المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center
for Curriculum Development

# دليل المعلم
# الفيزياء

## الصف العاشر

10

## الفصل الدراسي الأول

الناشر
المركز الوطني لتطوير المناهج

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

# بِنيـة كتـاب الطالب: دورة التعلُّم الخماسية

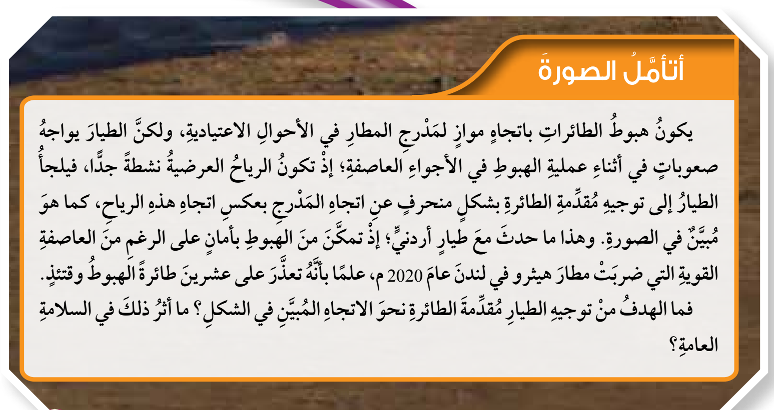
صممـت وحـدات كتـاب الطالـب وفـق دورة التعلم الخماسـية التي تمنـح الطلبـة الدور الأكـبر في العمليـة التعلُّميـة التعليميـة، وتُوفِّـر لهـم فرصًـا عديـدة للاسـتقصاء، وحـل المشـكلات، والبحـث، واسـتخدام التكنولوجيـا. وتتضمـن مـا يـأتي:

## 2 الاستكشاف Exploration:

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


## 1 التهيئة Engagement:

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




## 5 التقويم Evaluation:

التحقق من تعلُّم الطلبة وفهمهم للموضوع، ومنح المعلِّم فرصة لتعرّف نقاط القوة والضعف لدى طلبته.

## 3 الشرح والتفسير Explanation:

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

الدرس 1 الكمياتُ القياسيةُ والكمياتُ المُتَّجِهةُ
Scalar and Vector Quantities

الفكرةُ الرئيسةُ: للكمياتِ المُتَّجِهةِ خصائصُ تمتازُ بها عنِ الكمياتِ القياسيةِ.

نتاجاتُ التعلّمِ:
- أوضِّحُ المقصودَ بالكمياتِ الفيزيائيةِ: المُتَّجِهةِ، والقياسيةِ.
- أستنتجُ خصائصَ المُتَّجِهاتِ بطرائقَ مختلفةٍ.
- أحسُبُ الزاويةَ المحصورةَ بينَ مُتَّجِهيْنِ باستخدامِ تعريفِ الضربِ القياسيِّ لمُتَّجِهيْنِ.
- أُطبِّقُ خصائصَ المُتَّجِهاتِ على كمياتٍ فيزيائيةٍ مُتَّجِهةٍ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
الكمياتُ المُتَّجِهةُ Vector Quantities.
الكمياتُ القياسيةُ Scalar Quantities.
تمثيلُ المُتَّجِهاتِ Representation of Vectors.
تساوي مُتَّجِهيْنِ Equality of two Vectors.
سالبُ المُتَّجِهِ Negative of a Vector.
الضربُ القياسيُّ Scalar Product.
الضربُ المُتَّجِهيُّ Vector Product.

الكمياتُ الفيزيائيةُ Physical Quantities

نتعاملُ في حياتِنا معَ كمياتٍ فيزيائيةٍ عديدةٍ؛ سواءٌ أكانَتْ كمياتٍ أساسيةً (مثلُ: الزمنِ، ودرجةِ الحرارةِ، والكتلةِ، والطولِ)، أوْ كمياتٍ مشتقةً (مثلُ: القُوَّةِ، والسرعةِ، والتسارُعِ)، ويُعبَّرُ عنْ بعضِ تلكَ الكمياتِ بعددٍ ووحدةٍ مناسبيْنِ، فنقولُ مثلًا إنَّ كتلةَ الحقيبةِ 6 kg، وسرعةَ الطائرةِ 200 m/s. ولكنْ، هلْ كانَ وصْفُ كلٍّ منَ الكميتيْنِ كافيًا؟

