أم العمودي؟
- عند تقليل الزاوية بين متجه القوة ومحور ($+x$)، أي المركبتين تزداد؟ وأيها تقل؟
- أي المركبتين تؤثّر في سحب الصندوق؟
- ما الاستنتاج الذي توصلت إليه عن العلاقة بين زاوية ميلان المتجه عن محور ($+x$) ومقدار كل من مركبتي المتجه؟

إجابة سؤال الشكل 1:

إذا قلت الزاوية θ ، فإن المركبة الأفقي تزداد، في حين تقل المركبة العمودية.

محصلة المتجهات بالطريقة التحليلية Resultant by Analytical Method

أَفْخَرُ:
لا، ليس شرطاً أن تقع تلك المتجهات جميعها على محور x فقط، ولكن يُشترط أن يكون مجموع المركبات العمودية الموجبة مساوياً لمجموع المركبات العمودية السالبة ($R_y = 0$).



لإيجاد المحصلة R للمتجهين:

(A و B اللذين يبيّنُهما زاوية θ)
بطريقة رياضية، يستخدم قانون

جيب التمام:

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos(180^\circ - \theta) \\ \rightarrow R^2 = A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta$$

ولتحديد اتجاه المحصلة (الزاوية α)، يستخدم قانون

الجيب:

$$\sin \alpha = \frac{B \sin \theta}{R}$$

أَفْخَرُ: إذا كانت محصلة المركبات على محور y (R_y) لمجموعة من المتجهات صفراء، فهل يعني ذلك بالضرورة أن جميع تلك المتجهات تقع فقط على محور x ? أفترض إجاتي.

لإيجاد المقدار والاتجاه لمحصلة متجهين أو أكثر بالطريقة التحليلية (Analytical method)، أتبع الخطوات الآتية:

- أرسم المتجهات، بحيث يبدأ كل متجه بنقطة الأصل $(0,0)$.
- أحلل كل متجه إلى مركبته، مراجعاً أن تلتقي نقطة البداية (الذيل) لجميع المتجهات عند نقطة الأصل $(0,0)$.
- أجد محصلة المركبات على محور x (R_x) ومحصلة المركبات على محور y (R_y).
- أجد مقدار المحصلة الكلية R باستخدام العلاقة الآتية:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

- أحدد اتجاه المحصلة الكلية R باستخدام العلاقة الآتية:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{R_y}{R_x}$$

حيث الزاوية بين اتجاه المحصلة R ومحور x .

أَتَحَقَّقُ: أحدد اتجاه المحصلة عندما تتساوى محصلة المركبات على محور x مع محصلة المركبات على محور y .

31

أَتَحَقَّقُ: ✓

يُحدَّد اتجاه المحصلة باستخدام العلاقة الآتية:

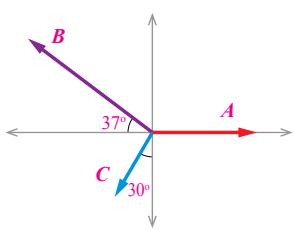
$$\alpha = \tan^{-1} \frac{R_y}{R_x}$$

ولكن:

$$R_x = R_y$$

$$\alpha = \tan^{-1}(1) = 45^\circ$$

وهي الزاوية نفسها (45°) التي تتساوى عندها المركبة الأفقية مع المركبة العمودية.



الشكل (28): محصلة متجهات على.

ثلاثة متجهات (A, B, C) قيمتها: $(3u, 5u, 2u)$ على الترتيب كما في الشكل (28). أوجد مقدار المحصلة واتجاهها بالطريقة التحليلية.

الحل:

- أحلل كل متجه إلى مركبته المركبة الأفقي على محور x والمركبة العمودية على محور y ، كما في الشكل (29)، على النحو الآتي:

$$A_x = A \cos \theta_1 = 3 \cos 0^\circ = 3 \times 1 = 3u$$

$$A_y = A \sin \theta_1 = 3 \sin 0^\circ = 3 \times 0 = 0$$

$$B_x = B \cos \theta_2 = 5 \cos 143^\circ = 5 \times -0.8 = -4u$$

$$B_y = B \sin \theta_2 = 5 \sin 143^\circ = 5 \times 0.6 = 3u$$

$$C_x = C \cos \theta_3 = 2 \cos 240^\circ = 2 \times -0.5 = -1u$$

$$C_y = C \sin \theta_3 = 2 \sin 240^\circ = 2 \times -0.87 = -1.74u$$

- أجد محصلة المركبات على محور x :

$$R_x = A_x + B_x + C_x \\ R_x = 3 - 4 - 1 = -2u$$

في اتجاه محور x

- أجد محصلة المركبات على محور y :

$$R_y = A_y + B_y + C_y \\ R_y = 0 + 3 - 1.74 = 1.26u$$

في اتجاه محور y

- أجد مقدار المحصلة R باستخدام العلاقة الآتية:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$R = \sqrt{(-2)^2 + 1.26^2} = 2.36u$$

32

الأمر يشير إلى حاجة الطلبة الشديدة العاجلة إلى المساعدة، وللون الأصفر يشير إلى حاجتهم البسيطة إلى المساعدة أما اللون الأخضر فيشير إلى عدم حاجتهم إلى المساعدة.

- اطلب إلى أفراد كل مجموعة مقارنة نتائج مجموعهم بنتائج المجموعات الأخرى.

يمكن تحليل المتجه بطريقة لا تعتمد على الزاوية المرجعية مع محور x ، وإنما تعتمد الزاوية الصغرى بين المتجه ومحور x . أمّا المتجهات التي تنطبق على المحاور فلا يوجد داع لتحليلها.

عند إيجاد محصلة المركبة الأفقي أو العمودية، تعتمد إشارات المحاور الموجبة والسلبية بحسب موقع المتجه أو المركبة (مثل: تحليل المتجهات في الشكل (29)، والمثال (15)) على النحو الآتي:

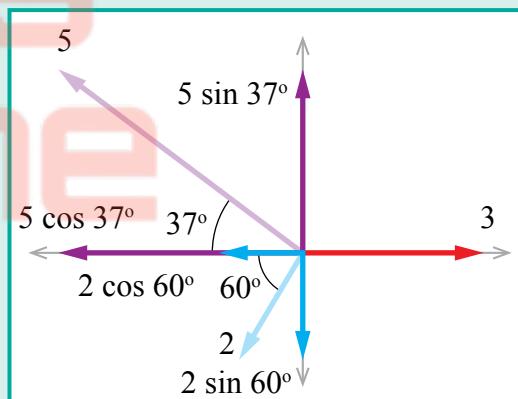
$$R_x = 3 - 5 \cos 37^\circ - 2 \cos 60^\circ$$

$$R_x = 3 - (5 \times 0.8) - (2 \times 0.5) = -2u$$

$$R_y = 5 \sin 37^\circ - 2 \sin 60^\circ$$

$$R_y = (5 \times 0.6) - (2 \times 0.87) = 1.26u$$

ثم يكمل الحل بإيجاد مقدار R ، واتجاهها.



يمكن استعمال أسلوب أكواب إشارة المرور لتحليل المتجهات على النحو الآتي:

- وزع الطلبة إلى مجموعات ثم وزّع على كل مجموعة ثلاثة أكواب أحمر، وأخضر، وأصفر.

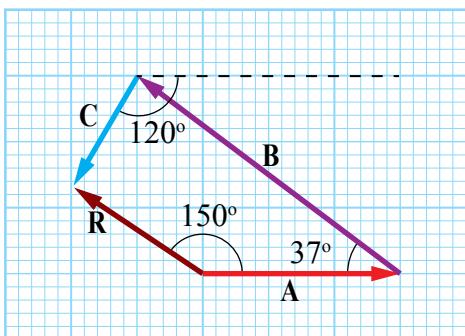
- وزع ورقة عمل على المجموعات تتضمن خطوات تحليل المتجهات بالطريقة المذكورة آنفاً.

- اطلب إلى أفراد المجموعات تحليل المتجهات في المثال (14) عن طريق حل أسئلة ورقة العمل، وإيجاد محصلة المركبات باتجاه محور x ومحور y .

- وصح لأفراد المجموعات أن الأكواب تستعمل بوصفها إشارة للمعلم على النحو الآتي: اللون

لـمـرـدـلـه

- **مقاييس الرسم** ($1\text{ cm} : 1\text{ u}$)، والتمثيل البياني **موضّح** في الشكل الآتي:



المحصلة: R

$$R = 2.3\text{ u}, 150^\circ$$

من الملاحظ أنَّ التتابع متقاربة، ولكنَّ إيجاد المحصلة رياضيًّا هو أكثر دقة منه بيانيًّا؛ نتيجة الأخطاء في دقة القياس.

- **المعطيات**:

$$F_{1x} = 0, \quad F_{2y} = 0, \quad F_3 = 50\text{ N}, 330^\circ$$

المطلوب: $F_2 = ?$, $F_1 = ?$

الحل:

المحصلة تساوي صفرًا، وهذا يعني أنَّ كلاً من محصلة المركبات السينية والمركبات الصادية تساوي صفرًا ($F_x = 0, F_y = 0$)؛ لذا، فإنَّ:

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_3 \cos(60^\circ + 270^\circ)$$

$$0 = 0 + F_{2x} + (50 \times 0.87) \rightarrow F_{2x} = -43.5\text{ N} \rightarrow F_2 = 43.5\text{ N}$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_3 \sin 330^\circ$$

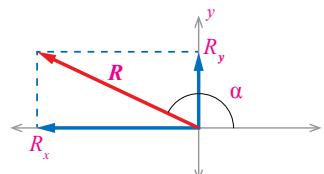
$$0 = F_{1y} + 0 + (50 \times -0.5) \rightarrow F_{1y} = 25\text{ N} \rightarrow F_1 = 25\text{ N}$$

- أُحدِّد اتجاه المحصلة، أي الزاوية θ بين اتجاه المحصلة R ومحور x ، كما في الشكل (30)، وذلك باستخدام المعادلة الآتية:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{R_y}{R_x}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1.26}{-2} = 148^\circ, 328^\circ$$

أيُّ الزاويتين تمثّل الزاوية الصحيحة؟ 148° أم 328° ؟



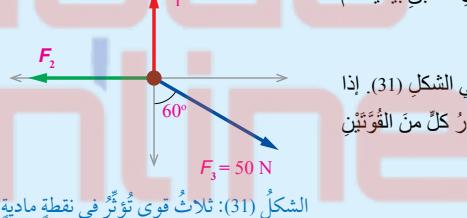
الشكل (30): تحديد مقدار المحصلة، واتجاهها.

بعد دراستي وحدة المتجهات تعرّفت سبب توجيه الطيارة إلى اليسار بزاوية معينة (عكس اتجاه الرياح) في بندي: أنا ملأ الصورة؛ وهو جعل اتجاه محصلة سرعة الرياح، وسرعة الطائرة في أثناء هبوطها نحو المدرج؛ حفاظًا على سلامة المسافرين وطاقم الطائرة، وتجنّبًا لحدوث أي أضرار في جسم الطائرة، ولو افترضنا أنَّ الطيارة هي بالطائرة باتجاه المدرج لأنَّ تعرّف الطائرة نحو اليمين، وخرجت عن المسار المحدّد لها على المدرج.

لـمـرـدـلـه

- أَجْدُ مقدار المحصلة واتجاهها في المثال السابق بيانيًّا، ثم أُقارِن النتائج ماذا أستنت؟

- ثُوَرُ ثلَاث قوى في نقطة مادية كما في الشكل (31). إذا كانت محصلة هذه القوى صفرًا، فما مقدار كلٍّ من الفوئتين الأولى والثانية؟



الشكل (31): ثلَاث قوى ثُوَرُ في نقطة مادية.

33

مراجعة الدرس

1. أقارن بين كل ممّا يأتي:
 - أ . جمع المتجهات وتحليلها.
 - ب . جمع المتجهات ومحصلتها.
 - ج . جمع المتجهات وطريقها.
 - د . الطريقة التحليلية والطريقة البيانية في جمع المتجهات.
2. **أحلل:** أكمل الفراغ بما هو مناسب في الجدول الآتي الذي يمثل تحليل المتجهات إلى مركباتها:

المركبة العمودية	المركبة الأفقية	المتجهة
-----	-----	($d = 8 \text{ m}, 53^\circ$)
- 8 N	6 N	($F = \text{----}, \text{----}$)
-----	10 m/s	($v = \sqrt{200} \text{ m/s}, \text{----}$)

3. **أحلل:** اعتماداً على الشكل المجاور:
 - أ . ما محصلة المتجهات المبينة في الرسم؟
 - ب . أجد بيانياً محصلة المتجهين: $B + A$.
 - ج . أثب بالرسم أن: $A + B + C = -D + (-E)$.
4. **أقارن:** قوتان متساويان في المقدار، ما أكبر قيمة لمحصلتها؟ ما أقل قيمة لمحصلتها؟
5. **احسب:** ما مقدار الزاوية التي تطلق بها كرة القدم بسرعة متجهة v ، بحيث:
 - أ . تساوي المركبة العمودية للسرعة صفر؟
 - ب . تساوي المركبة الأفقية للسرعة v متجهة السرعة؟
6. **أحلل:** ثلاثة جرارات تحاول سحب صخرة كبيرة. إذا أثّر كل منها بقوّة سحب مقدارها 4000 N في الاتجاهات المبيّنة في الشكل المجاور:
 - أ . أجد مقدار محصلة القوى التي تؤثّر بها الجرارات في الصخرة.
 - ب . في أي اتجاه ستتحرك الصخرة؟

34

$$\theta_1 = 120^\circ, F_1 = F_2 = F_3 = 4000 \text{ N}. \quad 6$$

$$\theta_3 = 210^\circ \quad \theta_2 = 180^\circ$$

الحل:

$$\begin{aligned} F_{1x} &= F_1 \cos \theta_1 = 4000 \cos 120^\circ = -2000 \text{ N} \\ F_{2x} &= F_2 \cos \theta_2 = 4000 \cos 180^\circ = -4000 \text{ N} \\ F_{3x} &= F_3 \cos \theta_3 = 4000 \cos 210^\circ = -3464 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F_{1y} = F_1 \cos \theta_1 = 4000 \sin 120^\circ = 3464 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \cos \theta_2 = 4000 \sin 180^\circ = 0 \text{ N}$$

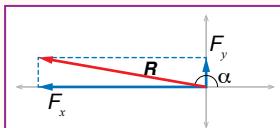
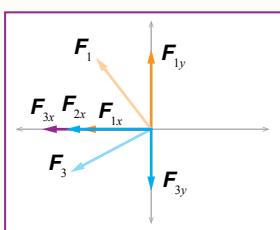
$$F_{3y} = F_3 \cos \theta_3 = 4000 \sin 210^\circ = -2000 \text{ N}$$

$$F_x = -2000 \text{ N} - 4000 \text{ N} - 3464 \text{ N} = -9464 \text{ N}$$

$$F_y = 3464 \text{ N} + 0 \text{ N} - 2000 \text{ N} = 1464 \text{ N}$$

$$F = R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(-9464)^2 + (1464)^2} = 9594 \text{ N}$$

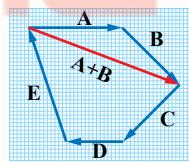
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{1464}{-9464} \right) = 171.2^\circ$$



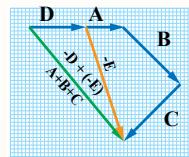
- 1**. جمع المتجهات: إيجاد محصلة المتجهين بيانياً أو رياضياً عن طريق تحليل تلك المتجهات.
- تحليل المتجهات: استبدال متجهين متعاددين، يُسمى مركبتي المتجه، ومحصلتها المتجه نفسه، بالتجه.
- ب. جمع المتجهات: محصلة المتجهات نفسها.
- ج. طرح الكميات المتجهة: جمع متجهي لساياب الكميات المتجهة.
- د. الطريقة البيانية: طريقة لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر عن طريق الرسم باستعمال مقياس رسم مناسب.
- الطريقة التحليلية: طريقة رياضية لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر عن طريق تحليل المتجهات إلى مركباتها.

المتجه	المركبة العمودية	المركبة الأفقية
6.4 m	4.8 m	(A = 8 m, 53°)
- 8 N	6 N	(B = 10 N, 307°)
10 m/s	10 m/s	(C = √200 m/s, 45°)

- 3**. المحصلة تساوي صفر، لأنّ نقطة البداية ونقطة النهاية هما نفساً (تشكل المتجهات مضلعًا مغلقاً).
- ب. رسم سهم من ذيل المتجه A إلى رأس المتجه B كما في الشكل، ثم قياس طول السهم بالمسطرة؛ لتمثيل مقدار مجموع A و B (A+B = 8.5 u) و اتجاه المحصلة باتجاه السهم (يمكن استعمال المنقلة لتحديد اتجاه A+B).



ج. الإثبات مبين في الشكل المجاور.



- 4**. أكبر قيمة لمحصلتها متساوي مثل قيمة أحد هما عندما تكون القوتان في الاتجاه نفسه، وأقل قيمة لمحصلتها متساوي صفرًا عندما تكون القوتان متعاكستان في الاتجاه.

$$\begin{aligned} v_y &= 0 \\ v \sin \theta &= 0 \\ \sin \theta &= 0 \\ \theta &= \sin^{-1}(0) = 0^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_x &= v \\ v \cos \theta &= v \\ \cos \theta &= 1 \\ \theta &= \cos^{-1}(1) = 0^\circ \end{aligned}$$

الإثراء والتلوّح

الفيزياء والتكنولوجيا

الوعاء المغناطيسي

الهدف:

تعريف الحالة الرابعة للمادة (البلازما)، وطريقة الاحتفاظ بها، وكيفية تحديد اتجاه القوة المغناطيسية، وتحليلها إلى مركباتها.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجّه الطلبة - ضمن مجموعات - إلى قراءة فقرة (الإثراء والتلوّح)، ثم مناقشتها في ما بينهم.

اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

- ما المقصود بالبلازما؟ **البلازما: الحالة الرابعة التي قد توجد عليها المادة، وهي جسيمات مشحونة كهربائياً، تتأثر بشدة بالمجال الكهربائي والمغناطيسي، وتكون درجة حرارتها عالية جداً.**
- هل يمكن الاحتفاظ بالبلازما في وعاء معين؟ لا، لا يمكن الاحتفاظ بالبلازما في وعاء معين؛ لأنَّ درجة حرارتها عالية جداً.
- كيف يمكن الاحتفاظ بها؟ يمكن الاحتفاظ بها باستعمال جهاز يحوي مجالاً مغناطيسيًا، يؤثّر بقوة في الجسيمات المشحونة، فظلُّ تحرّك بين الملفين - ذهاباً، وإياباً - حرّكة تذبذبية في حيزٍ محدود لا تغادره.

- طبّق قاعدة كف اليد اليمنى للتحقق من صحة اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيمات المشحونة عند النقاط المميّزة في الشكل، محدداً اتجاه مركبتي القوة.

- اطلب إلى طالب من إحدى المجموعات أنْ يوضّح على اللوح طريقة استعمال كف اليد اليمنى في تحديد اتجاه القوة، ثم اطلب إلى آخر من مجموعة أخرى أنْ يوضّح عملية التحليل إلى المركبات.

- وجّه أفراد كل مجموعة أو مجموعةتين للبحث معاً في مصادر المعرفة المناسبة عن تطبيق آخر للمتجهات، ثم كتابة تقرير عنه، ثم مناقشته أمام زملائهم في غرفة الصف.

الإثراء والتلوّح

الفيزياء والتكنولوجيا

الوعاء المغناطيسي

للمادة في الطبيعة ثلاثة حالات، هي: الصلبة، والسائلة، والغازية. توجّد للمادة أيضاً حالة رابعة تسمى البلازما، وهي تحوي عدداً كبيراً جدّاً من الجسيمات المشحونة كهربائياً، لذا تتأثر هذه الجسيمات بالقوىتين: الكهربائية، والمغناطيسية. تمتاز البلازما بدرجة حرارتها العالية جداً التي قد تزيد على 11000°C ، بحيث لا يمكن احتواوها في وعاء مادي؛ لأنّها تعمل على صهره، فكيف تتمكن العلماء من الاحتفاظ بذلك الجسيمات؟

الوعاء (القارورة) المغناطيسي Magnetic Bottle:

تقنيةٌ يستخدم فيها ملفان كهربائيان لتوليد مجالٍ مغناطيسيٍّ متغيرٍ المقدار والاتجاه، لاحتواء جسيماتٍ مشحونةٍ كهربائياً، وذات طاقةٍ عاليةٍ جداً مثل البلازما. وبحسب التشكيل المجاور، فإنَّ الملفين الكهربائيين والمجال المغناطيسي الناتج منهما يُسْهِبُون الزجاجة، فكيف يمكن احتواء مادة البلازما باستخدام هذه التقنية؟

تناولنا في الدرس الأول بعض التطبيقات على الضرب المتجهي للكميات المتجهة، ومنها القوة المغناطيسية \mathbf{F} التي تؤثّر في شحنة كهربائية q تتحرّك بسرعة v في مجالٍ مغناطيسيٍّ B ، وتعطى بالعلاقة: $(\mathbf{B} \times \mathbf{v}) \times \mathbf{q} = \mathbf{F}$ ، حيثُ يكون اتجاهُ القوة متعامداً مع كلٍّ من سرعة الشحنة والمجال المغناطيسي. وهذه القوة المغناطيسية تؤثّر بمركبتيها في الجسيمات المشحونة بحيث تُبعيّها متحرّكةً بين الملفين - ذهاباً، وإياباً - حرّكة تذبذبية من دون مغادرتها منطقة المجال المغناطيسي.

استعينا بمصادر المعرفة المناسبة، أبحث عن تطبيقاتٍ أخرى للقوى المتجهة، ثم أكتب تقريراً عن ذلك، وأفرّأ أمام الطلبة في غرفة الصف.

35



مراجعة الوحدة

مراجعة الوحدة

1. أضع دائرةً حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

- الكميّة المُتّجهة من الكميات الفيزيائية الآتية هي:
- عدد المسافرين في الطائرة.
 - المدة الزمنية لإقلاع الطائرة.
 - تسارع الطائرة في أثناء إقلاعها.
 - حجم وقود الطائرة.

2. عند جمع المؤثرين: 30 N و 20 N معاً متجهاً، فإن الناتج غير الصحيح من النواتج المحتملة الآتية هو:

- 10 N .
- 20 N .
- 50 N .
- 55 N .

3. حاصل الضرب المتجهي $|A \times B|$ في الشكل المجاور هو:

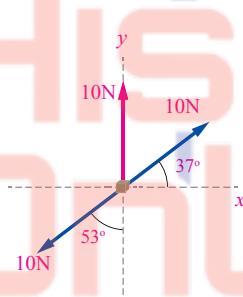
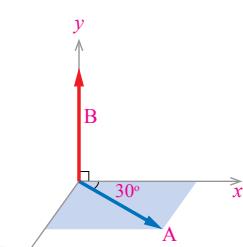
- $AB \sin 90^\circ$.
- $AB \sin 30^\circ$.
- $AB \sin 120^\circ$.
- $AB \cos 90^\circ$.

4. العلاقة بين متجهي التسارع a_1 ، a_2 بناء على العلاقة $(a_1 - a_2) = 0$ هي:

- المتجهان a_1 ، a_2 متساويان في المقدار، ومتعاكسان في الاتجاه.
- المتجهان a_1 ، a_2 متساويان في المقدار، وفي الاتجاه نفسه.
- المتجهان a_1 ، a_2 مختلفان في المقدار، وفي الاتجاه نفسه.
- المتجهان a_1 ، a_2 مختلفان في المقدار، ومتعاكسان في الاتجاه.

5. المقدار والاتجاه لمحصلة القوى في الشكل المجاور هما:

- 30 N باتجاه محور $y+$.
- 30 N باتجاه محور $y-$.
- 10 N باتجاه محور $y+$.
- 0 N .



1 - ج. تسارع الطائرة في أثناء إقلاعها.

2 - د . 55 N (لأنَّ مقدار المحصلة لا يُمْكِن أنْ يتجاوز المجموع الجبri للقوىتين، ولا يُمْكِن أنْ يقلَّ عن القيمة المطلقة لحاصل طرحهما).

3 - أ . $AB \sin 90^\circ$.

4 - ب. المتجهان a_1 و a_2 متساويان في المقدار، وفي الاتجاه نفسه.

5 - ج. 10 N باتجاه محور $y+$

6 - أ . $20 \cos 120^\circ$

تنويه:

في الفقرة الثالثة من السؤال الأول، مقدار الزاوية بين المتجه A ومحور x هو 30° ، أمّا الزاوية بين المتجه A والمتجه B فهي 90° إذ يقع المتجه A في المستوى $(x-z)$.

36

$$m = 0.4 \text{ kg}, v = 30 \text{ m/s}, a = 10 \text{ m/s}^2, t = 6 \text{ s}, \theta = 37^\circ$$

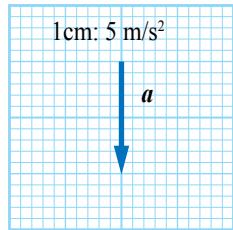
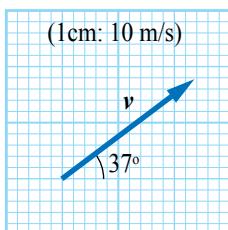
أ. الكميات المتجهة:

السرعة v , التسارع a (التسارع ناتج من قوة جذب الأرض للكرة، وهو دائمًا عمودي إلى الأسفل في اتجاه مركز الأرض).

الكميات القياسية:

الكتلة m , الزاوية θ , الزمن t .

ب. تمثيل الكيارات المتجهة كما في الشكل:



ج. لا؛ لأنَّ الكميات المتجهة مختلف بعضها عن بعض في النوع (السرعة، والتسارع).

$$F_x = 40 \cos 37^\circ + 20 \cos 90^\circ + 10 \cos 180^\circ + 20 \cos 270^\circ = 22 \text{ N}$$

$$F_y = 40 \sin 37^\circ + 20 \sin 90^\circ + 10 \sin 180^\circ + 20 \sin 270^\circ = 24 \text{ N}$$

$$F = R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{22^2 + 24^2} = 32.6 \text{ N}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x} = \tan^{-1} \frac{24}{22} = 47.5^\circ$$

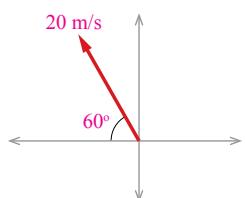
$$3 \mathbf{F} = 3 \times 8 = 24 \text{ N, } -y \quad 4$$

$$-0.5 \mathbf{r} = 0.5 \times 5 = 2.5 \text{ m, } -x \quad \text{ب.}$$

$$|\mathbf{r} \times \mathbf{F}| = 5 \times 8 \times \sin 90^\circ = 40 \text{ m.N} \quad \text{ج.}$$

$$|\mathbf{r} \times \mathbf{r}| = 5 \times 5 \times \sin 0^\circ = 0 \quad \text{د.}$$

$$\mathbf{Fr} = 8 \times 5 \times \cos 90^\circ = 0 \text{ N.m} \quad \text{ه.}$$



6. صوَّبْت سعادَة كرَّة السَّلَّة بسُرْعَة مقدارُها 20 m/s في الاتِّجاه الشَّيْئَنِي فِي الشَّكْل المجاور. أيُّ الآتِيَّة تُمَثِّل المُرْكَبَة الأفقيَّة لِالسُّرْعَة:

- أ. $?20 \cos 120^\circ$
- ب. $?20 \cos 60^\circ$
- ج. $?20 \sin 120^\circ$
- د. $?20 \cos 30^\circ$

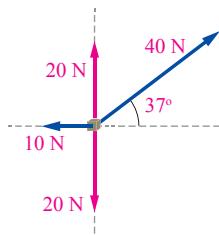
2. أَحْلَلَ رَكِنْ لاعِبَ كرَّة قَدْمَ كَتَلَّهَا 0.4 kg لِتَنْطَلِقَ بِسُرْعَة 30 m/s في اتجاهِ يَصْنَعُ زَوْيَّةً مقدارُها 37° مَعَ سطحَ الأرضِ الأفقيِّ، وَبِتَسَارُعٍ مقدارُه 10 m/s^2. اسْتَغْرَقَتِ الْكَرَّة مَدَّةً زَمْنِيَّةً مقدارُها 6 s لِتَعُودَ إِلَى مَسْطَوِي سطحِ الأرضِ:

- أ. أحَدُ الْكِمَيَّاتِ الْمَتَجَهَّةِ وَالْكِمَيَّاتِ الْقِيَاسِيَّةِ.
- ب. أَمْتَلَ الْكِمَيَّاتِ الْمَتَجَهَّةِ بِيَابِنِيَّاً.
- ج. هَلْ يُمْكِنُ إِيجَادُ مَحَصَّلَةِ تَلَقِّ الْكِمَيَّاتِ الْمَتَجَهَّةِ؟ أَفْسُرُ إِجَابِيَّ.

3. أَحْلَلَ تُؤَثِّرُ قَوْيَ عَدَّةَ فِي جَسْمٍ كَمَا فِي الشَّكْلِ المجاور. أَجِدُ الْمَقْدَارَ وَالاتِّجاهَ لِمَحَصَّلَةِ الْقَوَى الْمُؤَثِّرَةِ فِي الْجَسْمِ بِالطَّرِيقَةِ التَّحْلِيلِيَّةِ.

4. أَحْسِبُ: مَتَجَهَانِ: الْأَوَّلُ $F = 8 \text{ N}$ فِي اتجاهِ محَور $(-y)$ ، وَالثَّانِي $F = 5 \text{ m}$ فِي اتجاهِ محَور $(+x)$. أَجِدُ:

- أ. $3 \mathbf{F}$
- ب. $-0.5 \mathbf{r}$
- ج. $|\mathbf{r} \times \mathbf{F}|$
- د. $|\mathbf{r} \times \mathbf{r}|$
- هـ. $\mathbf{F} \cdot \mathbf{r}$



37

5. حلُّ المَشَكَّلَاتِ: انْطَلَقَتْ نُورُ مِنْ مَنْزِلِهَا سَيِّرًا عَلَى الأَقْدَامِ، وَقَطَعَتْ مَسَافَةً 400 m بِاتِّجاهِ الْغَربِ، ثُمَّ اتَّجَهَتْ شَمَالًا، وَقَطَعَتْ مَسَافَةً 200 m لِتَصلَّ مَنْزِلَ صَدِيقِهَا. إِذَا أَرَادَتْ نُورُ العُودَةَ مِبَاشِرَةً إِلَى مَنْزِلِهَا بِخَطَّ مُسْتَقِيمٍ، فَكُمْ مَتَّرًا يَجِبُ أَنْ تَسِيرَ؟ فِي أَيِّ اتِّجاهٍ يَتَعَيَّنُ عَلَيْهَا السَّيِّرُ حَتَّى تَصِلَّ مَنْزِلَهَا؟

$$d_2 = 200 \text{ m, } 90^\circ, \quad d_1 = 400 \text{ m, } 180^\circ \quad 5$$

لأنَّ الْمَتَجَهَيْنِ مُتَعَامِدَانِ؛ سُتَعْمَلُ نَظَرِيَّةِ فِيَثَاغُورِسِ لِإِيجَادِ مَحَصَّلَةِ الْمَتَجَهَيْنِ:

$$d = \sqrt{400^2 + 200^2} = 447 \text{ m}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{d_2}{d_1} = \tan^{-1} \frac{200}{400} = \tan^{-1} -0.5 = 153.4^\circ, 333.4^\circ$$

الزاوية الصحيحة هي $153.4^\circ = \alpha$; لأنَّ المتجه يقع في الربع الثاني.

أمَّا الإِزَاحَةُ الَّتِي يَجِبُ أَنْ تَقْطُعُهَا نُورُ لِلْعُودَةَ إِلَى مَنْزِلِهَا فَتساوِي المَحَصَّلَةُ فِي الْمَقْدَارِ: 447 m، وَلَكِنْ فِي اتِّجاهِ مَعَاكِسِ لِاتِّجاهِ الْمَحَصَّلَةِ d ; أيُّ بِزاوِيَّةٍ $333.4^\circ = \alpha$ عَنْ محَور $+x$.

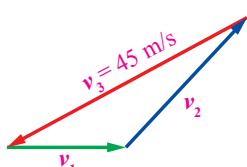
مراجعة الوحدة

6. ثلاثة متجهات للسرعة تشكل مثلثاً مغلقاً كما في الشكل المجاور.

أ جد:

$$v_1 + v_2 .$$

ب. محصلة المتجهات الثلاثة.



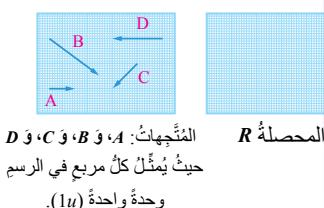
7. أحسب: صوبي سارة كرة تنس أفقياً نحو حائط عمودي، فاصطدمت به بسرعة أفقية v_1 مقدارها 10 m/s باتجاه الشرق كما في الشكل المجاور، ثم ارتدت ع逆اً أفقياً نحو الغرب بسرعة v_2 مقدارها 7 m/s . أجد التغير في سرعة الكرة ($\Delta v = v_2 - v_1$).

8. أستنتج: ما مقدار الزاوية بين المتجهين A و B في الحالتين الآتتين:

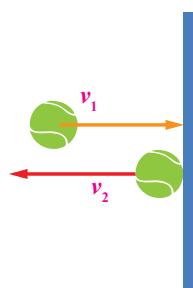
$$|A \times B| = A B .$$

$$A \cdot B = A B .$$

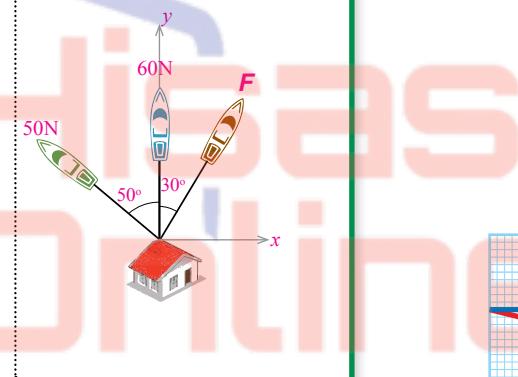
9. أستخدم الطريقة البيانية في حساب ناتج جمع المتجهات وطرحها كما هو مبين في الشكل الآتي:



ناتج جمع: $2A + B - C + 1.5D$



10. أحل: ثلاثة قوارب، كل منها يُؤثر بقوة في منزل عائم على الماء لسحبه كما في الشكل المجاور. إذا تحرك المنزل باتجاه محور $(+y)$ ، فأجد:
أ. مقدار القوة.
ب. مقدار محصلة القوى الثلاث، محددًا اتجاهها.



38

10. تحرّك المنزل في اتجاه الشمال $+y$ ، وهذا يعني أنَّ اتجاه المحصلة R هو في اتجاه $+y$ أيضًا؛ لذا، فإنَّ:

$$R_y = R \quad , \quad R_x = 0$$

$$R_x = F \cos 60^\circ + 60 \cos 90^\circ + 50 \cos 140^\circ .$$

$$0 = 0.5F + 0 + (50 \times -0.76)$$

$$F = 76 \text{ N}$$

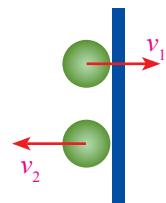
$$R_y = F \sin 60^\circ + 60 \sin 90^\circ + 50 \sin 140^\circ .$$

$$R = (70 \times 0.87) + 60 + (50 \times 0.64)$$

$$R = 152.9 \text{ N}$$

في اتجاه معاكس لاتجاه المتجه v_3 ، ويمكن استعمال المنقلة لقياس الزاوية بين محور x والمتجه $(v_1 + v_2)$.

ب. المحصلة تساوي صفرًا لأنَّها تُشكِّل مثلثًا مغلقاً (نقطة البداية تطبق على نقطة النهاية).



$$v_1 + v_2 = -v_3 . \quad 6$$

$$v_1 + v_2 = 45 \text{ m/s}$$

$$v_2 = -7 \text{ m/s} , v_1 = 10 \text{ m/s} \quad 7$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 = (-7) - 10 = -17 \text{ m/s}$$

$$|A \times B| = A B . \quad 8$$

$$A B \sin \theta = A B$$

$$\sin \theta = 1 \rightarrow \theta = 90^\circ$$

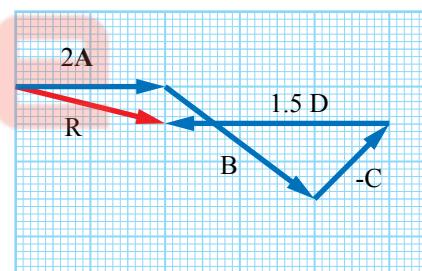
$$A \cdot B = A B$$

$$A B \cos \theta = A B$$

$$\cos \theta = 1 \rightarrow \theta = 0^\circ$$

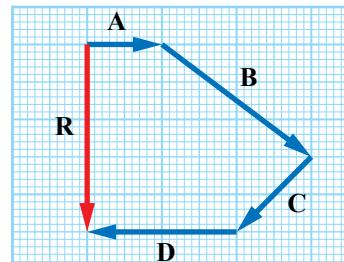
$$2A + B - C + 1.5D \quad 9$$

$$(4.1u, 346^\circ)$$



المحصلة

$$R = 5u, 270^\circ$$



التجهيزات: D, C, B, A

MOTION . الوحدة الثانية: الحركة

تجربة استهلالية: وصف الحركة باستخدام المدرج الهوائي.

الدرس	التاجات	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: الحركة في بُعد واحد.	<ul style="list-style-type: none"> ● يمثل التغيرات المتعلقة بوصف الحركة برسوم بيانية. ● يفسّر رسوماً بيانيةً تتعلق بوصف الحركة. ● يوضح معادلات الحركة في الميكانيكا، ويستخدمها في حل المسائل. ● يستقصي أهمية التطبيقات الحياتية للحركة في بُعد واحد. 	● قياس تسارع السقوط الحر عملياً.	6
الثاني: الحركة في بُعدين.	<ul style="list-style-type: none"> ● يوظّف معرفته بعلم الميكانيكا ومفاهيمه وقوانينه في حل مسائل حسابية. ● يطبق معرفته بعلم الميكانيكا ومفاهيمه وقوانينه عند تفسير مشاهدات وموافق متعلقة بالحركة. ● يستقصي أهمية التطبيقات الحياتية للحركة في بُعدين. 	● وصف حركة المذوف الأفقي.	5

الصف	التاجات اللاحقة	الصف	التاجات السابقة
الحادي عشر	التاسع	<ul style="list-style-type: none"> ● يحسب السرعة الثابتة والسرعة المتوسطة لجسم يتحرك في خط مستقيم.



الوحدة

2

الحركة Motion

أتأمل الصورة

الفت انتباه الطلبة إلى صورة كرات البلياردو، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

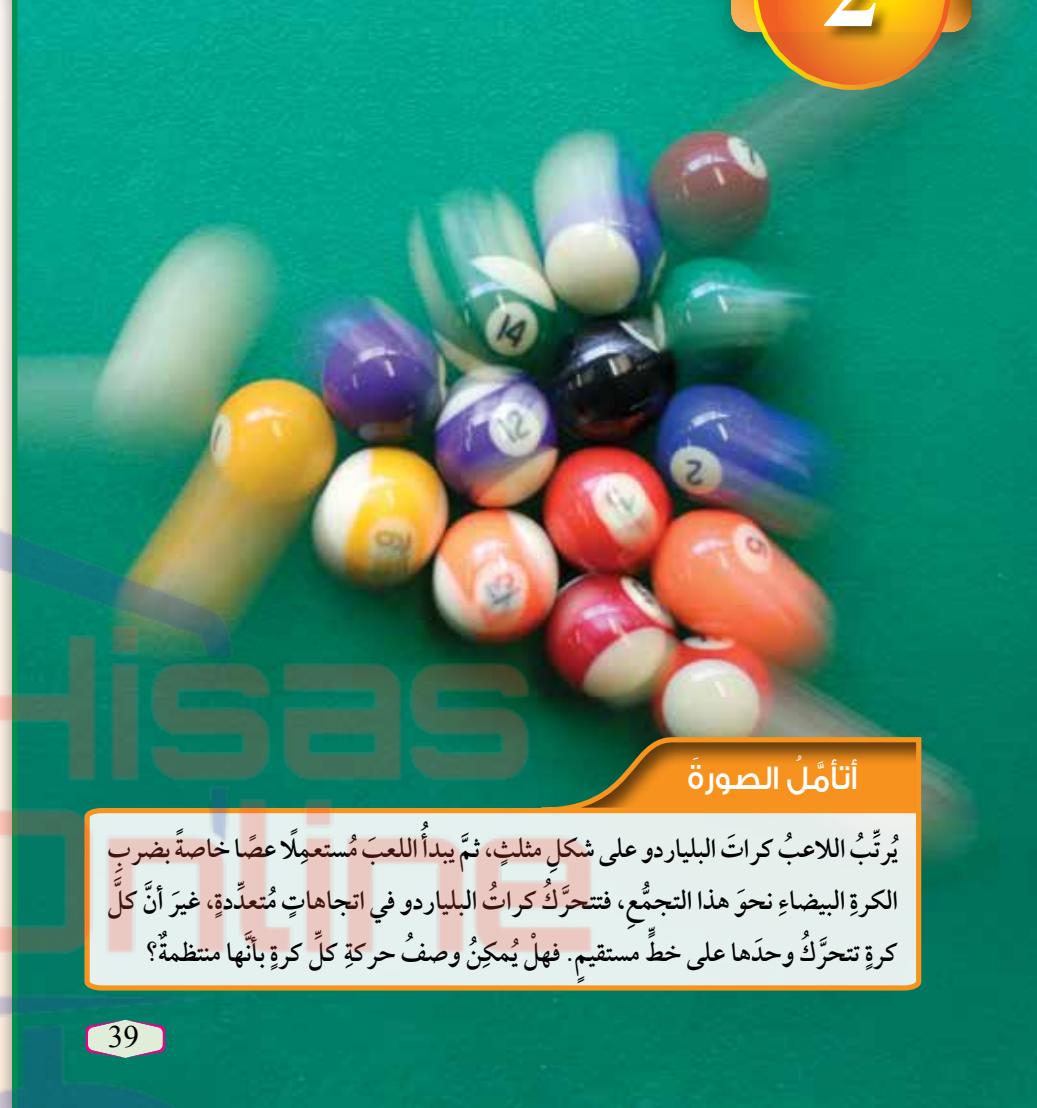
- هل مارست لعبة البلياردو؟
لا.
- هل شاهدت أحداً يلعبها؟
نعم.
- كيف ترتّب الكرات في بداية اللعبة؟
توضع الكرات الملونة على مكان محدد من الطاولة في شكل مثلث.
- كيف تُستعمل عصا البلياردو؟
تُستعمل عصا البلياردو لقذف كرة بيضاء نحو الكرات الملونة المرتبة.
- صِف حركة كرة البلياردو على سطح الطاولة.
تصادم الكرة البيضاء مع الكرات الأخرى، فتنتقل الطاقة الحركية إليها، لتنطلق جميعها في اتجاهات مختلفة، وتتحرك كل كرة على خطٍّ أفقيٍّ مستقيم، وتوصف حركة كل كرة وحدها بأنها في بُعد واحد.

الحركة

Motion

الوحدة

2



أتأمل الصورة

يُرتبُ اللاعبُ كراتَ البلياردو على شكلٍ مثلثٍ، ثُمَّ يبدأُ اللعبُ مُستعملاً عصاً خاصةً بضربِ الكرةَ البيضاءِ نحوَ هذا التجمُّعِ، فتسحرَ كُلُّ كراتِ البلياردو في اتجاهاتٍ مُتعدّدةٍ، غيرَ أَنَّ كُلَّ كرةً تتحرَّكُ وحدها على خطٍّ مستقيمٍ. فهلْ يُمكِّنُ وصفُ حركةِ كُلِّ كرةٍ بأنَّها مُنتظمةٌ؟

39

الفكرة العامة:

- ضع ثلاثة أجسام مختلفة على الطاولة (حقيبة، وكتاب، ومحفظة)، ثم اطلب إلى الطلبة تحديد موقع كل جسم بالنسبة إلى الجسمين الآخرين.
 - حرك المحفظة، ثم اطلب إلى الطلبة تحديد موقعها بالنسبة إلى الجسمين الآخرين.
 - حرك المحفظة مرة أخرى في الاتجاه السابق نفسه، ثم اطلب إلى الطلبة تحديد موقعها بالنسبة إلى الجسمين الآخرين.
 - اسأل الطلبة عن الموقع المحتمل للمحفظة قبل تحريكها مرة ثالثة، بناءً على نمط الحركة.
 - طبّق هذا المثال على أجسام متحركة يشاهدها الطلبة في الحياة اليومية (مثل: السيارات، والطائرات)، ثم طبّقه على الكواكب والجرارات.
- طرح على الطلبة الأسئلة الآتية:
- إذا شاهدت طائرة تبدأ الانطلاق من درج الإقلاع، فهل يمكنك تحديد موقعها بعد نصف دقيقة؟ ستكون بعد نصف دقيقة عند نهاية المدرج، وما تزال تلامس الأرض.
 - هل يمكنك تحديد موقعها بعد خمس دقائق؟ ستكون بعد خمس دقائق مُعلقةً في الجو.
 - عند خروجك صباحاً من المنزل إلى المدرسة، ما الذي يتغير عليك معرفته لتحديد وقت مغادرة المنزل؟
 - النظر إلى الساعة لتحديد الوقت، ثم أحسب الوقت المتبقى اللازم للانتقال إلى المدرسة.
 - اعتماداً على نظرية تعدد الكون، كيف يمكنك التنبؤ بموقع الجرارات بعد مليون سنة؟
 - بناءً على معرفتي بموقعها الحالي، وسرعتها، واتجاه حركتها، والزمن اللازم لذلك، وهو مليون سنة.

مشروع الوحدة: صنع مظلة هبوط.

- تحقيقاً لنحى ربط العلوم بالเทคโนโลยيا والهندسة والأداب والفنون والرياضيات (STEAM)، فقد تضمنت الوحدة مشروعًا علمياً لتدريب الطلبة على الطريقة العلمية التي يتبعها العلماء في بناء نموذج واختباره؛ بغية تقديمها للمستهلك. وانسجاماً مع موضوع الوحدة، فقد اختير المشروع ليكون صنع مظلة هبوط، تتمثل أهميتها في تحقيق الأمان والسلامة لمستخدمها.
- وضح للطلبة أنَّ التنبؤ العلمي المبني على الملاحظة يُعدُّ من طرائق المعرفة العلمية، وأنَّ أهميته تمثل في اكتساب المعرفة في الحالات التي يصعب فيها الملاحظة، أو إجراء القياس العلمي.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* التفكير: التنبؤ.

وضَّحَ للطلبة أنَّ التنبؤ العلمي المبني على الملاحظة يُعدُّ من طرائق المعرفة العلمية، وأنَّ أهميته تمثل في اكتساب المعرفة في الحالات التي يصعب فيها الملاحظة، أو إجراء القياس العلمي.

تجربة استهلاكية

الهدف: إجراء عمليات قياس دقيقة للزمن والمسافة، وحساب سرعة جسم متحرك.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشادات السلامة: تُنهي الطلبة إلى توخي الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على أقدامهم.

المهارات العلمية: القياس، إجراء العمليات الحسابية، الاستقصاء.

الإجراءات والتوجيهات:

● اطلب إلى الطلبة الاطلاع على الخلفية النظرية للتجربة في كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتجارب العملية، ثم

وضح لهم ما يأتي:

- طريقة عمل البوابتين الضوئيتين وتوصيلهما بالعداد الرقمي.

توصيل كل باباً باستخدام سلكين مع نقطتي التوصيل الخاصتين بالعداد، ويتم انتقاء الوظيفة المناسبة للتجربة.

- وظيفة الثقل المعلق بالنسبة إلى العربة.

للتأثير بقوة في العربة، وتحريكها على المدرج.

● ذكر الطلبة بأنَّ القوة المحصلة التي تؤثِّر في جسم بصورة مستمرة تُسبِّب تحريكه بتسارع، في حين يتحرك الجسم بسرعة ثابتة عندما لا يتأثر بقوة محصلة.

● ذكر الطلبة بطريقة حساب المتوسط الحسابي لعددين مختلفين، وذلك لمساعدتهم على معرفة السرعة النهائية.

● اطلب إلى الطلبة تحريك العربة بتسارع ثابت، عن طريق إحداث ميل في المدرج الهوائي، ومن دون استخدام الأنقال والخيط، دراسة العلاقة بين زاوية الميل والتسارع.

النتائج المتوقعة:

أخبر الطلبة أنَّ النتائج قد تختلف بين مجموعاتهم بالرغم من استخدام نفس العربة والأثقال، وذلك بسبب الاختلاف في موقع البوابتين لكل مجموعة. فكلما زادت المسافة بين البوابة الأولى وموقع سكون العربة، ابتعدت قيمة السرعة الابتدائية عن الصفر؛ ما يؤدي إلى خطأ في حساب السرعة النهائية، أي إنَّ كل مجموعة تحسب السرعة النهائية بناءً على الموقع الابتدائي. ويمكن معالجة ذلك بالطلب إلى أفراد كل مجموعة بدء الحركة على نفس البُعد من موقع البوابة الأولى، وجعل المسافة بين البوابتين متساوية لكل المجموعات.

التحليل والاستنتاج:

● **قراءة زمن الحركة الكلي من العداد الرقمي، ومراعاة ألا تزيد دقة القياس على (0.1 s).**

● **سيتعرَّف الطلبة لاحقاً العلاقة الرياضية اللازمة لحساب السرعة المتوسطة، وهي ناتج قسمة الإزاحة الكلية للعربة على الزمن الكلي.**

● **سيؤدي تغيير الكتلة المعلقة بأُخرى أكبر منها إلى زيادة القوة المؤثرة في العربة، وزيادة تسارعها، وزيادة مقدار السرعة المتوسطة.**

تجربة استهلاكية

وصف الحركة باستخدام المدرج الهوائي

المواضيع والأدوات: مدرج هوائي وملحقاته (بابات ضوئيتان، بكرة، خيط، عداد زمني رقمي)، كتلة (100 g)، و (50 g).

إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

خطوات العمل:

1 أجهِّز المدرج الهوائي، وأثبتْه بشكلٍ أدقٍ، ثم أصلِّي البوابتين بالعداد الزمني الرقمي على نحوٍ صحيحٍ.

2 أثبِّت البكرة فوق طرف المدرج، ثم أضعُع العربة على الطرف البعيد، وأربطُها بخيطٍ، ثم أمرِّرُه فوق البكرة.

3 أثبِّت البوابتين الضوئيتين فوق المدرج، بحيث تكون إداهُما عند موقع بداية الحركة، والأخرى عند موقع نهايتها.

4 أربطُ الطرف الحرَّ للخيط في الكتلة (50 g)، ثم أتركُه يتحرَّك إلى الأسفل لتحريك العربة.

5 أشغِّل مضخة الهواء، وأنركُ العربة تحرَّك من نقطة البداية تحت تأثير الكتلة المعلقة.

6 **اللاحظ** حركة العربة، والإزاحة التي تقطعُها، وأنظرُ قراءة العداد الزمني الرقمي.

7 **اقيس** المسافة بين البوابتين الضوئيتين على طول المدرج، ثم أدونْ نتائج القياس في الجدول.

8 أكرِّر التجربة باستخدام الكتلة الأخرى (100 g)، ثم أدونْ النتائج في الجدول.

الحالة (الشكل)	الكتلة الأولى (50 g)	الكتلة الثانية (100 g)
السرعة المتوسطة \bar{v} (m/s)	زمن الحركة Δt (s)	الإزاحة Δx (m)

التحليل والاستنتاج:

1. **أجد** الزمن الكلي لحركة العربة في حال استخدام كل كتلة.

2. **أجد** ناتج قسمة إزاحة العربة على زمن الحركة في كل من الحالتين (الناتج هو السرعة المتوسطة).

3. **اقارن** النتائج عند اختلاف الكتلة المعلقة.

4. **الفكِّرُ الناقدُ:** إذا كانت السرعة الابتدائية للعربة صفرًا، فهل يمكن معرفة سرعتها النهائية بناءً على السرعة المتوسطة؟

41

4 **تفكير ناقد:** تُحسب السرعة النهائية بمعرفة كل من السرعة المتوسطة والسرعة الابتدائية، (يفترض في هذه التجربة أن تكون السرعة الابتدائية مساوية لصفر)، وذلك باستخدام العلاقة الآتية: $\text{السرعة المتوسطة} = (\text{صفر} + \text{السرعة النهائية}) \div 2$

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: سُلم تقييم رقمي.

الرقم	معايير الأداء
3	يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ خطوات التجربة.
2	يقرأ تعليمات التجربة قراءة دقيقة، ويتعاون مع زملائه على تنفيذ الخطوات.
1	يُثبت المدرج الهوائي بشكلٍ أدقٍ، ثم يُركِّب ملحقاته بصورة صحيحة.
3	يوصل البوابتين الضوئيتين بالعداد الرقمي، ثم يُشغلُه، ويدُون قراءات صحيحة.
4	يضع العربة فوق المدرج، ثم يربطها بالخيط، ثم يُمرِّرُه فوق البكرة، ويتمكن من تحريكها بسهولة.
5	يقيس المسافة بين نقطتي بداية الحركة ونهايتها، ثم يُدوِّنها بصورة صحيحة.
6	يقرأ بيانات شاشة العداد الرقمي قراءة صحيحة، ويستخدم وحدات القياس الصحيحة، ثم يُدوِّنها.
7	يستخدم العلاقة الرياضية الخاصة بحساب السرعة، ويعوّضها، ويتوصل إلى نتيجة صحيحة.
8	

الحركة في بُعد واحد

Motion in One Dimension

تقدير الدرس

1

الحركة Motion

تحرّك الأجسام بطرائق مختلفة؛ فالكرة مثلاً تحرّك على سطح الأرض في خط مستقيم عند ركلها بصورة أفقية، في حين أنها تحرّك في مسار منحنٍ عند ركلها بزاوية نحو الأعلى.

يوجُد للحركة أشكالاً مُعددة، تصنف ضمن ثلاثة مجالات رئيسية، هي: الحركة في بُعد واحد، والحركة في بُعدين، والحركة في ثلاثة أبعاد. وسندرس في هذه الوحدة موضوع الحركة في بُعد واحد، وموضوع الحركة في بُعدين. توصّف حركة كرة ما على سطح الأرض في خط مستقيم بأنّها حركة في بُعد واحد؛ سواءً استمرّت الحركة في اتجاه واحد، أو في اتجاهين متراكبين.

الموقع والإزاحة Position and Displacement

عند تحديد موقع (Position) جسم يُراد وصف حالته الحركية، فإنّا نعتمد على أجسام أخرى قربه، أو نعتمد نظام إحداثيات متعامدة ونقطة إسناد (Reference point) مُحددة يُنسب إليها موقع هذا الجسم. ويُطلق على نظام الإحداثيات ونقطة الإسناد اسم الإطار المرجعي للحركة. سنبدأ بدراسة الحركة في بُعد واحد. فمثلاً، قد يتحرّك الجسم في خط مستقيم على محور (x) في اتجاه واحد، أو في اتجاهين متراكبين، أنظر الشكل (1) الذي يوضّح حركة كرة في بُعد واحد على محور (x).



الشكل (1): الإزاحة والمسافة.

الفكرة الرئيسية:

الحركة في بُعد واحد تعني أنَّ الجسم يتحرّك على خط مستقيم، في اتجاه واحد، أو في اتجاهين متراكبين.

نتائج التعلم:

- أمثل المُتغيرات المُتعلقة بوصف الحركة برسوم بيانية.
- أفسّر سماتيّة تعلق بوصف الحركة.
- أوضح معادلات الحركة في الميكانيكا، وأستخدمها في حل المسائل.
- استقصي أهمية التطبيقات الحياتية للحركة في بُعد واحد.

المفاهيم والمصطلحات:

- الموقع Position.
- نقطة الإسناد Reference Point.
- الإزاحة Displacement.
- المسافة Distance.
- الحركة المتقطعة Uniform Motion.
- السرعة القيسية Speed.
- السرعة المتحركة Velocity.
- السرعة المتوسطة Average Velocity.
- السرعة اللحظية Instantaneous Velocity.
- التسارع Acceleration.
- تسارع السقوط الحرّ Free Fall Acceleration.

42

التدريس

2

نشاط سريعة

استخدم مسطرة مترية وثلاث كرات لتمثيل الشكل (1) على الطاولة أمام الطلبة، ثم بين لهم متجهات الموقع، وكيفية الحصول على الإزاحة منها.

بناء المفهوم:

الموقع، الإزاحة.

أخبر الطلبة أنَّ مفهومي الموقع والإزاحة يُستخدمان في وصف حركة الأجسام، مُبيّنا لهم كيف يُحدّد موقع الجسم المتحرك استناداً إلى إطار مرجعي يتكون من محور واحد (حركة في بُعد واحد)، أو محوريين (حركة في بُعدين)، أو ثلاثة محاور (حركة في ثلاثة أبعاد)، ونقطة إسناد، مُركّزاً على التغيير في موقع الجسم المتحرك في بُعد واحد على محور (x)؛ أيْ باتجاهي اليمين واليسار، واعتماد الصفر نقطة إسناد لتحديد الموقع، وبيان أنَّ قيم الموقع الموجبة تكون إلى اليمين، وأنَّ قيمه السالبة تكون إلى اليسار.

الحركة في بُعد واحد

Motion in One Dimension

تقدير الدرس

1

الفكرة الرئيسية:

اسأل الطلبة عن الأشكال المختلفة للحركة، ولا تستبعد أيّاً من إجاباتهم، مركّزاً على أشكال الحركة الانتقالية التي تكون في بُعد واحد (خط مستقيم)، أو في بُعدين (مسار أفقى منحنٍ)، أو في ثلاثة أبعاد (لليمين واليسار، والأعلى، والأسفل).

الربط بالمعرفة السابقة:

اطلب إلى الطلبة مراجعة موضوع الحركة، وتذكّر ما درسوه في الصف التاسع، مثل: تعريف كلٌّ من المسافة والسرعة، والعلاقة بينهما، وأنواع السرعة، ووحدات قياسها المختلفة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والممواد الدراسية

* المهارات الحياتية: الحوار، الاتصال.

أخبر الطلبة أنَّ الحوار والاتصال هما من المفاهيم العابرة التي لها أهمية كبيرة في نقل المعلومات بين الأفراد والجهات المختلفة؛ سعياً إلى بلوغ المعرفة العلمية، وتوثيق مصدرها.

اطلب إلى الطلبة ذكر أمثلة على أجسام تحرّك في بُعد واحد أو بُعدين، مركّزاً على الحركة في خط مستقيم، والحركة في اتجاه واحد، أو في اتجاهين متراكبين.

وضّح للطلبة مفهوم البُعد الواحد، ومفهوم البُعدين، ومفهوم الأبعاد الثلاثة في الرياضيات، مُثلاً على ذلك بأشياء من غرفة الصف.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والممواد الدراسية

* التفكير: التحليل.

وضّح للطلبة أنَّ التحليل هو أحد المفاهيم العابرة، وأنَّه من خطوات التفكير، وأنَّ أهميته تمثّل في استخراج المعلومة من نص، أو رسم بياني، أو صورة بعد تحليلها.

◀ المناقشة:

ناقشت الطلبة في أوجه الاختلاف بين الإزاحة والمسافة في بُعد واحد، مُبيّناً لهم أنَّ الإزاحة هي كمية فيزيائية متوجّهة، وأنَّ المسافة هي كمية قياسية، وأنَّها كميتان غير متساوين، إلَّا في حال تحرك الجسم في خط مستقيم باتجاه ثابت، فإنَّ مقدار الإزاحة عدديًّا يساوي المسافة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والممواد الدراسية

* المهارات الحياتية: الحوار، الاتصال.
أُخبر الطلبة أنَّ الحوار والاتصال هما من المفاهيم العابرة التي لها أهمية كبيرة في نقل المعلومات بين الأفراد والجهات المختلفة؛ سعيًا إلى بلوغ المعرفة العلمية، وتوثيق مصدرها.

أَمْكِنْ:

نعم، ذلك ممكن؛ فعندما يتحرك الجسم من موقع ابتدائي إلى موقع آخر، ثم يتحرك مرة أخرى إلى موقعه الابتدائي، فإنَّ إزاحته تساوي صفرًا، وكذلك يساوي متوجّه التغيير في الموقع صفرًا. (لاحظ هنا أنَّ المسافة لا تساوي صفرًا).

أَمْكِنْ: هل يستطيع جسمٌ متجرَّدُ
أنْ يُغيِّرَ موقعه أكثرَ مِنْ مرَّةٍ
بحيث تكون إزاحته صفرًا؟ أوضُحْ
إجابتي.

تُعبَّرُ عن موقع الكِرة بالنسبة إلى نقطة الإسناَد ($x = 0$)، كما يأتي: إذا كانَ موقع الكِرة على يمين نقطة الإسناَد، فإنَّ (x) تكونُ موجبةً، في حين أنها تكونُ سالبةً إذا كانَ موقع الكِرة على يسارِ نقطة الإسناَد.

لوصف حركة الكِرة، يجبُ أولاً تعرُّفُ مفهوم الإزاحة (**Displacement**) (Δx)، وهي الفُرقُ بينَ مُتجَهِّ موقع الكِرة النهائِي (x_2) ومتوجّه موقعها الابتدائي (x_1)، وذلك باستخدام العلاقة:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

في المرحلة الأولى من الحركة انتقلت الكِرة من الموقع $x_1 = 2\text{ m}$ إلى الموقع $x_2 = 5\text{ m}$ ، لذا تكونُ إزاحَة الكِرة:

$$(\Delta x)_1 = 5 - 2 = 3\text{ m}$$

ومن المُلاحظ أنَّ إشارة الإزاحة موجبةً، ما يعني أنَّ الكِرة تحرَّكت في اتجاه محور (x) الموجِّب.

أما إزاحَة الكِرة في المرحلة الثانية من الحركة فهي:

$$(\Delta x)_2 = -4.5 - (-9) = 4.5\text{ m}$$

والإشارة السالبة تعني أنَّ الكِرة تحرَّكت في اتجاه محور (x) السالِّب. يمكن حساب الإزاحة الكلية للكِرة مباشرةً بإيجاد الفُرق بين موقعي الكِرة الابتدائي والنهايِي كما يأتي:

$$\Delta x = -4 - (+2) = -6\text{ m}$$

وهذا يُمثل حاصل جمع الإزاحتَيْن لمرحلة الحركة الأولى والحركة الثانية:

$$\Delta x = (+3) + (-9) = -6\text{ m}$$

يمكن أيضًا وصف حركة الكِرة باستخدام مفهوم المسافة (**Distance**)، وهي كمية قياسية قيمتها تساوي طول المسار الفعلي الذي أَتَىَهُ الجسم، ويرمزُ إليها بالرمز (s). يتبيَّنُ من الشكل (1) أنَّ المسافة الكلية التي قطعتها الكِرة (s) هي المسافة المقطوعة في المرحلة الأولى ($s_1 = 3\text{ m}$ ، مضافةً إليها المسافة المقطوعة في المرحلة الثانية ($s_2 = 9\text{ m}$))، وهي:

$$s = s_1 + s_2 = 3 + 9 = 12\text{ m}$$

أَتَحَقَّقُ: فيما تختلفُ المسافةُ التي قطعتها الكِرة عن الإزاحة التي أحدثَتها في هذه الحركة؟ أيُّهما أكبرُ: المسافةُ أمَّ مقدار الإزاحة؟

43

◀ التعزيز:

لتعزيز المفهوم، اذكر أمثلة مختلفة، مثل:
حركة جسم في خط مستقيم باتجاه اليمين مسافة (10 m)، ثم حركته باتجاه اليسار حتى يعود إلى موقعه الأول، فتكون المسافة الكلية التي قطعها (20 m)، وإزاحته (0).
جسم يتحرك دورة كاملة على محيط دائرة نصف قطرها (5 m)، فتكون المسافة (31.4 m)، والإزاحة (0).

أَتَحَقَّقُ: تتضمَّن إجابة السؤال الصحيحة وجود اختلافين؛ أولهما أنَّ الإزاحة كمية متوجّهة والمسافة كمية قياسية، وثانيهما أنَّ مقدار الإزاحة ليس بالضرورة أنْ يتساوِي مع المسافة. وفي هذه الحالة كان مقدار الإزاحة (6 m)، والمسافة (12 m)؛ أيْ إنَّ المسافة التي قطعتها الكِرة كانت أكبرَ من مقدار الإزاحة الناتجة من تغيير موقع الكِرة. ودائماً تكون المسافة أكبرَ من مقدار الإزاحة، أو تساويه.

بناء المفهوم

السرعة المتوسطة القياسية، السرعة المتوسطة المتوجهة.

- وَضَحَ لِلطلبة أَنَّ السرعة المتوسطة تكون قياسية أو متوجهة. وكذلك السرعة اللحظية، وأنَّ السرعة القياسية ترتبط بالمسافة، في حين ترتبط السرعة المتوجهة بالإزاحة.

- بَيْنَ لِلطلبة الرمز المستخدم لكل نوع من أنواع السرعة، والعلاقة الرياضية الخاصة بحساب نوعي السرعة المتوسطة، مُعَزِّزاً ذلك بأمثلة مباشرة.

المناقشة

اسأل الطلبة عن تجاربهم في السفر بالطائرة، ثم بيّن لهم أنَّ حركة الطائرات تتبع مسارات جوية محددة الارتفاع والاتجاه. فعندما تقلع طائرة من عُمان إلى الدوحة فإنَّها تسير في طريق غير مستقيم؛ إذ تصعد وتهبط، ثم تلتقي يميناً ويساراً، مُتَّسِعاً بذلك تعليمات خاصة بقوانين الطيران والأحوال الجوية، فيكون طول هذا المسار (2600 km) مثلاً.

ولحساب السرعة القياسية المتوسطة، تُنقسم المسافة الكلية المقطوعة على زمن الطيران، فتكون هذه السرعة 800 km/h، علَى أَنَّ الطائرة تُغَيِّرُ من مقدار سرعتها؛ فقد تكون 500 km/h أحياناً، وقد تصل إلى 1000 km/h في أحيان أخرى.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والممواد الدراسية

- * المهارات الحياتية: الحوار، الاتصال.

أُخِبر الطلبة أنَّ الحوار والاتصال هما من المفاهيم العابرة التي لها أهمية كبيرة في نقل المعلومات بين الأفراد والجهات المختلفة؛ سعياً إلى بلوغ المعرفة العلمية، وتوثيق مصدرها.

التعزيز

أُخِبر الطلبة أنَّ مفهومي السرعة القياسية Speed والسرعة المتوجهة Velocity يشار إليهما باللغة الإنجليزية بكلمتين مختلفتين تماماً، في حين نستخدم في اللغة العربية كلمة (سرعة) للدلالة عليهما. أمَّا التمييز بينهما فيتمثل في أنَّ الأولى كمية قياسية من دون اتجاه، وأنَّ الثانية كمية متوجهة، وأنَّها تتتجان من كميتين مختلفتين، هما: المسافة، والإزاحة.

السرعة المتوسطة

السرعة القياسية المتوسطة

يُمْكِنُ وصفُ الحركة باستخدام مفهوم السرعة القياسية المتوسطة (Average speed) (٧)، التي تُحسب بقسمة طول المسار الفعلي الذي يقطعه الجسم (٥) على الزمن الكلي للحركة (٦):

$$\bar{v} = \frac{s}{\Delta t}$$

تقاسُ السرعة بوحدة (m/s) بحسب النظام الدولي لوحدات القياس. ولأنَّ المسافة كمية لا اتجاه لها، فإنَّ السرعة القياسية أيضاً ليس لها اتجاه. فمثلاً، الطائرة التي تصل إلى دولة قطر من عُمان في ثلث ساعات وربع الساعة، وتقطع مسافة (2600 km)، وتغيير مقدار سرعتها واتجاه طيرانها مراتٍ عدَّة، في هذه الأثناء، يُمْكِنُ حساب سرعتها القياسية المتوسطة بقسمة المسافة التي قطعتها الطائرة على زمن الطيران، فيكون الناتج (800 km/h).

السرعة المتجهة المتوسطة

تعتمد السرعة المتجهة المتوسطة (Average velocity) على للجسم على إزاحتِه، وعلى الزمن اللازم لحدودِ تلك الإزاحة، ويرمزُ إلى هذه السرعة بالرمز (٧)، وتحسبُ بقسمة الإزاحة الكلية للجسم على الزمن الكلي اللازِم لقطع الإزاحة:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

يُذَكِّرُ أنَّ السرعة المتوسطة تُحسبُ خلال مدة زمنية (٦)، سواءً كانت هذه السرعة قياسية أم متوجهة.

المثال

قطع فراس بـزاجته مسافة (645 m) في مدة زمنية مقدارها (86 s). أَجِد سرعة القياسية المتوسطة.

المعطيات: ($\Delta t = 86$ s), ($\Delta s = 645$ m).

المطلوب: ($\bar{v} = ?$).

الحلُّ:

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{645}{86} = 7.5 \text{ m/s}$$

44

حل المثال

يُرَمِّزُ إلى السرعة القياسية المتوسطة بالرمز (٧)، حيث يشير حرف (s) إلى الكلمة (speed)؛ لتمييزها من السرعة المتوجهة، ثم يُحلُّ المثال بقسمة طول المسار الكلي على الزمن الكلي.

◀ بناء المفهوم:

السرعة اللحظية القياسية، السرعة اللاحظية المتجهة.
اذكر للطلبة مجموعة من القياسات المختلفة لسرعة جسم متحرك (مثل الدراجة الهوائية)، للتوصّل إلى تعریف المفهوم.

◀ استخدام الصور والأشكال:

ووجه الطلبة إلى دراسة الشكل (2)، لبيان نوعي السرعة اللاحظية؛ القياسية والمتجهة عن طريق مثال عدّاد السرعة في السيارة، والتمييز بين نوعي السرعة اللاحظية عن طريق الاتجاه. وعدم التطرق إلى موضوع النهاية والمشتق في الرياضيات لمعرفة السرعة اللاحظية؛ لأن ذلك يفوق قدرات الطلبة.

توضيف التكنولوجيا

ابحث في الواقع الإلكتروني الموثقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقدمية جاهزة عن موضوع السرعة اللاحظية Instantaneous Velocity، على أنّه يُمكّنك إعداد عروض تقدمية تتعلّق بموضوع الدرس.

شارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي WhatsApp، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمل أيّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.



الشكل (2): السرعة اللاحظية.

السرعة المتجهة اللاحظية Instantaneous Velocity

إنّ قراءة عدّاد السرعة في السيارة عند لحظة معينة تمثل السرعة القياسية اللاحظية كما في الشكل (2). وعند تحديد اتجاه هذه السرعة فإنّها سُمّي السرعة المتجهة اللاحظية، ويُرمز إليها بالرمز v_i . فمثلاً، إذا كان اتجاه حركة السيارة البُين عدّاد سرعتها في الشكل (2) نحو الشمال، فإنّ السرعة المتجهة اللاحظية لها هي 90 km/h شمالاً.

وإذا كانت السرعة المتجهة (v_i) اللاحظية ثابتة، فإنّها تساوي السرعة المتجهة (v_i) القياسية المتوسطة دائماً. وعندما يتحرّك الجسم بسرعة قياسية ثابتة تصف حركته بأنّها منتظمّة. نشير إلى أنّ كلمة $(سرعة)$ تعني السرعة المتجهة أينما وردت في هذا الكتاب.

تحقق: ما الشرط الواجب توافره في الحركة في بُعد واحد لكي تساوي السرعة المتجهة المتوسطة مع السرعة اللاحظية؟

المثال 2

وضعت لعبة سيارة على محور (x) ، على بُعد (2 m) من نقطة الأصل في الاتجاه الموجب، ثم حركت في الاتجاه الموجب، فأصبحت على بُعد (6.8 m) على المحور نفسه، ثم حركت في الاتجاه السالب، فأصبحت على بُعد (5.6 m) ، كما في الشكل (3). إذا علمت أنّ الزمان الكلي للحركة هو (15 s) ، فأجد:



الشكل (3): حركة لعبة السيارة.

- المسافة الكلية التي قطعتها لعبة السيارة.
- الإزاحة الكلية للعبة السيارة.
- السرعة القياسية المتوسطة للعبة السيارة.
- السرعة المتجهة المتوسطة للعبة السيارة.

45

تحقق:

عندما تكون الحركة في بُعد واحد فإنّ المسافة تساوي مقدار الإزاحة، ويشترط لذلك أن تكون الحركة محددة في اتجاه واحد فقط.

المعطيات: $(\Delta t = 15 \text{ s})$, $x_3 = 5.6 \text{ m}$, $x_2 = 6.8 \text{ m}$, $x_1 = 2.0 \text{ m}$

المطلوب: $s = ?$, $\Delta x = ?$, $\bar{v}_s = ?$, $v_d = ?$

الحل:

أ . المسافة الكلية التي قطعتها لعبة السيارة تساوي مجموع المسافتين: s_1 و s_2 :

المسافة الأولى:

$$s_1 = 6.8 - 2.0 = 4.8 \text{ m}$$

المسافة الثانية:

$$s_2 = |5.6 - 6.8| = 1.2 \text{ m}$$

المسافة الكلية:

$$s = s_1 + s_2 = 4.8 + 1.2 = 6.0 \text{ m}$$

ب . الإزاحة الكلية للعبة السيارة تساوي الفرق بين متجهي الموقعين: الابتدائي، والنهائي:

$$\Delta x = x_3 - x_1 = 5.6 - 2.0 = 3.6 \text{ m}$$

من الملاحظ أن إشارة الإزاحة موجبة؛ لأن إزاحة الجسم الكلية هي في اتجاه محور (x) الموجب.

ج . السرعة القياسية المتوسطة للعبة السيارة:

$$\bar{v}_s = \frac{s}{\Delta t} = \frac{6}{15} = 0.4 \text{ m/s}$$

د . السرعة المتجهة المتوسطة للعبة السيارة:

$$\bar{v}_s = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{3.6}{15} = 0.24 \text{ m/s}$$

يلاحظ أن السرعة المتجهة المتوسطة موجبة؛ ما يعني أنها في اتجاه محور (x) الموجب، وأنه لا يوجد اتجاه للسرعة القياسية المتوسطة.

طلب إلى الطلبة تمثيل الشكل (3) الخاص بالمثال عملياً باستخدام لعبة سيارة، مركزاً على أهمية الاتجاهات؛ إذ تكون السرعة المتجهة والإزاحة نحو اليمين عند ظهور الإشارة الموجبة، وتكونان نحو اليسار عند ظهور الإشارة السالبة. بعد ذلك، طلب إلى بعض الطلبة حل المثال؛ على أن ينفذ كل منهم خطوة واحدة فقط من خطوات الحل.

التعزيز:

يمكن تعزيز مفهوم السرعة اللحظية عند الطلبة عن طريق درجة كرا فرق مستوى مائل في اتجاه الطرف المرتفع للسطح، بحيث تتوقف عن الحركة ثم تعود أدراجها نحو الطرف المنخفض، ثم سؤالهم عن سبب اختلاف سرعة الكرة من لحظة إلى أخرى.

◀ بناء المفهوم:

- التسارع.
- وضح للطلبة أنَّ تسارع الجسم ينبع فقط من التغيير في مقدار السرعة عند حركته في اتجاه ثابت، وأنَّ اتجاه السرعة لا يتغير. وإذا كان التغيير في مقدار السرعة منتظمًا فإنَّ التسارع يكون ثابتاً. فمثلاً، إذا تغيرت السرعة بمقدار (2 m/s) في كل ثانية فإنَّ التسارع يكون ثابتاً بمقدار (2 m/s²). ولا مجال هنا للحديث عن التسارع المتغير.
- الفت انتبه الطلبة إلى أنَّ التسارع ينبع أيضاً من التغيير في اتجاه السرعة؛ سواء تغير مقدارها، أم بقي ثابتاً، موضحاً ذلك بالإشارة إلى مثال ضرب الكرة بالمضرب؛ إذ تغير اتجاه حركتها بالرغم من أنَّ الحركة في بُعد واحد.
- (٧) أكد للطلبة أهمية التفريق بين اتجاه السرعة واتجاه التغيير في السرعة (٨٧).

◀ استخدام الجدول:

استراتيجية أكواب إشارة المرور:

استخدم هذه الاستراتيجية في تعليم الطلبة المقارنة بين حركة السيارات، وذلك بالاطلاع على الجدول (١). وزِّن الطلبة إلى مجموعات صغيرة، ثم وزِّن على كل مجموعة الأكواب الثلاثة.

- اطلب إلى أفراد المجموعات الاطلاع على الجدول وتحليل البيانات فيه، ثم وصف حركة كل من السيارات.
- اطلب إلى أفراد المجموعات حل المثال (٣).
- ما يخص الإجراءات السابقة، يعرض أفراد كل مجموعة الكوب الذي يعبر عن حاجتهم إلى المساعدة.

معلومات إضافية

في حالة الحركة بسرعة متغيرة غير منتظمة (التغيير في السرعة ليس ثابتاً)، فإنَّ التسارع يكون متغيراً. ويمكن الإشارة هنا إلى التسارع المتوسط، علماً بأنَّ ما يتعين على الطلبة معرفته هو حالة التسارع الثابت فقط.

التسارع الثابت Constant Acceleration

لتوضيح مفهوم التسارع (Acceleration)، أنعم النظر في الجدول (١) الذي يبيّن السرعات المُتَجَهَةُ اللحظية (١) لسيارتين تتحرّكان في اتجاه محور (x) الموجب في الأوقات الزمنية المُحدَدة. يلاحظ أنَّ سرعة السيارة الأولى ثابتة المقدار عند القيمة (4.0 m/s)، وكذلك اتجاهها؛ ما يعني أنَّها لا تتسارع. أما سرعة السيارة الثانية فمتغيرة المقدار، بحيث تزداد (2 m/s) في أثناء كُلِّ ثانية من زمن الحركة؛ ما يعني أنَّها تتسارع.

يُذكَرُ أنَّ التسارع المتوسط هو كمية مُتَجَهَّةٌ تُعطى بنتائج قسمة التغيير في السرعة اللحظية (٨٧) على المدة الزمنية الازمة لإحداث التغيير في السرعة:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

إنَّ اتجاه التسارع المتوسط يكون دائماً في نفس اتجاه التغيير في السرعة اللحظية، ويُقاسُ هذا التسارع بوحدة m/s². أمَّا التسارع اللحظي (a) فيُعرَفُ عند لحظة زمنية مُحدَدة. وسيقتصر الحديث هنا على التسارع الثابت، حيث يتساوى التسارعُ المتوسطُ والتسارعُ اللحظي ($\bar{a} = a$).

الجدول (١) السرعة الثابتة، والسرعة المتغيرة.

الجدول (١)					الزمن (s):
سرعه السيارة الأولى (m/s):					سرعه السيارة الثانية (m/s):
$t_5=4$	$t_4=3$	$t_3=2$	$t_2=1$	$t_1=0$	
$v_5=4.0$	$v_4=4.0$	$v_3=4.0$	$v_2=4.0$	$v_1=4.0$	
$v_5=8.0$	$v_4=6.0$	$v_3=4.0$	$v_2=2.0$	$v_1=0$	

47

حل المثال 3

الفت انتباه الطلبة إلى أنَّ إيجاد المتوسط الحسابي لكميات مختلفة في مجالات كثيرة له أهمية في الحياة اليومية. فمثلاً، متوسط علامات الطالب يُنبئ عن أداءه من دون التطرق إلى ذكر علاماته في كل المواد التي درسها.

أخبر الطلبة أنَّه عندما تكون السرعة مُتغيِّرة فإنَّ يمكن التعامل مع متوسط السرعة للتسهيل، وأنَّ هذا المثال يُدرِّبهم على حساب كُلٌّ من متوسط السرعة، والتسارع، والتسارع المتوسط.

المثال 3

بناءً على قيم الزمن والسرعة الواردة في الجدول (1)، أجد التسارع المتوسط لكُلٍّ من السياراتين خلال المدة

$$\text{الزمنية من } (t_1 = 1\text{s}) \text{ إلى } (t_2 = 2\text{s}) : t_3 = 2\text{s}$$

المعطيات: الجدول.

المطلوب: $\bar{a} = ?$

الحل:

التسارع المتوسط للسيارة الثانية:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_3 - v_2}{t_3 - t_2}$$

$$\bar{a} = \frac{4.0 - 2.0}{2 - 1} = \frac{2.0}{1} = 2 \text{ m/s}^2$$

التسارع المتوسط للسيارة الأولى:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_3 - v_2}{t_3 - t_2}$$

$$\bar{a} = \frac{4.0 - 4.0}{2 - 1} = \frac{0}{1} = 0 \text{ m/s}^2$$

يُلاحظ أنَّ التسارع المتوسط للسيارة الأولى صفرٌ، لأنَّ سرعتها اللحظية لم تغيِّر، وأنَّ السيارة الثانية تحرَّك بتسارع متوسط ثابت المقدار والاتجاه (2 m/s^2) في اتجاه محور (x) الموجِّب؛ لذا تتغيِّر سرعتها المُسجَّلة اللحظية باستمرار.

أتحقق: أجدُ التسارع المتوسط لكُلٍّ من السياراتين في أثناء مُدِّ زمنية أخرى؛ من: $(t_1 = 0 \text{ s})$ إلى $(t_4 = 3 \text{ s})$ مثلاً.

المثال 4

تحرك قطار نحو الشرق في اتجاه محور ($+x$) بسرعة متغيرة المقدار، وقد رُصِّدَت سرعة الابتدائية عند اللحظة $(t = 2 \text{ s})$ ، فكانت (12 m/s) ، ثمَّ رُصِّدَت سرعة النهائية عند اللحظة $(t = 38 \text{ s})$ ، فكانت (30 m/s) . أجد مقدار التسارع المتوسط الذي تحرَّك به القطار خلال المدة من $(t = 2 \text{ s})$ إلى $(t = 38 \text{ s})$ ، ثمَّ أحذِّ اتجاه هذا التسارع.

المعطيات: $t_2 = 38 \text{ s}$ ، $t_1 = 2 \text{ s}$ ، $v_2 = 30 \text{ m/s}$ ، $v_1 = 12 \text{ m/s}$.

المطلوب: $\bar{a} = ?$ ، اتجاه التسارع.

48

حل المثالين 4، 5

وَضَّحَ للطلبة أهمية تحديد اتجاه الحركة ومسار الجسم المتحرك في خط مستقيم كما في حالتي القطار والزلجة؛ للالتزام بموضوع الدرس، وهو الحركة في بُعد واحد. أخبرهم أنَّه في حال تغيير اتجاه الحركة ليصبح في بُعدين فإنَّه سيتم التطرق إلى ذلك في الدرس القادم.

الفت انتباه الطلبة إلى أنَّ اتجاه التسارع يكون دائمًا باتجاه التغيير في السرعة، وأنَّه لا يكون بالضرورة باتجاه السرعة نفسها.

الحلُّ:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$$a = \frac{30 - 12}{38 - 2} = \frac{18}{36} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

يُلاحظُ أنَّ التغيير في السرعة المُتجهة اللاحظية (Δv) موجبٌ، أيٌ في اتجاه الشرق؛ لذا يكونُ اتجاه التسارع المتوسط نحو الشرق (+x)، ويوضح ذلك من إشارة التسارع المتوسط الموجبة.

المثالُ 5

الحلُّ:

انطلق سamer بزاجته بسرعةً ابتدائية (2.4 m/s) باتجاه الشرق، وبعد مدةٍ زمنيةٍ مقدارها (3.0 s) توقفَ الزلاجة عن الحركة. أجد مقدار التسارع المتوسط للزلاجة، محدداً اتجاهه.

المعطياتُ: $\Delta t = 3.0 \text{ s}$ ، $v_1 = 2.4 \text{ m/s}$

المطلوبُ: $a = ?$ ، اتجاه التسارع.

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$a = \frac{0.0 - 2.4}{3.0} = \frac{-2.4}{3.0} = -0.8 \text{ m/s}^2$$

يُلاحظُ أنَّ إشارة التسارع المتوسط سالبةٌ؛ ما يعني أنَّ اتجاهه نحو الغربِ؛ أيٌ إنَّ اتجاه التسارع يعكس اتجاه السرعة، وفي مثل هذه الحالة تكونُ الحركة بطيئةً.

49

◀ التعزيز:

وُضِّح للطلبة الفرق بين المتوسط الحسابي للسرعتين الابتدائية والنهاية، والسرعة المتوسطة، مُبيِّناً لهم متى تتساوى الكميتان.

(تساوي الكميتان في حالة التغيير المتظم لقدر السرعة فقط).

اطلب إلى الطلبة الإفاده من حل المثالين السابقين في استنتاج حالتين من الحركة، هما:
الحالة الأولى: تكون الأجسام متتسارعة عندما تتشابه إشارة التسارع مع إشارة السرعة؛ فتكون الإشاراتان موجبين (+,+)، كما في المثال (4)، حيث يتتسارع القطار في الاتجاه الموجب، أو سالب (−), حيث يتتسارع الجسم في الاتجاه السالب (اتجاه x- مثلاً). وبوجه عام، يتتسارع الجسم عندما ترداد القيمة المطلقة لسرعته.