يُوضِّحُ الشكلُ (1) حالةَ الطقسِ المتوقعةَ في العاصمةِ عمّانَ بحسبِ تنبؤاتِ دائرةِ الأرصادِ الجويةِ الأردنيةِ. ما الكمياتُ الفيزيائيةُ التي ظهرَتْ في النشرةِ الجويةِ؟ هلِ اختلفَ وصفُ كلٍّ منْها عنْ غيرِه؟

يُلاحَظُ وجودُ كمياتٍ فيزيائيةٍ يُمكِنُ وصفُها وصفًا كاملًا بتحديدِ مقدارِها فقطْ، وأُخرى يَلزمُ تحديدُ مقدارِها واتجاهِها معًا.



الشكلُ (1): حالةُ الطقسِ في العاصمةِ عمّانَ.

10

بوجهٍ عامٍّ، تُقسَّمُ الكمياتُ الفيزيائيةُ إلى قسميْنِ رئيسيْنِ، هما:

أ . الكمياتُ القياسيةُ Scalar Quantities

هيَ الكمياتُ التي تُحدَّدُ فقطْ بالمقدارِ، ولا يوجدُ لها اتجاهٌ. ففي الشكلِ (1)، يُكتفى بالقولِ إنَّ درجةَ حرارةِ الجوِّ 9 °C نهارًا. وحينَ يسألُني أحدُ زملائي في الصفِّ عنْ مقدارِ كتلتي، فإنَّني أُجيبُهُ مثلًا: 50 kg. ومنَ الأمثلةِ الأُخرى على **الكمياتِ القياسيةِ (Scalar quantities)**: الحجمُ، والطاقةُ، والضغطُ.

ب. الكمياتُ المُتَّجِهةُ Vector Quantities

هيَ الكمياتُ التي تُحدَّدُ بالمقدارِ والاتجاهِ معًا. ففي ما يخصُّ سرعةَ الرياحِ مثلًا في الشكلِ (1)، لا يُكتفى بالقولِ إنَّ مقدارَها 24 km/h نهارًا، وإنَّما يجبُ تحديدُ اتجاهِها نحوَ الشرقِ لكيْ يصبحَ وصفُها كاملًا. وكذلكَ لاعبُ كرةِ القدمِ؛ فهوَ يَركُلُ الكرةَ بقدمِهِ لتنطلقَ بسرعةٍ كبيرةٍ وفي اتجاهٍ مُحدَّدٍ لكيْ يُسجِّلَ هدفًا في المرمى. ومنَ الأمثلةِ الأُخرى على **الكمياتِ المُتَّجِهةِ (Vector quantities)**: الإزاحةُ، والتسارُعُ، والقُوَّةُ.

المثالُ 1

أُصنِّفُ الكمياتِ الفيزيائيةَ في الجدولِ (1) الآتي إلى كمياتٍ مُتَّجِهةٍ، وأُخرى قياسيةٍ:

الجدولُ (1)

| الكميةُ الفيزيائيةُ | كميةٌ مُتَّجِهةٌ/ كميةٌ قياسيةٌ |
|---|---|
| الكتلةُ (4 kg) | |
| التسارُعُ ($20 m/s^2$، غربًا) | |
| الشغلُ (200 J) | |
| القُوَّةُ (120 N، شمالًا) | |

الحلُّ:
- الكتلةُ: كميةٌ قياسيةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ فقطْ بمقدارٍ.
- التسارُعُ: كميةٌ مُتَّجِهةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ بمقدارٍ واتجاهٍ.
- الشغلُ: كميةٌ قياسيةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ فقطْ بمقدارٍ.
- القُوَّةُ: كميةٌ مُتَّجِهةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ بمقدارٍ واتجاهٍ.

11

## 4 التوسع Elaboration:

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

الإثراءُ والتوسعُ

الفيزياءُ والتكنولوجيا
الوعاءُ المغناطيسيُّ

للمادةِ في الطبيعةِ ثلاثُ حالاتٍ، هيَ: الصُّلْبةُ، والسائلةُ، والغازيةُ. توجدُ للمادةِ أيضًا حالةٌ رابعةٌ تُسمّى البلازما، وهيَ تحوي عددًا كبيرًا جدًّا منَ الجسيماتِ المشحونةِ كهربائيًّا؛ لذا تتأثَّرُ هذهِ الجسيماتُ بالقُوَّتيْنِ: الكهربائيةِ، والمغناطيسيةِ.