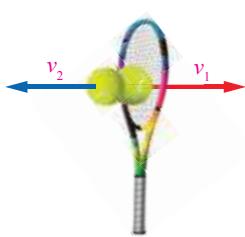
بالنظر إلى المثالين السابقين، نجد أنَّ تسارُعَ الأجسام يكونُ في حالتيْن، هما:

الحالَةُ الأولى: تكونُ الأَجسَامُ متسارِعةً عَندَمَا تتشابهُ إشارةُ التسارُعِ مع إشارة السرعة؛ فتكونُ الإشاراتان موجيْن (+, +)، كما في المثال (4)؛ إذ تحرَّكَ القطار بسرعَةٍ وتسارُعٍ باتجاهِ x_+ ، أو سالبيْن (-, -)؛ فيكونُ كُلَّ من السرعة والتسارُع باتجاهِ x_- .

الحالَةُ الثانية: تكونُ الأَجسَامُ متباطئَةً عَندَمَا تختلفُ إشارةُ التسارُع عن إشارة السرعة؛ فتكونُ إحداهُما موجَّةً والأُخْرَى سالِبَةً (-, +)، كما في المثال (5)؛ إذ تحرَّكَتِ الزلاجة بتباطُؤٍ.

المثال 6

تحرَّكَت كُرَةً تنس أرضيًّا في اتجاهِ الشَّرقِ مع محور (x_+) بسرعة (40 m/s). وفي أثناء مدة زمنية مقدارُها ($\Delta t = 0.05 \text{ s}$) ارتدَتِ الكُرَةُ نحو الغَربِ مع محور (x_-) بسرعة (40 m/s)، كما في الشَّكل (4). أَجِد مقدارَ تسارُعَ الكُرَةِ في أثناءِ هذِهِ المَدَّةِ، مُحدِّدًا اتجاهَهُ.



المعطياتُ: $v_1 = +40 \text{ m/s}$ ، $v_2 = -40 \text{ m/s}$ ، $\Delta t = 0.05 \text{ s}$.

المطلوبُ: $\bar{a} = ?$.

الحلُّ:

السرعَةُ الابتدائِيَّةُ للكُرَةِ موجَّةٌ، والسرعَةُ النَّهائِيَّةُ لها سالِبَةُ:

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$\bar{a} = \frac{-40 - 40}{0.05} = \frac{-80}{0.05} = -1600 \text{ m/s}^2$$

الشكل (4): ارتدادُ الكُرَةِ بعد تصادُمِها مع المَضَبِّرِ.

يُلاحظُ أنَّ تسارُعَ الكُرَةِ سالِبٌ؛ ما يعني أنَّهُ في اتجاهِ محور (x_-).

أتحققَ: بدأَت طائرةُ السير على مَدْرِجِ المطَارِ مِنْ وضعِ السُّكُونِ، بحركةٍ أفقيةٍ في خطٍّ مستقيمٍ، فأصبحَت سرعتُها (80 m/s) بعد مرور مدة زمنية مقدارُها ($s = 32$) أَجِد مقدارَ التسارُعِ المُتوسطِ للطائرةِ في أثناءِ تلكِ المَدَّةِ، ثُمَّ أحِدُ اتجاهَهُ.

50

الحالَةُ الثانية: تكونُ الأَجسَامُ متباطئَةً عَندَمَا تختلفُ إشارةُ التسارُعِ عن إشارة السرعة؛ فتكونُ إحداهُما موجَّةً والأُخْرَى سالِبَةً (+, -)، كما في المثال (5)، حيث تحرَّكَتِ الزلاجة بتباطُؤٍ، فتناقصَتِ السرعة؛ ما يعني أنَّ الذي يُحدِّدُ تسارُعَ الأَجسَامِ وتباطُؤُهَا هو التشابهُ أو الاختلافُ في اتجاهِي السرعةِ، والتغييرُ في السرعةِ. وبوجهِ عامٍ، إذا تناقصَتِ القيمة المطلقة لتسارُعِ السرعةِ فإنَّ الجسمَ يتباطُؤُ.

حل المثال 6

نبَّهَ الطَّلَبَةُ إلى أنَّ زَمْنَ تلامِسِ المَضَبِّرِ مع كُرَةِ التنسِ الأرضيِّ يَكُونُ قليلاً جَدًّا، وأنَّهُ قد يَصِلُ إلى جزءٍ مِنْ مائةِ مِنِ الثَّانِيَّةِ.

أخَبَرَ الطَّلَبَةُ في أثناءِ حلِّ هذا المثال أنَّ التسارُعَ ناتِجٌ من تغييرِ اتجاهِ السرعةِ مع بقاءِ مقدارِها ثابتاً.

استخدام الصور والأشكال:

وَجَهَ الطَّلَبَةُ إلى الاطلاعِ على الشَّكل (4) في الكتابِ، مُبِينًا لهم أنَّ السَّهْمَيْنِ فيهِ يُمثِّلان سرعةَ الكُرَةِ قبلَ التصادُمِ وبعدهِ، وأنَّ الشَّكل يَحوي فقطَ كُرَةً واحدةً، وأنَّهُ تَمَّ تكرارُ صورتها لبيانِ السرعةِ قبلَ التصادُمِ وبعدهِ.

معلومة إضافية

هيَّ الطَّلَبَةُ للدرسِ الثَّانِي، بتعريفِهم أنَّ التسارُعَ قد يَنْتَجُ من تغييرِ مقدارِ السرعةِ واتجاهِها.

أتحققَ:

في هذا المثال تكونُ السرعةُ الابتدائيةُ والسرعةُ النَّهائِيَّةُ في اتجاهِ نفسهِ، فيكونُ التغييرُ في السرعةِ والتسارُعِ في اتجاهِ السرعةِ.

◀ بناء المفهوم:

منحنى الموقع - الزمن.

- وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل (5) في الكتاب؛ لفهم العلاقة بين الزمن والموقع، حيث مُثلّ الزمن على محور (x) بتدرج منتظم بوحدة الثانية، ومُثلّ الموقع على المحور (y) بتدرج منتظم.
- حدد للطلبة نقطة الإسناد، وهي النقطة $(0,0)$ التي يُنسب إليها موقع الجسم في كل لحظة من لحظات حركته.

◀ المناقشة:

يُنّ للطلبة أنَّ نقطة الإسناد التي تُنْسَب إليها الحركة هي نقطة اختيارية، وأنَّه تم اختيار النقطة $(0,0)$ للتسهيل، وأنَّه في حال اختيار نقطة إسنادٍ أخرى فإنَّ ذلك لن يؤثّر في القيم التي يراد حسابها.

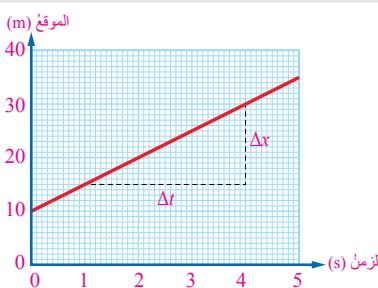
◀ استخدام الصور والأشكال:

وجّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل؛ ليتحققوا من التدرج على كل محور، وتحديد الكمية الفيزيائية التي يُمثّلها كل تدرج، وبيان وحدات القياس المناسبة. يُنّ للطلبة صفات المنحنى البياني للعلاقة بين الموقع والزمن، ثم ارسم أشكالاً أخرى، وناقشهما في الاختلافات بينها.

معلومات إضافية

يُنّ للطلبة أنَّ الميل قد يكون سالباً، وذلك عندما يتحرّك الجسم مقترباً من نقطة الإسناد؛ أيٌ عندما تكون إزاحته سالبة.

الشكل (5): منحنى الموقع - الزمن.



تمثيل الحركة بيانياً

منحنى الموقع- الزمن Position-Time Graph

عندَ تمثيل الحركة بيانياً، بحيث يُحدَّد محور (x) لتدرج الزمن، ومحور (y) لتدرج الموقع، فإنَّ هذه العلاقة البيانية تصفُ التغيير في موقع الجسم بالنسبة إلى الزمن، انظر الشكل (5). وبالرجوع إلى منحنى هذه العلاقة يُمكِّن معرفة الموضع الذي يوجد فيه الجسم المتحرك نسباً إلى نقطة الإسناد في أيٍ لحظة زمنية، وثُمَّ نقطَة الإسناد عادةً عند $(0,0)$ على الرسم.

يتبيَّن من الشكل (5) أنَّ الجسم يقعُ على بعد (15 m) من نقطة الإسناد عندَ اللحظة $(t=1\text{ s})$ ، وأنَّه قدَّ غيرَ موقعه، فأصبحَ على بعد (30 m) عندَ اللحظة $(t=4\text{ s})$ ؛ لذا، فإنَّ إزاحَتَه في أثناءَ المدةِ الزمنية (Δt) هي:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 30 - 15 = 15 \text{ m}$$

حيث:

$$\Delta t = 4 - 1 = 3 \text{ s}$$

درستُ في مبحث الرياضيات أنَّ ميل الخط المستقيم يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\text{slope} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

اعتماداً على الشكل (5)، يُمكِّن حسابُ ميل الخط المستقيم الذي

51

// مثال إضافي //

- اطلب إلى الطلبة تحديد موقع الجسم عند كل ثانية من زمن حركته في الشكل (5)؛ فهو عند بداية الحركة ($t = 0\text{ s}$) يقع على بعد (10 m) من نقطة الإسناد.
- درّب الطلبة على إيجاد التغيير في الزمن بين أيٍ لحظتين زمنيتين، وكذلك التغيير في الموقع بين أيٍ لحظتين زمنيتين.
- اطلب إلى بعض الطلبة إيجاد ميل منحنى العلاقة بين الموقع والزمن، بقسمة التغيير في الموقع على التغيير في الزمن؛ لتعرفُ مقدار السرعة.

يصلُّ بين الموضع الابتدائي للجسم ($x_1 = 15 \text{ m}$) عندَ الزَّمِن ($t = 1 \text{ s}$) وموْقِعِه النَّهائي ($x_2 = 30 \text{ m}$) عندَ الزَّمِن ($t = 4 \text{ s}$) كما يأْتِي:

$$\text{slope} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{30 - 15}{4 - 1} = \frac{15 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$

يُلَاحِظُ أَنَّ وَحْدَةَ الْمِيلِ هِيَ (m/s) وَأَنَّ هَذِهِ الْوَحْدَةِ هِيَ وَحْدَةِ السَّرْعَةِ نَفْسُهَا. وَلَمَّا كَانَ الْمَقْامُ فِي الْمُعَادِلَةِ الْمُذَكُورَةِ آنَّهَا هُوَ الْمَدَدُ الرَّمْنِيَّةُ الَّتِي حَدَثَ فِي أَشْيَاهَا التَّغْيُيرُ فِي الْمَوْقِعِ، فَإِنَّ مِيلَ الْخَطِّ الْمُسْتَقِيمِ فِي مَنْحَنِيَّ الْمَوْقِعِ - الزَّمِنِ يُمْثِلُ السَّرْعَةَ الْمُتَجَهَّةَ الْمُوْسَبَةَ (٢).

تجدرُ الإِشَارَةُ إِلَى أَنَّ مَنْحَنِيَّ الْمَوْقِعِ - الزَّمِنِ يَكُونُ خَطًّا مُسْتَقِيمًا عَنْدَ الْحَرْكَةِ بِسَرْعَةٍ ثَابِتَةٍ، حِيثُ التَّسَارُعُ يُسَاوِي صَفَرًا، وَلَا يَكُونُ مَنْحَنِيًّا مُسْتَقِيمًا عَنْدَ الْحَرْكَةِ بِسَرْعَةٍ مُتَغِيِّرَةٍ، حِيثُ التَّسَارُعُ لَا يُسَاوِي صَفَرًا.

أَتَحَقَّقُ: أَصِفُّ شَكْلَ مَنْحَنِيَّ الْمَوْقِعِ - الزَّمِنِ لِجَسْمٍ يَتَحَرَّكُ بِسَرْعَةٍ ثَابِتَةٍ؛ مَقْدَارًا، وَاتِّجَاهًا.

مانحنِيَّ السَّرْعَةِ - الزَّمِنِ Velocity-Time Graph

عَنْدَ تَمْثِيلِ الْحَرْكَةِ بِيَابِيَّاً، بِحِيثُ يُحَلَّدُ مَحْوَرُ (x) لِتَدْرِيجِ الزَّمِنِ، وَمَحْوَرُ (v) لِتَدْرِيجِ السَّرْعَةِ، ثُمَّ تَمْثِيلِ الْعَلَاقَةِ بَيْنَ السَّرْعَةِ وَالزَّمِنِ بِيَابِيَّاً، فَإِنَّهُ هَذِهِ الْعَلَاقَةُ تَصْفُ التَّغْيُيرَ فِي سَرْعَةِ الْجَسْمِ بِالنَّسْبَةِ إِلَى الزَّمِنِ كَمَا فِي الشَّكْلِ (٦)، وَتُمْكِنُنَا مِنْ مَعْرِفَةِ سَرْعَةِ الْجَسْمِ عَنْدَ أَيِّ لَحْظَةٍ رَمْنِيَّةٍ، فَضْلًا عَنْ حَاسِبِ تَسَارُعِ الْجَسْمِ مِنْ تَحْلِيلِ الرَّسِّمِ الْبَيَانِيِّ. بَنَاءً عَلَى تَعْرِيفِ التَّسَارُعِ الْمُوْسَبَةِ، فَإِنَّ:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

52

◀ التعزيز:

وَضْعُ لِلطلَّابِ مَا يَأْتِي:

- الاستدلال بمنحنى الموضع - الزَّمِنِ عَلَى مَوْقِعِ الْجَسْمِ بِالنَّسْبَةِ إِلَى مَوْقِعِ نَقْطَةِ الإِسْنَادِ عَنْدَ أَيِّ لَحْظَةٍ زَمْنِيَّةٍ.
- مِيلُ هَذِهِ الْمَنْحَنِيَّ يُسَاوِي السَّرْعَةِ الْمُوْسَبَةِ.
- عَنْدَمَا تَكُونُ الْعَلَاقَةُ خَطًّا مُسْتَقِيمًا فَإِنَّ السَّرْعَةَ تَكُونُ ثَابِتَةً (الْتَّسَارُعُ يُسَاوِي صَفَرًا)، وَإِنَّ السَّرْعَةَ الْمُوْسَبَةَ تَسَاوِي السَّرْعَةِ الْلَّحْظِيَّةِ.
- عَنْدَمَا تَكُونُ الْعَلَاقَةُ خَطًّا مُنْحَنِيًّا فَإِنَّ السَّرْعَةَ تَكُونُ مُتَغِيِّرَةً (الْتَّسَارُعُ لَا يُسَاوِي صَفَرًا)، وَإِنَّ السَّرْعَةَ الْلَّحْظِيَّةَ عَنْدَ أَيِّ نَقْطَةٍ (t, x) تَسَاوِي مِيلَ الْمَاسِ لِلْمَنْحَنِيَّ عَنْدَ تَلِكَ النَّقْطَةِ.

◀ أَتَحَقَّقُ:

تَكُونُ الْعَلَاقَةُ عَلَى شَكْلِ خَطٍّ مُسْتَقِيمٍ، مِيلُهُ ثَابِتٌ، لَا يُسَاوِي صَفَرًا.

معلومات إضافية

إِذَا كَانَ الْمَنْحَنِيُّ خَطًّا مُسْتَقِيمًا مُوازِيًّا لِمَحْوَرِ الزَّمِنِ فَإِنَّ ذَلِكَ يَعْنِي أَنَّ الْجَسْمَ سَاكِنٌ لَا يَتَغَيَّرُ مَوْقِعُهُ.

◀ بناء المفهوم:

مانحنِيَّ السَّرْعَةِ - الزَّمِنِ.

- وَجَّهَ الْطَّلَّابَ إِلَى الْأَطْلَاعِ عَلَى الشَّكْلِ (٦) فِي الْكِتَابِ؛ لِفَهْمِ الْعَلَاقَةِ بَيْنَ الزَّمِنِ وَالسَّرْعَةِ، حِيثُ مُثِلُّ الزَّمِنِ عَلَى مَحْوَرِ (x) بِتَدْرِيجٍ مُنْتَظِمٍ بِوَحدَةِ الثَّانِيَّةِ، وَمُثِلُّتِ السَّرْعَةِ عَلَى مَحْوَرِ (v) بِتَدْرِيجٍ مُنْتَظِمٍ.

◀ التعزيز:

أَرَسَمَ مُزِيدًا مِنَ الْخَطُوطِ الَّتِي تُمْثِلُ الْعَلَاقَةَ بَيْنَ الْمَوْقِعِ وَالزَّمِنِ؛ عَلَى أَنْ يَنْتَفِعَ كُلُّ مِنْهُمَا عَنِ الْآخِرِ فِي مَقْدَارِ زَاوِيَّةِ مِيلِهِ، وَيُشَمِّلُ ذَلِكَ الْحَرْكَةَ اقْتِرَابًا مِنْ نَقْطَةِ الإِسْنَادِ، وَابْتِعادًا عَنْهَا.

70

◀ استخدام الصور والأشكال:

ووجه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل؛ ليتحققوا من التدريج على كل محور، ويُحدّدوا الكمية الفيزيائية التي يُمثّلها كل تدريج، ووحدات القياس المناسبة.

بين للطلبة صفات المنحنى البياني للعلاقة بين السرعة والزمن، ثم ارسم أشكالاً أخرى، وناقشهم في الاختلافات بينها.

اعتماداً على الشكل، وضح للطلبة ما يأتي:

- الاستدلال بمنحنى السرعة- الزمن على سرعة الجسم عند أي لحظة زمنية.
- ميل هذا المنحنى يساوي التسارع.
- عندما يكون المنحنى خط مستقيماً موازياً لمحور الزمن فهذا يعني أنَّ الجسم يتحرك بسرعة ثابتة (تسارعه يساوي صفرًا).
- المساحة المحصورة بين المنحنى ومحور الزمن تساوي الإزاحة التي يُحدثها الجسم المتحرك.

معلومات إضافية

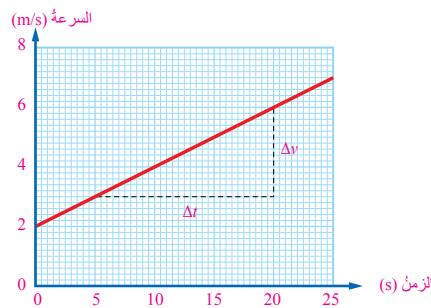
● يُبيّن للطلبة أنَّ الجسم يكون متتسارعاً عندما تزداد القيمة المطلقة لسرعته، وذلك عند تشابه إشارتي السرعة والتسارع، فتكون كلتاهما موجبة (تسارع في الاتجاه السالب).

● يُبيّن للطلبة أنَّ الجسم يكون متباطئاً عندما تقل القيمة المطلقة لسرعته، وذلك عند اختلاف إشارتي السرعة والتسارع، ف تكون إحداهما موجبة والأخرى سالبة.

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أنَّه عندما تكون إشارة التسارع موجبة فإنَّ الجسم يتحرك بتسارع، وأنَّه عندما تكون إشارة التسارع سالبة فإنَّ الجسم يتباطئ. وهذا غير صحيح؛ إذ إنَّ الإشارة تدل فقط على اتجاه التسارع. ولتحديد إذا كان الجسم يتتسارع أو يتباطأ، يجب معرفة إشارتي التسارع والسرعة معاً.

الشكل (6): منحنى السرعة- الزمن.



بالرجوع إلى مفهوم الميل في الرياضيات نجد أنَّ مقدار التسارع يساوي الميل. ولأنَّ الميل في الشكل (6) موجب؛ فإنَّ التسارع يكون موجباً أيضاً، وتشابه إشارتِ السرعة والتسارع (+, +)، لذا يتتسارع الجسم في الاتجاه الموجب.

يتبيّن من الشكل (6) أنَّ التسارع يساوي الميل:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6 - 3}{20 - 5} = \frac{3}{15} = 0.2 \text{ m/s}^2$$

يلاحظ أنَّ منحنى السرعة - الزمن خط مستقيم، فيكون الميل في هذه الحالة ثابتاً، وكذلك التسارع، ويكون $\bar{a} = a$.

يُستفادُ أيضًا منَ منحنى السرعة - الزمن في معرفة إزاحة الجسم، وذلك بإيجاد المساحة تحت المنحنى؛ إذ تساوي هذه المساحة حاصل ضرب السرعة (وحدة قياسها m/s) في المدة الزمنية (وحدة قياسها s)، فيُمثل حاصل الضرب الإزاحة (وحدة قياسها $\text{m} \times \text{s} = \text{m}$)؛ أي إنَّ الإزاحة تساوي عددياً المساحة المحصورة تحت المنحنى.

53

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* التفكير: الشك وتفحص المقترنات.

أخبر الطلبة أنَّ الشك هو أحد المفاهيم العابرة التي تفيد الباحث في تحصيص المعلومة لقبول الصحيح ورفض ما سوى ذلك، وأنَّه يتبع عليهم تقديم المقترنات وتفحصها للتوصُّل إلى المعرفة الصحيحة.

المثال 7

في تجربة لدراسة حركة عربة صغيرة في المختبر، كانت النتائج كما في الجدول الآتي:

الزمن (s)	السرعة (m/s)
25	3.0
20	3.0
15	2.5
10	2.0
5	1.5
0	1.0

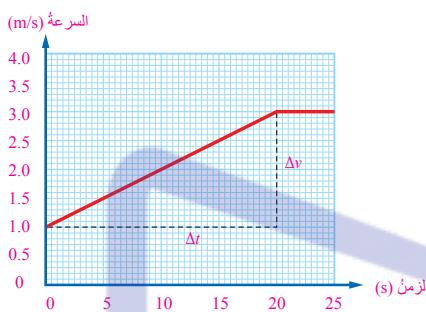
أمثل القيم التي في الجدول بيانيًا، ثم استنطِ من المنحنى تسارُع العربة في أثناء المدة الزمنية من (0 s) إلى (20 s).

المعطيات: قراءاتُ الزَّمْنِ، قراءاتُ السرعة.

المطلوب: رسم منحنى العلاقة بين السرعة والزَّمْنِ، وإيجاد التسارُع المُتوسِّطِ.

الحل:

رسم الشكل (7) لتمثيل العلاقة بيانيًّا.



الشكل (7): منحنى السرعة- الزَّمْنِ.

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3.0 - 1.0}{20 - 0} = \frac{2}{20} = 0.1 \text{ m/s}^2$$

أحد المساحات المحسورة بين المنحنى والمُحَورِ الأفقيِّ (محورُ الزَّمْنِ) بين اللحظتين ($t = 0 \text{ s}$, $t = 25 \text{ s}$) في المثال السابق.

54

لـمـرـلـه

المساحة المحسورة بين محور الزَّمْنِ ومنحنى العلاقة تساوي مجموع مساحتين متجلَّتين؛ الأولى شبه منحرف، والثانية مستطيل.

المساحة الأولى (شبه المنحرف):

$$x_1 = \frac{1.0 + 3.0}{2} \times 20 = 2 \times 20 = 40$$

المساحة الثانية (المستطيل):

$$x_2 = 3.0 \times 5 = 15$$

المساحة الكلية:

$$x = 40 + 15 = 55$$

بما أنَّ المساحة الكلية ناتجة من ضرب كميتين، هما: الزَّمْنُ والسرعة، فإنَّ الناتج هو الإزاحة؛ أي إنَّ المساحة تحت المنحنى تساوي الإزاحة التي قطعتها العربة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* التفكير: إنتاج المعرفة.

أخبر الطالبة أنَّ إنتاج المعرفة هو مرحلة متقدمة من مراحل التفكير، وأنَّه يساعدهم على استكمال البنية المعرفية لديهم؛ إذ سيكتسبون معرفة جديدة عند حساب المساحة تحت المنحنى المذكور.

◀ بناء المفهوم:

السرعة الابتدائية، السرعة النهاية، الميل.

- وجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (8) في الكتاب، وملاحظة السرعتين الابتدائية والنهاية، ثم استخراج مقدار التغيير بينهما اعتماداً على محور السرعة، وتحديد الزمن التي حدث فيه هذا التغيير.

- وضح للطلبة أنَّ السرعة تتغير بصورة متقطمة. وهذا يعني أنَّ التغيير في السرعة في الثانية الواحدة ثابت، وهو ميل الخط المستقيم الذي يساوي التسارع. فالتسارع الثابت يعني تغييراً منتظمًا في السرعة.

معلومات إضافية

- تُستخدم معادلات الحركة في وصف الحالة الحركية للأجسام المتحركة بتسارع ثابت، بحيث يكون التغيير في سرعتها منتظاماً؛ أيْ بمقادير متساوية في أوقات زمنية متساوية.

ملاحظة مهمة:

مراحل اشتراق معادلات الحركة جميعها للمطالعة الذاتية، وهي لا تدخل في عمليات التقويم.

ووضح للطلبة ما يأتي:

- معادلات الحركة تُستعمل لوصف حركة الجسم في بُعد واحد بتسارع ثابت، وقد يكون التسارع صفرًا.

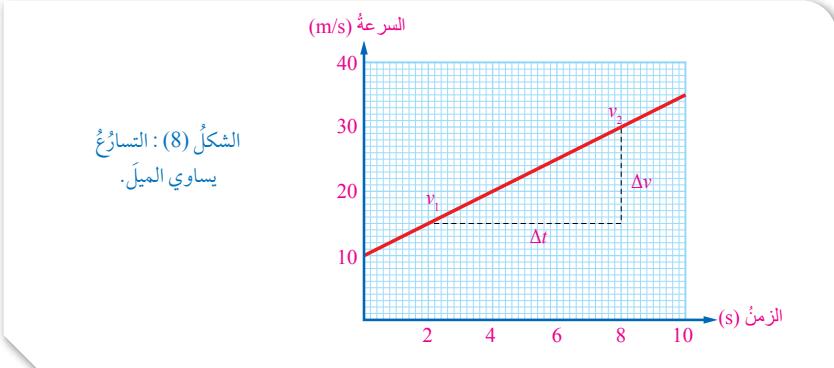
- كل معادلة تحوي سرعة ابتدائية، إضافةً إلى ثلاثة كميات أخرى.

- اذكر مثالاً للطلبة بعد كل معادلة، يكون حلُّه بتطبيق المعادلة بصورة مباشرة.

- نبه الطلبة على وجوب مراعاة الاتجاهات؛ فكل ما هو نحو اليمين أو الأعلى يكون موجب الإشارة، وكل ما هو نحو اليسار أو الأسفل يكون سالب الإشارة.

- أخبر الطلبة أنَّ الرمز (Δx) يُستعمل للتعبير عن الإزاحة في المسائل جميعها، علمًا بأنَّ الجسم الذي يبدأ حركته من نقطة الإسناد تكون إزاحته ($\Delta x = x_2 - x_1 = x_2 - 0 \equiv x$).

المعادلة الأولى: ($v_2 = v_1 + at$) لا تحوي رمز موقع الجسم (Δx)، وهي تُستعمل لحساب أيّ كمية، بمعرفة الكميات الأخرى باستثناء الموقع.



معادلات الحركة Equations of Motion

تعرَّفتُ وصفَ الحركة في بُعد واحد باستخدام مفهوم الإزاحة، والسرعة، والتسارع، ثمَّ وصفَها بيانياً، وكيف تُفسَّر الأشكالُ البيانيةُ المُتعلِّقةُ بمتغيراتِ الحركة.

لوصفَ الحركة على نحوٍ أكثر سهولةً، تُستخدمُ ثلاثُ معادلاتٍ رياضيةٍ تساعدُ على وصفِ الحركة المتقطمة للأجسام في خطٍّ مستقيمٍ.

• المعادلة الأولى

يُمثلُ الشكلُ (8) منحنى السرعة - الزمن الذي يمكنُ إيجادُ ميلِه، ثمَّ حسابُ التسارع الثابت (a) باستخدام العلاقة الآتية:

$$a = \bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

حيث تُمثلُ $t_2 - t_1 = \Delta t$ المدةُ الزمنيةُ التي حدثَ خلالها التغييرُ في السرعة. ولكن، عندما يكونُ زمنُ البدايةُ (0), ($t_1 = 0$)، فإنَّ $t_2 - 0 = \Delta t$ ، عندئذٍ يمكنُ كتابةُ العلاقة بالصورة الآتية:

$$v_2 - v_1 = at$$

$$v_2 = v_1 + at \quad \text{.....} \quad 1$$

55

// مثال إضافي //

احسب السرعة النهاية بعد مرور (5 s = t)، علمًا بأنَّ السرعة الابتدائية ($v_1 = 2 \text{ m/s}$)، والتسارع ($a = 1.2 \text{ m/s}^2$).

الحلُّ: ($v_2 = 8 \text{ m/s}$)

المثال 8

انطلقت نسرين بدرجتها الهوائية من وضع السكون بسرعةٍ أفقيةٍ في خطٍ مستقيم، بتسارعٍ ثابتٍ مقداره (5 m/s^2) . أجد:

أ . السرعة النهائية بعد مرور زمن مقداره (6.4 s) .

ب . الإزاحة الكلية التي قطعتها الدراجة.

المعطيات: $(t = 6.4 \text{ s}, v_1 = 0 \text{ m/s}, a = 5 \text{ m/s}^2)$.

المطلوب: $(\Delta x = ?, v_2 = ?)$.

الحل:

أ . لإيجاد السرعة النهائية، تُستخدم المعادلة الأولى:

$$v_2 = v_1 + at$$

$$v_2 = 0 + 5 \times 6.4 = 32 \text{ m/s}$$

ب . لإيجاد الإزاحة الكلية التي قطعتها الدراجة، تُستخدم المعادلة الثانية:

$$\Delta x = v_1 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$\Delta x = 0 + \frac{1}{2} \times 5 \times 6.4^2 = 102.4 \text{ m}$$

مثال إضافي

ذَكِّر الطالبة بسؤال (أفْكِر) في الصفحة السابقة، ثم اطلب إليهم حساب المتوسط الحسابي للسرعتين: الابتدائية والنهاية، ثم حساب السرعة المتوسطة من قسمة الإزاحة على الزمن، ومقارنة القيمتين. هل تساوت الإجابتان؟

57

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* التفكير: الأدلة والبراهين.

أخبر الطالبة أنَّ استعمال الأدلة والبراهين هو من أشكال التفكير؛ فإنَّ إقامة الدليل لها أهمية في تأكيد المعرفة، وكثير من العلاقات الفيزيائية تقوم على البرهان الرياضي كما في حالة السرعة المتوسطة.

المعادلة الثالثة تُناسب حل المثال؛ فهي لا تحوي الزمن الذي لم يُذَكَّر في المثال. ويُظَهِرُ الْحَلُّ أَنَّ اتجاه التسارع معاكس لاتجاه السرعتين: الابتدائية والنهاية، ولا تجاه الإزاحة أيضًا.

المثال ٩

سأر قطار بسرعةً أفقيةً مقدارها (20 m/s) في خط مستقيم، ثم نقصَّت سرعته في أثناء إزاحة (128 m)، فاصبَّحَ (4 m/s). أَجِد تسارع القطار.

المعطيات: $(\Delta x = 128 \text{ m})$, $(v_1 = 20 \text{ m/s})$, $(v_2 = 4 \text{ m/s})$.

المطلوب: $(a = ?)$.

الحل:

لإيجاد تسارع القطار من دون معرفة الزمن، تُستَخدَمُ المعادلة الثالثة:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a\Delta x$$

$$(4)^2 = (20)^2 + 2a \times 128$$

$$a = \frac{16 - 400}{2 \times 128} = -1.5 \text{ m/s}^2$$

للمراجعة
في المثال السابق، أَجِد المدة الزمنية التي قطع فيها القطار الإزاحة المذكورة.

58

للمراجعة

المعطيات:

السرعة الابتدائية ($v_1 = 20 \text{ m/s}$).

السرعة النهاية ($v_2 = 4 \text{ m/s}$).

التسارع ($a = 1.5 \text{ m/s}^2$).

المطلوب:

$$(t = ?)$$

الحل:

$$v_2 = v_1 + at$$

$$4 = 20 + (-1.5) \times t$$

$$t = \frac{-16}{-1.5} = 10.67 \text{ s}$$

- اطلب إلى بعض الطلبة إسقاط كرة تنس أرضي، واطلب إلى بقية الطلبة مراقبة سقوطها، مُكرّراً ذلك مرات عدّة.
- اطلب إلى الطلبة وصف حركتها وتغيير سرعتها، ثم اطلب إلى بعضهم تكرار النشاط مع تغيير ارتفاع نقطة السقوط.

◀ بناء المفهوم:

السقوط الحر، تسارع السقوط الحر.

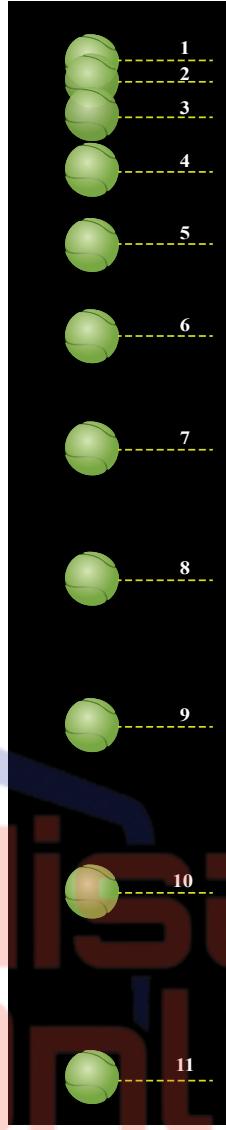
وضّح للطلبة ما يأتي:

- تأثير الأجسام القريبة من سطح الأرض بقوة جذب الأرض لها (الوزن)، وإذا أُرْكِت حَرَّة فإنَّ الوزن يُحرّكها إلى الأسفل.
- عندما تكون مقاومة الهواء قليلة مقارنةً بوزن الجسم المتحرك فإنهُ يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء في الجسم المتحرك، وبذلك يكون السقوط حرّاً.
- يتضمن سقوط الأجسام الحر الحركة إلى أسفل من السكون، والقذف إلى الأسفل بسرعة ابتدائية، والقذف إلى الأعلى بسرعة ابتدائية، علماً بأنَّ الجسم المقذف إلى الأعلى تتناقص سرعته حتى تصل إلى صفر عند أقصى ارتفاع، ثم يعود متراجعاً إلى الأسفل.

- اعتمدت في هذا الكتاب أنَّ الاتجاه بشكل رأسياً إلى الأعلى هو الاتجاه الموجب، فيكون تسارع السقوط الحر (يكون دائمًا رأسياً إلى الأسفل) نحو مركز الأرض سالباً.

- في أثناء حركة الجسم بشكل رأسياً إلى الأعلى تكون سرعته موجبة، ويكون تسارعه سالباً؛ فيتباطأ. لاحظ أنَّ إشارتي السرعة والتسارع مختلفتان.

- في أثناء حركة الجسم بشكل رأسياً إلى الأسفل تكون سرعته سالبة، ويكون تسارعه سالباً؛ فيتتسارع في الاتجاه السالب (رأسياً إلى الأسفل)، وتزداد القيمة المطلقة للسرعة. لاحظ أنَّ إشارتي السرعة والتسارع مت الشابهتان.
- تُستعمل معادلات الحركة في خط مستقيم وتسارع ثابت لوصف حركة السقوط الحر، مع وضع الإزاحة الرأسية Δh في المعادلة محلَّ الإزاحة الأفقية Δx ، واستخدام $a = -g$.



الشكل (9): حركة السقوط الحر.

59

السقوط الحر Free Fall

إنَّ الأجسام الموجودة في مجال الجاذبية الأرضية تتأثَّر بقوَّة جذب الأرض لها (الوزن)؛ فعند رفع جسم شائعاً ثمَّ تركه ليتحرَّك بحرية، فإنهُ يسقط إلى الأسفل (نحوَ مركز الأرض). وعنَد رمي جسم إلى الأعلى، فإنَّ سرعته تتناقص حتَّى يتوقف عن الحركة عند ارتفاع معين، ثمَّ يعود إلى الأسفل.

يُعرَفُ السقوط الحر Free fall بائنة حركة الأجسام إلى الأعلى، أو إلى الأسفل، تحت تأثير وزنها فقط، وذلك بإهمال القوى الأخرى مثل مقاومة الهواء.

يُبيَّنُ الشكل (9) كرَّة في حالة سقوط حرٌّ عنَد التقاط مجموعة متتالية من الصور لها، ويفصل بين كل صورتين متاليتين مدد زمئية متساوية. من الملاحظ أنَّ الكرَّة تقطع إزاحتَات متزايدة في أزمان متساوية نتيجةً لتسارُّها نحوَ الأسفل.

يُعدُّ السقوط الحر أحد أهم التطبيقات على الحركة في بُعد واحد بتسارُّ ثابت، في ما يُعرف بتسارُّ السقوط الحر Free fall acceleration، ويرمزُ إليه بالرمز (g). غير أنَّ الأجسام التي نراها تسقط يومياً قد يختلفُ تسارُّها قليلاً بسبب تأثير مقاومة الهواء، وهذا التأثير يختلفُ باختلاف شكلِ الجسم، وحجمه، وسرعته، فيزدادُ مُنْ سقوطها نتيجةً لذلك.

قربياً من سطح الأرض، يُعدُّ تسارُّ السقوط الحر ثابتاً ($g=9.8 \text{ m/s}^2$) نحوَ مركز الأرض؛ لذا يمكنُ استخدام المعادلات السابقة للحركة، واستخدام الرمز (Δt) للإزاحة الرأسية بدلاً من (Δx)، واستخدام (- g) بدلاً من (a)، علماً بأنَّ الإشارة السالبة مردها إلى الاصطلاح بأنَّ الاتجاه نحوَ الأعلى موجب، والاتجاه نحوَ الأسفل سالب.

يمكنُ التوصل عملياً إلى قيمة قرينةً جدَّاً من قيمة تسارُّ السقوط الحر، وذلك بتنفيذ التجربة العملية الآتية.

◀ استخدام الصور والأشكال:

ووجه الطلبة إلى الاطلاع على الصور في الشكل المجاور، مبيِّناً لهم أنَّ هذه الصور تُلتقط للأجسام المتحركة باستخدام طريقة خاصة في التصوير؛ إذ تُضبط آلة التصوير على نحوٍ يسمح بالتقاط الصور للجسم المتحرك بمعدل زمني ثابت، ويفصل بين كل صورة وأخرى مدد زمئية متساوية. أخبرهم أنَّ هذه الصور تُستعمل لدراسة الحركة.

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أنَّ التسارع يساوي صفرًا عند أقصى ارتفاع، وهذا اعتقاد غير صحيح؛ فالتسارع ثابت المقدار والاتجاه عند جميع موقع حركة الجسم، ويساوي (9.8 m/s^2) عمودياً نحوَ مركز الأرض.

التجربة 1

قياس تسارع السقوط الحر عملياً.

المدف: قياس الزمن والمسافة، وحساب تسارع السقوط الحر.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة:

- نبه الطلبة إلى توخي الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على أقدامهم.

- أخبر الطلبة أن الالتزام بإرشادات السلامة يحفظ لهم حياتهم، ويحافظ على سلامة الأدوات، ونظافة المكان والبيئة.

المهارات العلمية:

القياس، الاستنتاج، الحسابات، البحث في مصادر الخطأ.

الإجراءات والتوجيهات:

- وضح للطلبة أن البوابة الضوئية الأولى يجب أن تكون قريبة جداً من موقع بداية الحركة؛ ليمكن حساب السرعة الابتدائية التي تساوي صفرًا بدقة.

- يبين للطلبة أهمية تكرار التجربة مرات عددة، ورسم العلاقة البيانية، للحصول على نتيجة أكثر دقة.

النتائج المتوقعة:

قد تختلف نتائج الطلبة؛ لأن كلما زادت المسافة بين البوابة الأولى وموقع بداية الحركة، ابتعدت قيمة السرعة الابتدائية عن الصفر؛ فيتتج خطأ في حساب تسارع السقوط الحر. يمكن الطلب إلى الطلبة تنفيذ التجربة بإسقاط كرة من ارتفاع كبير (مثل نافذة من الطابق الثاني)، واستخدام ساعة إيقاف في هذه الأثناء، ثم مقارنة النتيجة بالقيمة المعتمدة (9.8 m/s^2).

التحليل والاستنتاج:

- قراءة زمن الحركة الكلي من العداد الرقمي، ومراعاة آلا تزيد دقة القياس على (0.1 s).
- مقارنة النتيجة بالقيمة المعتمدة، وملاحظة الاختلاف في النتائج. هل جميع نتائج المجموعات أكبر من (9.8 m/s^2)، أم أقل منه، أم أن بعضها أكبر من ذلك، وبعضها الآخر أقل منه؟

- البحث في معرفة مصادر الخطأ، التي قد تنتجم عن إسقاط الكرة من مكان أعلى من البوابة الضوئية العليا، أو استخدام كرة خفيفة الوزن تتأثر بمقاومة الهواء لحركتها، أو وجود خطأ في توصيل البوابتين بالعداد.
- البحث في أثر حجم الكرة وشكلها وزنها في دقة النتيجة.

التجربة 1

قياس تسارع السقوط الحر عملياً

المواضي والأدوات: كرة مطاطية صغيرة، بوابتان ضوئيتان، عداد رقمي، شريط قياس متري، حامل معدني.

إرشادات السلامة: الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

خطوات العمل:

1. بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أحجز مكاناً لسقوط الكرة عليه قرب الحاطن (قطعة من الكرتون)، ثم أضع عالمة على الحاطن عند ارتفاع ($\Delta y = 1\text{m}$) تقريباً، ثم أثبت إحدى البوابتين الضوئيتين عند تلك العالمة باستخدام حامل معدني لرصد زمن بدء الحركة (١).

2. أثبتت البوابة الأخرى قرب سطح الأرض لرصد زمن نهاية الحركة (٢)، ثم أصل البوابتين بالعداد الرقمي الرفقي.

3. أسقط الكرة بحيث تمز أمام البوابتين، ثم أدون في الجدول قراءة العداد الزمني الرقمي، وكذلك المسافة بين البوابتين.

4. أرفع البوابة الضوئية العليا إلى ارتفاع (1.5 m) تقريباً، ثم أكمل الخطوة (٣)، مدونا النتائج في الجدول.

5. أرفع البوابة الضوئية العليا مرة أخرى إلى ارتفاع (2 m) تقريباً، ثم أكمل الخطوة (٣)، مدونا النتائج في الجدول.