تمتازُ البلازما بدرجةِ حرارتِها العاليةِ جدًّا التي قدْ تزيدُ على 11000 °C، بحيثُ لا يُمكِنُ احتواؤُها في وعاءٍ ماديٍّ؛ لأنَّها تعملُ على صهرِه، فكيفَ تَمكَّنَ العلماءُ منَ الاحتفاظِ بتلكَ الجسيماتِ؟

الوعاءُ (القارورةُ) المغناطيسيُّ Magnetic Bottle:

تقنيةٌ يُستخدَمُ فيها ملفّانِ كهربائيانِ لتوليدِ مجالٍ مغناطيسيٍّ مُتغيِّرِ المقدارِ والاتجاهِ؛ لاحتواءِ جسيماتٍ مشحونةٍ كهربائيًّا، وذاتِ طاقةٍ عاليةٍ جدًّا مثلِ البلازما. وبحسبِ الشكلِ المجاورِ، فإنَّ الملفَّيْنِ الكهربائييْنِ والمجالَ المغناطيسيَّ الناتجَ منْهُما يُشبِهونَ الزجاجةَ، فكيفَ يُمكِنُ احتواءُ مادةِ البلازما باستخدامِ هذهِ التقنيةِ؟



تناولْنا في الدرسِ الأولِ بعضَ التطبيقاتِ على الضربِ المُتَّجِهيِّ للكمياتِ المُتَّجِهةِ، ومنْها القُوَّةُ المغناطيسيةُ **F** التي تُؤثِّرُ في شحنةٍ كهربائيةٍ $q$ تتحركُ بسرعةٍ $\boldsymbol{v}$ في مجالٍ مغناطيسيٍّ $\boldsymbol{B}$، وتُعطى بالعلاقةِ: $\boldsymbol{F} = q(\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B})$، حيثُ يكونُ اتجاهُ القُوَّةِ مُتعامِدًا معَ كلٍّ منْ سرعةِ الشحنةِ والمجالِ المغناطيسيِّ. وهذهِ القُوَّةُ المغناطيسيةُ تُؤثِّرُ بمُركَّبتِها في الجسيماتِ المشحونةِ بحيثُ تُبقيها مُتحرِّكةً بينَ الملفَّيْنِ -ذهابًا، وإيابًا- حركةً تذبذبيةً منْ دونِ مغادرتِها منطقةَ المجالِ المغناطيسيِّ.

أبحث مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المناسبةِ، أبحثُ عنْ تطبيقاتٍ أُخرى للمُتَّجِهاتِ، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، وأقرأُهُ أمامَ الطلبةِ في غرفةِ الصفِّ.

35

# عناصر محتوى الدرس

يشمل الدرس عناصر متنوعة، عرضت بتسلسل بنائي واضح؛ ما يسهل تعلم الطلبة المفاهيم والمعارف والأفكار الواردة في الدرس.

## الفكرة الرئيسة

تتضمن تلخيص المفاهيم والأفكار والمعارف التي سيتعلمها الطالب خلال الدرس

**الفِكْرَةُ الرئيسةُ:**
للكمياتِ المُتَّجِهةِ خصائصُ تمتازُ بها عنِ الكمياتِ القياسيةِ.

## شرح محتوى الدرس

شرح محتوى الدرس بعبارات بسيطة تراعي الفئة العمرية وخصائص الطلبة النمائية. ونظم الشرح بحيث تشتمل على عناوين رئيسة يتفرع منها عناوين ثانوية وأحيانًا تندرج عناوين فرعية من العناوين الثانوية وتظهر بألوان مختلفة.

**الكمياتُ القياسيةُ والكمياتُ المُتَّجِهةُ**
Scalar and Vector Quantities

**الكمياتُ الفيزيائيةُ**
**Physical Quantities**

نتعاملُ في حياتِنا معَ كمياتٍ فيزيائيةٍ عديدةٍ؛ سواءٌ أكانَتْ كمياتٍ أساسيةً (مثلُ: الزمنِ، ودرجةِ الحرارةِ، والكتلةِ، والطولِ)، أَوْ كمياتٍ مشتقةً (مثلُ: القُوَّةِ، والسرعةِ، والتسارُعِ)، ويُعبَّرُ عنْ بعضِ تلكَ الكمياتِ بعددٍ ووحدةٍ مناسبيْنِ، فنقولُ مثلًا إنَّ كتلةَ الحقيبةِ 6 kg، وسرعةَ الطائرةِ 200 m/s. ولكنْ، هلْ كانَ وصْفُ كلٍّ منَ الكميتيْنِ كافيًا؟

يُوضِّحُ الشكلُ (1) حالةَ الطقسِ المتوقعةَ في العاصمةِ عمّانَ بحسبِ تنبؤاتِ دائرةِ الأرصادِ الجويةِ الأردنيةِ. ما الكمياتُ الفيزيائيةُ التي ظهرَتْ في النشرةِ الجويةِ؟ هلِ اختلفَ وصفُ كلٍّ منها عنْ غيرِه؟

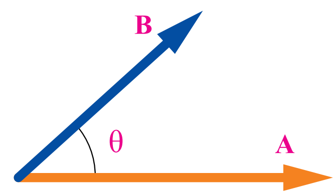
يُلاحَظُ وجودُ كمياتٍ فيزيائيةٍ يُمكِنُ وصفُها وصفًا كاملًا بتحديدِ مقدارِها فقطْ، وأُخرى يَلزمُ تحديدُ مقدارِها واتجاهِها معًا.

في النهار

| محافظة العاصمة - عمّان | الطقس |
|---|---|
| | أمطار خفيفة |
| درجة الحرارة | 9°C |
| سرعة الرياح | 24 km/h |
| اتجاه الرياح | |

## الصور والأشكال

صور واضحة ومتنوعة تحقق الغرض العلمي.




الشكلُ (10): مُتَّجِهانِ بينَهُما زاويةٌ $\theta$.

أُقارِنُ بينَ ناتجِ كلٍّ منْ: $A \cdot B$، وَ $B \cdot A$.

## أسئلة الأشكال

أسئلة إجاباتها تكون من الصورة لتدريب الطلبة على التحليل.

## أفكر

تنمية مهارات التفكير

**أفكِّرُ:** لماذا يكونُ اتجاهُ التسارُعِ $a$ دائمًا في نفسِ اتجاهِ محصلةِ القوى $\sum F$؟

**ب. الكمياتُ المُتَّجِهةُ Vector Quantities**
هيَ الكمياتُ التي تُحدَّدُ بالمقدارِ والاتجاهِ معًا. ففي ما يخصُّ سرعةَ الرياحِ مثلًا في الشكلِ (1)، لا يُكتفى بالقولِ إنَّ مقدارَها 24 km/h نهارًا، وإنَّما يجبُ تحديدُ اتجاهِها نحوَ الشرقِ لكيْ يصبحَ وصفُها كاملًا. وكذلكَ لاعبُ كرةِ القدمِ؛ فهوَ يَركُلُ الكرةَ بقدمِهِ لتنطلقَ بسرعةٍ كبيرةٍ وفي اتجاهٍ مُحدَّدٍ لكيْ يُسجِّلَ هدفًا في المرمى. ومنَ الأمثلةِ الأُخرى على **الكمياتِ المُتَّجِهةِ (Vector quantities)**: الإزاحةُ، والتسارُعُ، والقُوَّةُ.

## المفاهيم والمصطلحات

تظهر بخط غامق؛ للتركيز عليها وجذب انتباه الطالب لها.

## تجربة

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

### التجربةُ 1

**إيجادُ محصلةِ قُوَّتيْنِ بصورةٍ عمليةٍ**

الموادُّ والأدواتُ: طاولةُ القوى، مجموعتانِ منَ الأثقالِ تتكوّنُ كلٌّ منْهُما منْ ثلاثةِ أثقالٍ متساويةٍ في الكُتلةِ، ميزانٌ إلكترونيٌّ (حسّاسٌ)، ثلاثةُ حواملِ أثقالٍ.