6. أكمل بيانات الجدول بحساب الكمية ($2\Delta t$)، والكمية (Δt^2)، حيث ($\Delta t = t_2 - t_1$) في كل محاولة، ثم أدونها في الجدول.

7. أمثل القراءات في الجدول برسم بياني على أن تكون فيه (Δt^2) على المحور الأفقي وقيم ($2\Delta t$) على المحور الرأسي، ثم استخرج ميل المنحنى (يمثل هذا الميل تسارع السقوط الحر).



$2\Delta y(\text{m})$	$\Delta t^2(\text{s}^2)$	$\Delta t = t_2 - t_1$	$\Delta y(\text{m})$	رقم المحاولة

التحليل والاستنتاج:

1. **أفاد:** بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أقررت النتيجة التي توصلنا إليها عملياً بالقيمة المقبولة المتفق عليها (9.8 m/s^2).

2. **استنتج:** ما سبب اختلاف النتيجة بين مجموعة وأخرى؟ ما سبب اختلاف النتيجة عن القيمة المقبولة؟

3. **أفسر:** ما سبب اختيار كرة مطاطية صغيرة الحجم؟ إذا استخدمت كرة كبيرة الحجم وخفيفه، فما الذي سيتغير؟

60

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: قائمة رصد.

نعم	لا	معايير الأداء	الرقم
		يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ خطوات التجربة.	1
		يقرأ تعليمات التجربة قراءة دقيقة، ويتعاون مع زملائه على تنفيذ الخطوات.	2
		يمختار ارتفاعاً مناسباً لإسقاط الكرة، ويجهز مكاناً لسقوطها.	3
		يُركب البوابتين الضوئيتين على الحامل المعدني، ويفصل بينهما بمسافة مناسبة.	4
		يوصل البوابتين الضوئيتين بالعداد الرقمي، ثم يشغلها، ويدون قراءات صحيحة.	5
		يمكن من إسقاط الكرة بحيث تستشعر مرورها البوابتين الضوئيتان.	6
		يمكن من تغيير ارتفاع البوابة العليا، والتوصُل إلى نتائج مناسبة كل مرّة.	7
		يثبت القيم من العمود الرابع في الجدول على تدرج المحور الأفقي بصورة صحيحة.	8
		يثبت القيم من العمود الخامس في الجدول على تدرج المحور الرأسي بصورة صحيحة.	9
		يرسم منحنى العلاقة البيانية بصورة صحيحة.	10
		يجدر ميل منحنى العلاقة البيانية، ويدرك أن النتيجة قريبة من تسارع السقوط الحر.	11
		يحاول تفسير سبب اختلاف النتيجة عن القيمة المقبولة علمياً لتسارع السقوط الحر.	12

المثال 10

حل المثال 10

وُضح للطلبة أنَّ إسقاط الكثة من وضع السكون يعني أنَّ السرعة الابتدائية تساوي صفرًا، وأنَّ حركتها تُعد سقوطًا حرًّا، وأنَّ الإزاحة والسرعة والتسارع جميعها سالبة في هذا المثال؛ لأنَّ اتجاه كلٍّ منها نحو الأسفل بعكس الاتجاه الموجب.

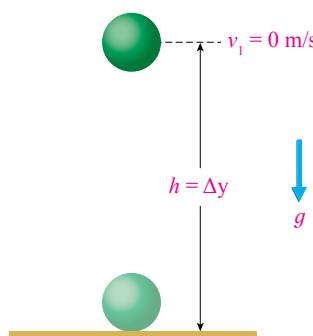
التعریف:

يمكن تعزيز مفهوم السقوط الحر عند الطلبة عن طريق تفسير سبب هذا التسارع، وهو جذب الأرض للأجسام، وبيان أنَّ مقداره يختلف بتغيير ارتفاع الأجسام فوق سطح الأرض، وأنَّ مقداره على سطوح الكواكب الأخرى مختلف عن مقداره على سطح الأرض.

أُسقطت كرةً من وضع السكون كما في الشكل (10)، فوصلت الأرض بعد (0.6 s). أجد السرعة النهائية للكرة قبل ملامستها سطح الأرض مباشرةً.

المعطيات: ($t = 0.6 \text{ s}$) ، ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$) ، ($v_1 = 0 \text{ m/s}$) .

المطلوب: السرعة النهائية ($v_2 = ? \text{ m/s}$) .



الشكل (10): سقوط كثة.

الحل:

$$v_2 = v_1 + at = v_1 - gt$$

$$v_2 = 0 - 9.8 \times 0.6 = -5.88 \text{ m/s}$$

الإشارة السالبة هنا تعني أنَّ اتجاه السرعة النهائية هو نحو الأرض بعكس الاتجاه الموجب.

لتمرين

في المثال السابق، أجد الارتفاع ($h = \Delta y$) الذي أُسقطت منه الكثة.

61

لتمرين

اطلب إلى الطلبة اختيار المعادلة الصحيحة لإيجاد الارتفاع الذي أُسقطت منه الكثة، اعتمادًا على البيانات الواردة في المثال، والنتائج التي توصل إليها بعد الحل.

تحسب الإزاحة الرأسية للكثة باستخدام العلاقة الآتية:

$$v_2^2 = v_1^2 - 2g\Delta y$$

$$5.88^2 = 0.0 - 2 \times 9.8 \times \Delta y$$

$$\Delta y = \frac{34.57}{19.6} = -1.76 \text{ m}$$

الارتفاع الذي أُسقطت منه الكثة يساوي القيمة المطلقة للإزاحة؛ أي إنَّ:

$$h = 1.76 \text{ m}$$

المثال ١١

فُلِقَ سهم رأسياً نحو الأعلى بسرعة ابتدائية (14.7 m/s). أجد:

أ . زمن وصول السهم إلى أقصى ارتفاع.

ب . أقصى ارتفاع وصل إليه السهم.

المعطيات: ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$), ($v_2 = 0 \text{ m/s}$), ($v_1 = +14.7 \text{ m/s}$)

المطلوب: ($t = ?$), ($\Delta y = ?$)

الحل:

أ . لإيجاد زمن وصول السهم إلى أقصى ارتفاع، تُستخدم المعادلة الأولى:

$$v_2 = v_1 - gt$$

$$0 = 14.7 - 9.8t$$

$$t = \frac{14.7}{9.8} = 1.5 \text{ s}$$

ب . لإيجاد أقصى ارتفاع وصل إليه السهم، تُستخدم المعادلة الثالثة:

$$v_2^2 = v_1^2 - 2g\Delta y$$

$$0 = 14.7^2 - 2 \times 9.8 \times \Delta y$$

$$\Delta y = \frac{216.1}{19.6} = 11.0 \text{ m}$$

يُلاحظ أن إشارة الإزاحة موجبة، ما يعني أن الإزاحة التي قطعها السهم كانت في الاتجاه الموجب نحو الأعلى.

62

ووضح للطلبة ما يأتي:

• السرعة الابتدائية التي قُدِّمَ بها السهم نحو الأعلى تكون موجبة، وذلك اعتماداً على نظام الاتجاهات المُتفق عليه.

• تسارع السقوط الحر الذي تؤثِّر به الجاذبية الأرضية في السهم نحو الأسفل يكون سالباً.

• الإزاحة التي يُحدِّثها السهم في أثناء حركته إلى الأعلى تكون موجبة.

• ناقش الطلبة في اختيار المعادلة المناسبة لإيجاد كل مطلوب.

معلومة إضافية

قد يختار بعض الطلبة المعادلة الثانية للحركة:

$$y = v_1 t - \frac{1}{2} g t^2$$

لإيجاد المطلوب الثاني (أقصى ارتفاع)؛ إذ أصبح زمن الصعود معروفاً بعد حل الفرع الأول من المثال.

مراجعة الدرس

١. الحركة المتقطمة في بُعد واحد هي حركة جسم بسرعة قياسية ثابتة؛ فهو يتحرك في خط مستقيم، ويقطع مسافات متساوية في أوقات زمنية متساوية، وتكون سرعته المتجهة ثابتة، وتتسارعه صفر.

$$x = \bar{v} \times t \quad : \quad 2$$

$$x = 12 \times 80 = 960 \text{ m}$$

$$v_2 = v_1 + at \quad : \quad 3$$

$$1.2 = 0 + a \times 3$$

$$a = \frac{1.2}{3} = 0.4 \text{ m/s}^2$$

٤. الإجابات من الشكل:

أ. الإزاحة:

$$\Delta x = 20 - 0 = 20 \text{ m}$$

ب. السرعة المتوسطة:

$$\bar{a} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{35 - 20}{50 - 20} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

٥. الإجابات من الشكل:

أ. السرعة اللحظية للعداء عند نهاية المرحلة (a):

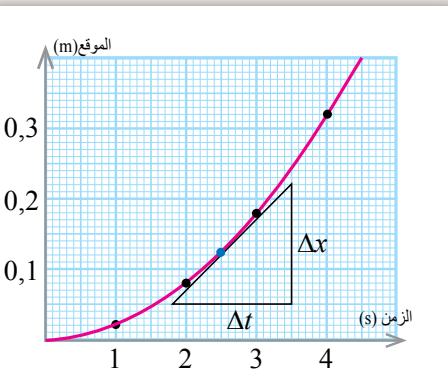
$$v = 15 \text{ m/s}$$

ب. تسارع العداء أو تباطؤه في المرحلة (b):

$$\bar{v} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5 - 15}{50 - 30} = -0.5 \text{ m/s}$$

ج. الإزاحة الكلية للعداء في المرحلة (a)، والمرحلة (b):

$$\Delta x = (\frac{10+15}{2} \times 30) + (\frac{15+5}{2} \times 20) = 375 + 200 = 575 \text{ m}$$



مراجعة الدرس

١. **الفكرة الرئيسية:** أوضح المقصود بالحركة المتقطمة في بُعد واحد، وعلاقة ذلك بالسرعة.

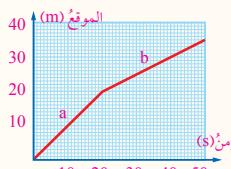
٢. **أحسب:** تحرك قطار حركةً أفقيةً في خط مستقيم بسرعة ثابتة مقدارها (12 m/s). أجد الإزاحة التي يقطعها القطار إذا تحرك مدة (80) s.

٣. **أحسب:** تسحب فناً صندوقاً على سطح أفقي في اتجاه ثابت. بدأ الصندوق الحركة من وضع السكون، وأصبحت سرعته (1.2 m/s) بعد مرور (3) s. أجد المسار الذي اكتسبه الصندوق.

٤. **أحلّ:** يمثل الشكل المجاور منحنى الموقع - الزمن لحصان يجر عربةً في طريق مستقيم. معمدًا على الشكل، أجد:

أ. الإزاحة التي قطعتها العربة في المرحلة (a) من الحركة.

ب. السرعة المتوسطة للعربة في المرحلة (b) من الحركة.



٥. **أحلّ:** في أثناء جري أحد العدائين على طريق مستقيم، رصدت حركته، وملئت سرعته بيانياً كما في الشكل المجاور. معمدًا على الشكل، أجد:

أ. السرعة اللحظية للعداء عند نهاية المرحلة (a) من الحركة.

ب. تسارع (تباطؤ) العداء في المرحلة (b) من الحركة.

ج. الإزاحة الكلية للعداء في مرحلة الحركة معًا.

٦. **أحسب:** سقط جسم من وضع السكون من ارتفاع (176.4 m)، بإهمال مقاومة الهواء. أجد:

أ. زمان وصول الجسم إلى الأرض.

ب. سرعة الجسم النهائية قبل لمسه سطح الأرض مباشرةً.

٧. انطلق جسم من وضع السكون بتسارع ثابت، وقد رصد موقعه وزمن حركته في الجدول التالي.

أمثل بيانياً العلاقة بين الزمن والموقع، ثم أجد السرعة اللحظية عند اللحظة (t = 2.5 s).

الزمن (s):	الموقع (m):
4	3.2
3	1.8
2	0.8
1	0.2
0	0

63

$$\Delta y = v_1 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$-176.4 = 0 + \frac{1}{2} \times (-9.8) \times t^2$$

$$t^2 = \frac{2 \times -176.4}{-9.8} = 36$$

$$t = 6 \text{ s}$$

أ.

$$v_2 = v_1 + at$$

$$v_2 = (0 - 9.8 \times 6.0) = -58.8 \text{ m/s}$$

الإشارة السالبة تعني أنَّ السرعة النهائية هي إلى الأسفل بعكس الاتجاه الموجب.

٧. السرعة اللحظية عند (t = 2.5 s) تساوي ميل ماس المنحنى عند النقطة التي تمثل هذه اللحظة.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2.3 - 0.5}{3.5 - 1.8} = 1.1 \text{ m/s}$$

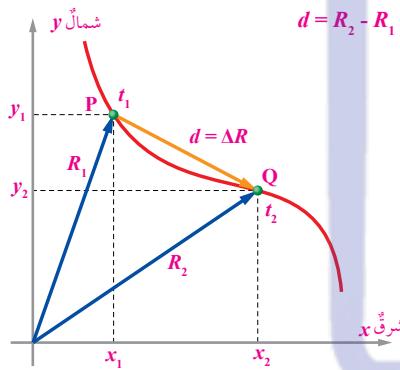
ب.

الإزاحة في بُعدٍين Displacement in Two Dimensions

تعرّفنا في الدرس السابق كيف يمكن وصف حركة جسم في بُعد واحد، وكيفية التعبير عن اتجاهات كل من: الإزاحة، والسرعة، والتسارع في بُعد واحد، عن طريق تمييزها بإشارة (+) إن كانت نحو اليمين أو الأعلى، وإشارة (-) إن كانت نحو اليسار أو الأسفل. وستتعرف في هذا الدرس كيف تصف حركة الأجسام في بُعدٍين، بتطبيق خصائص المُتجهات عليها.

يبين الشكل (11) طرقاً أفقياً متعرجاً تسير عليه دراجة، ويمثل فيه المحور $(+x)$ اتجاه الشرق، والمحور $(+y)$ اتجاه الشمال. إذا تحركت الدراجة من الموقع (P) إلى الموقع (Q) على المسار المنحني في مدة زمانية (Δt) ، فإنه يمكن وصف تلك الحركة باستخدام إفهومي الإزاحة، والسرعة المتوسطة للدراجة.

يتبيّن من الشكل أن مُتجهة الموضع الأول (R_1) ، الذي يحدّد نسبة إلى نقطة الإسناد المرجعية $(0, 0, x)$ ، يمكن تحليله إلى مُركّبين متعامدين، هما: (x_1, y_1) ، وأن مُتجهة الموضع الثاني (R_2) يمكن تحليله إلى مُركّبين متعامدين، هما: (x_2, y_2) . وبذلك، فإنَّ التغيير في الموضع الذي يُمثّل المُتجهة $(d = \Delta R)$ يُعطى بالعلاقة الآتية:



الفكرة الرئيسية:

الحركة في بُعدٍين تعني أنَّ لسرعة الجسم مُركّبين متعامدين من دون اعتماد إحداهما على الأخرى.

نتائجَ التعلم:

- أُوْظِفَ معرفتي بعلم الميكانيكا ومفاهيمه وقوانينه في حل مسائل حسابية.

- أُطْبِقَ معرفتي بعلم الميكانيكا ومفاهيمه وقوانينه عند تفسير مشاهدات وموافقات متعلقة بالحركة.

- أُسْتَكْسِيَّ أهمية التطبيقات الحياتية للحركة في بُعدٍين.

المفاهيم والمصطلحات:

Projectiles المقدّفات

Maximum Height زمن التحلق

Time of Flight المدى الأفقي

Range Circular Motion حركة دائرية

Centripetal Acceleration تسارع مركزى

Tangential Velocity سرعة مماسية

الشكل (11): الحركة في بُعدٍين.

64

استخدام الصور والأشكال:

أخبر الطلبة أنَّ الرسم في الشكل ليس علاقه بيانية، وإنَّما هو رسم أفقى على سطح الأرض، وأنَّ فيه محوريين؛ الأول: (شرق-غرب)، والثانى: (شمال-جنوب)، وأنَّ الخط المنحني يُمثّل المسار الحقيقي لحركة الدراجة، مُبيّناً لهم أنَّ لكل موقع في المسار مُركّبين، وأنَّ تغيير متجه الموضع يرتبط بتغيير مُركّبته.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والممواد الدراسية

* التفكير: التحليل.

أخبر الطلبة أنَّ التحليل هو أحد المفاهيم العابرة، وأنَّه من خطوات التفكير، وأنَّ أهميته تتمثل في استخراج المعلومة من نص، أو رسم بياني، أو صورة بعد تحليلها، وأنَّ تحليل حركة الجسم في بُعدٍين إلى مُركّبين (أفقية وعمودية) مرتبط بذلك.

تقديم الدرس

1

- رسم على اللوح محوراً أفقياً، وآخر عمودياً عليه، ثم اكتب عليهما الجهات الأربع، مُبيّناً كيف يمكن أن يتحرّك الجسم على المستوى في بُعدٍين متعامدين.
- اعتماداً على الشكل (11)، وضح للطلبة أنَّ الحركة في بُعدٍين يمكن تحليلها عن طريق التعامل مع المُركّبين: الأفقية والرأسيّة (y, x) ، لكُلٌّ من: السرعة، والإزاحة، والتسارع.

الربط بالمعرفة السابقة:

ذَكَرُ الطلبة بالحركة في بُعد واحد، ثم تناول مفهوم البُعدين عن طريق الحديث عن أرضية غرفة الصف، وضبط الحركة في بُعدين، هما: الأمام والخلف، ثم اليمين واليسار، وتحديد المسافة بعدد البلاط.

التدريس

2

نشاط للدورة

- أحضر كرّة تنس، ثم اطلب إلى أحد الطلبة أنْ يُسقطها سقوطاً حراً إلى الأسفل، ثم يقذفها رأسياً إلى الأعلى. بعد ذلك اطلب إلى طالب آخر أنْ يرميها إلى زميله بزاوية فوق الأفق، معلقاً على أنواع الحركة في كل حالة، ومؤنّها بأنَّ الحركة الأخيرة هي في بُعدٍين.

بناء المفهوم:

متوجه الموضع في بُعدٍين.

- وضَّحَ للطلبة كيف يختلف تحديد موقع الجسم في بُعدٍين عَمِّا كان في الدرس السابق، وذلك لأنَّ يُحدَّد الموضع بالمتوجه (R) الذي يمتد من نقطة الإسناد إلى موقع الجسم، ثم يُحلَّ المتوجه إلى مُركّبين متعامدين: (x) ، (y) .

◀ بناء المفهوم:

تحليل السرعة.

أُخْبَرَ الطَّلَبَةَ أَنَّهُ يُمْكِنُ أَيْضًا تحليل السرعة إِلَى مُرْكَبَتَيْنِ متعامدَتَيْنِ: (x), و (y), وَأَنَّ استعمال كُلِّ مُرْكَبَةٍ سِيَكُونُ بِصُورَةٍ مُنْفَصِلَةٍ عَنِ الْأُخْرَى.

◀ المناقشة:

- وَضَّحَ لِلْطَّلَبَةَ أَنَّ الْمُرْكَبَةَ الْأَفْقِيَّةَ لِلْسَّرِعَةِ لَا تَغْيِيرَ لِعدَمِ وَجْوَدِ قُوَّى أَفْقِيَّةٍ تُؤْثِرُ فِي الْجَسْمِ الْمُتَحْرِكِ، فِي حِينِ تَغْيِيرِ الْمُرْكَبَةِ الرَّائِسِيَّةِ لِلْسَّرِعَةِ نَتْيَاجَةً تَأْثِيرِ وزَنِ الْجَسْمِ نَحْوِ مَرْكَزِ الْأَرْضِ؛ مَا يُسَبِّبُ تَسَارُعًا رَأْسِيًّا إِلَى الْأَسْفَلِ نَحْوِ مَرْكَزِ الْأَرْضِ.
- اسْأَلَ الطَّلَبَةَ عَنِ الْقُوَّى الَّتِي تُؤْثِرُ فِي كُلِّ مِنْ مُرْكَبَتَيِّنِ الْمُرْكَبَةِ الْأَفْقِيَّةِ، وَعَنِ سَبِّبِ إِهمَالِ بَعْضِهَا.
- الْفَتَ اِنتِبَاهَ الطَّلَبَةِ إِلَى وجْوَبِ حَذْفِ تَأْثِيرِ مَقاوِمَةِ الْهَوَاءِ فِي حَرْكَةِ الْمَقْذُوفِ؛ لِتَسْهِيلِ درَاسَةِ الْمَسَأَةِ.

نَشَاطٌ سَدِيقٌ

- ارْسِمْ مَسَارَ مَقْذُوفٍ مُشَابِهًًا لِلشَّكْلِ (12) فِي الْكِتَابِ، ثُمَّ اكْتُبْ عَلَى الْلَوْحِ مَعَادِلَاتِ الْحَرْكَةِ الْثَلَاثَ؛ مَرَّةً بِاستِعْمَالِ الرَّمْزِ (x) لِوَصْفِ الْحَرْكَةِ الْأَفْقِيَّةِ، وَمَرَّةً بِاستِعْمَالِ الرَّمْزِ (y) لِوَصْفِ الْحَرْكَةِ الرَّائِسِيَّةِ، مَعَ مَرَاعَاةِ وَجْوَدِ (g) فِي الْحَرْكَةِ الرَّائِسِيَّةِ، وَتَعْوِيْضِ ($a = 0$) فِي الْحَرْكَةِ الْأَفْقِيَّةِ.

◀ تعزيز:

لِتَعْزِيزِ مَفْهُومِ مُرْكَبَتَيِّنِ السَّرِعَةِ عَنْهُمْ، يُمْكِنُ عَرْضُهُ عَنْ طَرِيقِ فِكْرَةِ الْأَزْوَاجِ الْمُرْتَبَةِ عَلَى الْمُسْتَوِيِّ الْدِيَكَارِيِّ فِي الْرِّيَاضِيَّاتِ، بِحِيثُ تُمَثِّلُ كُلُّ نَقْطَةٍ فِي الْمُسْتَوِيِّ بِإِلَاحَادِيَّيْنِ (أَحَدُهُمَا أَفْقِيًّا، وَالْآخَرُ رَأْسِيًّا) يُشَكَّلُانِ زُوْجًا مُرْتَبَيًّا.

معلومات إضافية

يُبَيِّنُ لِلْطَّلَبَةَ أَنَّ تَأْثِيرَ مَقاوِمَةِ الْهَوَاءِ فِي الْمَقْذُوفِ يُمْثِلُ قُوَّةً مُعِيقَةً لِحَرْكَتِهِ فِي الْمُسْتَوَيَيْنِ: الرَّائِسِيِّ وَالْأَفْقِيِّ، فَيَنْتَجُ مِنْ ذَلِكَ تَسَارُعًا أَفْقِيًّا فِي اِتِّجَاهِ مَعَاكِسِ لِاتِّجَاهِ الْمُرْكَبَةِ الْأَفْقِيَّةِ لِلْسَّرِعَةِ، وَيَنْتَجُ مِنْ ذَلِكَ أَيْضًا تَغْيِيرًا فِي مَقْدَارِ تَسَارُعِ السُّقُوطِ الْحَرِّ الَّتِي يُؤْثِرُ فِي مُرْكَبَةِ الرَّائِسِيَّةِ لِلْحَرْكَةِ.

وَهَذَا يَعْنِي وجودَ مُرْكَبَةٍ إِذَا حِينَ فِي اِتِّجَاهِ الشَّرِقِ (x) : ($+x$), وَمُرْكَبَةٍ إِذَا حِينَ فِي اِتِّجَاهِ الشَّمَالِ (y) : ($+y$).
أَمَّا السَّرِعَةُ الْمُتَسَجِّهُ الْمُوْسَطَةُ لِلْدَّرَاجَةِ وَمُرْكَبَتَاهَا الْمُتَعَامِدَتَيْنِ فَتُعْطَى بِالْعَلَاقَاتِ الْآتَيَّةِ:

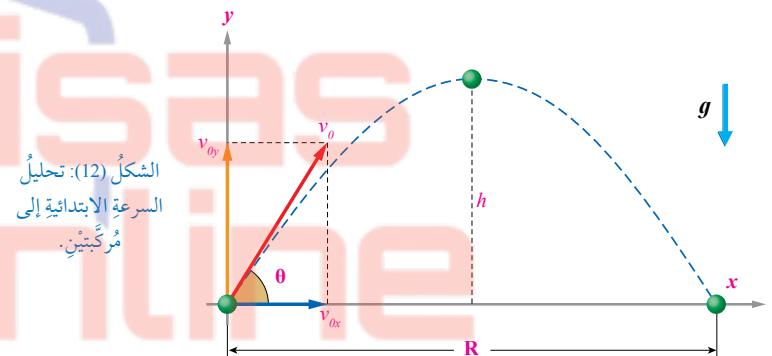
$$\bar{v} = \frac{\mathbf{d}}{\Delta t}, \quad v_x = \frac{d_x}{\Delta t}, \quad v_y = \frac{d_y}{\Delta t}$$

المقدوفات Projectiles

عَنْدَ قَذْفِ جَسَمٍ فِي اِتِّجَاهٍ يَصْنَعُ زَاوِيَّةً (θ) مَعَ الْأَفْقِ، فَإِنَّهُ يَتَحَرَّكُ فِي مَسَارٍ مُنْحَنٍ كَمَا فِي الشَّكْلِ (12)، وَتَكُونُ هَذِهِ الْحَرْكَةُ فِي بَعْدِيْنِ، بِحِيثُ تَغْيِيرٌ إِلَاحَادِيُّ الْحَرْكَةِ عَلَى الْمُحَورِ الْأَفْقِيِّ (x), وَالْمُحَورِ الرَّأْسِيِّ (y) فِي الْلَّهْظَةِ نَفْسِهَا. تُسْتَخدَمُ مَعَادِلَاتِ الْحَرْكَةِ بِتَسَارُعٍ ثَابِتٍ (تَوَصَّلْنَا إِلَيْهَا فِي الْدَّرْسِ السَّابِقِ) فِي وَصْفِ حَرْكَةِ الْمَقْذُوفَاتِ، وَتُطَبَّقُ هَذِهِ الْمَعَادِلَاتُ عَلَى الْمُحَورِ الْأَفْقِيِّ، ثُمَّ تُطَبَّقُ بِصُورَةٍ مُسْتَقْلَةٍ عَلَى الْمُحَورِ الرَّأْسِيِّ.
عَنْدَ رَمِيِّ كَرْبَةٍ إِلَى الْأَعْلَى فِي اِتِّجَاهٍ يَصْنَعُ مَعَ الْأَفْقِ زَاوِيَّةً اِبْتِدَائِيَّةً (θ_0), فَإِنَّ السَّرِعَةَ الْاِبْتِدَائِيَّةَ لِلْكَرْبَةِ (v_0) يُمْكِنُ تَحْلِيلُهَا إِلَى مُرْكَبَتَيِّنِ مَعْتَامِدَتَيِّنِ (v_{0x}, v_{0y}) كَمَا فِي الشَّكْلِ (12). وَتُعْطَى مُرْكَبَتَاهَا السَّرِعَةَ بِالْمَعَادِلَاتِ الْآتَيَّتَيْنِ:

$$الْمُرْكَبَةُ الْأَفْقِيَّةُ لِلْسَّرِعَةِ الْاِبْتِدَائِيَّةٍ \dots v_{0x} = v_0 \cos \theta_0$$

$$الْمُرْكَبَةُ الرَّأْسِيَّةُ لِلْسَّرِعَةِ الْاِبْتِدَائِيَّةٍ \dots v_{0y} = v_0 \sin \theta_0$$



65

إِنْهَاةُ الْمَعْلُومِ

عدم إهمال مقاومة الهواء لحركة المقذوف يؤدي إلى:

- حدوث تسارع أفقي باتجاه معاكس لاتجاه المركبة الأفقية للسرعة (النتيجة: تباطؤ).
- زيادة مقدار التسارع الرأسي في أثناء صعود المقذوف؛ أي يكون التسارع الرأسي في اتجاه الأسفل أكبر من (9.8 m/s^2) (النتيجة: زيادة في التباطؤ).
- نقصان التسارع الرأسي في أثناء هبوط المقذوف؛ أي يكون التسارع الرأسي في اتجاه الأسفل أقل من (9.8 m/s^2) (النتيجة: نقصان في التسارع).

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* التفكير: التحليل.

أَخْبَرَ الطَّلَبَةَ أَنَّ التَّحْلِيلَ هُوَ أَحَدُ الْمَفَاهِيمِ الْعَابِرَةِ، وَأَنَّهُ مِنْ خَطُوطَ التَّفْكِيرِ، وَأَنَّهُ أَهْمَيَّتَهُ تَمَثِّلُ فِي اِسْتِخْرَاجِ الْمَعْلُومَةِ مِنْ نَصٍّ، أَوْ رَسْمٍ بِيَانِيٍّ، أَوْ صُورَةً بَعْدِ تَحْلِيلِهَا، وَأَنَّ تَحْلِيلَ حَرْكَةِ الْجَسْمِ فِي بَعْدِيْنِ إِلَى مُرْكَبَةٍ أَفْقِيَّةٍ وَآخَرَ رَأْسِيَّةٍ يُسَاعِدُ عَلَى وَصْفِ هَذِهِ الْحَرْكَةِ بِصُورَةٍ وَاضْحَاءً.

بناء المفهوم

أقصى ارتفاع، زمن التحلق، المدى الأفقي.

وَضُّحَ للطلبة المفاهيم الآتية:

- أقصى ارتفاع، زمن التحلق، المدى الأفقي، مُبيِّناً العوامل التي تعتمد عليها كل كمية، مع توضيحها على الرسم.

أكَّد للطلبة أنَّ زمن التحلق هو الزمن الكلي لحركة المقذوف في الهواء صعوداً ونزاولاً، وأنَّ زمن الصعود والهبوط يتساويان في حالة عودة المقذوف إلى نفس المستوى الأفقي الذي أطلق منه، وأنَّ المسائل والأمثلة تقصر فقط على هذه الحالة.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في الواقع الإلكتروني الموثقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع المقذوفات Projectiles، علمًا بأنَّه يُمْكِن إعداد عروض تقديمية تتعلق بموضوع الدرس. شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي WhatsApp، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمال أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

66

أتحقق:

العاملان هما: السرعة الابتدائية، وزاوية الإطلاق للكميات جميعها.

أفكُر:

يكون تأثير مقاومة الهواء في المركبة الأفقية لحركة المقذوف، وَتُهَمَّل بسبَب صغرها، وَضعُف تأثيرها في حالات معينة كتلك التي درست. وَعند إهمال مقاومة الهواء تبقى الحركة الأفقية في حالة اتزان حركي؛ أي إنَّها تتم بسرعة ثابتة. وَتؤثُّر مقاومة الهواء في المركبة الرأسية لحركة المقذوف، وَتُهَمَّل للسبب نفسه، فتبقى هذه المركبة تحت تأثير الوزن فقط، وتكون الحركة بتسارع السقوط الحر.

تستمرُ الكرة في حركتها منْ لحظة إطلاقها منْ نقطَة الإسْناد المرجعية (0,0)، في مسارٍ مُنْحَنٍ، حتَّى تصل إلى أقصى ارتفاع (Maximum height) (h ، ثمَّ تعود إلى الأسفل. وفي أثناء هذه الحركة، فإنَّ المركبة الأفقية للسرعة تظل ثابتاً في المقدار والاتجاه؛ لأنَّ التسارع الأفقي يساوي صفرًا ($a_x = 0$)؛ لعدم وجود قوَّة مُؤثِّرة في الكرة بالاتجاه الأفقي عنَّد إهمال مقاومة الهواء. أمَّا المركبة الرأسية للسرعة فتتأثَّر بقوَّة الجاذبية الأرضية التي تؤدي إلى حركتها بتسارع السقوط الحرّ ($g = 9.80 \text{ m/s}^2$) نحو مركز الأرض (معَ إهمال مقاومة الهواء)، فيتناقص مقدار هذه المركبة في مرحلة الصعود حتَّى يصل إلى صفرًا عندَ أقصى ارتفاع، ثمَّ يتزايدُ مقدارُها في مرحلة الهبوط، علمًا بأنَّه يُرْمَ إلى المركبة الرأسية للسرعة بالمرِّز (v_z) بعدَ لحظة الإطلاق.

منَ الكميات الأخرى المستخدمة في وصف حركة المقذوفات:

- زمن التحلق (Time of flight) (T), وهو الزمن الكلي لحركة المقذوف في الهواء، ويساوي مجموع زمن الصعود والهبوط. يختلفُ زمن الصعود إلى أقصى ارتفاع عن زمن الهبوط عندما يختلفُ المستوى الأفقي الذي يعود إليه المقذوف عن مستوى الإطلاق. ولكن، عندما يعود المقذوف إلى المستوى الأفقي الذي أطلق منه، فإنَّ زمن الهبوط يساوي زمن الصعود (t_z) فقط، كما في العلاقة الآتية:

$$T = 2t_z$$

- المدى الأفقي (Range) (R), وهو أكْبر إرَاجِه أَفْقِي يَصْنُعُهَا المقذوف منْ نقطَة انطلاقه إلى أنَّ يعود إلى مستوى الإطلاق نفسه (سطح الأرض) مثلًا) كما في الشكل (12)، وُعْطى بالعلاقة الآتية:

$$R = T \times v_0 \cos \theta$$

أتحقق: أستنتج العوامل التي يعتمد عليها كلُّ منْ: أقصى ارتفاع، وزمن التحلق.

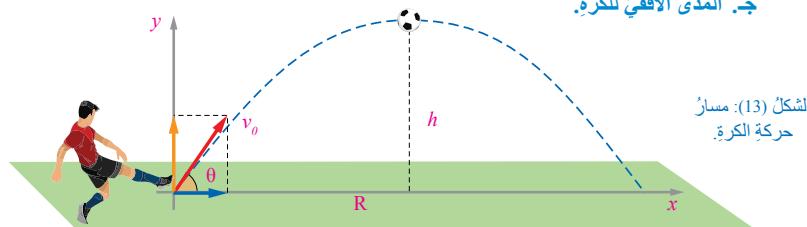
المثال 12

حل المثال 12

- ارسم مسار الكرة، مُحدّداً نقطة الانطلاق، ونقطة أقصى ارتفاع، ثم حلّ السرعة عند كل نقطة منها.
- مثل كل مركبة بسهم، مع ملاحظة عدم وجود مركبة رأسية للسرعة عند أقصى ارتفاع، ووجود مركبة أفقية فقط.
- بين للطلبة سبب اختيار المعادلات المناسبة للحل.

ركل لاعب كرة بسرعة ابتدائية (22.5 m/s) ، في اتجاه يصنع زاوية (53°) مع الأفق كما في الشكل (13)، باهمال مقاومة الهواء. أجد:

- أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة.
- زمن تحليق الكرة حتى تعود إلى سطح الأرض.
- المدى الأفقي للكرة.



المعطيات: $(\theta = 53^\circ)$, $(v_0 = 22.5 \text{ m/s})$.

المطلوب: $(R=?)$, $(T=?)$, $(h=?)$.

الحل:

بدايةً، يجب تحليل السرعة الابتدائية إلى مركبتين، أفقية ورأسية، للتعامل مع الحركة عن طريق كل مركبة بصورة منفصلة:

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta = 22.5 \times \cos 53 = 22.5 \times 0.6 = 13.5 \text{ m/s}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta = 22.5 \times \sin 53 = 22.5 \times 0.8 = 18 \text{ m/s}$$

أ. لإيجاد أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة، تُستخدم المعادلة الثالثة للحركة، علماً بأن المركبة الرأسية للسرعة عند أقصى ارتفاع هي $(v_y = 0 \text{ m/s})$ ، وأن الاتجاه نحو الأعلى موجب. وبذلك، فإن $(a = -g)$ في معادلات الحركة:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad$$

$$(v_y)^2 = (v_0 \sin \theta)^2 - 2gh$$

$$0 = 18^2 - 2 \times 9.8 \times h$$

$$h = \frac{324}{19.6} = 16.5 \text{ m}$$

67

أتحقق ✓

العاملان هما: السرعة الابتدائية، وزاوية الإطلاق.

◀ بناء المفهوم:
المقدوف الأفقي.

وُضِّح للطلبة أنَّ المقدوف الأفقي يُمثِّل حالة خاصة من المقدوفات، يحدث فيها الرمي من مكان مرتفع عن سطح الأرض، وبزاوية مع الأفق تساوي صفرًا؛ ما يعني عدم وجود مركبة رأسية للسرعة الابتدائية.

◀ المناقشة:

وُضِّح للطلبة ما يأتي:

- ارتفاع الموقع الذي يُرمى منه المقدوف الأفقي يقابل أقصى ارتفاع في حالة المقدوف بزاوية.
- زمن التحليق للمقدوف الأفقي يقابل زمن الهبوط فقط في حالة المقدوف بزاوية.

نشاط سريعة

- أحضر كرة خفيفة، ثم ضعها على سطح الطاولة، ثم اطلب إلى أحد الطلبة تحريكها عن طريق ضربها بيده في اتجاه أفقي، ثم تركها تسقط عن حافة الطاولة.
- اطلب إلى بعض الطلبة تكرار ذلك بالتأثير فيها بقوى دفع مختلفة.
- ناقش الطلبة في وصف حركة الكرة في كل حالة، مركزاً على المدى الأفقي لحركتها.

بـ. لمعرفة زمن تحليق الكرة حتى تعود إلى سطح الأرض، يجب إيجاد زمن الصعود من المعادلة الأولى للحركة:

$$v_2 = v_1 + at_h$$

$$v_y = v_0 \sin \theta - gt_h$$

$$0 = 18 - 9.8 \times t_h$$

$$t_h = \frac{18}{9.8} = 1.84 \text{ s}$$

$$T = 2t_h = 2 \times 1.84 = 3.68 \text{ s}$$

جـ. المدى الأفقي للكرة:

$$R = T \times v_0 \cos \theta$$

$$R = 3.68 \times 13.5 = 49.68 \text{ m}$$

أتحقق ✓: بناءً على العلاقات السابقة، استنتج العوامل التي يعتمد عليها المدى الأفقي للمقدوف.

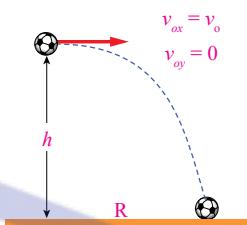
عند قذف جسم في اتجاهٍ أفقيٍّ من مكانٍ مرتفعٍ عن سطح الأرض، حيث ($\theta = 0$)، فإنَّ مركبَي السرعة الابتدائية تكونان كما يأتي:

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta = v_0 \cos 0 = v_0$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta = v_0 \sin 0 = 0$$

والشكل (14) يوضح مسار الجسم المقدوف أفقياً.

لدراسة حركة المقدوف الأفقي بصورة عملية، أُنْفذَ وزملائي التجربة الآتية.



الشكل (14): مسار حركة جسم مقدوفٍ أفقياً.

68

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* بناء الشخصية: المشاركة.

أخبر الطلبة أنَّ المشاركة هي من مجالات بناء الشخصية، وأنَّها تُرسّخ مفهوم العمل التعاوني، والمشاركة في أداء المهام وطرح الآراء، مُبيِّناً أهمية المشاركة في العمل المخبري الجماعي، وفي التوصل إلى نتائج أكثر صدقاً.

التجربة ٢

وصف حركة المقذوف الأفقي.

المدى:

- قياس المدى الأفقي بطريقة عملية، ثم حسابه باستخدام معادلات الحركة، ومقارنة النتائج.
- استقصاء العلاقة بين المدى الأفقي والسرعة الابتدائية للمقذوف.

زمن التنفيذ: ٣٥ دقيقة

إرشادات السلامة: نبه الطلبة إلى توخي الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على أقدامهم.

المهارات العلمية: القياس، إجراء العمليات الحسابية، الاستقصاء، التواصل.

الإجراءات والتوجيهات:

- يمكن التوصل إلى العلاقة الرياضية الخاصة بزمن السقوط من

$$\text{معادلة الحركة الآتية: } y = v_{0y} t + \frac{1}{2} at^2 = 0 - \frac{1}{2} gt^2$$

بها أن الإزاحة الرئيسية نحو الأسفل فإن إشارتها سالبة ($y = -h$)، وقد اختصرت الإشارة السالبة للإشارة الرئيسية مع الإشارة السالبة

لتسارع السقوط الحر، فتتجسد العلاقة الآتية: $t = \sqrt{(2h/g)}$

- ووضح للطلبة أهمية تعليق البندول في تحديد نقطة الأصل التي تقع تحت حافة الطاولة؛ لقياس المدى الأفقي منها بصورة صحيحة.
- احرص على أن تكون حركة الكرة فوق المسار المائل سلسة، وألا تتعرّض عند نهايته. وكذلك ثبيت المسار جيداً فوق الكتب، وتجرب الحركة قبل حضور الطلبة للتحقق من الميل المناسب.

النتائج المتوقعة:

قد تختلف نتائج الطلبة الحسابية عن التجريبية؛ نظراً إلى عدم الدقة في حساب السرعة الابتدائية الأفقيّة للكرة، وتأثير موضع البوابتين الضوئيتين. وقد تختلف نتائج كل مجموعة عن الأخرى للسبب نفسه.

يمكن الطلب إلى الطلبة تنفيذ تجربة مماثلة، مع تعديل طريقة قذف الكرة لتكون بزاوية، وذلك باستخدام لعبة بندقية تطلق كرات بلاستيكية خفيفة، بحيث تُطلق من مستوى سطح الأرض، ثم يُقام كل من زمن التحلق، والمدى الأفقي، ويتوصل إلى معرفة السرعة الابتدائية للكرة.

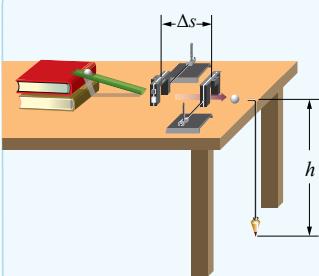
التحليل والاستنتاج:

- المقارنة بين قيمتي المدى الأفقي المحسوبة والتجريبية في كل محاولة.
- تفسير كيف يؤثر عدد الكتب الموضوعة تحت المستوى المائل في المدى الأفقي للكرة.

- التوصل إلى وجود علاقة بين المدى الأفقي وزمن الهبوط، ثم وجود علاقة بين المدى الأفقي والسرعة الابتدائية.

- مناقشة الاختلاف في ارتفاع الطاولة من مجموعة إلى أخرى، وكيف يؤثر ذلك في نتائج التجربة.

- البحث في معرفة مصادر الخطأ، التي قد تخرج من مسار الكرة على المستوى المائل، وموضع كل من البوابتين الضوئيتين.