**إرشاداتُ السلامةِ:** الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.

**خطواتُ العملِ:**

بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفِّذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1. أضع طاولةَ القوى على سطحٍ مستوٍ، وأستعملُ الميزانَ لقياسِ كتلةِ حاملِ الأثقالِ، ثم **أُدَوِّنُ** النتيجةَ.
2. أُعلّقُ الأثقالَ الثلاثةَ (كلَّ ثِقْلٍ بخيطٍ)، ثمَّ أضبطُ خيطًا منْها على تدريجِ الصفرِ $0°$، وخيطًا آخرَ على تدريجِ $120°$، وأُحرِّكُ الخيطَ المُتبقّيَ حتّى ينطبقَ مركزُ الحلقةِ على مركزِ طاولةِ القوى، ثمَّ **أُدَوِّنُ** التدريجَ الذي انطبقَ عليْه الخيطُ.
3. أُكرِّرُ الخطوةَ الثانيةَ باستخدامِ ثلاثةِ أثقالٍ أُخرى متساويةٍ. هلْ تغيَّرَتِ النتائجُ؟

**التحليلُ والاستنتاجُ:**

1. **أحسُبُ** القوى الثلاثَ المُؤثِّرةَ في ... العلاقةَ: $F = mg$، حيثُ $m$: (كتل... كتلةِ الثِّقْلِ). ما مقدارُ محصلةِ ...
2. **أحسُبُ** بيانيًّا محصلةَ القُوَّتيْنِ: ...
3. **أُقارِنُ** محصلةَ هاتيْنِ القُوَّتيْنِ ... حيثُ: المقدارُ، والاتجاهُ.
4. **أستنتجُ**، استنادًا إلى تجربتي، ... قُوَّتيْنِ بالقُوَّةِ الثالثةِ عندَ الاتزانِ ... الحلقةِ على مركزِ الطاولةِ).
5. **أحسُبُ** بيانيًّا محصلةَ القوى ... النتيجةَ.
6. **أُقارِنُ** نتائجَ مجموعتي بنتائ... الأُخرى.

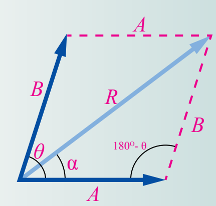
## المهارات

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

## الربط بـ

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

### الربطُ بالرياضياتِ




لإيجادِ المحصلةِ $R$ للمُتَّجِهيْنِ: $A$، و $B$ اللذيْنِ بينَهُما زاويةُ $(\theta)$ بطريقةٍ رياضيةٍ، يُستخدَمُ قانونُ جيبِ التمامِ:

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

ولتحديدِ اتجاهِ المحصلةِ (الزاويةُ $\alpha$)، يُستخدَمُ قانونُ الجيبِ:

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

## مثال

أسئلة متنوعة وحلولها لتعزيز فهم الطلبة .

### المثال 2

**أُجيبُ بـ (نعمْ) أوْ (لا)، مُعزِّزًا إجابتي بمثالٍ على كلٍّ ممّا يأتي:**

- تشيرُ الإشارةُ السالبةُ أوِ الإشارةُ الموجبةُ إلى اتجاهِ الكميةِ المُتَّجِهةِ . هلْ يُمكِنُ أنْ ...
- قدْ يكونُ للكميةِ المُتَّجِهةِ والكميةِ القياسيةِ الوحدةُ نفسُها.
- قدْ تتساوى كميتانِ مُتَّجِهتانِ في المقدارِ، وتختلفانِ في الاتجاهِ.

**الحلُّ:**

- نعمْ، فدرجةُ الحرارةِ قدْ تكونُ سالبةً، وهيَ كميةٌ قياسيةٌ. والإشارةُ السالبةُ ...
- نعمْ، فطولُ المسارِ الفعليِّ بينَ نقطتَي البدايةِ والنهايةِ هوَ كميَّةٌ قياسيةٌ، لـ... منْ نقطةِ البدايةِ إلى نقطةِ النهايةِ) هيَ كميةٌ مُتَّجِهةٌ، ووحدةُ قياسِ كلٍّ منْ...

## أسئلة مراجعة الدرس

أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسة والمفاهيم والمصطلحات والمهارات.

### مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أذكرُ اختلافًا واحدًا وتشابهًا واحدًا بينَ:
   أ . الكميةِ المُتَّجِهةِ والكميةِ القياسيةِ. ب . المُتَّجِهِ وسالبِ المُتَّجِهِ.
   جـ . الضربِ القياسيِّ والضربِ المُتَّجِهيِّ.
2. **أُصنِّفُ** الكمياتِ الآتيةَ إلى مُتَّجِهةٍ، وقياسيةٍ:
   - زمنُ الحصةِ الصفيةِ.
   - قُوَّةُ الجاذبيةِ الأرضيةِ.
   - درجةُ حرارةِ المريضِ.
   - المقاومةُ الكهربائيةُ.
   - كتلةُ الحقيبةِ المدرسيةِ.