التجربة ٢

وصف حركة المقذوف الأفقي.

المواضي والأدوات: عدد من الكتب، مجرى بلاستيكى، كرة فلزية، مسطرة، ورق كربون، بوابتان ضوئيتان، عداد زمني رقمي.

إرشادات السلامة: الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

خطوات العمل:

- أركب أدوات التجربة كما في الشكل، مراعياً وضع كتابين فوق الطاولة، ووضع طرف المجرى البلاستيكى فوقهما.
- اقيس ارتفاع الطاولة عن سطح الأرض (h)، والمسافة بين البوابتين (Δt)، ثم أدون النتيجة في الجدول.
- أتوّف مكان سقوط الكرة على الأرض، وأضع فيه ورق الكرتون.
- أصلب البوابتين بالعداد الزمني الرقمي، ثم أصلب بمصدر الطاقة الكهربائية، ثم أشعّل.
- أضع الكرة الفلزية في أعلى المجرى المائل، ثم أتركها تحرّك، وألاحظ مسارها، ومكان سقوطها. وفي حال سقطت الكرة في مكان غير الذي توقعته، أنقل ورق الكرتون إلى مكان السقوط، مكرّراً الخطوة.
- أدون قراءة العداد الرقمي (Δt) في الجدول، ثم أقيس المسافة الأفقيّة (R) بين نقطتي السقوط ونقطة الأصل التي يشير إليها البندول، ثم أدونها في الجدول.
- أضيف كتاباً ثالثاً تحت المجرى، ثم أكرّر الخطوة (٥) والخطوة (٦)، مدوناً النتائج، ثم أضيف كتاباً رابعاً، وأكرّر ما سبق.
- أجد السرعة الابتدائية (v_{0x}) لكل محاولة، بقسمة المسافة (Δt) على المدة الزمنية (Δt)، ثم أدون الناتج في الجدول.
- استخدم معادلات الحركة في إيجاد زمان السقوط (t)، والمدى الأفقي (R)، ثم أدون الناتج في الجدول.

الحسابات	v_{0x} (m/s)	Δt (s)	Δs (m)	R (m)	h (m)	عدد الكتب
$R = tv_{0x}(m)$	$t = \sqrt{2h/g}$					

التحليل والاستنتاج:

١. أقارن بين قيم المدى الأفقي التجريبية والقيم المحسوبة من المعادلات في كل محاولة.

٢. أصف العلاقة بين السرعة الابتدائية للكرة وكلّ من: زمان السقوط، والمدى الأفقي.

٣. أفترض: كيف يؤثر عدد الكتب الموجودة تحت المجرى في السرعة الابتدائية للكرة؟

٤. أفترض: كيف ستؤثر زيادة ارتفاع الطاولة (h) في مقدار المدى الأفقي للكرة؟

69

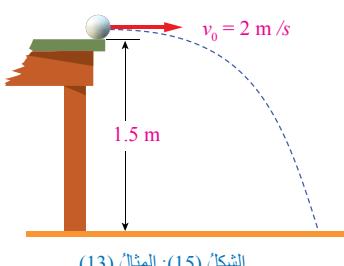
استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: سلّم تقدير رقمي.

الرقم	عيار الأداء
1	يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تفزيذ خطوات التجربة.
2	يقرأ تعليمات التجربة قراءة دقيقة، ويتعاون مع زملائه على تنفيذ الخطوات.
3	يُجهّز المستوى المائل فوق الطاولة، ويتمكن من جعل الكرة تتحرّك بسلاسة حتى حافة الطاولة.
4	يحسب السرعة الابتدائية للكرة من المسافة الأفقيّة على الطاولة والزمن.
5	يقيس ارتفاع الطاولة والمدى الأفقي للمقذوف الأفقي.
6	يحسب زمان السقوط والمدى الأفقي.
7	يقارن بين القيمة المحسوبة والقيمة المقيسة للمدى الأفقي.
8	يبحث عن مصادر الخطأ في التجربة، ويفسر سبب اختلاف النتائج.

المثال 13

ثُبِّتَ كُرْبةٌ تُنْسَى أَرْضِيًّا فَقِيَّاً مِنْ سطح طَوْلَةٍ كَمَا في الشَّكْل (15). مُعْتَدِلاً الْبَيَانَاتُ الوارَدَةُ في الشَّكْل، أَجِدْ:



الشكل (15): المثال (13).

أ . زَمْنٌ وَصُولُ الْكُرْبَةِ إِلَى الْأَرْضِ.

ب . الْمَدِيُّ الْأَفْقِيُّ لِلْكُرْبَةِ.

ج . مَقْدَارُ السُّرْعَةِ النَّهَايَةِ لِلْكُرْبَةِ، مُحدِّداً اِتِّجَاهَهَا.

المعطيات: $(g = 9.8 \text{ m/s}^2)$, $(v_0 = 2 \text{ m/s})$, $(h = -1.5 \text{ m})$, $(\theta = 0^\circ)$.

المطلوب: $(v = ?)$, $(t = ?)$, $(R = ?)$.

الحلُّ:

أ . زَمْنٌ وَصُولُ الْكُرْبَةِ إِلَى الْأَرْضِ يَعْتَمِدُ عَلَى الْحَرْكَةِ فِي الْمَسْتَوِيِ الرَّأْسِيِّ، حَيْثُ: $\theta = 0^\circ$:

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta = v_0 \sin 0^\circ = 0$$

$$h = v_{0y} t + \frac{1}{2} a t^2 = 0 - \frac{1}{2} g t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{-g}} = \sqrt{\frac{-2 \times 1.5}{-9.8}} = + \sqrt{0.3} = 0.55 \text{ s}$$

يُلاحظُ أَنَّ اِتِّجَاهَ كُلِّ مِنَ التَّسَارُعِ وَالإِزَاحَةِ هُوَ نَحْوُ الْأَسْفَلِ بِعَكْسِ اِتِّجَاهِ الْمَوْجِبِ؛ لِذَلِكَ عَوَّضَتِ الإِشَارَاتُ السَّالِبَيَانِ، حَيْثُ:

$$a = -g = -9.8 \text{ m/s}^2 \quad h = -1.5 \text{ m}$$

ب . الْمَدِيُّ الْأَفْقِيُّ لِلْكُرْبَةِ يَعْتَمِدُ عَلَى الْمُرْكَبَةِ الْأَفْقِيَّةِ وَالزَّمْنِ:

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta = v_0 \cos 0^\circ = v_0$$

$$R = v_0 t = 2 \times 0.55 = 1.1 \text{ m}$$

70

إِنْهَاةُ الْمَعْلُومِ

إِذَا حَدَثَ خَطَأٌ فِي تَعْوِيْضِ الْأَرْفَاعِ (h) بِإِشَارةِ مَوْجَةٍ، فَسَتَكُونُ إِشَارةُ مَرْبِعِ الزَّمْنِ (t^2) سَالِبَةً؛ وَيَتَعَذَّرُ إِيجَادُ الْجُذُرِ التَّرْبِيعِيِّ لِلْأَعْدَادِ السَّالِبَةِ (فِي حَدُودِ مَسْتَوِيِّ مَعْرِفَةِ الطَّالِبِ)، وَيَكُونُ ذَلِكَ مُؤْشِرًا لِحَدُوثِ خَطَأٍ فِي تَعْوِيْضِ الإِشَارَاتِيْنِ: الْمَوْجَةِ وَالسَّالِبَةِ.

وَضَعَ لِلْطَّلَبَةِ أَنَّ السُّرْعَةَ الْابْتَدَائِيَّةَ لِلْكُرْبَةِ أَفْقِيَّةٌ فَقْطًا؛ أَيْ إِنَّ زَوْجَيَ الْإِطْلَاقِ تَسَاوِي صَفَرًا، حَيْثُ: $(\cos 0 = 1, \sin 0 = 0)$. وَبِنَاءً عَلَى ذَلِكَ، فَإِنَّ الْمُرْكَبَةِ الرَّأْسِيَّةِ لِحَرْكَةِ الْكُرْبَةِ تَسَاوِي صَفَرًا، وَالْمُرْكَبَةِ الْأَفْقِيَّةِ لِحَرْكَةِ الْكُرْبَةِ تَسَاوِي السُّرْعَةِ الْابْتَدَائِيَّةِ نَفْسَهَا.

أَكَّدَ لِلْطَّلَبَةِ وَجُوبَ تَعْوِيْضِ ($a = -g$)، وَكَذَلِكَ تَعْوِيْضِ الْأَرْفَاعِ (h) بِإِشَارةِ سَالِبَةٍ؛ لِأَنَّ اِتِّجَاهَهُمَا هُوَ نَحْوُ الْأَسْفَلِ بِعَكْسِ اِتِّجَاهِ الْمَوْجَبِ.

- رَكِّز على السرعة النهائية عند سطح الأرض (قبل الارتطام بالأرض مباشرة)، بحيث تكون مركبتهما الأفقية موجبة ومساوية للسرعة الابتدائية، ومركبتها الرأسية سالبة.
- وضُح للطلبة كيفية استخراج الزاوية المرجعية (Φ) التي تصنعها السرعة النهائية مع محور (x) الموجب، بعكس عقارب الساعة.

أتحقق:

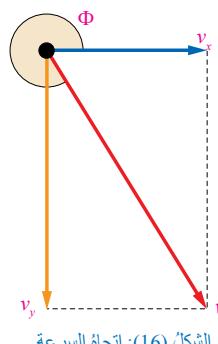
تؤثر مقاومة الهواء في المركبة الأفقية باتجاه معاكس لها مُسبيّةً تناقضها، وتؤثر مقاومة الهواء في المركبة الرأسية باتجاه الأعلى، فتُقلل من تسارع السقوط الحر.

ولكن يلزم الانتباه إلى أنَّ أثر مقاومة الهواء لا يكون ثابتاً؛ فهو يتغير بتغيير السرعة (البحث في هذه العلاقة فوق مستوى الطلبة)، ومقاومة الهواء مهمّلة مقارنةً بوزن الكروة؛ لذا فإنَّ تأثيرها قليل يُمكّن إهماله.

بناء المفهوم:

- الحركة الدائرية المنتظمة، التسارع المركزي، السرعة المتساوية.
- أخبر الطلبة أنَّ الحركة الدائرية هي أحد أشكال الحركة في بُعدين، وأنَّها تكون منتظمة عند ثبات مقدار السرعة.
- الفت انتباه الطلبة إلى وجود تسارع للجسم الذي يتحرك حركة دائرية منتظمة بالرغم من أنَّ مقدار السرعة ثابت، مُبيّناً أنَّ التسارع هنا ناتج من التغيير في اتجاه السرعة، وأنَّه يكون دائماً في اتجاه مركز الدائرة، وأنَّه يُسمى تسارعاً مركزاً.
- وضُح للطلبة أنه يوجد تسارع خططي في الحركة الدائرية، ناتج من التغيير في مقدار السرعة عندما تكون الحركة الدائرية غير منتظمة، وأنَّ اتجاهه يكون على امتداد الماس للدائرة عند أيٍ لحظة من زمن الحركة.
- رَكِّز على اتجاه السرعة في الحركة الدائرية الذي ينطبق على الماس للمسار الدائري، وأخبر الطلبة أنَّها تُسمى السرعة المتساوية، وهي تساوي مقدار السرعة المتجهة للجسم المتحرك حركة دائرية.

- بَيِّن للطلبة أنَّ التسارع المركزي يكون عمودياً على السرعة المتساوية في الحركة الدائرية المنتظمة؛ ما يجعل اتجاهه متغيّراً (نحو المركز دائمًا)، ومقداره ثابتاً.



الشكل (16): اتجاه السرعة.

جـ. مقدار السرعة النهائية للكروة:

$$v_x = v_{0x} = 2 \text{ m/s}$$

$$v_y = v_{0y} + at$$

$$v_y = 0 - 9.8 \times 0.55 = -5.39 \text{ m/s}$$

الإشارة السالبة تعني أنَّ اتجاه المركبة الرأسية للسرعة النهائية هو إلى الأسفل بعكس اتجاه الموجب:

$$v = \sqrt{(v_x)^2 + (v_y)^2} = \sqrt{2^2 + (-5.39)^2} = 5.7 \text{ m/s}$$

وعلية، يكون اتجاه السرعة النهائية للكروة كما في الشكل (16)، بحيث يصْنُع زاويةً مع محور ($+x$)، بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة، مقدارها (Φ):

$$\tan \Phi = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-5.39}{2} = -2.69 \rightarrow \Phi = 290.4^\circ$$

أتحقق: ما الأثر المُوقَع في حال عدم إهمال مقاومة الهواء لحركة الكروة على المركبتين الأفقية والرأسية للسرعة؟

الحركة الدائرية المنتظمة Uniform circular motion

تعرفت سابقاً أنَّ الجسم الذي يتحرّك بسرعة ثابتة مقداراً في خط مستقيم لا يمتلك تسارعاً، فالتسارع يُمثّل تغييراً في مقدار السرعة، أو اتجاهها، أو كليهما معاً.

يُبيّن الشكل (17) كرةً مربوطة بخط، تدور في مسارٍ دائريًّا أفقياً، بسرعة ثابتة مقداراً، لكنَّها متغيرةً اتجاهها. يُطلق على الحركة في هذه الحالة اسم الحركة الدائرية المنتظمة Uniform circular motion، يمتلك الجسم في الحركة الدائرية تسارعاً مرکزاً Centripetal acceleration.

الشكل (17): الحركة الدائرية.

الشكل (17): الحركة الدائرية.

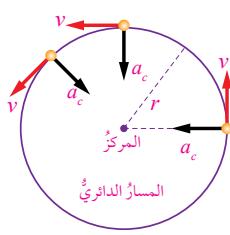
تعزيز:

يمكنك تعزيز مفهوم الحركة الدائرية عند الطلبة بإجراء نشاط سريع، تُستخدم فيه كرة مربوطة بخط لتمثيل الحركة الدائرية، مُبيّناً أنَّ وصف الحركة الدائرية المنتظمة يكون بتحديد نصف قطر المسار الدائري للجسم، وطول المسار، والتردد، والزمن الدوري، ثم اذكر لهم أمثلة واقعية على ذلك.

لاحظ أنَّ حركة الجسم الذي يربط بخط، ويدور في دائرة تقع في مستوى رأسى، لا تمثّل حركة دائرية منتظمة؛ لأنَّ مقدار السرعة ليس ثابتاً. فلكي تكون الحركة دائرية منتظمة، يجب أن يتحرّك هذا الجسم في دائرة أفقية.

◀ استخدام الصور والأشكال:

ووجه الطلبة إلى دراسة الشكل (18) الذي يمثل حركة دائرية للكرة في مستوى أفقي، الموضحة في الشكل (17)، الذي يمثل النظر من الأعلى لهذه الحركة؛ وذلك بهدف تعرف الاتجاه المُتغير للتسارع المركزي الذي يؤثر في جسم يتحرك حركة دائرة متحركة.



الشكل (18): منظر علوي
للحركة الدائرية الأفقية.

ويُرمز إليه بالرمز (a) ، ويكون اتجاهه دائمًا نحو مركز المسار الدائري، ويؤدي إلى تغير في اتجاه السرعة (Δv) ، الذي يكون دائمًا في اتجاه مركز الدوران.

يُبين الشكل (18) مُتجهات السرعة والتسارع المركزي (Centripetal acceleration) عند نقاط مختلفة من المسار الدائري الأفقي لحركة الكورة، حيث يتعادل متجه التسارع المركزي باستمرار مع متجه السرعة، الذي يكون دائمًا على امتداد المماس للدائرة، ونسمى السرعة هنا سرعة مماسية (Tangential velocity).

من الأمثلة على الحركة الدائرية المنتظمة: حركة نقطة مرسمة على طرف مروحة تدور، وحركة سيارة تسير بسرعة ثابتة مدارًا حول دوار، وحركة بعض الأقمار الصناعية حول الأرض.

عند دراسة الحركة الدائرية المنتظمة، فإن مركز المسار الدائري يُمثل نقطة إسناً مرجعية لتحديد المتغيرات، حيث تُحسب السرعة القياسية التي يتحرك بها الجسم بقسمة طول المسار الدائري (محيط الدائرة) على الزمن الدولي، وهو الزمان اللازم حتى يكمل الجسم دورًا كاملًا حول مركز الدوران. ولتها كانت السرعة ثابتة المقدار، فإن السرعة القياسية المتوسطة تساوي السرعة القياسية الملاحظة:

$$v_s = \bar{v}_s = \frac{\Delta s}{T} = \frac{2\pi r}{T}$$

يعطى التسارع المركزي للحركة الدائرية المنتظمة بالعلاقة الآتية:

$$a_c = \frac{v_s^2}{r}$$

تحقق: مُستخدمًا العلاقة الرياضية للتسارع المركزي، ومتعمداً وحدة قياس السرعة ونصف القطر، أشتُّ وحدة التسارع المركزي.

الفزياء والحياة
لعلم الفيزياء دور رئيسي في تصميم الطرق ووضع قوانين السير عليها؛ فالسرعة التي يجب على السائق الالتزام بها عندقيادة على المنعطفات تحدّد اعتماداً على نصف قطر الدائرة التي يُعد المعنطف جزءاً منها. وعند تجاوز حدود هذه السرعة يزداد تسارع السيارة المركزي، فتتحرف عن الطريق، وتخرج عن السيطرة.

الفزياء والحياة

استعرض سريعاً أهمية فروع علم الفيزياء في الحياة، مثل: الحرارة، والكهرباء، والمغناطيسية، والميكانيكا، وذلك بذكر تطبيق أو اثنين من كل فرع.

أدرك حواراً بين الطلبة عن خطورة القيادة بسرعة عالية على الطرق عند المنعطفات، وناقشهم في العوامل التي يعتمد عليها التسارع المركزي الذي تتحرك به السيارة.

معلومة إضافية

تقوم قوة الاحتكاك بدور القوة المركزية التي تساعد السيارة على الحركة في مسار دائري. وعند زيادة مقدار سرعة السيارة تصبح قوة الاحتكاك غير كافية للمحافظة على بقاء السيارة في المسار الدائري؛ لذا يعمد المهندسون إلى إمالة الطريق نحو مركز المنحنى حتى يصبح للقوة العمودية مركبة أفقية باتجاه المركز، فتزداد القوة المركزية. (ستناقش هذه المسألة في الوحدة الرابعة من الكتاب).



القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* المهارات الحياتية: الوعي المروري.

أخبر الطلبة أنَّ الوعي المروري هو إحدى المهارات الحياتية الضرورية، التي تساعد على حفظ الأرواح والممتلكات، مُبيّناً علاقة ذلك بإدراك خطورة القيادة على المنعطفات بسرعة تزيد على الحد المسموح به.

$$a_c = \frac{v_s^2}{r} = \frac{\left(\frac{m}{s}\right)^2}{m} = \frac{m}{s^2}$$

تحقق: ✓

حل المثال 13

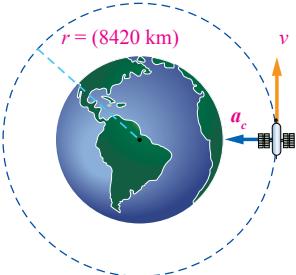
- وُضِّح للطلبة أنَّ نصف قُطْر مدار القمر الصناعي هو ناتج جمع ارتفاع القمر عن سطح الأرض مع نصف قُطْر الأرض.
- بيَّن للطلبة أنَّ الزمِن الدورِي للكِوكب الصناعي يعتمد على نصف قُطْر مداره؛ فكِلما كان القمر أكثر بُعداً عن مركز الأرض كان محِيط مداره كِبِيراً، وزمِنه الدورِي كِبِيراً.
- أسلَّمَ الطلبة عن العلاقة الرياضية الخاصة بِطُول محِيط الدائِرة؛ لإيجاد طُول المسافة التي يقطعها القمر الصناعي في الدورة الواحدة حول الأرض.

إنتهاء للمعلم

تذَكَّرُ أنَّ مدارات الأَجرام السماوية الطبيعية (مثل: القمر، والكواكب) ليست دائِرية تماماً، وكذلك بعض الأَقمار الصناعية، وأنَّ هذه الحركة لا تُعَدُ دائِرية مُنتظمة؛ لأنَّ نصف القُطْر لا يكون ثابتاً، وأنَّ السرعة المماسية مُتغيِّرة، ولا يُمْكِن القول إنَّ التسارُع المركزي ثابت أيضاً.

المثال 14

يدوَر قَمَر صناعيٌّ حول الأرض على ارتفاع (8420 km) عن مركز الأرض، في مسارٍ دائِريٍّ (تقريباً)، بِسرعةٍ مماسيةٍ ثابتةٍ المقدار كما في الشكل (19). إذا علِمْتَ أنَّ الزمِن الدورِي له (129 min)، فَأَجِدْ:



المعطيات: $r = 8420 \text{ km}$, $T = 129 \times 60 = 7740 \text{ s}$, $r = 8.42 \times 10^6 \text{ m}$.

المطلوب: $(a_c = ?)$, $(v_s = ?)$.

الحلُّ:

أ. مقدار السرعة المماسية للقمر الصناعي:

$$v_s = \frac{\Delta s}{T} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v_s = \frac{2 \times 3.14 \times 8.42 \times 10^6}{7740} = 6832 \text{ m/s}$$

ب. التسارُع المركزي لهذا القمر:

$$a_c = \frac{v_s^2}{r}$$

$$a_c = \frac{6832^2}{8.42 \times 10^6} = 5.54 \text{ m/s}^2$$

73

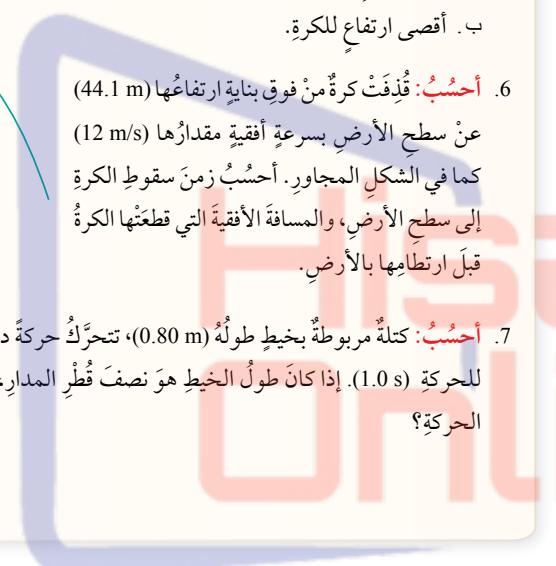
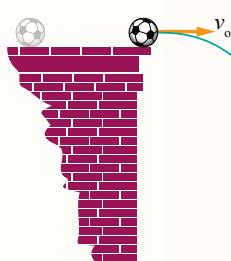
مثال إضافي //

استراتيجية التفكير الناقد

اعرض المثال الإضافي على الطلبة، ثم اطلب إليهم ضمن مجموعات ثنائية وصف حركة القمر، وحساب نصف قُطْر مداره، ومحِيط الدوران، والسرعة المماسية، والتسارُع الذي يتحرك به القمر، وتحليل الحالة الحركية للقمر.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسية:** ما أهمية تحليل السرعة الابتدائية للمقدوفات إلى مركبتين؛ أفقية، ورأسية؟
2. أذكر مثالين من الحياة اليومية على حركة المقدوفات، ومثالين آخرين على الحركة الدائرية المنتظمة.
3. **أفسر:** ما سبب وجود تسارعٍ مركزيٍّ، وعدم وجود تسارعٍ مماسٍ في الحركة الدائرية المنتظمة؟
4. **اقارن** بين مركبتي كل عنصرٍ من العناصر الآتية لحركة المقدوف الأفقية وحركته الرأسية:
 - الإزاحة.
 - السرعة.
 - التسارع.
5. **احسب:** قُدِّمت كرٌ بسرعةٍ مقدارها (15.8m/s) نحو الأعلى في اتجاهٍ يصنعُ مع الأفق زاويةً مقدارها (30°)، بإهمال مقاومة الهواء لحركة الكروة. أجد:
 - أ. زمن تحلق الكروة.
 - ب. أقصى ارتفاع للكرة.
6. **احسب:** قُدِّمت كرٌ من فوق بناية ارتفاعها (44.1 m) عن سطح الأرض بسرعةٍ أفقيةٍ مقدارها (12 m/s) كما في الشكل المجاور. أحسبُ زمن سقوط الكروة إلى سطح الأرض، والمسافة الأفقية التي قطعتها الكروة قبل ارتطامها بالأرض.
7. **احسب:** كتلةٌ مربوطة بخطٍ طوله (0.80 m)، تتحرك حركةً دائريةً منتظمةً، ويبلغ الزمنُ الدوريُ للحركة (1.0 s). إذا كانَ طول الخطٍ هو نصفَ قُطْرِ المدار، فما مقدارُ التسارع المركزيُ لهذه الحركة؟



74

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta = v_0 \sin 0 = 0$$

$$h = v_{0y} t + \frac{1}{2} a t^2 = 0 - \frac{1}{2} g t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{-g}} = \sqrt{\frac{-2 \times 44.1}{-9.8}} = +\sqrt{9} = 3.0 \text{ s}$$

$$R = 2tv_0 = 2 \times 3.0 \times 12 = 72 \text{ m}$$

$$v_s = \frac{2\pi r}{t} = \frac{5}{1} = 5 \text{ m/s}$$

$$a_c = \frac{v_s^2}{r} = \frac{5^2}{0.8} = 31.3 \text{ m/s}^2$$

6

7

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta = 15.8 \times \cos 30 = 15.8 \times 0.87 = 13.7 \text{ m/s}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta = 15.8 \times \sin 30 = 15.8 \times 0.5 = 7.9 \text{ m/s}$$

$$v_2 = v_1 + at$$

$$v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

$$0 = 7.9 - 9.8 \times t \quad \rightarrow \quad t = \frac{7.9}{9.8} = 0.8 \text{ s}$$

$$T = 2t = 2 \times 0.8 = 1.6 \text{ s}$$

5
أ.

$$y = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$h = (v_0 \sin \theta)t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$h = 7.9 \times 0.8 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 0.8^2 = 6.32 - 3.14 = 3.18 \text{ m}$$

ب.

92

1 يجب تحليل السرعة الابتدائية للمقدوفات؛ للتمكن من وصف الحركة لمركبتين: رأسية وأفقية؛ لأنَّها مستقلتان عن بعضهما. فالرأسية فيها تسارع، والأفقية ثابتة السرعة.

2 **حركة المقدوفات:** رمي كرة بزاوية مع الأفق، بعض النوافير، لعبة بنديمة.
الحركة الدائرية المنتظمة: حركة المروحة، حركة الدوّلاب في مدينة الألعاب، أطراف عقارب الساعة.

3 لا يوجد تسارعٌ مماسيٌ في الحركة الدائرية المنتظمة؛ لأنَّ السرعة ثابتة المقدار، في حين يوجد تسارعٌ مركزيٌ فيها؛ لأنَّ اتجاه السرعة يتغير باستمرار.

4 الإزاحة الأفقية تكون في اتجاه واحد (بعد واحد)، والإزاحة الرأسية تكون في اتجاهين متعاكسيْن (بعد واحد).

السرعة الأفقية ثابتة المقدار والاتجاه، والسرعة الرأسية متغيرة المقدار والاتجاه.
التسارع الأفقي يساوي صفرًا، والتسارع الرأسى يساوي تسارع السقوط الحر (إهمال مقاومة الهواء).

الإثراء والتلوّح

الفيزياء والفضاء

الأقمار الصناعية المترادمة مع الأرض

الهدف:

- تعرّف الأقمار الصناعية، وأهميتها، وأنواعها.
- بيان المقصود بالقمر الصناعي المترادم في حركته مع حركة الأرض.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجّه الطلبة إلى دراسة فقرة (الإثراء والتلوّح)، ثم اطرح عليهم أسئلة تتطلّب إجاباتها المقارنة بين الأقمار الصناعية المترادمة مع الأرض في حركتها والأقمار الأخرى غير المترادمة مع الأرض في حركتها.
- اطلب إلى الطلبة تحديد بعض وظائف كل نوع.
- اطلب إلى الطلبة ذكر بعض الشروط الازمة لوضع القمر في مدار حول الأرض، بحيث يكون مترادماً مع حركتها.

ملحوظة: تفاوت قدرات الطلبة في هذا الموضوع؛ لذا فهم غير مطالبين به، بأيّ شكل من أشكال التقويم.

مهام الطلبة:

- وزّع الطلبة إلى مجموعات.
- اطلب إلى أفراد كل مجموعة البحث في شبكة الإنترت عن سيرة العالم كيلر وقوانيئه في الفلك، ثم كتابة تقرير يُعرف به، وبنصوص قوانينه الثلاثة.
- اطلب إلى أفراد كل مجموعة إعداد جدول تُنظم فيه أسماء بعض كواكب المجموعة الشمسية، وبعده كل منها عن الشمس، وزمن دورانه حولها. ثم تطبيق القانون الثالث لـكيلر على البيانات الخاصة بكل كوكب.
- اطلب إلى كل مجموعة عرض تقريرها أمام المجموعات الأخرى.
- نظم نقاشاً بين أفراد المجموعات للتوصّل إلى آراء مُوحّدة عن الموضوع.

الإثراء والتلوّح

الفيزياء والفضاء الأقمار الصناعية المترادمة مع الأرض

توضع بعض الأقمار الصناعية في مدارات حول الأرض، بحيث يتزامن دورانها مع دوران الأرض، فتبقي فوق منطقة محددة من سطح الأرض باستمرار، وتدور معها بالسرعة نفسها. والهدف من وضع هذه الأقمار هو تأمين عملية الاتصال التلفزيوني والهاتفني وشبكة الإنترت على مدار اليوم في هذه المنطقة. وفي المقابل، توجد أقمار أخرى خاصة بالتصوير، والمسح الجوي، وغير ذلك من المهام التي لا تزامن حركتها مع حركة الأرض، وتنتقل من فوق بلد إلى آخر، من مثل أقمار المسح الجيولوجي والبيئي ومحمطة الفضاء الدولية (ISS).

عند وضع قمر صناعي متزامن مع الأرض في مداره، يجب مراعاة ما يأتي:

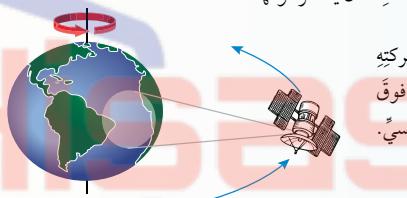
1. مساواة الزمن الدورى للقمر الصناعي طول اليوم الفلكي للأرض، وهو الزمن اللازم لنقطة على سطح الأرض حتى تدور حول محور الأرض دورة كاملة (360°)، ويساوي (23h 56m 4s)، وهو يقل بمقدار (4) دقائق عن اليوم الشمسي الذي تدور فيه الشمس ظاهرياً حول الأرض دورة كاملة.

2. وفقاً للقانون الثالث لكيلر، توجد نسبة ثابتة بين مربع الزمن الدورى للقمر الصناعي ومكعب نصف قطر مداره. ونتيجةً لذلك، فإنَّ نصف قطر مدار القمر الصناعي المترادم مع الأرض هو (42155 km)، وهذا يعني أنَّ ارتفاعه فوق سطح الأرض يبلغ (35786 km).

3. وجود معرفة نصف قطر المدار، وطول المحيط، والزمن الدورى له؛ لإيجاد مقدار السرعة المماسية للقمر المترادم مع الأرض: (3.07 km/s).

4. وجود أن يكون مدار القمر المترادم مع الأرض فوق خط الاستواء حتى يدور القمر ثابتاً في السماء، وإلا فإنه سيظهر متذبذباً بين الشمال والجنوب.

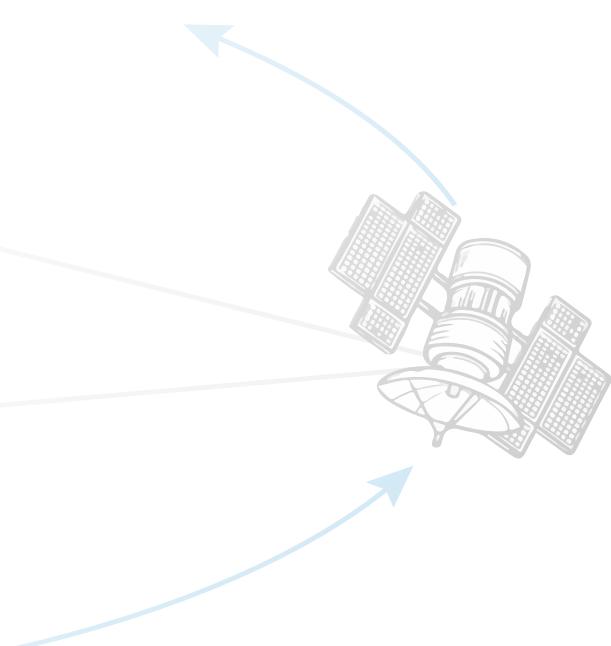
5. وجود أن يكون شكل المدار دائرياً تماماً. وفي حال كان المدار إهليلجيًّا، فإنَّ القمر سيتحرّك بسرعة مماسية متغيرة. ونتيجةً لذلك، سيذبذب موقعه شرقاً وغرباً فوق البُقعة المحددة له أن يستقر فوقها.



يبين الشكل المجاور قمراً صناعياً من النوع المترادم في حركته مع حركة الأرض، وهو يدور حولها على ارتفاع (35786 km) فوق سطحها، بحيث يبقى مُقابلًا لمنطقة تضم جنوب المحيط الأطلسي.

الآن أبحث في شبكة الإنترت عن حياة العالم كيلر وقوانينه في الفلك، ثم أكتب تقريراً يتضمن لمحةٍ عن حياته، ونصوص قوانينه الثلاثة، ثم أنظم جدولًا يحوي بعض كواكب المجموعة الشمسية، ويبين بعدها عن الشمس، وزمن دورانها حول الشمس.

75



1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. المتجه الذي يمثل التغير في موقع جسم بالنسبة إلى نقطة إسناد

مرجعية هو:

- أ . السرعة القياسية.
- ب . السرعة المتجهة.
- ج . الإزاحة.
- د . الموقف.

2. ناتج قسمة المسافة الكلية التي تقطعها سيارة على الزمن الكلّي

حركتها يُسمى:

- أ . السرعة القياسية المتوسطة.
- ب . السرعة المتجهة المتوسطة.
- ج . السرعة المتجهة اللحظية.
- د . التسارع المتوسط.

3. إذا دفِّقَ جسم رأسياً إلى الأعلى، ووصل أقصى ارتفاع له، فإنَّ

- أ . إزاحتُه تساوي صفرًا.
- ب . تسارُّعُه يساوي صفرًا.
- ج . زمان الصعود يساوي صفرًا.
- د . سرعةُه تساوي صفرًا.

4. العبارة الصحيحة التي تصف حركة المقذوف، باهتمام مقاومة الهواء هي:

- أ . التسارُّعُ الأفقيُّ صفرٌ، والتسارُّعُ الرأسُّيُّ (g).
- ب . التسارُّعُ الأفقيُّ صفرٌ، والتسارُّعُ الرأسُّيُّ صفرٌ.
- ج . التسارُّعُ الأفقيُّ (g)، والتسارُّعُ الرأسُّيُّ صفرٌ.
- د . التسارُّعُ الأفقيُّ (g)، والتسارُّعُ الرأسُّيُّ (g).

5. الإزاحة الأفقية التي يصنّعها المقذوف في الشكل المجاور عندما يعود إلى

مستوى إطلاقه تُسمى:

- أ . أقصى ارتفاع.
- ب . المدى الأفقي.
- ج . المدى الرأسُّي.
- د . المسار الفعلي.

2 - أ . السرعة القياسية المتوسطة.

3 - د . سرعته تساوي صفرًا.

4 - أ . التسارُّعُ الأفقيُّ صفرٌ، والتسارُّعُ الرأسُّيُّ (g).

5 - ب . المدى الأفقي.

76

مراجعة الوحدة

مراجعة الوحدة

أ . حركة دائرية متناظمة. ②

ب . حركة في بُعد واحد.

ج . حركة في بُعد واحد.

د . حركة في بُعددين.

ه . حركة في بُعد واحد.

و . حركة دائرية متناظمة.

$$\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{51}{6} = 8.5 \text{ km/h} \quad ③$$

نوع السرعة: قياسية متوسطة؛ لأنها ناتجة من قسمة المسافة على الزمن.

أ . السرعة القياسية: ④

$$\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{12 + 9}{35} = 0.6 \text{ km/min}$$

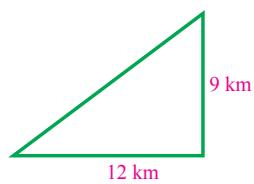
ب . السرعة المتجهة:

$$\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{\sqrt{(144 + 81)}}{35} = \frac{15}{35} = 0.43 \text{ km/min , } 37^\circ$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ax$$

$$x = \frac{61 \times 61}{2 \times 2.4} = 775 \text{ m}$$

5



77

2. أصنف نوع الحركة في كل حالة مما يأتي؛ بالاختيار مما بين القوسين:

(بعد، بعدان، دائرية متناظمة، دائرية غير متناظمة):

أ . الحركة الدورانية بمعدل ثابت لعجلة السيارة حول محورها.

ب . حركة قطار على سكة حديد أفقية في خط مستقيم باتجاه واحد (شرق).

ج . حركة قطار على سكة حديد أفقية في خط مستقيم باتجاهين مختلفين (شرقاً، وغرباً).

د . حركة قطار على سكة حديد غير أفقية (صعوداً، وهبوطاً) باتجاه الغرب.

ه . حركة طائرة على مدرج المطار.

و . حركة قمر صناعي حول الأرض، على ارتفاع ثابت فوق سطحها.

3. أجد سرعة عذاء قطع مسافة (51 km) في (6 h)، ثم أصنف نوع هذه السرعة.

4. تحرك دراجة هوائية في خط مستقيم باتجاه الشرق، فقطع مسافة (12 km) في (9 km) كما في الشكل المجاور. أجد:

أ . السرعة القياسية المتوسطة للدراجة في أثناء حركتها.

ب . السرعة المتجهة المتوسطة للدراجة في أثناء حركتها.

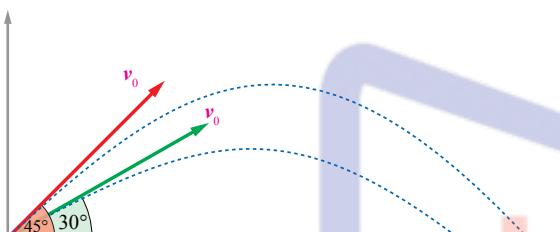
5. صممت مهندسة مذكرة الطائرات من وضع السكون حتى تبلغ سرعتها النهائية عند الإقلاع (61 m/s). إذا كان تسارع أحد الطائرات (2.4 m/s²)، فما أقل طول ممكن للمذكرة؟

6. رمث ليلي قُبّعتها إلى الأعلى بسرعةٍ ابتدائيةٍ رأسيةٍ مقدارها (7 m/s)، باهمل مقاومة الهواء. ما أقصى ارتفاع وصلت إليه القبعة؟

7. أطلقت قنبلةً من سطح الأرض بسرعةٍ ابتدائيةٍ مركبةٍ الأفقية (49 m/s)، ومركبها الرأسية (98 m/s). أجد مقدار الزمن اللازم لوصول القنبلة إلى أقصى ارتفاع.

8. قُبِّطَت كرَّةً أفقياً من فوق بناءٍ بسرعةٍ ابتدائيةٍ مقدارها (20 m/s)، فوصلت الأرض بعد مرور (3.0 s) من رميها. إذا قُبِّطَت الكرَّةً أفقياً من المكان نفسه بسرعةٍ مقدارها (30 m/s)، فمتى تصل سطح الأرض؟

9. أطلقت قنبلةً بسرعةٍ ابتدائيةٍ (v_0 ، وزاويةٍ مع سطح الأرض مقدارها (30°)) كما في الشكل الآتي. إذا أصبحت الزاوية (45°)، فكيف سيتغير المدى الأفقي للقنبلة؟



$$v_2^2 = v_1^2 - 2gy$$

$$y = \frac{7 \times 7}{2 \times 9.8} = 2.5 \text{ m}$$

$$v_2 = v_1 + at$$

$$0 = v_0 \sin \theta - gt$$

$$0 = 98 - 9.8 \times t$$

$$t = 10 \text{ s}$$

سوف تصل إلى الأرض بعد مرور (3.0 s) أيضاً؛ لأنَّ المركبة الرأسية للسرعة الابتدائية في الحالتين تساوي صفرًا، والسرعة الأفقيَّة لا تُؤثِّر في زمن الهبوط.

سيزداد المدى الأفقي.

لمزيد من التوضيح، يجب التوصل إلى علاقة رياضية بين المدى الأفقي وزاوية الإطلاق:

$$v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

$$0 = v_0 \sin 30 - gt$$

$$t = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$$

$$T = 2t = \frac{2v_0 \sin \theta}{g}$$

$$R = T v_0 \cos \theta$$

$$R = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} v_0 \cos \theta = \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

* الطالب غير مطالب بالإثبات الرياضي للحل.

الوحدة الثالثة: القوى Forces .

تجربة استهلالية: القصور الذاتي.

الدرس	التاجات	التجارب والأنشطة	عدد المقصص
الأول: القانون الأول في الحركة لنيوتن.	<ul style="list-style-type: none"> ● يُوضّح مفهوم القوة. ● يرسم خطط الجسم الحر لتحديد جميع القوى المؤثرة في الجسم. ● يذكر نص القانون الأول في الحركة لنيوتن. ● يفسّر ظواهر طبيعية تتعلق بالقصور الذاتي اعتماداً على القانون الأول لنيوتن. ● يطبق ما تعلّمه بحلّ مسائل على القوة المحصلة، والقانون الأول لنيوتن. 	● القصور الذاتي.	3
الثاني: القانون الثاني والقانون الثالث في الحركة لنيوتن.	<ul style="list-style-type: none"> ● يستقصي القانون الثاني لنيوتن. ● يذكر نص كُلّ من القانون الثاني والقانون الثالث لنيوتن. ● يحدد قوي الفعل ورد الفعل في مجموعة من الأنظمة. ● يطبق ما تعلّمه بحلّ مسائل على قوانين نيوتن في الحركة. 	● القوة والكتلة والتسارع.	5

الصف	الصف	التجاهات اللاحقة	التجاهات السابقة
الحادي عشر	السابع	<ul style="list-style-type: none"> ● يصف العلاقة بين القوة الكهربائية المتبادلة بين شحتين نقطتين وكلّ من الشحتين والمسافة بينهما. ● يحسب محصلة القوى المؤثرة في شحنة نقطة بتأثير عدّة شحنات نقطية. 	<ul style="list-style-type: none"> ● يُوضّح أثر القوى المترنة والقوى غير المترنة في الأجسام (تضمن القوى: الاحتكاك، والجاذبية، والمغناطيسية). ● يستقصي أثر القوة في الأجسام باستخدام قوانين نيوتن. ● يُطّور نموذجاً لتوضيح القانون الثالث لنيوتن، وأثر ذلك في تصادم جسمين معًا. ● يقدم أدلة على أنَّ التغيير في سرعة الجسم يرتبط بالقوة المحصلة المؤثرة في الجسم، وكتلته. ● يقارن بين أثر القوى والكتل والتغيير في السرعة في حركة الجسم في بُعد واحد بين الأجسام المختلفة.
الثاني عشر	التاسع	<ul style="list-style-type: none"> ● يوضّح المفاهيم المتعلّقة بالازان الميكانيكي، وشروط حدوثه، والعزم. ● يميّز بين الازان السكوني والازان الحركي. ● يعبر عن القانون الثاني لنيوتن بدالة معدل التغيير في كمية تحرك جسم. ● يوضّح المفاهيم المتعلّقة بالزخم الخطبي، والدفع. 	<ul style="list-style-type: none"> ● يوضّح المفاهيم المتعلّقة بقوانين نيوتن. ● يوظّف التجارب العملية في دراسة قوانين نيوتن. ● يوظّف معرفته بقوانين نيوتن في حلّ مسائل حسابية، وتفسير مواقف حياتية وتطبيقات.

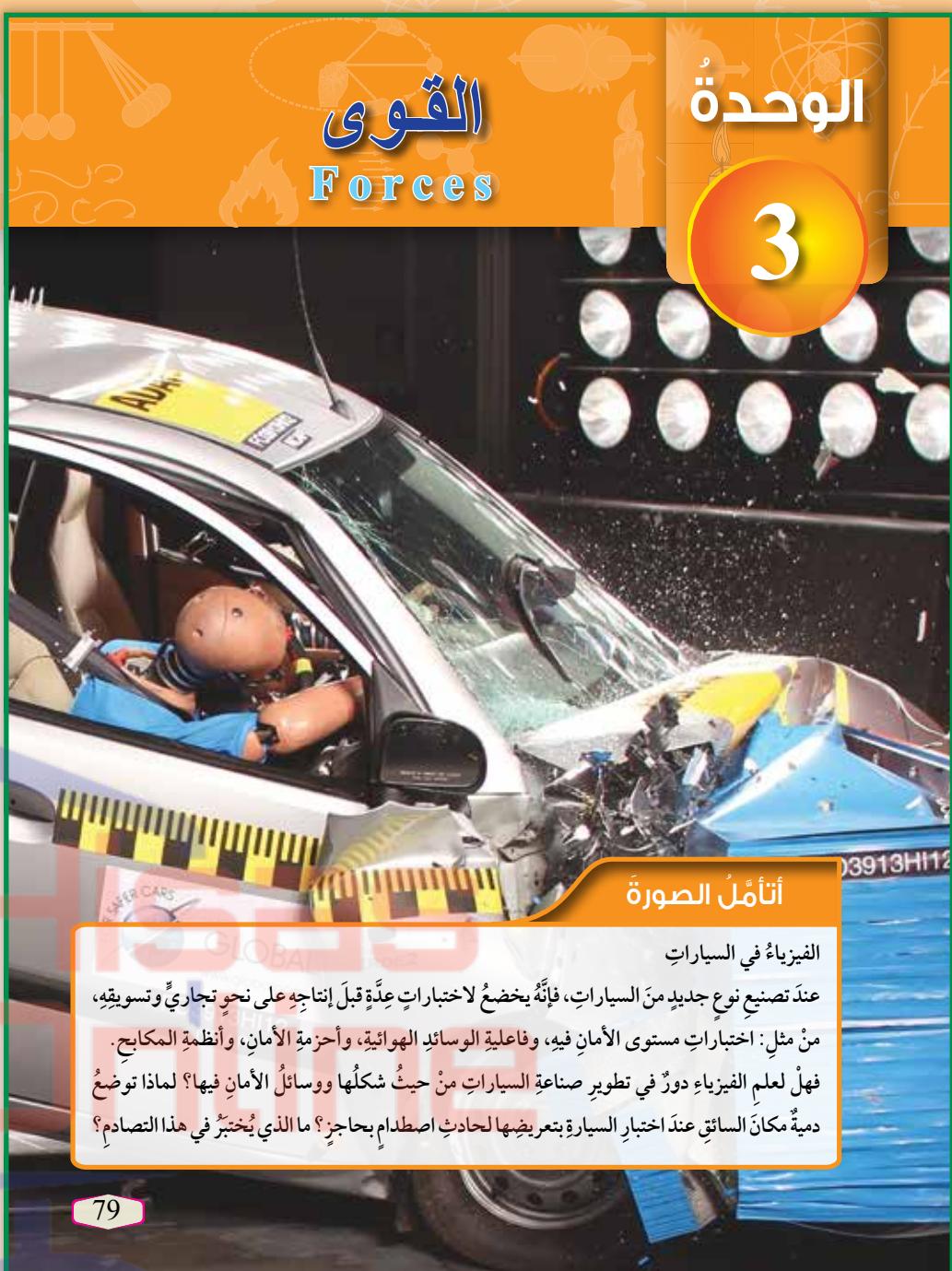


القوى Forces

أتَأَمَّلُ الصورة

الفت انتباه الطلبة إلى الصورة، ثم اطرح عليهم السؤالين الآتيين:

- ما الذي يختبر في التصادم الظاهر في الصورة؟
فاعلية أحزمة الأمان، والوسائد الهوائية.
- فيمَ تختلف السيارات بعضها عن بعض؟
قوة المحرك، والشكل، وفاعلية وسائل الأمان، والإضافات التي تمثل رفاهية للسائقين والركاب.
لا تستبعد أيًّا من إجابات الطلبة.
- بين للطلبة أنَّ شركات إنتاج السيارات تتنافس على صنْع الأفضل من وسائل الأمان عند تصميم سياراتها، مثل تنافسها على صنْع أقوى المحركات لسياراتها، وتصميم الأجمل لأشكالها.
- وضُحَّ للطلبة دور علم الفيزياء، مُثَلَّاً في الهندسة الميكانيكية، في تطوير صناعة السيارات.
- بين للطلبة أنَّ اختبار وسائل الأمان في السيارة التي تمثلها الصورة المقابلة يكون بوضع دمية داخلها، ثم وصل مجسَّات في موقع مختلفة منها؛ لقياس تسارعها والقوة المؤثرة فيها عند تعريضها لحادث تصادم، وأنَّ تعديل التصاميم وتطويرها يكون بناءً على نتائج هذا الاختبار.
- اطلب إلى الطلبة تحديد القوى المؤثرة في الدمية، وتوقعُ أماكن تأثيرها.



أتَأَمَّلُ الصورة

الفيزياء في السيارات عند تصنيع نوعٍ جديدٍ من السيارات، فإنَّه يخضع لاختبارات عدَّة قبل إنتاجه على نحوٍ تجاريٍّ وتسويقه، من مثل: اختبارات مستوى الأمان فيه، وفاعلية الوسائد الهوائية، وأحزمة الأمان، وأنظمة المكابح.
فهل لعلمِ الفيزياء دورٌ في تطوير صناعة السيارات من حيث شكلُها ووسائلُ الأمان فيها؟ لماذا توضع دميةُ مكان السائق عند اختبار السيارة بتعريضها للحادثِ اصطدام بحاجزٍ؟ ما الذي يختبرُ في هذا التصادم؟

79

الفكرة العامة

• وُضِّح للطلبة أنَّ لقوانين نيوتن الثلاثة في الحركة أهمية كبيرة عند دراسة حركة الأجسام، والقصور الذاتي، وبعض الظواهر المرتبطة به، وحساب كُلٌّ من: السرعة، والتسارع، والإزاحة، والقوة المحصلة، وتحديد القوى المتبادلة بين الأجسام.

مشروع الوحدة: تصميم نموذج لسيارة سباق.

• أخبر الطلبة أنَّ مشروع الوحدة هو تصميم نموذج لسيارة سباق، وأنَّه يتَعَيَّن عليهم تفويذه بناءً على ما يتعلَّمونه عن قوانين الحركة لنيوتن، وبخاصة القانونان: الثاني والثالث، وأنَّهم سيختارون المواد والأدوات اللازمة لتصميم السيارة بمواصفات معينة، بناءً على العلاقة بين القوة والكتلة والتسارع، والفعل ورد الفعل، بحيث تقطع هذه السيارة - عند دفعها - مسافة (2 m) تقريباً في أقل زمن ممكن.

• بعد الانتهاء من عمل التصاميم، أدرِّ نقاشاً بين الطلبة يتناول مزايا كل تصميم، ثم أخبرهم بالتصميم الذي استوفى الشروط المطلوبة.



الفكرة العامة:

للقوى تأثيرٌ كبيرٌ في حياتنا، وجميعِ أنشطتنا.

الدرس الأول: القانون الأول في الحركة لنيوتن

Newton's First Law of Motion

الفكرة الرئيسية: تُعدُّ معرفتنا بالقانون الأول لنيوتن (قانون القصور الذاتي) أساسيةً لفهم بعض الظواهر الحركية.

الدرس الثاني: القانون الثاني والقانون الثالث في الحركة لنيوتن

Newton's Second and Third Laws of Motion

الفكرة الرئيسية: يعتمد تسارُع أي جسم على كتلته، وعلى القُوَّة المحصلة المُؤثرة فيه. توجُّد القوى في الطبيعة فقط بتصوّر أزواج، ولا يُمْكِنُ أنْ توجَد منفردةً.

تجربة استهلالية

الهدف: تعرّف مفهوم القصور الذاتي.

زمن التنفيذ: 10 دقائق.

المواد والأدوات:

لوح تزلج أو عربة، مكعب خشبي، حاجز، شريط لاصق.

إرشادات السلامة:

وجه الطلبة إلى تنفيذ التجربة في منتصف المختبر (أو منتصف غرفة الصف)، بعيداً عن أي قطع أثاث قابلة للكسر.

المهارات العلمية:

اللحوظة، المقارنة، الاستنتاج، تفسير البيانات.

الإجراءات والتوجيهات:

اطلب إلى الطلبة الاطلاع على الخلفية النظرية للتجربة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية، والحد من اصطدام العربة بأي أجسام قابلة للكسر.

النتائج المتوقعة:

عند دفع اللوح والمكعب معًا (بقوة قليلة) في اتجاه الحاجز يندفع المكعب الموجود على اللوح إلى الأمام، وقد يقع عن اللوح نتيجة التصادم؛ بسبب قصوره الذاتي. وكلما كانت سرعة اللوح أكبر اندفع المكعب مسافة أكبر. أمّا عند ثبيت المكعب جيداً بشريط لاصق فإنه يبقى في مكانه على اللوح بعد التصادم، وإذا لم يثبت جيداً، ودفع اللوح بسرعة كبيرة، فإن ذلك قد يسبب اندفاع المكعب، أو ميلانه إلى الأمام بعد التصادم.

التحليل والاستنتاج:

1 في الخطوة الثانية، يندفع المكعب الموجود على اللوح إلى الأمام، وقد يقع عن اللوح بعد التصادم؛ نتيجة قصوره الذاتي. أمّا في الخطوة الثالثة فإنّه يبقى في مكانه على اللوح بعد التصادم.

2 يندفع المكعب إلى الأمام؛ نتيجة قصوره الذاتي.

3 ستتنوع إجابات الطلبة، وتتعدد.

إجابة محتملة: نعم، أنسح السائقين بربط أحزمة الأمان؛ لكي تحميهم من الاندفاع إلى الأمام، وتمنع الاصطدام بعجلة القيادة عند التوقف المفاجئ؛ نتيجة قصورهم الذاتي.

تجربة استهلالية

القصور الذاتي

المواد والأدوات: لوح تزلج أو عربة، مكعب خشبي، حاجز، شريط لاصق.

إرشادات السلامة: تنفيذ التجربة في منتصف غرفة الصف، بعيداً عن أي قطع أثاث قابلة للكسر.

خطوات العمل:

1 أضع لوح التزلج (أو العربة) في منتصف غرفة الصف، ثم أضع المكعب عليه، ثم أضع الحاجز على بعد (1-2 m) من اللوح.

2 لا يحدث عند وضع المكعب على اللوح، ودفع اللوح باتجاه الحاجز، مدعوناً ملاحظاتي.

3 لا يحدث عند تكرار الخطوة السابقة، بعد ثبيت المكعب باللوح باستخدام الشريط اللاصق، مدعوناً ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1 أقارن بين ملاحظاتي في الخطوتين: (2) و (3).

2 ما سبب اندفاع المكعب الخشبي في الخطوة (2)؟

3 هل يتغير على سائقي السيارات استخدام أحزمة الأمان؟ أفترض إجابتي.

81

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

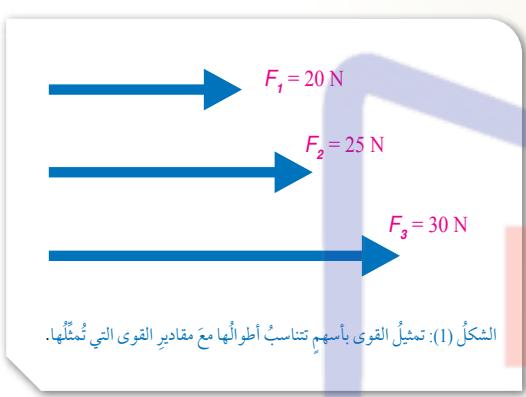
أداة التقويم: سلم تدريج.

الرقم	المعيار الأداء				
	متنازع	ممتاز	جيد جداً	جيد	مقبول
1					يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ التجربة.
2					يحترم آراء الآخرين، ويقبلها.
3					يُحسن إدارة الوقت.
4					يُبدون الملاحظات على كل خطوة من خطوات التجربة.
5					يقيس المسافات قياساً دقيقاً.

القوة Force

إن كل ما يؤثر في الأجسام، فيغير من أشكالها أو حالاتها الحركية، يسمى قوة Force، يرمز إليها بالرمز (F)، وتقاس بوحدة newton (N) بحسب النظام الدولي لوحدات القياس.

تتغير حالة الجسم الحركية بتغيير مقدار سرعته، أو اتجاهها، أو كليهما معًا. وقد درست في وحدة (المتجهات) أن القوة كمية فيزيائية متجهة، تحدد بمقدار واتجاه، حيث تمثل القوة على شكل سهم يتناسب طوله مع مقدار القوة التي يمثلها وفق مقياس رسم مناسب، ويدل اتجاه السهم على اتجاه تأثير القوة، أو خط عملها، أظر الشكل (1).



الفكرة الرئيسية:
تعد معرفتنا بالقانون الأول لنيوتن (قانون القصور الذاتي) أساسية لفهم بعض الظواهر الحركية.

• **نتائج التعلم:**

- أوضح مفهوم القوة.
- أرسم مخطط الجسم الحر لتحديد جميع القوى المؤثرة في الجسم.
- أذكر نص القانون الأول في الحركة لنيوتن.
- أفسر ظواهر طبيعية تعلق بالقصور الذاتي اعتماداً على القانون الأول لنيوتن.
- أطبق ما تعلمناه بحل مسائل على القوة المحسنة، والقانون الأول لنيوتن.

• **الافتراض والمصلحة:**

- القوة Force.
- القانون الأول لنيوتن Newton's First Law.
- القصور الذاتي Inertia.

• **تحقق:** ما القوة؟
ما وحدة قياسها؟

82

اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

ما الذي أدى إلى زيادة طول الأنابيب المطاطي؟

القوة.

ما الذي أدى إلى تغيير شكله أو تشوهه؟

القوة.

استمع إلى إجابات الطلبة للتوصّل إلى تعريف القوة، مبينا لهم أنه يمكن الاستدلال على مقدار القوة من أثرها في الأجسام.

ملحوظة:

تجربة شد الأنابيب أو الرباط المطاطي كثيراً، واطلب إلى الطلبة الحاليين قربك ارتداء النظارات الواقية.

• **تحقق:**

القوة: كل ما يؤثر في الأجسام، فيغير من أشكالها، أو حالاتها الحركية، وهي تقاس بوحدة نيوتن (newton: N) بحسب النظام الدولي للوحدات.

◀ **الفكرة الرئيسية:**

القوى والقانون الأول لنيوتن.

• وضح للطلبة أن القوى هي دفع أو سحب، وقد تكون قوى تلامس أو قوى مجال. فعندما تؤثر قوة محصلة في جسم فإنها تسبب تغييراً في شكله، أو في حالته الحركية. وعندما يكون الجسم ساكناً أو متاحراً بسرعة متوجهة ثابتة فإن القوة المحصلة المؤثرة فيه تكون صفراء.

• لمزيد من التوضيح، ضع كرة صغيرة على سطح الطاولة، مبيناً للطلبة أنه يلزم توافر قوة محصلة لتحريك الكرة الساكنة، أو إيقاف حركتها، أو تغيير اتجاه سرعتها؛ لأن الكرة قاصرة أو عاجزة عن تغيير حالتها الحركية من تلقاء نفسها، في ما يُعرف بالقصور الذاتي الذي يعتمد على كتلة الجسم.

◀ **الربط بالمعرفة السابقة:**

التسارع والقوى.

• ذكر الطلبة بأبرز ما تعلّموه عن حساب محصلة المتجهات في بُعد واحد، وفي بُعددين، والتفريق بين السرعة الثابتة والتسارع الثابت.

• أخبر الطلبة أنهم سيتعلّمون في هذه الوحدة مفهومي القوة، والقوة المحسنة، وأن القوة المحسنة تسبب تسارع الأجسام.

نشاط سريع القوى.

• امسك أنبوباً مطاطياً طويلاً، أو رباطاً مطاطياً، ثم شدّه بقوة معينة، ثم اطلب إلى الطلبة ملاحظة ما يحدث.

يزداد طول الأنابيب المطاطي.

• زِد مقدار قوة الشد المؤثرة في الأنابيب، ثم اطلب إلى الطلبة ملاحظة ما يحدث.

يزداد طول الأنابيب بمقدار أكبر.

• انرن الأنابيب، ثم اطلب إلى الطلبة وصف ما يشاهدونه. يتغير شكل الأنابيب، أو يتلوّن.

◀ المناقشة:

مُخطّط الجسم الحر.

وَضَحَ لِلطلبة مفهوم مُخطّط الجسم الحر، ثُمَّ اسألهُمْ:

- فيمَ يُستخدَم مُخطّط الجسم الحر؟

لِتَحْدِيدِ جَمِيعِ الْقُوَى الْمُؤثِّرةِ فِي جَسَمٍ.

ما زَانَ يُسْمَى الجَسَمُ الَّذِي نَدْرَسُ تَأْثِيرَ الْقُوَى فِيهِ؟

النَّظَامِ.

عِنْدِ رِسَمِ مُخطّطِ الجَسَمِ الْحَرِّ لِجَسَمٍ، هَلْ تُرَسِّمُ الْقُوَى

الَّتِي يُؤثِّرُ بِهَا الْجَسَمُ فِي غَيْرِهِ مِنَ الْأَجْسَامِ؟

لَا، تُرَسِّمُ فَقْطَ الْقُوَى الْمُؤثِّرةِ فِي الْجَسَمِ.

◀ استخدام الصور والأشكال:

مُخطّط الجسم الحر.

وَجَهَ الطَّلَبَةَ إِلَى دراسةِ الشَّكْلِ (2)، مُبَيِّنًا لَهُمْ أَنَّهُ عِنْدَ

رِسَمِ مُخطّطِ الجَسَمِ الْحَرِّ لِجَسَمٍ، يُحدَّدُ النَّظَامُ أَوْلًا، ثُمَّ

يُرَسِّمُ الْجَسَمُ عَلَى شَكْلٍ نَقْطَةً، ثُمَّ تُرَسِّمُ كُلُّ الْقُوَى

الْخَارِجِيَّةِ الْمُؤثِّرةِ فِي النَّظَامِ؛ إِذْ يُؤثِّرُ وزَنُ الْكِتَابِ رَأْسِيًّا

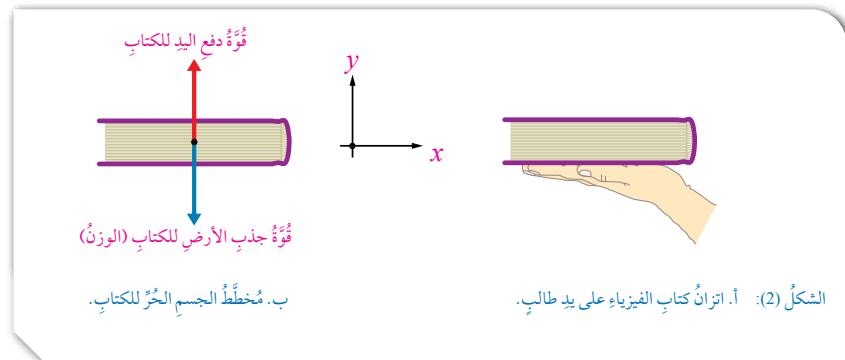
إِلَى أَسْفَلٍ فِي اِتِّجَاهِ مَرْكَزِ الْأَرْضِ، وَتُؤثِّرُ قَوَافِلُ دُفَّةِ الْيَدِ

لِلْكِتَابِ رَأْسِيًّا إِلَى أَعْلَىٰ. وَبِهَا أَنَّ الْكِتَابَ مَتَّزَنٌ، فَإِنَّ

مُحَصَّلَتَهَا يَجِبُ أَنْ تَسَاوِي صَفْرًا.

مُخطّطِ الجَسَمِ الْحَرِّ.

طريقة أخرى للتدرис



الشكل (2): أ. اتزانُ كِتَابٍ الغَيْرِيَاءِ عَلَى يَدِ طَالِبٍ.

مُخطّطِ الجَسَمِ الْحَرِّ Free-Body Diagram

هُوَ رِسَمٌ تَخْطِيطِيٌّ يُبَيِّنُ جَمِيعَ الْقُوَى الْخَارِجِيَّةِ الْمُؤثِّرةِ فِي جَسَمٍ مَا؛ إِذْ يُسْتَخدَمُ نَمُوذْجُ الْجَسَمِ النَّقْطِيِّ فِي تَمَثِيلِ الْجَسَمِ بِنَقْطَةٍ، ثُمَّ تُمَثَّلُ كُلُّ قُوَّةٍ خَارِجِيَّةٍ مُؤثِّرةٍ فِي الْجَسَمِ بِسَهْلٍ يَتَنَاسُبُ طُولُهُ مَعَ مَقْدَارِ الْقُوَّةِ، وَيُشَيرُ إِلَى اِتِّجَاهِ تَأْثِيرِهَا.

يُطَلَّقُ عَلَى الْجَسَمِ الَّذِي نَدْرَسُ تَأْثِيرَ الْقُوَى فِيهِ اِسْمُ النَّظَامِ، أَنْظُرُ الشَّكْلَ (2) الَّذِي يُمَثِّلُ مُخطّطَ الْجَسَمِ الْحَرِّ لِكِتَابٍ (نَظَامٌ) يَتَنَزَّلُ عَلَى يَدِ طَالِبٍ؛ إِذْ يَتَأَثِّرُ الْكِتَابُ بِقُوَّتَيْنِ، هُما: قُوَّةُ دُفَّةِ الْيَدِ لِلْكِتَابِ إِلَى أَعْلَىٰ، وَقُوَّةُ جَذْبِ الْأَرْضِ لِلْكِتَابِ إِلَى أَسْفَلٍ.

✓ أَتَحَقَّقُ: ما المقصودُ بِمُخطّطِ الجَسَمِ الْحَرِّ؟

83

أخطاء شائعة

القوية المحسولة.

● بَيِّنَ لِلْطَّلَبَةَ أَنَّ حَسَابَ مَحْسُولَةِ عِدَّةِ قُوَى تُؤثِّرُ فِي جَسَمٍ، يَتَطَلَّبُ أَوْلًا تَحْدِيدُ هَذَا الْجَسَمِ (النَّظَامِ) الَّذِي تُؤثِّرُ فِيهِ هَذِهِ الْقُوَى، ثُمَّ حَسَابُ مَحْسُولَتِهَا.

● أَكْدُ لِلْطَّلَبَةَ أَنَّهُ يَجِبُ إِهْمَالِ الْقُوَى الَّتِي يُؤثِّرُ بِهَا هَذَا الْجَسَمُ فِي غَيْرِهِ مِنَ الْأَجْسَامِ (الْمَحِيطِ الْخَارِجيِّ)، وَأَنَّهَا لَا تَدْخُلُ فِي حَسَابِ مَحْسُولَةِ الْقُوَى الْمُؤثِّرةِ فِيهِ.

✓ أَتَحَقَّقُ:

مُخطّطِ الجَسَمِ الْحَرِّ: رِسَمٌ تَخْطِيطِيٌّ يُمَثِّلُ كُلَّ الْقُوَى الْخَارِجِيَّةِ الْمُؤثِّرةِ فِي جَسَمٍ.

- لمساعدة الطلبة ذوي المستويات المختلفة على رسم مُخطّطِ الجَسَمِ الْحَرِّ لأيِّ نَظَامٍ، وَرَعَيْهِمْ إِلَى مَجْمُوعَاتِ غَيْرِ مُتَجَانِسَةٍ، ثُمَّ ارْسَمُوا عَلَى اللَّوْحِ مَا يَأْتِي: طَاولةٌ عَلَيْهَا كِتَابٌ، كُرْتَةٌ تَسْقُطُ سَقْوَطًا حَرَّاً، كُرْتَةٌ مُعَلَّقَةٌ بِخَيْطٍ، قُوَّةُ دُفَّةٍ تُؤثِّرُ أَفْقيًّا فِي كِتَابٍ مَوْضَعِهِ عَلَى سطحِ طَاولةٍ مَلْسَاءٍ.
- اطْلُبْ إِلَى أَفْرَادٍ كُلَّ مَجْمُوعَةٍ اِخْتِيَارُ أَحَدِ الأَشْكَالِ الْمَرْسُومَةِ عَلَى اللَّوْحِ، ثُمَّ رِسَمُ مُخطّطِ الجَسَمِ الْحَرِّ لِهِ مَعًا.
- تَجْوَلَ بَيْنَ أَفْرَادِ الْمَجْمُوعَاتِ مُوجِّهًا وَمُسَاعِدًا وَمُرْشِدًا، وَصَحِّحَ الْمَفَاهِيمِ غَيْرِ الصَّحِيحَةِ لِدِيْهُمْ.
- اطْلُبْ إِلَى كُلِّ مَجْمُوعَةٍ عَرْضَ مُخطّطِ الجَسَمِ الْحَرِّ الْخَاصِّ بِهَا عَلَى اللَّوْحِ أَمَّا الْمَجْمُوعَاتُ الْأُخْرَى، ثُمَّ مَنَاقِشَتِهِ.

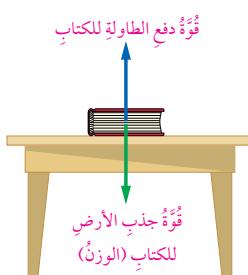
تجربة غاليليو.

اعتقد أرسطو أنَّ الحالة الطبيعية للأجسام هي السكون، وأنَّ القوة ضرورية لتحريك جسم ما، وأنَّه يجب أنْ تُؤثر قوَّة في الجسم باستمرار لكي يظل متحرِّكاً، وأنَّ زوال تأثير هذه القوة يوقف الجسم عن الحركة. لقد ظلَّ هذا الاعتقاد سائداً حتى بداية القرن السابع عشر للميلاد؛ إذ جاء العالم غاليليو مصححاً أفكار العلماء السابقين، واقتصرَّ أنَّ الحركة بسرعةٍ مُثبطة ثابتة هي حالة طبيعية للأجسام مثل حالة السكون، وأنَّ كرَّة صلبة ملساً تتحرَّك بسرعةٍ مُثبطة ثابتة على مستوىً أفقياً ملمس ستستمِرُ في حركتها بسرعةٍ مُثبطة ثابتة في حالِ انعدام قوى الاحتكاك ومقاومة الهواء.

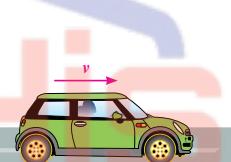
إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم صفراءً، فكيفَ تكونُ حالُّة الحركة؟ للإجابة عن هذا السؤال، أنظر الشكل (3) الذي يُظهر كتاباً ساكناً على سطح طاولة أفقية؛ إذ يتأثر الكتاب بقوى متساوٍ مُتَبَعٍ مقداراً، ومتواضتين اتجاهها، هما: وزُنُه إلى أسفل، وقوَّة دفع سطح الطاولة له إلى أعلى، وبذلك تكون محصلتهما صفراءً. وهذا يعني أنَّ الكتاب في حالة اتزانٍ سكونيٍّ، وأنَّه يظل ساكناً ما لم تُؤثر فيه قوَّة إضافية تحرِّكه إلى موقع آخر.

وفي المقابل، إذا تحرَّكَ جسمًّا ما بسرعةٍ ثابتة مقداراً واتجاهها، فإنَّ القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراءً ما يعني أنَّه في حالة اتزانٍ ديناميكيٍّ، ومثال ذلك حركة سيارة بسرعةٍ مُثبطة ثابتة على طريقٍ أفقياً، أنظر الشكل (4).

وتأسيساً على ما سبق، وبناءً على مشاهداتنا اليومية، فإنَّه يلزم توافر قوَّة محصلةٍ لتغيير مقدار سرعة الجسم، أو اتجاهها، أو كليهما معاً. فمثلاً، إذا أراد سائقُ زيادة سرعة سيارته، فإنه يضغطُ على دواسة الفرْج، أنظر الشكل (3).



الشكل (3): كتاب ساكتٌ في حالة اتزانٍ على سطح طاولة أفقية.



الشكل (4): سيارة تتحرَّك بسرعةٍ مُثبطة ثابتة على طريقٍ أفقية.

84

◀ استخدام الصور والأشكال:

الازن.

ووجه الطلبة إلى دراسة الشكل (3)، ثم اسألهُم:

ما القوى المؤثرة في الكتاب؟

وزنه إلى الأسفل، وقوَّة دفع سطح الطاولة له إلى الأعلى.

ما محصلتهما؟

صفر.

كيف عرفت ذلك؟

الكتاب ساكتٌ في مكانه؛ فهو متزن (ازنٌ سكوني)، ولو أثُرت فيه قوة محصلة لغيرت حالته الحركية بحسب القانون الأول لنيوتن.

◀ المناقشة:

القوة المحصلة.

اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

- إذا تحرَّكت سيارة على طريقٍ أفقياً بسرعةٍ مُثبطة ثابتة، فهل يعني ذلك عدم وجود قوى مؤثرة في السيارة؟ لا؛ إذ يؤثُّ فيها كلُّ من: المحرك (قوَّة دفع)، والطريق (قوَّة احتكاك)، وقوَّة عمودية، والأرض (قوَّة الوزن)، والهواء (قوَّة احتكاك).

- بما أنَّه توجد قوى تُؤثِّر في السيارة، فلماذا لا تتغيَّر سرعتها المُتجهة؟ لأنَّ محصلة هذه القوى تساوي صفرًا.

بناء المفهوم:

الحركة والقوى والتسارع.

- وضح للطلبة أنه إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم متحرك تساوي صفرًا، فإنه لن يتسرع، وسيتحرك بسرعة ثابتة في خط مستقيم. أما إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة فيه لا تساوي صفرًا فسوف يتسرع.

● اكتب العبارة الآتية على اللوح:

«لكي يتحرك جسم بسرعة ثابتة في خط مستقيم، يجب أن تؤثر فيه قوة ثابتة باستمرار في اتجاه حركته».

- نقش الطلبة في صحة هذه العبارة، ثم اطلب إليهم ذكر أمثلة تُعزّز وجهة نظرهم.

من الإجابات المُحتملة:

العبارة صحيحة؛ إذ نلاحظ في حياتنا اليومية وجوب تأثير قوة في جسم حتى يتحرك بسرعة ثابتة في خط مستقيم.

العبارة غير صحيحة؛ فعند حركة جسم بسرعة ثابتة في خط مستقيم، فإن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا، بحسب القانون الأول لنيوتن. أما إذا أثرت فيه قوة محصلة فإنه سيسارع.

تحقق: ✓

الجسم يبقى على حالته من حيث السكون، أو الحركة بسرعة ثابتة مقداراً واتجاهها ما لم تؤثر فيه قوة محصلة خارجية تغيّر حالته الحركية.

الفيزياء والحياة

للفيزياء دور أساسي في تصميم السيارات من حيث أشكالها، ووسائل الأمان والحماية. تعكس صورة بداية الوحدة هذا الدور لعلم الفيزياء، فمثلاً، لاختيار فاعلية أنظمة المكابح وأحزمة الأمان والوسائل الهوائية في نوع جيد من السيارات قبل إنتاجه وتسويقه، يتم تعریضها للحادث اصطدام بمحاجز.

وتوضع دمية مكان السائق، تكون مصنوعة من مواد تحاكى تركيب أعضاء جسم الإنسان، ويحصل في الدمية أنواع مختلفة من المجسات في مواقع مختلفة من جسدها، وعلى أعمق مختلفة فيها لقياس تأثير أجزاءها، والقوى المؤثرة فيها عند وقوع اصطدام.

يتوجّ من اصطدام اندفاع

الدمية جهة عجلة القيادة بسبب قصورها الذاتي؛ فتضطدّ بها،

وتوتّر العجلة في الدمية بقوّة في اتجاه اندفاعها.

وبعد تحليل البيانات المستقاة من هذه المجسات يُعرف تأثير

الدمية والقوى المؤثرة في أجزاءها المختلفة. وبناء على هذه النتائج تُدخل تعديلات على تصميم

السيارة، ووسائل الأمان فيها.

الوقود، وإذا أراد أن يُطّلع سرعاً، فإنه يضغط على دواسة المكابح، وإذا أراد تغيير اتجاه سرعاً، فإنه يُؤثر بقوّة في عجلة القيادة.

يمكن تفسير هذه المشاهدات باستخدام القانون الأول لنيوتن Newton's first law، الذي نصه: «الجسم يظل على حالته من حيث السكون أو الحركة بسرعة ثابتة مقداراً واتجاهها ما لم تؤثر فيه قوّة خارجية محصلة تغيّر حالته الحركية».

إذا أمعنا النظر في هذا القانون، فإنه يمكن التوصل إلى ما يأتي:

أ. القوة المحصلة المؤثرة في كل من الجسم الساكن، والجسم المتحرك بسرعة ثابتة مقداراً واتجاهها، تساوي صفرًا، لذا يكون الجسم متزنًا:

$$\sum F = 0$$

وبذلك، فإن:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

ب. الجسم عاجز، أو قاصر عن تغيير حالته الحركية من تقاء نفسه، وإن تغيير هذه الحالة يتطلب تأثير قوّة محصلة في الجسم، لذا يُعرف القانون الأول لنيوتن باسم قانون القصور الذاتي.

✓ **تحقق:** أعتبر بكلماتي الخاصة عن القانون الأول لنيوتن.

القصور الذاتي Inertia

القصور الذاتي Inertia هو ممانعة الجسم لأي تغيير في حالته الحركية؛ فإذا كان الجسم ساكناً أو متحركاً بسرعة متجهة ثابتة، فإنه يظل على حالته ما لم تؤثر فيه قوّة خارجية محصلة.

85

نشاط سريع

القوى المتزنة والقانون الأول لنيوتن.

امسك ميزاناً نابضياً (زنبركيّاً)، ثم علق ثقلًا في نهايته، ثم اطلب إلى الطلبة تحديد القوى المؤثرة في الثقل.

وزن الثقل رأسياً إلى أسفل، وقوة شد الميزان له رأسياً إلى أعلى.

أسأل الطلبة:

● هل محصلة القوى المؤثرة في الثقل

متزن أم لا؟

لماذا؟

لأنه يتحرك بسرعة متجهة ثابتة؛ وبحسب القانون الأول لنيوتن، تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه صفرًا.

تساوي صفرًا أم لا؟

بحسب القانون الأول لنيوتن، فإن

القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا؛ لأنّ الجسم في حالة سكون حرك الميزان والثقل معلق به رأسياً إلى أعلى بسرعة ثابتة تقريباً، ثم أسأل الطلبة:

◀ المناقشة:

القصور الذاتي.

- وُضِّح للطلبة مفهوم القصور الذاتي، بذكر أمثلة من الحياة اليومية، تتضمن مقارنةقوى اللازمة لتحريك أجسام مختلفة أو إيقافها، مثل المقارنة بين مقدار القوة اللازمة لتحريك مقعد بلاستيكي خفيف ومقدار القوة اللازمة لتحريك طاولة خشبية.

مقدار القوة اللازمة لتحريك الطاولة أكبر.

وكذلك المقارنة بين مقدار القوة اللازمة لتحريك كرة القدم ومقدار القوة اللازمة لتحريك كرة تنس.

مقدار القوة اللازمة لتحريك كرة القدم أكبر.

- يُبيّن للطلبة أنه كلما زادت كتلة الجسم زادت القوة اللازمة لتحريكه أو إيقافه.

نشاط للذاتي **القصور الذاتي.**

- ضع قطعة ورق ملساء من الكرتون المقوى على فوهة كأس زجاجية فارغة، ثم ضع قطعة نقد معدنية على منتصف قطعة الورق، ثم انقر قطعة الورق بطرف إصبعك بقوة أفقية، بحيث تسقط بعيداً عن الكأس.

صف ما شاهدته.

سقطت قطعة النقد داخل الكأس الزجاجية، ولم تتحرّك مع قطعة الورق.

فسّر ما شاهدته.

أثّرت القوة أفقياً في قطعة الورق، ولم تؤثّر في قطعة النقد. وبسبب القصور الذاتي لقطعة النقد؛ فإنّها سقطت في الكأس.

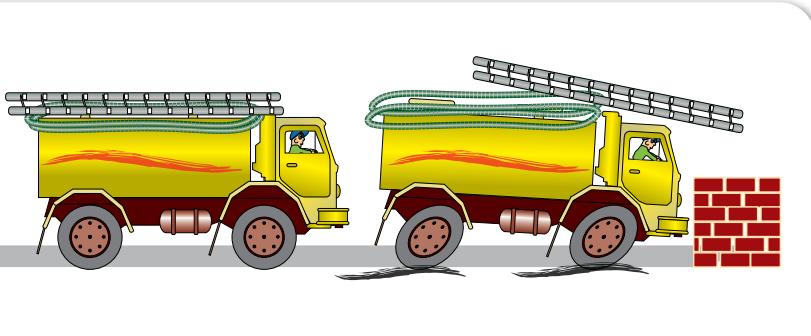
- كرّر التجربة مرة أخرى، ولكن بسحب قطعة الورق أفقياً بسرعة.

صف ما شاهدته.

سقطت قطعة النقد داخل الكأس الزجاجية.

فسّر ما شاهدته.

أثّرت القوة أفقياً في قطعة الورق، ولم تؤثّر في قطعة النقد. وبسبب القصور الذاتي لقطعة النقد؛ فإنّها سقطت في الكأس.



الشكل (5): اندفاع السلم إلى الأمام بسبب القصور الذاتي.

تُعد كتلة الجسم مقياساً لقصوره الذاتي الذي يتاسب طردياً معها، فكلما زادت كتلة الجسم زاد قصوره، ولزم تأثير قوّة محصلة أكبر لتغيير حالته الحركية.

يمكن تفسير كثير من المشاهدات اليومية اعتماداً على القصور الذاتي، مثل: اندفاع السائق والطلبة إلى الأمام عند توقف حافلة المدرسة فجأة، وميلانهم إلى اليمين أو اليسار عند تغيير اتجاه سرعتها، واندفاع الصناديق المحمولة على شاحنة إلى الخلف (أو إلى الأمام) عند اطلاقها بتسارع إلى الأمام (أو توقفها المفاجئ)، لهذا يلزم قانون السير السائقين والركاب باستخدام أحزمة الأمان، ويوجّب على سائقى الشاحنات ربط بضائع شاحناتهم؛ حفاظاً على حياة المواطنين؛ لأنّهم أعلى ما نملك. وبين الشكل (5) ما يحدث عند اصطدام الشاحنة بالحاجز؛ إذ أنه يؤثّر فيها بقوّة، ويعبر سرعتها المتّجهة، في حين يندفع السلم إلى الأمام بالسرعة نفسها قبل التصادم بسبب القصور الذاتي، وعدم تثبيته بالشاحنة. وهذا يُوضّح أهمية تثبيت الحمولة جيداً على المركبات.

✓ **أتحقق:** ما المقصود بالقصور الذاتي؟

86

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والممواد الدراسية

* المهارات الحياتية: الوعي المروري.

أخبر الطلبة أنَّ الوعي المروري يُسهم في تجنب وقوع حوادث المرور.

✓ **أتحقق:**

القصور الذاتي: مانعة الجسم لأيّ تغيير في حالته الحركية.

أَفْخُرْ:

وَجْهُ الْطَّلَبَةِ إِلَى دراسةِ الشَّكْلِ (٦)، ثُمَّ يَبْيَنُ لَهُمْ أَنَّهُ عِنْدَ سَحْبِ مَفْرِشِ السَّفَرَةِ الأَمْلَسِ المَوْضُوعُ عَلَى طَاولَةِ مَلْسَاءِ بِقُوَّةِ أَفْقيَةِ كَبِيرَةٍ؛ فَإِنَّ الْأَطْبَاقَ الَّتِي عَلَى الْمَفْرِشِ تَبْقَى ثَابِتَةً فِي مَكَانِهَا تَقْرِيبًا عَلَى سَطْحِ الطَّاولَةِ؛ بِسَبَبِ قَصْورِهَا الذَّاتِيِّ؛ إِذَاً أَثَرَتْ قَوَّةُ السَّحْبِ فِي الْمَفْرِشِ فَقَطْ، وَلَمْ تُؤْثِرْ فِي الْأَطْبَاقِ.

أَفْخُرْ: في الشكل (٦) تظلُّ أَطْبَاقُ السَّفَرَةِ ثَابِتَةً عَلَى سَطْحِ الطَّاولَةِ عِنْدَ سَحْبِ الْمَفْرِشِ أَفْقيًّا مِنْ أَسْفَلِهَا بِسَرْعَةٍ كَبِيرَةٍ. أَفْسِرُ ذَلِكَ.