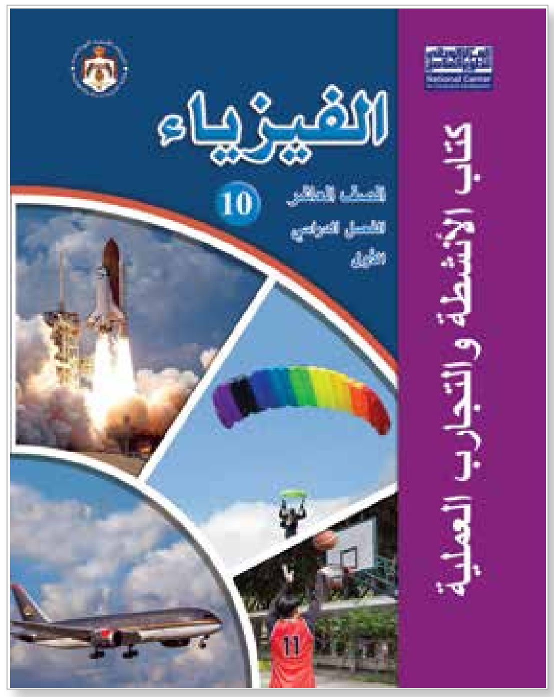
## تقويم تكويني

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

✓ **أتحقَّقُ:** كيفَ يُمكِنُ تحديدُ كلٍّ منْ طولِ السهمِ واتجاهِهِ عندَ تمثيلِ المُتَّجِهِ بيانيًّا؟

# بِنية 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 الموجودة في كتاب الطالب.

تتضمن أوراق العمل المواد والأدوات اللازمة لإجراء النشاط، وإرشادات السلامة الواجب اتباعها في أثناء إجراءات التنفيذ. وتُوضَّح فيها إجراءات العمل مع وجود أماكن مخصصة لتدوين الملاحظات والنتائج التي توصَّل إليها الطلبة. وتتضمن بعض أوراق العمل صورًا توضيحية لبعض الإجراءات التي توجِب ذلك.

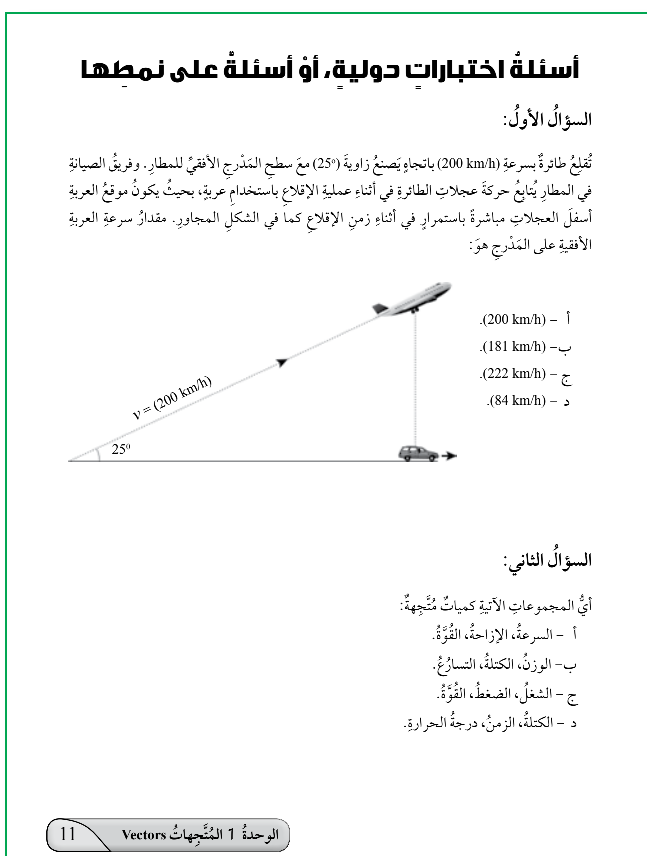


## تجارب إثرائية.

يشـتمل كتـاب الأنشـطة والتجـارب العملية علـى تجـارب إثرائيـة، منهـا مـا يُعمِّـق فهـم الطلبـة لموضـوع الـدرس، ومنهـا مـا يتيـح للطلبـة فرصـة التوسـع في المعرفـة في موضـوع مـا.