الشكل (٦): عِنْدَ سَحْبِ مَفْرِشِ السَّفَرَةِ أَفْقِيًّا بِسَرْعَةٍ كَافِيَّةٍ تَظْلُلُ الْأَطْبَاقُ ثَابِتَةً تَقْرِيبًا عَلَى سَطْحِ الطَّاولَةِ. لِسَلَامِيَّكَ، يُنْصَحُ بِعَدِمِ تَجْرِيبِ ذَلِكَ.

أَبْحَثْ:

القصور الذائي وحزام الأمان:

- وجّه الطلبة إلى البحث في شبكة الإنترنت أو مكتبة المدرسة عن الكلمتين المفتاحتين الآتيتين:
القصور الذائي، حزام الأمان.
- ناقش الطلبة في النتائج التي يتوصّلون إليها.
- اذكر بعض الأمثلة على ذلك، مثل: أهمية ربط الأمعنة التي تحملها الشاحنات، واستعمال السائق ومرافقيه أحزمة الأمان.
- وضح للطلبة أنَّ حزام الأمان يُقلّل من الإصابات الخطيرة المحتملة عند وقوع حادث؛ لذا يوجد تشريع في قانون السير الأردني يُلزم السائقين والركّاب في المقاعد الأمامية بربط أحزمة الأمان؛ حفاظاً على حياتهم.

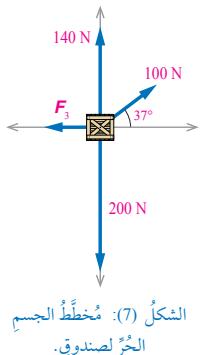
87

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والممواد الدراسية

* التفكير: التحليل.

أخبر الطلبة أنَّ للتّحليل دوراً في الوصول إلى المعرفة، واستكشاف العلاقات بين المفاهيم المختلفة

المثال 1



يتزن صندوق كتلة (20 kg) على سطح أفقى، تحت تأثير أربع قوى متساوية ملائقة، كما في الشكل (7) الذى يبيّن مخطط الجسم الحر للصندوق. أجد:

- مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الصندوق، محدداً اتجاهها.
- مقدار القوة (F_3).

. المعطيات: $(F_1 = 100 \text{ N}, 37^\circ)$, $(F_2 = 140 \text{ N}, 90^\circ)$, $(F_4 = 200 \text{ N}, 270^\circ)$.

$$\text{المطلوب: } F_3 = ?, \sum F = ?$$

الحل:

- الصندوق متزن؛ لذا، فإن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا: $\sum F = 0$

- القوة (F_3)، هي في اتجاه محور (x)؛ لذا، فإن إيجاد مقدارها يتطلب إيجاد مجموع مركبات القوى في اتجاه المحور (x)، ويجب مساوتها بالصفر لأن الصندوق متزن:

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = 0$$

$$F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2 + F_3 \cos \theta_3 + F_4 \cos \theta_4 = 0$$

$$100 \text{ N} \times \cos 37^\circ + 140 \text{ N} \times \cos 90^\circ + F_3 \times \cos 180^\circ + 200 \text{ N} \times \cos 270^\circ = 0$$

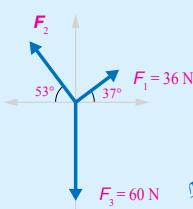
$$100 \times 0.8 + 140 \times 0 + F_3 \times -1 + 200 \times 0 = 0$$

$$80 \text{ N} + 0 - F_3 + 0 = 0$$

$$F_3 = 80 \text{ N}$$

$$F_3 = 80 \text{ N, } 180^\circ$$

لذا، فإن:



يمثل الشكل (8) مخطط الجسم الحر لدببة متزنة، يُؤثر فيها ثلاثة قوى في الاتجاهات المبينة في الشكل. أجد مقدار القوة (F_2).

الشكل (8): مخطط الجسم الحر لدببة متزنة.

88

تمرين

الدببة متزنة؛ لذا تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفرًا. وبتطبيق القانون الثاني لنيوتون في اتجاه المحور x ، فإن:

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2 + F_3 \cos \theta_3 = 0$$

$$36 \text{ N} \times \cos 37^\circ + F_2 \times \cos 127^\circ + 60 \text{ N} \times \cos 270^\circ = 0$$

$$36 \text{ N} \times 0.8 + F_2 \times (-\cos 53^\circ) + 60 \text{ N} \times 0 = 0$$

$$28.8 \text{ N} - F_2 \times 0.6 + 0 = 0$$

$$F_2 = 48 \text{ N}$$

$$F_2 = 48 \text{ N, } 127^\circ$$

في المثال 1، إذا كانت $F_3 = 100 \text{ N, } 180^\circ$ ، ولم تغير مقادير واتجاهات القوى الأخرى المؤثرة في الصندوق، فجد مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الصندوق في اتجاه المحور (x)، محدداً اتجاهها.

الحل:

إيجاد مقدار القوة المحصلة في اتجاه المحور x :

$$\begin{aligned} \sum F_x &= F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} \\ &= F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2 + F_3 \cos \theta_3 + F_4 \cos \theta_4 \\ &= 100 \text{ N} \times \cos 37^\circ + 140 \text{ N} \times \cos 90^\circ + \\ &100 \text{ N} \times \cos 180^\circ + 200 \text{ N} \times \cos 270^\circ \\ &= 100 \times 0.8 + 140 \times 0 + 100 \times -1 \\ &+ 200 \times 0 \\ &= 80 \text{ N} + 0 - 100 \text{ N} + 0 \\ &= -20 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sum F_x = 20 \text{ N, } 180^\circ$$

المناقشة:

- القوة المحصلة والقانون الأول لنيوتون.
- استخدم استراتيجية التفكير الناقد في حل السؤال (4) من أسئلة مراجعة الدرس.
- وزع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إلى أفراد كل مجموعة الحكم على صحة رأي يوسف الموضح في السؤال، عن طريق تحليل رأيه المتعلق بحركة الجسم، وتأثير القوة المحصلة المؤثرة فيه، بناءً على ما تعلّموه في هذا الدرس.
- أدرّ نقاشاً بين أفراد المجموعات للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة.

مراجعة الدرس

1 للتغلب على القصور الذاتي للسائق والركاب؛ إذ إن سرعتهم مُساوية لسرعة السيارة. وعند توقف السيارة فجأة أو تباطئها بمقدار كبير فإنّهم يندفعون بقوة إلى الأمام، فتقلل أحزمة الأمان من اندفاعهم، وتجنّبهم الارتطام بعجلة القيادة، أو الزجاج الأمامي، أو الاندفاع خارج السيارة.

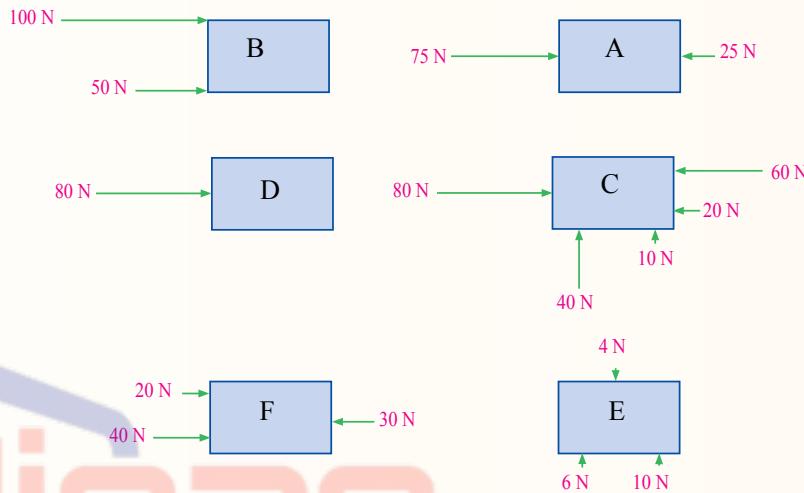
2 القوة المحصلة المؤثرة في السيارة تساوي صفرًا؛ لأنّها تحرّك بسرعة ثابتة (مقدارًا واتجاهًا) على طريق أفقى مستقيم، فيكون مقدار القوة المعاينة المؤثرة في السيارة (6000 N) يعكس اتجاه حركتها.

- 3**
- الجسم A: (50 N) في اتجاه المحور $-x$.
 - الجسم B: (150 N) في اتجاه المحور $-x$.
 - الجسم C: (50 N) في اتجاه المحور $-y$.
 - الجسم D: (80 N) في اتجاه المحور $-x$.
 - الجسم E: (12 N) في اتجاه المحور $-y$.
 - الجسم F: (30 N) في اتجاه المحور $-x$.

4 قول يوسف غير صحيح علميًّا؛ لأنّه بحسب القانون الأول لنيوتن، فإنّ تأثير قوّة محصلة لا تساوي صفرًا في جسم يعني تغيير حالته الحركية، وفي هذه الحالة، لا يتحرّك الجسم بسرعة متوجّهة ثابتة.

مراجعة الدرس

- الفكرة الرئيسية:** لماذا يشتّرطُ قانونُ السير ربطَ حزام الأمان عند ركوب السيارة؟
- أحلل:** تحرّك سيارة بسرعة ثابتة مقدارًا واتجاهًا على طريق أفقى مستقيم. إذا كانت قوّة دفع محركها (6000 N)، فما مقدار القوّة المعاينة المؤثرة في السيارة؟ ما اتجاهها؟
- اطلب:** الأجسام المُبيّنة في الشكل الآتي جميعها سائقة، وهي في حالة اتزان. أجد القوّة الإضافية التي يلزم التأثير بها في كل جسم حتى يتحقق شرط الاتزان، ثم أحدد اتجاه هذه القوّة.



- التفكير الناقد:** في أثناء دراستي وزميلي يوسف لهذا الدرس، قال: "يجب أن تؤثّر قوّة محصلة في الجسم بصورة دائمة لكي يتحرّك بسرعة مُتّجّهة ثابتة". أناقش صحة قول يوسف.

89

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والممواد الدراسية

* التفكير: الأدلة والبراهين

أخبر الطلبة أن تقديم الأدلة والبراهين يعزّز التفكير، وأنّه يتّعّن على الإنسان دعم أفكاره بالأدلة والبراهين التي تضفي طابعه القوّة والمصداقية عليها.

القانون الثاني في الحركة لنيوتن
Newton's Second Law of Motion

يُعَدُّ لنا القانون الأول لنيوتن وصفاً لحالة الجسم الحركية عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه صفراء، من دون أن يُوضَّح كيفية تغيير حالة الجسم الحركية عندما تؤثِّر فيه قوة محصلة لا تساوي صفراء. أمّا قانونه الثاني فقد استكمَّ العلاقة بين القوة والحركة، وذلك بوصف حركة جسمٍ يؤثِّر فيه قوةً محصلة.

يُبيَّنُ الشكل (9) سيارةً يدفعها شخصٌ واحدٌ، في حين يُبيَّنُ الشكل (9/ب) سيارةً يدفعها أكثرُ من شخصٍ. في أيِّ الحالتين تكون القوة المحصلة المؤثرة في السيارة أكبرٌ في التجربة التالية سنتقصي عملياً تأثيرَ كلٍّ من القوة المحصلة المؤثرة في جسم، وكتلة الجسم في تسارعه.



(أ)



(ب)

الشكل (9): القوة المحصلة المؤثرة في السيارة الظاهرة في الصورة (ب) أكبر من تلك المؤثرة في السيارة الظاهرة في الصورة (أ)، لذا، فإنَّ سارِعَها أَكْبَر.

الفكرة الرئيسية:

يعتمد تسارع أيِّ جسم على كتلته، وعلى القوة المحصلة المؤثرة فيه. توجُّد القوى في الطبيعة فقط بصورة أزواج، ولا يُمْكِن أنْ توجُّد منفردة.

نتائجُ التعلم:

- أستقصي القانون الثاني لنيوتن.
- أذْكُرَ نصَّ كُلٍّ منَ القانونين الثاني والثالث لنيوتن.
- أحْدِدُ فُوَّتِي الفعل ورَدُّ الفعل في مجموعةٍ مِنَ الأنظمة.
- أطْبِقُ ما تعلَّمْتُ بِحَلِّ مسائلٍ على قوانين نيوتن في الحركة.

المفاهيم والمصطلحات:

القانون الثاني لنيوتن
.Newton's Second Law
القانون الثالث لنيوتن
.Newton's Third Law

90

المناقشة:

القوة المحصلة والسرعة والتسارع.

اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

- كيف تكون حالة الجسم الحركية عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه صفراء؟
- يكون ساكناً، أو متَّحِرراً بسرعة ثابتة في خط مستقيم، بحسب القانون الأول لنيوتن.
- بحسب القانون الأول لنيوتن، ما الذي يحدث لحالة الجسم الحركية عندما لا تساوي القوة المحصلة المؤثرة فيه صفراء؟
- تتغيَّر حالته الحركية (يتَّحرَّك من السكون، أو تزيد سرعته، أو تتناقص سرعته، أو يتغيَّر اتجاه سرعته، أو يتغيَّر مقدار سرعته واتجاهها معًا).
- بحسب القانون الثاني لنيوتن، ما الذي يحدث لحالة الجسم الحركية عند تأثير قوة محصلة فيه؟
- يكتسب الجسم تسارعاً؛ إذ إنَّ العلاقة بينهما طردية خطية.

القانون الثاني والثالث في الحركة لنيوتن
Newton's Second and Third Laws of Motion

تقديم الدرس

1

◀ الفكرة الرئيسية:
القوة والكتلة والتسارع.

- ذَكَرَ الطلبة بتعريف كُلٍّ مِمَّا يائِيَ:
- القوة، والقوة المحصلة، والكتلة، والتسارع.
- بَيِّنَ للطلبة كيف ترتبط الكتلة والقوة المحصلة بالتسارع، وأنَّ الجسم يتتسارع عندما يتَأثَّر بقوة محصلة، حيث تتغيَّر سرعته المتوجهة؛ أيُّ يتغيَّر مقدار سرعته، أو اتجاهها، أو كلاهُما معاً.

◀ الربط بالمعرفة السابقة:
القوة والحركة.

- ذَكَرَ الطلبة بما تعلَّموه في الوحدة السابقة من وصف الحركة بتسارع ثابت باستخدام علم الكينياتيكا؛ وهو دراسة حركة الأجسام من دون التطرُّق إلى القوى المُسَبِّبة لها.
- أخبر الطلبة أنَّهم سيدرسون اليوم حركة الأجسام بناءً على القوة المُسَبِّبة لهذه الحركة، وأنَّ ذلك يُعرَف بعلم الديناميكا.

التدرِّيس

2

◀ استخدام الصور والأشكال:
القوة المحصلة والتسارع.

ووجه الطلبة إلى دراسة الشكل (9)، ثم اسألهم:

- أيُّ السيارات تؤثِّر فيها قوة محصلة أكبر؟
- السيارة التي في الشكل (9/ب).

كيف عرفت ذلك؟

لأنَّ أكثرَ من شخص يدفعها في الاتجاه نفسه؛ ما يعني أنَّ مقدار القوة المحصلة يساوي مجموع مقادير القوى التي يؤثِّرون بها.

- أيُّ السيارات تغيَّر سرعتها بمقدار أكبر؟
- السيارة التي في الشكل (9/ب).

لماذا؟

لأنَّ مقدار القوة المحصلة المؤثرة فيها أكبر، والسيارة في الشكلين هي نفسها؛ أيُّ إنَّ الكتلة ثابتة، والعلاقة بين مقدار القوة المحصلة ومقدار التسارع علاقة خطية طردية عند ثبات الكتلة.

110

نشاط سريعة القوة المحصلة والتسارع.

- أحضر قارورة ماء فارغة سعتها (L)، ثم املأها ماء، ثم أغلقها، وضعها على سطح أفقى.
- أربط خيطاً حول منتصف القارورة، ثم اسحبه باستخدام ميزان نابضي بقوة مناسبة، واطلب إلى الطلبة ملاحظة كيف يتغير مقدار سرعة القارورة، مدوناً مقدار القوة.
- كرر عملية سحب القارورة بقوة أكبر، واطلب إلى الطلبة ملاحظة كيف يتغير مقدار سرعة القارورة، مدوناً مقدار القوة.

يكون تغير مقدار سرعة القارورة في الحالة الثانية أكبر، فكلما زادت القوة المحصلة المؤثرة في جسم تغيرت سرعته بمقدار أكبر، على أن تكون كتلته ثابتة.

ملحوظة: نبه الطلبة الحالين قربك إلى وجوب ارتداء النظارات الواقية.

استخدام الصور والأشكال:

منحنى (القوة المحصلة - التسارع).

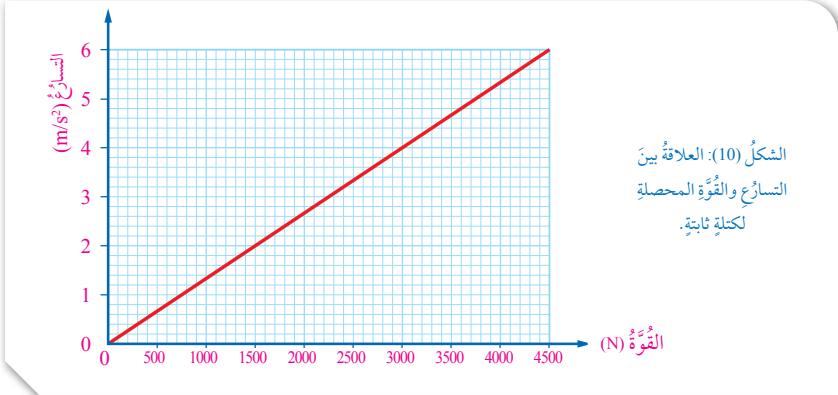
- ووجه الطلبة إلى دراسة الشكل (10)، وملحوظة شكل منحنى (القوة المحصلة - التسارع)، ثم أسألهم:
 - ما الذي تستتجه من شكل المنحنى عن العلاقة بين مقدار القوة المحصلة المؤثرة في جسم ومقدار التسارع الذي يكتسبه؟

علاقة خطية طردية.

- ما الذي يمثله ميل منحنى (القوة المحصلة - التسارع)؟
 - الميل ثابت، وهو يساوي كتلة الجسم في هذه الحالة.

تحقق:

العلاقة بين القوة المحصلة والتسارع طردية؛ إذ يزداد مقدار تسارع جسم ما بزيادة مقدار القوة المحصلة المؤثرة فيه عند ثبات كتلته.



الشكل (10): العلاقة بين التسارع والقوة المحصلة لكتلة ثابتة.

القوة والتسارع Force and Acceleration

تبين لنا بعد تنفيذ التجربة السابقة أنه كلما زادت القوة المحصلة المؤثرة في جسم زاد تسارعه عند ثبات كتلته، أي إن العلاقة بين القوة والتسارع هي علاقة طردية، يعبر عنها رياضياً على النحو الآتي:

$$a \propto \sum F$$

يُبين الشكل (10) العلاقة بين مقدار القوة المحصلة المؤثرة في جسم ومقدار تسارعه عند ثبات كتلته. وبالعودة إلى الشكل (9)، يلاحظ أن القوة المحصلة المؤثرة في السيارة الظاهرة في الصورة (ب) أكبر من تلك المؤثرة في السيارة الظاهرة في الصورة (أ)، لذا، فإن تسارعها أكبر.

تحقق: ما العلاقة بين تسارع جسم والقوة المحصلة المؤثرة فيه عند ثبات كتلته؟

الكتلة والتسارع Mass and Acceleration

تبين من التجربة السابقة أن زيادة كتلة الجسم المتحرك تقلل من تسارعه عند ثبات القوة المحصلة المؤثرة فيه، أي إن تسارع الجسم

92

أخطاء شائعة

القوة المحصلة والسرعة المتجهة والتسارع.

● بين للطلبة أنه إذا أثرت قوة محصلة في جسم، فإنها تسبب تغيراً في سرعته المتجهة (في المقدار، أو الاتجاه، أو كليهما معاً)؛ أي تكسبه تسارعاً. أما إذا تحرك الجسم بسرعة متوجة ثابتة فإن القوة المحصلة المؤثرة فيه تكون صفراء، خلافاً لما يعتقده بعض الطلبة من ضرورة تأثير قوة محصلة في الجسم لكي يتحرك بسرعة متوجة ثابتة.

● لتوضيح ذلك، ضع كرة صلبة ملساء على سطح طاولة أفقى أملس، ثم ادفعها في اتجاه معين، ثم اتركها.

ستحرّك الكرة بسرعة متوجة ثابتة تقريرًا.

● في أثناء حركتها، ادفعها مرة أخرى في اتجاه مختلف.

ستتغير سرعتها المتجهة؛ أي تكتسب تسارعاً.

● أخبر الطلبة أن القوة المحصلة تكتسب الجسم تسارعاً في اتجاهها.

◀ استخدام الصور والأشكال:

منحنى (التسارع - الكتلة).

ووجه الطلبة إلى دراسة الشكل (11)، وملاحظة شكل

المنحنى، ثم أسألهم:

- ما الذي يُمثله شكل منحنى (التسارع - الكتلة)؟

العلاقة العكسية بينها.

ما الذي تستنتجه من هذا المنحنى عن العلاقة بين

مقدار التسارع والكتلة عند ثبات مقدار القوة المحصلة

المؤثرة؟

كلما زادت كتلة الجسم قل مقدار تسارعه عند ثبات

مقدار القوة المحصلة المؤثرة فيه.

◀ المناقشة:

القوة والتسارع.

اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

ما الأسباب التي تؤدي إلى تسارع حركة جسم أو

تباطئها؟

تأثير قوة محصلة فيه.

لا تستبعد أيّاً من إجابات الطلبة، وشجّعهم على طرح

الأسئلة، ونقد إجابات بعضهم، واحترام الرأي الآخر،

مبينًا لهم أنه عندما تؤثّر قوة محصلة في جسم فإنّها تؤدي

إلى تغيير سرعته المتجهة؛ أي تُكسيبه تسارعاً.

حفّز الطلبة إلى مناقشة كيف تكون حركة الجسم إذا

كانت القوة المحصلة المؤثرة فيه صفرًا.

أدّر دفّة الحوار بحيث يتوصّل الطلبة إلى أنَّ الجسم في

هذه الحالة يكون ساكناً، أو مُتحركاً بسرعة متوجّهة

ثابتة.

يتناصُب عكسيًّا مع كتلته عند ثبات القوة المحصلة المؤثرة فيه، ويُعبر عن ذلك رياضيًّا بالعلاقة الآتية:

$$a \propto \frac{1}{m}$$

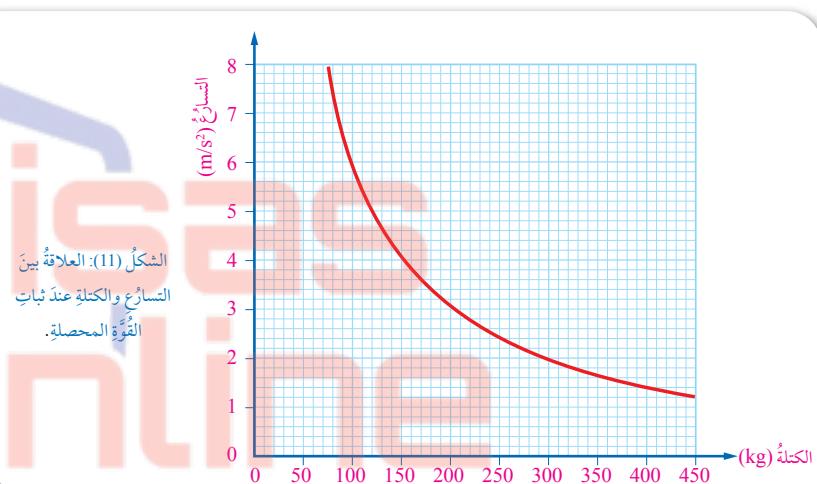
أنظر الشكل (11) الذي يوضّح هذه العلاقة. وللوصول إلى التسارع نفسه عند زيادة الكتلة، فإنه يلزم زيادة القوة المحصلة.

بناءً على ما سبق، يمكن التوصل إلى القانون الثاني لنيوتون Newton's second law طرديًّا مع القوة المحصلة المؤثرة فيه، ويتناصُب عكسيًّا مع كتلته.

ويكون اتجاه التسارع دائمًا في اتجاه القوة المحصلة.

وفي حال بقاء كتلة الجسم ثابتة في أثناء زمن تأثير القوة فيه، فإنه يمكن كتابة القانون الثاني لنيوتون على النحو الآتي:

$$\Sigma F = ma$$



93

نشاط سريع الكتلة والتسارع.

● أحضر قاروري ماء متماثلين فارغتين، سعة كلٍ منها (L).

● املأ إحدى القارورتين ماء حتى منتصفها، واملأ الثانية كلها ماء، ثم أغلقها، وضعها على سطح أفقي.

● أربط خيطاً حول منتصف كلٍ منها، ثم اطلب إلى أحد الطلبة سحب خيط القارورة الأولى باستخدام ميزان نابضي بقوة مناسبة، وفي اللحظة نفسها اطلب إلى آخر سحب خيط القارورة الثانية باستخدام ميزان نابضي آخر بالقوة نفسها.

● اطلب إلى الطلبة ملاحظة كيف يتغيّر مقدار سرعة كلٍ من القارورتين.

يكون تغيّر مقدار سرعة القارورة الأولى أكبر؛ فكلما قلت الكتلة تغير مقدار السرعة بمقدار أكبر؛ أي زاد التسارع عند ثبات القوة المحصلة المؤثرة.

ملحوظة: نبه الطلبة الحالسين قربك إلى وجوب ارتداء النظارات الواقية.

يلزم أيضًا مراعاة وحدات القياس عند تطبيق القانون الثاني لنيوتن؛ إذ تكون (F) بوحدة (N) ، و (a) بوحدة (m/s^2) ، و (m) بوحدة (kg) . وببناءً على هذا القانون، يمكن القول إن: $1 N = 1 kg \cdot m/s^2$.

يُستخدم هذا القانون في تعريف وحدة قياس القوة (N) كما يأتي: "مقدار القوة المحصلة التي يلزم التأثير بها في جسم كتلة $(1 kg)$ لإكسابه تسارعًا مقداره $(1 m/s^2)$ في اتجاهها". وبذلك، فإن القوة المحصلة الأفقية تُكبس الجسم تسارعًا أفقياً، في حين تُكبس القوة المحصلة الرئيسية الجسم تسارعًا رأسياً:

$$\sum F_x = ma_x, \sum F_y = ma_y$$

علمًا بأنه لا بد من رسم مخطط الجسم الحر لتحديد جميع القوى المؤثرة في الجسم.

من الملاحظ أن القانون الأول لنيوتن يُعد حالة خاصةً من قانونه الثاني؛ فإذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم صفرًا، فإن تسارعه أيضًا يكون صفرًا، وعندئذ يكون الجسم ساكنًا أو متتحركًا بسرعة ثابتة مقدارًا واتجاهًا؛ أي يكون متزنًا:

$$\sum F = 0, a = 0$$

تحقق: ما العلاقة بين تسارع جسم وكتلته عند ثبات القوة المحصلة المؤثرة فيه؟



توجد حالات تغير فيها كتلة الجسم في أثناء مدة تأثير القوة فيه، منها تغير كتلة الصواريخ المستخدمة في إطلاق الأقمار الصناعية نتيجة استهلاك الوقود. وتلزم لتلك الحالات استخدام علاقة (صيغة أخرى للقانون الثاني لنيوتن)، تتضمن تغيير الكتلة.

94

الفيزياء والفالك

إحياء للمعلم

تطبيق قوانين نيوتن في أوضاع واقعية.

تعتمد حركة أي جسم على القوة المحصلة المؤثرة فيه. وعند تطبيق قوانين نيوتن في أوضاع واقعية، مثل عمليات إطلاق الصواريخ والمركبات الفضائية، فإن ذلك يتطلب إجراء حسابات معقدة. وهذا ما يقوم به المهندسون المتخصصون في وكالات الفضاء. ومن هذه الأوضاع المعقّدة تغيير كتلة الصاروخ باستمرار؛ نتيجة احتراق الوقود الموجود داخله، ونفثه إلى الخارج. وهذا يؤدي إلى تغيير مقدار تسارع الصاروخ باستمرار. ولهذا يقلّ معدل الاحتراق في المحرك، لكيلا يكون التسارع كبيراً جدًا.

وهذه الصيغة العامة للقانون الثاني لنيوتن:

$$F = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t} = \frac{m_2 v_2 - m_1 v_1}{t_2 - t_1}$$

حيث تكون القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما مُتساوية للمعدل الزمني للتغير في زخمه. وعند ثبات كتلة الجسم تتحصّل الصيغة المألوفة للقانون الثاني لنيوتن:

$$F = ma$$

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والممواد الدراسية

* التفكير: التأمل والتساؤل.

أخبر الطلبة أن التأمل والتساؤل يؤثّران إيجاباً في قدرتهم على التركيز والاستيعاب.

تحقق:

يتناصف تسارع الجسم تناسب عكسيًا مع كتلته عند ثبات القوة المحصلة المؤثرة فيه.

المثال 2

أجد القوة المحصلة التي يلزم التأثير بها في صندوق كتلته (20 kg) لإكسابه تسارعاً أفقياً مقداره (2 m/s²) جهة اليمين.

المعطيات: $m = 20 \text{ kg}$, $a = 2 \text{ m/s}^2$, $+x$

المطلوب: $\sum F_x = ?$

الحل:

لإيجاد القوة المحصلة التي يلزم التأثير بها في الصندوق لكي يتحرك وفق التسارع المطلوب، يستخدم القانون الثاني لنيوتون في اتجاه المحور (x):

$$\begin{aligned}\sum F_x &= ma_x \\ &= 20 \times 2 = 40 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\sum F_x = 40 \text{ N}, +x$$

المثال 3

تعطلت سيارة كتلتها (800 kg)، فسحبّتها شاحنة قطّر على طريق أفقى مستقيم، بقوة أفقية مقدارها N 1000 جهة اليمين. إذا كانت قوّة الاحتكاك المؤثرة في السيارة N 400 جهة اليسار، فأجد:

أ. القوة المحصلة المؤثرة في السيارة في الاتجاه الأفقي.

ب. تسارع السيارة الأفقي.

ج. السرعة المُتّجدة للسيارة بعد مرور (10 s) من بدء سحبها.

المعطيات: الرمز إلى قوّة السحب بالرمز F_1 , والرمز إلى قوّة الاحتكاك بالرمز f :

$$m = 800 \text{ kg}, F_1 = 1000 \text{ N}, 0^\circ, f = 400 \text{ N}, 180^\circ, t = 10 \text{ s}, v_i = 0 \text{ m/s}$$

المطلوب: $\sum F = ?, a_x = ?, v_2 = ?$

95

مثال إضافي

في المثال 3، إذا أصبح مقدار قوة الاحتكاك المؤثرة في السيارة (200 N)، ولم يتغير مقدار قوة السحب واتجاهها، فجد مقدار تسارع السيارة الأفقي، محدداً اتجاهه.

الحل:

لإيجاد تسارع السيارة الأفقي، يجب إيجاد بداية القوة المحصلة في اتجاه المحور x :

$$\begin{aligned}\sum F_x &= F_1 - f \\ &= 1000 - 200 \\ &= 800 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\sum F_x = 800 \text{ N}, +x$$

ثم إيجاد تسارع السيارة الأفقي:

$$\begin{aligned}a_x &= \frac{\sum F_x}{m} \\ &= \frac{800}{800} \\ &= 1.0 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

$$a_x = 1.0 \text{ m/s}^2, +x$$

المناقشة:

القوة المحصلة والتسارع.

اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

ما العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة في جسم والتسارع الذي يكتسبه؟

علاقة خطية طردية.

ماذا يساوي ناتج قسمة القوة المحصلة المؤثرة في جسم على تسارعه؟

كتلة الجسم.

◀ بناء المفهوم:

القانون الثاني لنيوتون.

اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

- علام ينص القانون الثاني لنيوتون؟

يتناسب تسارع الجسم طردياً مع القوة المحصلة المؤثرة فيه، وعكسياً مع كتلته.

- في أي اتجاه يكون تسارع الجسم؟

في اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيه.

إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم متحركاً صفراء، فما مقدار تسارعه؟

صفر.

- ما مقدار سرعته؟

سرعته ثابتة مقداراً واتجاهها.

إذا تضاعف مقدار القوة المحصلة المؤثرة في جسم كتلته ثابتة، فما الذي يحدث لمقدار تسارعه؟

يتضاعف.

إذا تضاعفت كتلة جسم مع ثبات مقدار القوة المحصلة،

فما الذي يحدث لمقدار تسارعه؟

يقل إلى النصف.

◀ بناء المفهوم:

القوة المحصلة، والسرعة المتجهة، والتسارع.

راجع الطلبة في تعريف كل من القوة المحصلة، والسرعة المتجهة، والتسارع، مبينا لهم أن وجود قوة محصلة مؤثرة في الجسم يعني أنه يتسارع. أمّا عندما تصبح القوة المحصلة المؤثرة فيه صفراء فإنه لا يتسارع، بل يكون ساكناً، أو متحركاً بسرعة متوجهة ثابتة، ويستمر في حركته هذه ما لم تؤثر فيه قوة محصلة.

لتمرين

أ - بما أن القوة المحصلة هي في اتجاه المحور x^+ ، فإن التسارع يكون في اتجاه المحور نفسه:

$$a_x = \frac{\sum F_y}{m}$$

$$= \frac{100}{20}$$

$$= 5 \text{ m/s}^2$$

$$a_x = 5 \text{ m/s}^2, +x$$

$$v_2 = v_1 + a t$$

$$= 0 + 5 \times 5$$

$$v_2 = 25 \text{ m/s}, +x$$

$$d = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$= 0 \times 5 + \frac{1}{2} \times 5 \times (5)^2 = 62.5 \text{ m}$$

$$d = 62.5 \text{ m}, +x$$

ب -

ج -

$$\sum F_x = F_1 - f$$

$$= 1000 - 400$$

$$= 600 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 600 \text{ N}, +x$$

$$a_x = \frac{\sum F_x}{m}$$

$$= \frac{600}{800}$$

$$= 0.75 \text{ m/s}^2$$

$$a_x = 0.75 \text{ m/s}^2, +x$$

ب . تسارع السيارة الأفقي:

ج . لإيجاد السرعة المتجهة للسيارة بعد مرور (10 s) من بدء سحبها، تُستخدم المعادلة الآتية لحركة:

$$v_2 = v_1 + a_x t$$

$$= 0 + 0.75 \times 10$$

$$= 7.5 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 7.5 \text{ m/s}, +x$$

لتمرين

أثرت قوة محصلة أفقية مقدارها (100 N) باتجاه اليمين في صندوق كتلته (20 kg)، وهو مستقر على سطح أفقى أملس. أجد:

أ . تسارع الصندوق.

ب . السرعة المتجهة للصندوق بعد مرور (5 s) من بدء حركته.

ج . الإزاحة التي يقطعها الصندوق بعد مرور (5 s) من بدء حركته.

96

◀ بناء المفهوم:

القانون الثاني لنيوتون.

اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

- علام ينص القانون الثاني لنيوتون؟

يتنااسب تسارع الجسم طردياً مع القوة المحصلة المؤثرة فيه، وعكسياً مع كتلته.

- في أي اتجاه يكون تسارع الجسم؟

في اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيه.

إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم متحركاً صفراء، فما مقدار تسارعه؟

صفر.

- ما مقدار سرعته؟

سرعته ثابتة مقداراً واتجاهها.

إذا تضاعف مقدار القوة المحصلة المؤثرة في جسم كتلته ثابتة، فما الذي يحدث لمقدار تسارعه؟

يتضاعف.

إذا تضاعفت كتلة جسم مع ثبات مقدار القوة المحصلة،

فما الذي يحدث لمقدار تسارعه؟

يقل إلى النصف.

◀ بناء المفهوم:

القوة المحصلة، والسرعة المتجهة، والتسارع.

راجع الطلبة في تعريف كل من القوة المحصلة، والسرعة المتجهة، والتسارع، مبينا لهم أن وجود قوة محصلة مؤثرة في الجسم يعني أنه يتسارع. أمّا عندما تصبح القوة المحصلة المؤثرة فيه صفراء فإنه لا يتسارع، بل يكون ساكناً، أو متحركاً بسرعة متوجهة ثابتة، ويستمر في حركته هذه ما لم تؤثر فيه قوة محصلة.

◀ استخدام الصور والأشكال:

الفعل ورد الفعل.

- وجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (13)، مُبيّناً لهم أنَّ القطب الشمالي للمغناطيس (A) يجذب القطب الجنوبي للمغناطيس (B) بقوة تجاذب تساوي (F_{AB})، وأنَّ القطب الجنوبي للمغناطيس (B) يجذب - في الوقت نفسه - القطب الشمالي للمغناطيس (A) بقوة (F_{BA})، وأنَّ هاتين القوتين تكونان متساوietan في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، وأنَّ إحداهمَا تُسمى فعلًا، والأُخرى تُسمى رد فعل، وأنَّ $F_{AB} = -F_{BA}$.

◀ المناقشة:

القانون الثالث لنيوتن.

أسأل الطلبة:

- علام ينص القانون الثالث لنيوتن؟
لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار، ويعاكس له في الاتجاه، أو: تظهر جميع القوى في صورة أزواج، ويتُؤثِّر قوتا كل زوجين في جسمين مختلفين، وهما متساوietan في المقدار، ومتعاكستان في الاتجاه.

- هل تساوي محصلة زوجي التأثير المتبادل صفرًا؟ لا.

لماذا؟

- لأنَّ زوجي التأثير المتبادل يتُؤثِّران في جسمين مختلفين، ولا يتُؤثِّران في الجسم نفسه؛ لذا لا يمكن حساب محصلتها.



الشكل (12): يندفع الهواء من فوهة البالون جهة اليسار، في حين يندفع البالون جهة اليمين.

القانون الثالث في الحركة لنيوتن Newton's Third Law of Motion

وصف لنا القانون الأول لنيوتن الحالة الحركية لجسم ما عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه صفرًا، في حين قلَّم لنا قانونه الثاني تفسيرًا الكيفية تغيير تسارُع جسم عندما تُؤثِّر فيه قُوَّة محصلة. أمَّا قانونه الثالث فيدرُس طبيعة القوى المتبادلة بين الأشياء.

عند إفلاط بالون منفوخ كما في الشكل (12)، يندفع الهواء من فوهة إلى اليسار، في حين يندفع باللون في الاتجاه المعاكس (إلى اليمين). وعند تعرِّيف مغناطيسين، فإنَّ كلاً مِنْهما يسحب الآخر، أو يدفعه بقوَّة مجاَلٍ. وعندما أستند إلى أحد الجدران، فإنَّ جسمي يُؤثِّر بقوَّة تلامسٍ في الجدار، ويُؤثِّر الجدار بقوَّة تلامسٍ في جسمي.

لتفسير هذه المشاهدات، يجب دراسة القانون الثالث لنيوتن Newton's third law، الذي نصُّه:

"إذا تفاعل جسمان (A) و (B)، فإنَّ القُوَّة التي يؤثِّر بها الجسم (A) في الجسم (B) تساوي القُوَّة التي يؤثِّر بها الجسم (B) في الجسم (A) من حيث المقدار، وتُعاكِسها في الاتجاه".

لتعرِّف ما يحدُث عند تعرِّيف القطب الشمالي للمغناطيس إلى القطب الجنوبي للمغناطيس آخر استنادًا إلى القانون الثالث لنيوتن، أنظر الشكل (13)؛ إذ يلاحظُ منْ هذا الشكل أنَّ القطب الشمالي للمغناطيس (A) يُؤثِّر بقوَّة تجاذب (F_{AB}) في القطب الجنوبي للمغناطيس (B)، وأنَّ القطب الجنوبي للمغناطيس (B) يُؤثِّر - في اللحظة نفسها - بقوَّة تجاذب (F_{BA}) في القطب الشمالي للمغناطيس (A)، وأنَّ هاتين القوتين تساويان في المقدار، وتعاكسان في الاتجاه،

الشكل (13): قوَّة الفعل ورد الفعل (أو زوج التأثير المتبادل) متساوietan في المقدار، وتعاكستان في الاتجاه.

97

نشاط سريعة الفعل ورد الفعل.

ثبتت مغناطيسين متماثلين على قطعتي بوليستر متماثلتين بشرط لاصق، ثم املأ حوضاً صغيراً بالماء. بعد ذلك ضع قطعتي البوليستر على سطح الماء بحيث تتحرَّكان بحرية، ثم قرب القطعتين معًا بحيث يتقابل القطبان الشماليان للمغناطيسين، ملاحظاً ما يحدث. تتحرَّك القطعتان بعيداً عن بعضها.

لماذا؟

نتيجة لخدوث تناقض بين قطبي المغناطيسين؛ إذ يُؤثِّر كلُّ منها في الآخر بقوَّة تناقض، ويتُؤثِّر هاتان القوتان في الاتجاهين مُتعاكسين.

اجعلقطبين المختلفين للمغناطيسين يتقابلان، ملاحظاً ما يحدث. تتحرَّك قطعتنا البوليستر في اتجاه بعضها.

لماذا؟

نتيجة لخدوث تجاذب بين قطبي المغناطيس؛ إذ يُؤثِّر كلُّ منها في الآخر بقوَّة تجاذب، ويتُؤثِّر هاتان القوتان في الاتجاهين مُتعاكسين.

وضَّح للطلبة أنَّ هاتين القوتين متساوietan مقداراً، بمشاهدة أنَّ مقداري سرعتي حركة القطعتين متساوietan.

أتحقق: ✓

إذا تفاعل الجسمان (A) و (B)، فإنَّ القوة التي يؤثِّر بها الجسم (A) في الجسم (B) تساوي في المقدار، وتعاكِس في الاتجاه، القوة التي يؤثِّر بها الجسم (B) في الجسم (A). أو: لكل فعل رد فعل، مساوٍ له في المقدار، ويعاكِس له في الاتجاه.

أتحقق: علام ينصُّ القانون الثالث لنيوتون؟ ✓

وجود القوى في الطبيعة في صورة أزواج

Forces Always Occur in Pairs

يُلاحظُ من القانون الثالث لنيوتون أنَّ القوى دائِمًا توجُّدُ في صورة أزواج (أي فعل، ورد فعل)، وأنَّها لا توجُّدُ منفردةً. لتوضيح ذلك، انظر الشكل (14) الذي يبيِّنُ قوَّتي الفعل ورد الفعل لحظة تلامُسِ قدم اللاعب (A)، وكرة القدم (B).

عند ملامسة قدم اللاعب للكرة، فإنه يؤثِّر فيها بقوَّة (F_{AB}) في الاتجاه الموضَّح في الشكل. وفي اللحظة نفسها، تؤثِّر الكرة في قدم اللاعب بقوَّة (F_{BA}). تكون مساوية في المقدار لقوَّة (F_{AB})، لكنَّها معاكِسة لها في الاتجاه. تعرُّف هاتان القوتان أيضًا باسم زوجي التأثير المُبادل، حيث:

$$F_{AB} = -F_{BA}$$

أتحقق: هل يُمكنُ أن توجَّدُ قوَّةً منفردةً؟ أفسِّرُ إجابتي. ✓



الشكل (14): قوَّتا الفعل ورد الفعل لحظة تلامُسِ قدم اللاعب وكمة قدم.

التعرِيز: ◀

- يساعد رسم مُخطَّط الجسم الحر الطلبة على استنتاج أنَّ الفعل يؤثِّر في جسم، وأنَّ رد الفعل يؤثِّر في جسم آخر.

- رسم عِدة أشكال على اللوح تتضمَّن وجود قوى تأثير متبادل، ثم اطلب إلى كل طالب تحديد زوجي التأثير المتبادل برسم مُخطَّط الجسم الحر لكل منها.

أتحقق: ✓

لا، القوى دائِمًا توجُّدُ في صورة زوجين؛ فعل ورد فعل، ولا توجُّد قوَّةً منفردةً.

98

أخطاء شائعة

الفعل ورد الفعل متزامنان.

قد يعتقد بعض الطلبة خطأً أنَّ الفعل يسبق رد الفعل؛ لذا وضح لهم أنَّ قوَّتي الفعل ورد الفعل متزامنان، ومتساويتان في المقدار. فالمناظر يبيان في الشكل (13) يجذب كلُّ منهما الآخر في اللحظة نفسها، والشكل (14) يُظهر لحظة ملامسة قدم اللاعب للكرة، وتتأثر كُلُّ منهما في الأخرى بقوَّة في اللحظة نفسها.

تحقق:

لا؛ لأنَّ قوى الفعل ورد الفعل تؤثِّران في جسمين مختلفين، ولا تؤثِّران في الجسم نفسه؛ لذا لا تُحسب مخلصتها، وإنَّما تُحسب القوة المخلصلة للقوى عندما تؤثِّر في الجسم نفسه.

بناء المفهوم:

زوجاً التأثير المتبادل.

- ارسم على اللوح طاولة، ثم ارسم كرة فوقها.

● اطلب إلى كل طالب رسم مُخطَّط الجسم الحر للكرة، ثم رسم مُخطَّط الجسم الحر للطاولة.

● الفت انتباه الطلبة إلى أنَّ الكرة في رسوماتهم يجب أنْ يُؤثِّر فيها أحد زوجي التأثير المتبادل، في حين يُؤثِّر الزوج الآخر في الطاولة؛ أيُّ أنَّ الفعل ورد الفعل لا يُؤثِّران في الجسم نفسه.

المناقشة:

الفعل ورد الفعل.

اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

- أيُّهما ينشأ أو لاً: الفعل أم رد الفعل؟

● ما المقصود بأنَّ الفعل ورد الفعل متجلسان؟

يُقصد بذلك أنَّ هما الطبيعة نفسها.

● إذا كان الفعل قوة كهربائية، فهل يُمكن أن يكون رد الفعل قوة مغناطيسية؟

لا.

لماذا؟

لأنَّ الفعل ورد الفعل متجلسان.

إنتهاء للمعلم

قوتا الفعل ورد الفعل.

لتطبيق القانون الثالث لنيوتون، يجب أن يوجد تفاعل متبادل بين جسمين، خلافاً للقانونين الأول والثاني لنيوتون اللذين يطبقان على جسم منفرد؛ لذا لا يمكن تطبيق القانون الثالث لنيوتون على جسم منفرد.

تحقق:

أيُّ إنَّ هما الطبيعة نفسها؛ فإذا كان الفعل قوة جذب، فإنَّ رد الفعل يكون قوة جذب. وإذا كان الفعل قوة كهربائية، فإنَّ رد الفعل يكون قوة كهربائية، وهكذا.

ال فعل ورد الفعل متجلسان

Action and Reaction Forces are of the Same Type

يُلاحظُ من الأمثلة السابقة أنَّ الفعل ورد الفعل متجلسان؛ أيُّ إنَّ لهما الطبيعة نفسها. فإذا كانَ الفعل قُوَّةً جذبٍ كانَ رد الفعل أيضاً قُوَّةً جذبٍ، وإذا كانَ الفعل قُوَّةً كهربائيةً كانَ رد الفعل أيضاً قُوَّةً كهربائيةً، وهكذا. وبالمثل، إذا كانَ الفعل قُوَّةً تلامسٍ أو قُوَّةً مجالٍ كانَ رد الفعل أيضاً قُوَّةً تلامسٍ أو قُوَّةً مجالٍ.

تحقق: ماذا نعني بقولنا: "إنَّ قُوَّةَ الفعل ورد الفعل متجلسان"؟

100

مراجعة الدرس

1. يتناسب تسارع أي جسم طردياً مع القوة المحصلة المؤثرة فيه، ويتناسب عكسياً مع كتلته. وتوجد القوى في الطبيعة في صورة أزواج، ولا يمكن أن توجد قوة منفردة.

- 2.**
- الصور الذاتي للشاحنة أكبر.
 - الصور الذاتي لكره القدم أكبر.
 - لهم الصور الذاتي نفسه.

$$\begin{aligned}\sum F &= ma \\ &= 40 \times 2 \\ &= 80 \text{ N} \\ \sum F &= 80 \text{ N, +x}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= \frac{\sum F}{m} \\ &= \frac{80}{60} \\ &= \frac{4}{3} \text{ m/s}^2 \\ a &= \frac{4}{3} \text{ m/s}^2, +x\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F &= ma \\ &= 60 \times 2 \\ &= 120 \text{ N} \\ \sum F &= 120 \text{ N, +x}\end{aligned}$$

د. مقدار القوة المحصلة في الفرع (ج) أكبر منه في الفرع (أ)، فكلما زادت كتلة الجسم زادت القوة اللازمة لإكسابه تسارعاً معيناً.

3.**ب.****ج.**

1. **الفكرة الرئيسية:** عالم يعتمد تسارع أي جسم؟ هل يمكن أن توجد قوة منفردة في الطبيعة؟

2. **أصنف:** لكل زوج مما يأتي، أحداً يليهما قصور الذاتي أكبر:

أ. سيارة صغيرة، وشاحنة.

ب. كرة قدم، وكرة تنس طاولة.

ج. كرة تنس، وحجر لعماما الكتل نفسها.

3. **استخدم المتغيرات:** دفع زيد عربة تسويق كتلتها (40 kg)، فتسارع بمقدار (2 m/s^2) جهة اليمين على أرضية أفقية ملساء:

أ. **احسب** مقدار القوة المحصلة المؤثرة في العربة، ثم أحد اتجاهها.

ب. أجد تسارع عربة ثانية كتلتها (60 kg)، وقد أثمرت فيها القوة المحصلة السابقة نفسها.

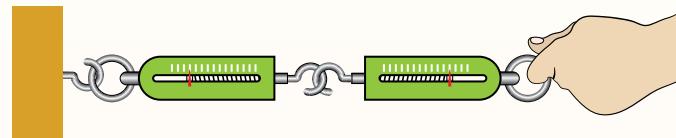
ج. أجد مقدار القوة المحصلة التي يلزم تأثيرها في العربة الثانية لإكسابها نفس تسارع العربة الأولى.

د. **اقارن** بين مقدار القوة المحصلة في الفرع (أ)، والفرع (ج). ماذا تستنتج؟

4. **التفكير الابتكاري:** أفكّر في تحريرية أثبت فيها أن قوة الفعل وقوّة رد الفعل متساويان في المقدار، ومتواضتين في الاتجاه.

101

4. ثبت ميزاناً نابضياً كما هو موضح في الشكل، ثم علق خطافه بخطاف ميزان آخر.



اسحب الميزان الثاني بقوة أفقية جهة اليمين مثلاً، فيؤثر الميزان الأول بقوة جهة اليسار، ملاحظاً قراءتي الميزانين.

غير مقدار قوة سحبك للميزان الثاني، ملاحظاً -في أثناء ذلك- قراءة الميزان الأول. ستتجدد أحدهما متساوين في جميع الحالات.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الابتكار.**

أخبر الطلبة أنَّ الابتكار يتتجاوز أساساً كل ما هو تقليدي، وأنَّه يوجد وسائل جديدة للوصول إلى التائج المنشودة.

الإثراء والتتوسع

الفيزياء والحياة

الإثراء والتتوسع

تُستخدم أحزمة الأمان في السيارة لحماية السائق والركاب، والحد من تعرّضهم للإصابات الخطيرة في حال التوقف المفاجئ، أو التناقض الكبير في سرعة السيارة، أو تغيير اتجاهها عند المتعطلات؛ إذ يعمل حزام الأمان على ثبيت الشخص في كرسيه، ويحول دون اندفاعه إلى الأمام، مانعاً ارتطامه بعجلة القيادة، أو الزجاج الأمامي؛ فالراكب في السيارة يتسبّب سرعة السيارة نفسها. وفي حال عدم استخدامه حزام الأمان، فإنه يندفع إلى الأمام عندما تباطأ السيارة، نتيجةً لقصوره الذاتي.

يعتمد مبدأ عمل حزام الأمان على القصور الذاتي أيضاً. ويوضّح الشكل المجاور أحد أنواع أحزمة الأمان؛ ففي الأحوال العاديّة، يدور الترس بحرية في الاتجاهين حول البكرة المزوّدة بنابض؛ ما يسمح بحركة الحزام، ثم بحرية الحركة للشخص. وفي حال حدث تغيير مفاجئ في السرعة الشّديدة للسيارة (وقوع حادث مثلاً)، فإنّ السيارة تباطأ بصورة كبيرة؛ ما يسبّب اندفاع كتلة كبيرة موجودة أسفل الكرسي إلى الأمام خلال مجرّى خاص لها؛ بسبب قصورها الذاتي؛ ما يؤدي إلى دوران الساق الفلزية حول محورها، ثم ثبيت أسنان الترس، ومنع دورانه، وهو ما يؤدي إلى ثبيت حزام الأمان، ثم ثبيت السائق في مكانه.

أولاً مستعيناً بمصادر المعرفة المناسبة، أيّح عن مزايا استخدام حزام الأمان، ومخاطر عدم الالتزام به في أثناء سير المركبة، ثم أكتب تقريراً عن ذلك، ثم أفرأه أمام زملائي في غرفة الصف.



الساق الفلزية تمنع دوران الترس، وثبت حزام الأمان عند وقوع حادث، أو عند تباطؤ السيارة بصورة كبيرة.

102

نشاط مزايا حزام الأمان وعيوبه.

اطلب إلى الطلبة استقصاء ما يأتي:

• مزايا حزام الأمان، ومنها:

منع ارتطام جسم السائق بعجلة القيادة، أو ارتطامه وجسم الراكب الذي بجانبه بالأجزاء الأمامية من غرفة السيارة، أو اندفاعهما خارج السيارة،

• عيوب حزام الأمان، ومنها:

إصابة الرقبة، وأجزاء المعدة، والقفص الصدري، والكتفين، وبخاصة عند استعمال حزام الأمان بصورة غير صحيحة،

• الطائق الصحيحة لاستعمال حزام الأمان، ومنها:

مراجعة أن يكون الجزء العلوي من الحزام بعيداً عن الرقبة، وقريباً من متصرف القفص الصدري، وعدم وضعه خلف الظهر أو وراء الكتف مباشرة، وأن يكون الجزء السفلي منه أسفل البطن.

الفيزياء والحياة

المقدمة:

- تعرّف مبدأ عمل حزام الأمان.
- استنتاج أهمية ربط حزام الأمان.

الإجراءات والتوجيهات:

- وزّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إلى أفراد كل مجموعة قراءة فقرة (الإثراء والتتوسع)، ثم مناقشتها في ما بينهم.

اطرح على أفراد المجموعات الأسئلة الآتية:

- لماذا يستخدم حزام الأمان في السيارة؟
- لحماية السائق والركاب، والحد من تعرّضهم للإصابات الخطيرة في حال التوقف المفاجئ، أو وقوع حادث.

- علام يعتمد مبدأ عمل حزام الأمان؟
- يعتمد على القصور الذاتي.

- ما المقصود بالقصور الذاتي؟

مانعة الجسم لأيّ تغيير في حالته الحركية.

- هل تستخدم حزام الأمان عندما تركب سيارة؟
- ستتنوع إجابات الطلبة، وتتعدد.

- هل ستستخدم حزام الأمان بعد أن تعرّفت مزاياه وأهميته؟
- ستتنوع إجابات الطلبة، وتتعدد.

إجابة محتملة:

نعم.

١ - جـ. صفر.

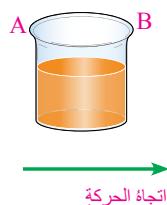
٢ - بـ . إكساب جسم كتلته (4 kg) تسارعاً مقداره (3 m/s^2).

٣ - جـ . فإن العصير ينسكب من الجهة (B).

٤ - دـ . القصور الذاتي.

٥ - جـ. يقل بمقدار النصف.

٦ - بـ. مقدار قوتك.



١. أضف دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

١. تتحرك سيارة على طريق أفقى مستقيم بسرعة متجهة ثابتة مقدارها

(90 km/h) شمالاً. الفوّة المحصلة المؤثرة في السيارة هي:

- أـ . في اتجاه الشمال.
- بـ . في اتجاه الجنوب.
- جـ . صفر.
- دـ . في اتجاه الشرق.

٢. أحد الحالات الآتية تتطلب تأثير فوّة محصلة أكبر:

أـ . إكسابُ جسمٍ كتلته (2 kg) تسارعاً مقداره (5 m/s^2)

بـ . إكسابُ جسمٍ كتلته (4 kg) تسارعاً مقداره (3 m/s^2)

جـ . إكسابُ جسمٍ كتلته (6 kg) تسارعاً مقداره (1.5 m/s^2)

دـ . إكسابُ جسمٍ كتلته (8 kg) تسارعاً مقداره (1 m/s^2)

٣. تجلس فرخ في سيارة تتحرك على طريق أفقى بسرعة متجهة ثابتة في اتجاه المحور (+x)، وتمسّك بيدها كوبًا فيه عصير، أنظر الشكل المجاور. إذا ضغط الساق فجأة على المكابح:

أـ . فإن العصير ينسكبُ من الجهة (A).

بـ . فإن سطح العصير في الكوب يبقى مستوياً.

جـ . فإن العصير ينسكبُ من الجهة (B).

دـ . فلا يمكن تحديد جهة انسكاب العصير.

٤. تسمى مانعة الجسم لأى تغيير في حالته الحركية:

أـ . السرعة المتجهة.

بـ . الفوّة المحصلة.

جـ . القانون الثالث لنيوتون.

دـ . القصور الذاتي.

٥. عند نقصان مقدار الفوّة المحصلة المؤثرة في جسم إلى النصف، مع ثبات كتلته، فإن مقدار تسارعه:

أـ . يتضاعفُ مرئياً.

بـ . يتضاعفُ أربع مرات.

جـ . يقل بمقدار النصف.

دـ . لا توجد علاقة بينهما.

٦. عندما تدفعُ جداراً بفوّة معينة، فإنَّ الجدار يدفعُك بفوّة معاكسة في الاتجاه، مقدارُها يساوي:

أـ . ضعفَ مقدار قوتك.

بـ . مقدار قوتك.

جـ . نصفَ مقدار قوتك.

دـ . صفرًا.

7. تتحرّك سيارة بسرعة مُثبّطة ثابتة على طريقٍ أفقيٍّ، وفجأة توقفتِ السيارة، فاندفع سائقُها إلى الأمام. يُعزى سبب اندفاع السائق إلى:

- أ . تأثير قوّة فيه باتجاه الحركة نفسها.
- ب . القصور الذاتي للسائق.
- ج . القانون الثالث لنيوتون.
- د . تأثير قوّة فيه عمودية على اتجاه الحركة.

8. من خصائص الجسم التي قد تتغيّر عند تأثير قوّة محصلة فيه:

- أ . مقدار السرعة، والكتلة، واتجاه الحركة.
- ب . الشكل، والكتلة، ومقدار السرعة.
- ج . مقدار السرعة، والشكل، والكتافة.
- د . مقدار السرعة، والشكل، واتجاه الحركة.

9. وحدة قياس القوّة هي:

- أ . kg .
- ب . N.s .
- ج . N .
- د . m/s² .

10. بحسب القانون الثاني لنيوتون، يكون اتجاه التسارع دائمًا:

- أ . في اتجاه الإزاحة.
- ب . في اتجاه السرعة المُتّجدة الافتتاحية.
- ج . في اتجاه السرعة المُتّجدة النهائية.
- د . في اتجاه القوّة المحصلة.

11. القصور الذاتي للجسم يُسبّب:

- أ . تسارعه.
- ب . تباطؤه.
- ج . مقاومة لأي تغيير في حركته.
- د . تغيير اتجاه حركته.

12. إذا كانت كُلُّ الأجسام المُوضَّحة في الشكل المجاور متساوية، فإنَّ أفقًاًها تسارُعاً من حيث المقدار هو:

- أ . (A) .
- ب . (B) .
- ج . (C) .
- د . (D) .

7- ب. القصور الذاتي للسائق.

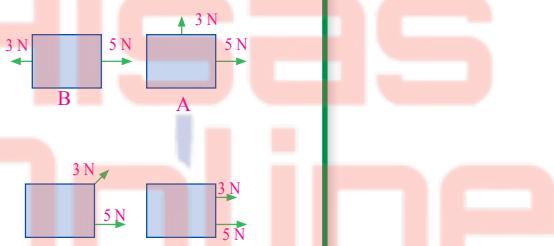
8- د . مقدار السرعة، والكتلة، واتجاه الحركة.

.N . ج . 9

10- د . في اتجاه القوّة المحصلة.

11- ج. مقاومته لأي تغيير في حركته.

.B . 12- ب.



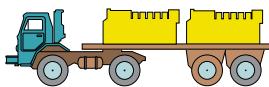
104

١٣ - د. القوة التي تؤثر بها القاطرة في المقطورة.

إنتهاء للمعلم

بحسب القانون الثالث لنيوتن، فإن القوة التي تؤثر بها القاطرة في المقطورة تكون دائمًا متساوية في المقدار للقوة التي تؤثر بها المقطورة في القاطرة، ومحاكسة لها في الاتجاه؛ سواء كانت القاطرة متوجهة بسرعة ثابتة، أو بتسارع. ويساعد رسم خطوط الجسم الحر على استنتاج ذلك (انظر السؤال ٩).

أما القوة المحصلة المؤثرة في المقطورة فتساوي (٥) أضعاف القوة المحصلة المؤثرة في القاطرة؛ لأن كتلة المقطورة تساوي (٥) أضعاف كتلة القاطرة، وهذا تحرّكان معًا بالتتسارع نفسه.



يدفع السباح بيديه الماء بقوة إلى الخلف (فعل) ، فيدفعه الماء بقوة متساوية إلى الأمام (رد فعل).



٣ لا ، إذا كان تسارع جسم صفرًا ، فإن القوة المحصلة المؤثرة فيه تكون صفرًا . وهذا يعني احتمال عدم وجود قوى تؤثر في الجسم ، أو وجود قوى تؤثر فيه ، ولكن محصلتها صفر .

٤ يعتمد تسارع أي جسم على القوة المحصلة المؤثرة فيه ، وعلى كتلته . لا ، لا تؤثر السرعة في تسارع الجسم ، وإنما تسارع الجسم هو الذي يؤدي إلى تغيير سرعته .

٥ لأن كتلة الأرض كبيرة جدًا مقارنة بكتلة رؤى . وبحسب القانون الثاني لنيوتن ، يتاسب تسارع الأرض عكسياً مع كتلتها ، فيكون تأثير قوة دفع رؤى فيها مهمًا .

٦ لأن الشخص يؤثر بقوة دفع في القارب إلى الخلف (فعل) ، فيؤثر القارب بقوة دفع في الشخص إلى الأمام (رد فعل) ، ويسهل وجود القارب على سطح الماء حرکته (القارب) إلى الخلف .

٧ نعم ، بحسب القانون الأول لنيوتن ، قد يكون الجسم متتحركاً بسرعة متجهة ثابتة ، وقد يكون ساكناً .

105

١٣. يمثل الشكل المجاور شاحنة في صورة قاطرة مقطورة . إذا كانت كتلة المقطورة (٥) أضعاف كتلة القاطرة ، وكانت القاطرة تتسرّع على طريقٍ أفقيٍ مستقيم ، فإن القوة التي تؤثر بها المقطورة في القاطرة تساوي :

- أ. أضعاف الفوّة التي تؤثر بها القاطرة في المقطورة .
- ب. (١/٥) الفوّة التي تؤثر بها القاطرة في المقطورة .
- ج. (١٠) أضعاف الفوّة التي تؤثر بها القاطرة في المقطورة .
- د. الفوّة التي تؤثر بها القاطرة في المقطورة .

٢. عند النظر إلى سباح في بركة السباحة يلاحظ أنه يدفع الماء إلى الخلف . أفسر سبب فعله ذلك .

٣. إذا كان تسارع جسم ما صفرًا ، فهو يعني ذلك عدم وجود قوى تؤثر فيه ؟ أفسر إجابتي .

٤. علام يعتمد تسارع أي جسم ؟ هل تؤثر السرعة في تسارع الجسم ؟ أفسر إجابتي .

٥. لكن تسير روئي على الأرض ، فإنها تدفع الأرض بفواة إلى الخلف ، فتدفعها الأرض بفواة إلى الأمام . لماذا لا يظهر أثر دفع روئي في الأرض ؟

٦. يمثل الشكل المجاور شخصاً يقفز من قارب نحو الرصيف . لماذا يندفع القارب إلى الخلف في أثناء ذلك ؟

٧. إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم صفرًا ، فهو يمكن أن يكون الجسم متحركاً ؟ أفسر إجابتي .

٨. أحده زوجي التأثير المتباين في كل حالة مما يأتي :

- أ. حارس مرمي يرمي كرة قدم متوجهة نحوه .
- ب. عداءة ترکض على أرضية مضمار سباق .
- ج. اصطدام كرة بجدار .
- د. إطلاق مكوك فضائي من على سطح الأرض .

٨ أ. تؤثر الكررة بقوّة في الحارس في اتجاه حركتها (فعل) ، ويوثر الحارس في الكررة بقوّة متساوية في المقدار ، ومحاكسة لاتجاه حركتها (رد فعل) .

ب. تدفع العداءة أرضية المضمار بقوّة إلى الخلف (فعل) ، فيدفعها المضمار بقوّة متساوية في المقدار إلى الأمام (رد فعل) .

ج. تؤثر الكررة بقوّة في الجدار في اتجاه حركتها (فعل) ، ويوثر الجدار في الكررة بقوّة متساوية في المقدار ، ومحاكسة لاتجاه حركتها (رد فعل) .

د. تؤثر محركات المكوك بقوّة دفع في الغازات الناتجة من احتراق الوقود إلى أسفل (فعل) ، فتدفع الغازات المكوك بقوّة متساوية في المقدار إلى أعلى (رد فعل) .

9. **العنكبوت الناقق:** إذا كانت قوّة الفعل ورد الفعل متساوين، فكيف يفسر جرّ حصان لعربة؟

10. يمثّل الشكل المجاور منظراً علىًّا لعربتين مختلفتين في الكتلة: (A)، و (B)، تستقران على سطح أفقى. دفعت العربتان من وضع السكون في اللحظة نفسها في اتجاه المحور (+x)، ووصلتا خط النهاية في اللحظة نفسها أيضاً:

- أ. أيُّ العربتين أتَرَتْ فيها قوّة محصلة أكبر؟ أفسِرْ إجابتي.
- ب. ما العلاقة بين تسارُعَي العربتين؟ أفسِرْ إجابتي.

11. يبيّن الجدول المجاور قيمة القوّة المحصلة، والتسارع في اتجاه المحور (x) لكتلٍ مختلفة. اعتماداً على القانون الثاني لنيوتون، أكمل الفراغ في الجدول بما هو مناسب.

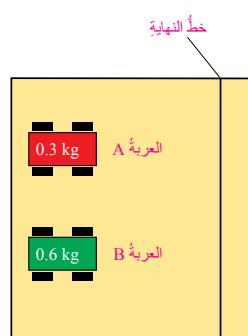
12. تتَرَكَ سيارة كتلتها (1000 kg) على طريق أفقى مستقيِّم بسرعة مُتَجَهَّةً ثابتةً مقدارُها (24 m/s) في اتجاه المحور (+x). شاهد سائقها مرأةً مُشَاهِدةً أمامها، فضغطَ على المكابِب مسبِّباً تباطُؤَ السيارة حتَّى توقفت بعد (4 s). أجد:

- أ. تسارُعَ السيارة.
- ب. القوّة المحصلة التي أتَرَتْ في السيارة.

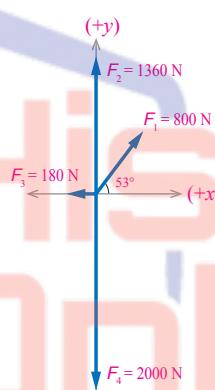
13. قوّة محصلة مقدارُها (4 N)، أتَرَتْ في الكتلة (m_1)، فاكتسبَتها تسارُعاً مقدارُه (8 m/s^2 ، وأتَرَتْ في الكتلة (m_2)، فاكتسبَتها تسارُعاً مقدارُه (16 m/s^2). ما التسارعُ الذي تكتسبُه هاتان الكتلتان عند ربطهما معاً، وتاثير القوّة السابقة نفسها فيهما؟

14. أتَرَتْ قوىٌ عدَّةٌ مستويةٌ متلاقيَّةٌ في قاربٍ كتلته (200 kg)، في اثناء سُحبِه بسفينة. وكان مُخطَّطُ الجسم الخَرْ لهذه القوى كما في الشكل المجاور. أجد:

- أ. القوّة المحصلة المؤثِّرة في القارب.
- ب. التسارعُ الأفقي والتسارُع الرأسي للقارب.



$a (\text{m/s}^2)$	$m (\text{kg})$	$\sum F (\text{N})$	الفقرة
2.5 +	500		A
	600	300	B
+2		2500	C
	800	-600	D



106

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 800 \cos 53^\circ + 1360 \cos 90^\circ + 180 \cos 180^\circ + 2000 \cos 270^\circ \\ &= 800 \times 0.6 + 1360 \times 0 + 180 \times -1 + 2000 \times 0 = 480 - 180 \\ &= 300 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\sum F_x = 300 \text{ N, } +x$$

ثم إيجاد محصلة المركبات في اتجاه المحور (y):

$$\begin{aligned}\sum F_y &= F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} \\ &= F_1 \sin \theta_1 + F_2 \sin \theta_2 + F_3 \sin \theta_3 + F_4 \sin \theta_4 \\ &= 800 \sin 53^\circ + 1360 \sin 90^\circ + 180 \sin 180^\circ + 2000 \sin 270^\circ \\ &= 800 \times 0.8 + 1360 \times 1 + 180 \times 0 + 2000 \times -1 = 640 + 1360 + 0 - 2000 \\ &= 0 \text{ N}\end{aligned}$$

بناءً على ذلك، فإنَّ القوّة المحصلة المؤثِّرة في القارب تكون في اتجاه المحور (+x):

$$\sum F = \sum F_x = 300 \text{ N, } +x$$

$$a_x = \frac{\sum F_x}{m} = \frac{300}{200} = 1.5 \text{ m/s}^2, \quad a_x = 1.5 \text{ m/s}^2, +x$$

$$a_y = \frac{\sum F_y}{m} = \frac{0}{200} = 0 \text{ m/s}^2$$

ب. التسارعُ الأفقي للقارب:

التسارُع الرأسي للقارب:

9. عند رسم مُخطَّط الجسم الخَر للحصان يلاحظ أنَّ سطح الأرض يدفع الحصان إلى الأمام (قوة رد فعل لدفعه سطح الأرض إلى الخلف)، وأنَّ العربية تسحب الحصان بقوّة إلى الخلف (قوة رد فعل لسحب الحصان لها)، فتكون القوّة المحصلة المؤثِّرة في الحصان مُساوِة لفرق بين هاتين القوتين، وهي المسؤولة عن تحريك الحصان والعربة.

وعند رسم مُخطَّط الجسم الخَر للعربة يلاحظ أنَّ الحصان يسحب العربة بقوّة في اتجاه الحركة، وتؤثِّر فيها نحو الخلف قوى تعيق حركتها.

أ. العربية (B)، لأنَّ كتلتها أكبر، ولأنَّ العربتين تحرَّكتا بالتسارع نفسه؛ لذا يجب أن تكون القوّة المحصلة المؤثِّرة في العربة (B) أكبر.
ب. تسارُعها متساوٍ؛ لأنَّها تحرَّكتا من السكون معًا، ووصلتا خط النهاية معًا (أيْ لها السرعة النهائية نفسها).

$a (\text{m/s}^2)$	$m (\text{kg})$	$\sum F (\text{N})$	الفقرة
+2.5	500	1250	A
0.5	600	300	B
+2	1250	2500	C
-3/4	800	-600	D

$$\begin{aligned}v_2 &= v_1 + at \\ 0 &= 24 + a \times 4 \\ a &= \frac{-24}{4} = -6 \text{ m/s}^2 \\ a &= 6 \text{ m/s}^2, -x\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_x &= ma \\ &= 1000 \times -6 \\ &= -6000 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\sum F_x = 6000 \text{ N, } -x$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{\sum F}{a} \\ m_1 &= \frac{\sum F}{a_1} = \frac{4}{8} = 0.5 \text{ kg} \\ m_2 &= \frac{\sum F}{a_2} = \frac{4}{16} = 0.25 \text{ kg} \\ M &= m_1 + m_2 = 0.5 + 0.25 = 0.75 \text{ kg} \\ a &= \frac{\sum F}{M} = \frac{4}{0.75} = \frac{16}{3} \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

أ. يجب تحليل كل قوة إلى مركبتها لإيجاد القوّة المحصلة على كلٍ من: المحور الأفقي، والمحور العمودي.

بدايةً، يجب إيجاد محصلة المركبات في اتجاه المحور (x):

$$\begin{aligned}\sum F_x &= F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} \\ &= F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2 + F_3 \cos \theta_3 + F_4 \cos \theta_4\end{aligned}$$

126



تجربة إثرائية: مركبنا القوة وعلاقتها بحركة الأجسام.

الهدف: دراسة أثر اتجاه القوة في تحريك الأجسام.

تحليل القوة إلى مركبتيها.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة.

والأنشطة، وضرورة ظبط (معايير) الميزان النابض قبل استعماله لضمان الحصول على نتائج أكثر دقة، واستعمال منقلة كبيرة الحجم لضمان قراءة الزوايا بدقة.

إرشادات السلامة: وجّه الطلبة إلى استعمال الميزان النابض بحذر.

المهارات العلمية: القياس، المقارنة، التحليل، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات: وجّه الطلبة إلى الاستعانة بدليل التجارب

النتائج المتوقعة:

المركبة العمودية للقوة (N)	المركبة الأفقية للقوة (N)	زاوية ميلان القوة 0°	مقدار القوة (N)
0	غير معرفة	0°	غير معرفة
4.35 N	2.5 N	60°	5 N
1 N	0 N	90°	1 N

في الجدول، لكنّها تظل صحيحة، وتُقبل من الطلبة؛ فالمهم أنّ القوة تقل بزيادة الزاوية بغضّ النظر عن تلك القيم. وفي ما يخصُّ قيم المركبتين الأفقية والعمودية للقوة، فإنّها تتغيّر بـًعاً للتغيير مقدار القوة التي يقيسها الطالب.

لأيمكِن فتح الباب عندما تكون 0° ، لأنّ عزم الدوران يكون صفرًا في هذه الحالة، وعليه، فإنّ القوة غير معرفة. ولكن يمكن للطالب إيجاد مقدار من القوة عند الزاوية 0° : ذلك لأنّ هذه الزاوية لا تساوي صفرًا، وإنّما هي قريبة منه. أمّا عند الزاويتين 60° و 90° فقد تختلف النتائج كلّاً عما هو

التحليل والاستنتاج:

1 المركبة الأفقية: $5 \cos 60^\circ = 2.5 \text{ N}$

المركبة العمودية: $5 \sin 60^\circ = 4.35 \text{ N}$

2 كلّما ازداد مقدار الزاوية θ قلّت المركبة الأفقية للقوة، وازدادت المركبة العمودية.

3 كلّما ازداد مقدار الزاوية θ قلّ مقدار القوة اللازمة لفتح الباب؛ لأنّ المركبة العمودية تُسهم بدور رئيس في عملية فتح الباب.

4 عند الزاوية $0^\circ = \theta$ لا يمكن فتح الباب؛ لأنّ المركبة العمودية للقوة تساوي صفرًا.

5 عند الزاوية $90^\circ = \theta$ يجب بذل أقل قوة لفتح الباب؛ لأنّ المركبة العمودية للقوة تكون أكبر ما يُمكن عند تلك الزاوية، وتتساوى مقدار القوة نفسها.

6 عزم القوة يتغيّر بتغيير الزاوية بين اتجاه القوة المؤثرة (F) واتجاه الإزاحة، بدءًا بمحور الدوران، ونهاًّا بنقطة تأثير القوة (٢). كذلك يمكن استنتاج أنّ مركبتي المتجه (سواء كان المتجه قوة، أو سرعة، أو أيّ كمية فيزيائية) دورًا كبيرًا ورئيسًا. فمثلاً، عند تحريك جسم أفقياً، فإنّ المركبة الأفقية للقوة المؤثرة فيه تُسهم بدور رئيس في تحريكه.

إجابات نماذج أسئلة الاختبارات الدولية (PISA)

السؤال الأول:

181 km/h . b

السؤال الثاني:

a. السرعة، الإزاحة، القوة.

تجربة إثرائية: تأثير مقاومة الهواء في سقوط الأجسام قرب سطح الأرض.

الهدف: ملاحظة تأثير مقاومة الهواء في حركة الأجسام عند سقوطها خاللة.

تحديد أثر كل من مساحة سطح الجسم وكتلته في سرعته الحدية.

إرشادات السلامة: حذر الطلبة من خطر السقوط من فوق الطاولة، وضع الاحتياطات المناسبة لمنع حدوث ذلك.

المهارات العلمية: القياس، الاستنتاج، الحسابات، البحث في مصادر الخطأ.

الإجراءات والتوجيهات:

وضّح للطلبة الطريقة المتّبعة في الحصول على أجسام متساوية كل محاولة 3 مرات.

وضّح للطلبة أهمية تكرار كل محاولة 3 مرات.

وضّح للطلبة أهمية إسقاط الكوب الورقي من ارتفاع كبير يتطلّب

الصعود فوق الطاولة.

وضّح للطلبة الطريقة المتّبعة في الحصول على أجسام متساوية في مساحة القاعدة، ومتغيّرة الكتلة.

النتائج المتوقعة:

قد تختلف نتائج الطلبة للأسباب الآتية:

عدم التوافق بين إسقاط الكوب وتشغيل الساعة.

عدم أخذ قراءة الميزان بدقة عند قياس الكتل.

التحليل والاستنتاج:

الجزء الثاني من التجربة:

الجزء الأول من التجربة:

1 لدراسة العلاقة بين الكتلة والسرعة الحدية.

يبدأ الكوب حرکته بتسارع قليل مسافةً لا تزيد على (20 cm)، ثم يكمل سقوطه بسرعة ثابتة. فعند بداية الحركة يكون الوزن أكبر من مقاومة الهواء (المحصلة نحو الأسفل)، فيتسارع الكوب، ومع زيادة السرعة تزداد السرعة تزداد المقاومة، فتصبح محصلة القوى صفرًا، ويتحرك الكوب بسرعة ثابتة.

2 عندما تتساوى الأكواب في مساحة القاعدة فإنَّ سرعتها الحدية تزداد بزيادة كتلتها.

عندما تتساوى كتل الأكواب فإنَّ أكبر الأكواب مساحة يسقط بسرعة أقل. 3 العلاقة بين سرعة الكوب ومساحة قاعدته عكسية. وكلما زادت الكتلة زادت سرعة الحدية.

3 علاقـة طردية.

4 عند بداية الحركة يكون الوزن أكبر من مقاومة الهواء (المحصلة نحو الأسفل)، فيتسارع الكوب، ومع زيادة السرعة تزداد المقاومة، فتصبح محصلة القوى صفرًا، ويتحرك الكوب بسرعة ثابتة. وكلما زاد وزن، وزادت محصلة القوى نحو الأسفل، وزادت السرعة.

4 عند بداية الحركة يكون الوزن أكبر من مقاومة الهواء (المحصلة نحو الأسفل)، فيتسارع الكوب، ومع زيادة السرعة تزداد المقاومة، فتصبح محصلة القوى صفرًا، ويتحرك الكوب بسرعة ثابتة. وكلما زادت المساحة زادت مقاومة الهواء، وقلّت السرعة.

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية، أو الأسئلة التي على نمطها في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

السؤال الأول:

تسقط المطرقة على سطح الأرض قبل الريشة؛ لأنَّ تأثير مقاومة الهواء فيها (نسبة إلى وزنها) أقل منه في الريشة. أمّا على سطح القمر فلا يوجد هواء.

السؤال الثاني:

تحرك الدراجة ثلاث مرات، وتوقفت مرتين، وقطعـت مسافة (100 m)، وكان مقدار الإزاحة (20 m).

إجابات أسئلة التجربة الإضافية في كتاب الأنشطة والتجارب العلمية

اسم التجربة: اختبار دمى التصادم.

البيانات المشاهدات:

إجابة محتملة:

الجدول (2): بعد نقطة سقوط الدمى عن نهاية المستوى المائل.

الدمى الكبيرة (cm)	الدمى المتوسطة (cm)	الدمى الصغيرة (cm)	المحاولة
(15)	(25)	(38)	1
(18)	(28)	(40)	2
(16)	(27)	(42)	3
(16)	(27)	(40)	متوسط القياسات:

الجدول (1)

حجم الدمى	كتلة الدمى (g)
صغيرة	(15)
متوسطة	(30)
كبيرة	(45)

يختلف تقييم التصاميم بحسب فاعلية حزام الأمان الذي صممته كل مجموعة.

الجدول (3): تقييم فاعلية تصميم حزام الأمان.

مزايا التصميم	سلامة الدمى	جودة التصميم
- عدم تقيد حركة الدمى. - شكل الحزام جميل.	عدم حدوث تشوهات، أو إصابات.	بقاء الدمى داخل العربة.
- حرية حركة الدمى متوسطة. - شكل الحزام مقبول.	حدوث تشوهات، أو إصابات بسيطة.	خروج بعض أجزاء الدمى خارج العربة.
- تقيد حركة الدمى. - شكل الحزام سيء.	حدوث تشوهات، أو إصابات بالغة.	خروج الدمى كلها خارج العربة.

التحليل والاستنتاج:

الجزء الثاني:

الجزء الأول:

١ ستتنوع إجابات الطلبة، وتتعدد بحسب تصاميمهم.

١ إجابة محتملة: اندفعت الدمى خارج العربة بسبب قصورها الذاتي.

٢ ستتنوع إجابات الطلبة، وتتعدد بحسب تصاميمهم.

٢ إجابة محتملة: الدمى التي كتلتها أقل تسقط على بعد أكبر.

٣ ستتنوع إجابات الطلبة، وتتعدد.

٣ إجابة محتملة: كتلة الدمى (قصورها الذاتي)؛ فكلما قلت الكتلة زاد
بعد نقطة السقوط.

إجابة محتملة:

لقد تمكنت في هذا الاستقصاء من محاكاة عمل المهندسين
الميكانيكيين، وذلك بتصميم حزام أمان، ثم اختباره وفق معاير
محددة، ثم تقييم التصميم، وتعديلاته بحسب نتائج الاستقصاء.

٤ إجابة محتملة: كلما زادت كتلة الجسم زاد قصوره الذاتي؛ أي لزم
وجود قوة أكبر لتغيير حالته الحركية.

٥ ستتنوع إجابات الطلبة، وتتعدد.

إجابة محتملة:

نعم؛ لأن سرعة السائق تكون متساوية لسرعة السيارة. وعند توقفها
فجأة، بسبب وقوع حادث مثلاً، فإن السائق يستمر في الاندفاع إلى
الأمام بالسرعة نفسها، فيعمل حزام الأمان على إيقاف اندفاعه،
ويحميه من الارتطام بعجلة القيادة مثلاً.



- أ. قوة شد إلى أعلى من الميزان (F).
قوة جذب الأرض للكتلة (F_g). 4

ب. عند رفع الميزان والكتلة معًا بسرعة ثابتة، تكون القوة المحصلة المؤثرة في كلٍّ منها صفرًا، بحسب القانون الأول لنيوتون.

ج. يجب تحويل الكتلة إلى وحدة (kg) :

$$m = 60 \text{ g} = \frac{60}{1000} = 0.06 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\sum F &= F - F_g = ma \\ &= 0.06 \times 0.5 \\ &= 0.03 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\sum F = 0.03 \text{ N, } +y$$

بما أنَّ الكتلة تتسارع إلى أعلى، فإنَّ القوة المحصلة المؤثرة فيها تكون إلى أعلى.

1. $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{0 - 70}{30}$
 $a = -2.33 \text{ m/s}^2$

2. $\sum F = ma = 8 \times 10^4 \times (-2.33)$
 $= -1.87 \times 10^5 \text{ N}$

3. $\Delta x = v_1 t + \frac{1}{2} at^2$
 $\Delta x = 70 \times 30 + \frac{1}{2} \left(-\frac{70}{30}\right) (30)^2$
 $\Delta x = 1050 \text{ m}$

للكرة سرعتان: سرعة رأسية إلى أعلى ناتجة من رميها إلى أعلى، ثم سقوطها إلى أسفل تحت تأثير وزنها. وسرعة أفقية تساوي سرعة الدرجة. وعند توقف الدرجة تستمر الكرة في حركتها الأفقية، فتسقط الكرة أمام الراكب. 2

3. $\sum F = F - F_g = ma$
 $= 4 \times 10^5 - mg$
 $= 4 \times 10^5 - 2 \times 10^4 \times 10$
 $= 2 \times 10^5 \text{ N}$

$$\sum F = 2 \times 10^5 \text{ N, } +y$$

4. $a = \frac{\sum F}{m}$
 $a_y = \frac{2 \times 10^5}{2 \times 10^4}$
 $= 10 \text{ m/s}^2$
 $a_y = 10 \text{ m/s}^2, +y$

ج. يؤثِّر محرك الصاروخ بقوة دفع رأسية إلى أسفل في الغازات الناتجة من احتراق الوقود، وتؤثِّر هذه الغازات بقوة دفع رأسية في الصاروخ إلى أعلى.