## أسئلـة اختبـارات دوليـة أو على نمطها.

يتضمَّـن كتـاب الأنشـطة والتجـارب العمليـة عـددًا مـن أسـئلة الاختبـارات الدوليـة أو عـلى نمطهـا، لأنهـا تُركِّـز عـلى إتقـان العمليـات واسـتيعاب المفاهيـم، والقـدرة عـلى توظيفهـا في مواقـف حياتيـة واقعيـة، ولتشـجيع المعلِّـم عـلى بنـاء نـماذج اختبـارات تحاكـي هـذه الأسـئلة؛ لمـا لهـا مـن أثـر في إثـارة تفكـير الطلبـة، مـا قـد يُسـهِم في جعـل التفكـير العلمـي المنطقـي نمـط تفكـير للطلبـة في حياتهـم اليوميـة.




# دليل المعلّم

يُقـدّم الدليـل نظـرة عامـة عـن كل وحـدة في كتـاب الطالـب والـدروس المكوّنـة لهـا. ويعرض الـدرس وفق نمـوذج تدريـس مكـون مـن ثـلاث مراحـل، ينفـذ كل منهـا مـن خـلال عناصر محـددة. وتبـدأ كل وحـدة بمصفوفـة نتاجـات تتضمـن نتاجـات الوحـدة والنتاجـات السـابقة واللاحقـة المرتبطـة بهـا؛ لتعـين المعلّـم عـلى الترابـط الـرأسي للمفاهيـم والأفـكار، ولتسـاعده في تصميـم أنشـطة التعلّـم والتعليـم في الوحـدة وتنفيذهـا.

## مراحل نموذج التدريس

### 1 تقديم الدرس

**تقديم الدرس يشمل ما يأتي:**

- **الفكرة الرئيسة:** التوضيح للمعلِّم كيفية عرض الفكرة الرئيسة للدرس.
- **الربـط بالمعرفـة السـابقة:** يُقصَـدُ بـه تنشـيط التعلُّـم السـابق للطالـب، الـذي يُعـدُّ أساسًـا ليتعرَّف تنظيـم المعلومـات، وطرائـق ترابطهـا. ويُقـدِّم الدليـل مقترحـات عـدَّةٍ لهـذا الربـط، وينتهـج أسـاليب متنوعـة تختلـف باختـلاف موضـوع الـدرس.

### 2 التدريس

**التدريس يشمل ما يأتي:**

- **المناقشة**

يُقدِّم الدليـل للمعلِّـم مقترحـات لمناقشـة الطلبـة في موضـوع الـدرس، مثـل الأسـئلة التي تمهِّـد للحـوار بـين المعلِّـم وطلبتـه، وتُقـدِّم إجابـات مقترحـة لهـا، تنمـح المناقشـة الطلبـة فرصـةً للتعبـير عـن آرائهـم، وتُعلِّمهـم تنظيـم أفكارهـم، وحسـن الإصغـاء، واحـترام الـرأي الآخـر، وتزيـد مـن ثقتهـم بأنفسـهم.

- **بناء المفهوم**

تنوعـت طرائـق بنـاء المفهـوم بالدليـل وذلـك بحسـب طبيعـة المفهـوم. ويُقـدِّم الدليـل أفـكارًا مقترحـة لبنـاء المفاهيـم الـواردة في كتـاب الطالـب.

- **استخدام الصور والأشكال**

تُنمّـي الصـور والأشـكال الثقافـة البصريـة، وتُوضِّـح المفاهيـم الـواردة في الـدرس. يُبيِّن الدليـل للمعلِّـم كيفيـة توظيفـه الصـور والأشـكال في عمليـة التدريـس، ويُرشِـده إلى كيفيـة الإفـادة منهـا في تحفيزهـم عـلى التفكـير.

- **إضاءة للمعلِّم**

معلومة للمعلِّم تُسهِم في إعطائه تفصيلات محددة عن موضوع ما. وقد تُسهِم الإضاءة في تقديم إجابات لأسئلة الطلبة التي تكون غالبًا خارج نطاق المعلومة الواردة في الكتاب.

---

**1 تقديم الدرس**

**الفكرة الرئيسة:**

- وجّه الطلبة إلى فكرة الدرس الرئيسة لاستخلاص المفهوم منها.

* ما التكيُّف؟ * ما الانقراض؟

**الربط بالمعرفة السابقة:**

- اسأل الطلبة عن مجموعات بعض الحيوانات، والنباتات وأوجه التشابة والاختلاف في ما بينها.

**المناقشة:**

نظِّم نقاشًا بين الطلبة عن مفهوم الطفرات، يتضمَّن طرح الأسئلة الآتية عليهم:

- ما المقصود بالطفرات؟ لا تستبعد أيًّا من إجابات الطلبة، ووظِّفها في التوصُّل إلى مفهوم الطفرات.

**بناء المفهوم: التدفق الجيني**

اطلب إلى الطلبة توضيح مفهوم التدفق الجيني، مُعزِّزين إجاباتهم بأمثلة مناسبة، ثم ناقِشهم في ما يتوصَّلون إليه؛ لاستنتاج أنَّ التدفق الجيني هو انتقال الجينات التي يحملها أفراد من مجتمع إلى آخر بسبب الهجرة، مثل: حبوب اللقاح التي تنتشر في مناطق جديدة، والأشخاص الذين ينتقلون إلى مدن أو بلدان جديدة.

**استخدام الصور والأشكال:**

- اطلب إلى الطلبة دراسة الشكل المجاور، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

* ما ألوان الحلازين التي في الشكل؟ احسُبْ نسبة الحلازين ذوات اللون الزاهي.

ألوان الحلازين التي في الشكل، هي: الأزرق، والأحمر، والأخضر، والبنّي.

**إضاءة للمعلِّم**

**من آليات التطوُّر: الانجراف الجيني.**

تؤدي بعض الكوارث الطبيعية (مثل: الزلازل، والبراكين، والفيضانات) إلى موت عدد كبير من الكائنات الحية عشوائيًّا، فتقلُّ احتمالات ظهور صفة معينة، في حين تزداد فرص ظهور صفات أُخرى بسبب ظهور جاميتات الآباء الذين مُنِحوا فرصة للتكاثر بنجاتهم من هذه الكوارث.

- **أخطاء شائعة**

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

**أخطاء شائعة**

يخلط بعض الطلبة بين طرح المتجه وسالب المتجه؛ لذا وضِّح لهم أنَّ طرح المتجه هو جمعٌ لسالب المتجه؛ أيْ إنَّ سالب المتجه جزئيةٌ من طرح المتجه.

- **طريقة أخرى للتدريس**

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

**طريقة أخرى للتدريس**

ربَّما يجد بعض الطلبة صعوبة في فهم التدفق الجيني؛ لذا يمكن توضيح المفهوم باستخدام الرسوم. يمكنك استخدام الشكل الآتي في تدريس المفهوم:

- **نشاط سريع**

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

**نشاط سريع:**

- أحضر قطعة من الكرتون سوداء اللون، ومجموعة من الخرز الأسود، وأخرى من الخرز الفضي.

- **معلومة إضافية**

تُسهِم المعلومات الإضافية في توسيع مدارك الطلبة.

**معلومة إضافية**

من الأدلة التي ساقها العلماء على تطوُّر الكائنات الحية:

١- علم الأجنَّة المقارن: يشير هذا العلم إلى أنَّ الكائنات الحيَّة قريبة الصلة بعضها من بعض تمرُّ بمراحل متشابهة من التطوُّر الجنيني كما في الشكل الآتي:

- **تعزيز**

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

**تعزيز:**

بيِّن للطلبة أنَّ نظرية التوازن المتقطع تعرَّضت للنقد السلبي؛ ذلك أنَّه لا توجد أمثلة تُدلِّل على حدوثها.

- **القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمواد الدراسية**

يُبيِّن الدليل للمعلِّم القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمواد الدراسية والموضوع المرتبط بها، ويبين له أهمية كل مفهوم في حياة الطلبة، وفي بناء شخصية متكاملة متوازنة لكل منهم.

**القضايا المشتركة والمفاهيم العابرة**

* **قضايا بيئية (ترشيد الاستهلاك):**

لفت انتباه الطلبة إلى أنَّ الأردن بلد لا يوجد فيه مصادر مائية صالحة للشرب، وأنَّه يعتمد على مياه الأمطار في ذلك؛ لذا يجب على كل فرد الاقتصاد في استهلاك الماء عند استعماله، ثم اذكر لهم أمثلة على ذلك.

## 3 التقويم

**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:

## أتحقق

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

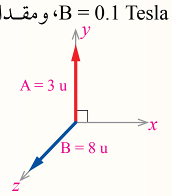
✓ أتحقَّقُ: كيفَ يُمكِنُ تحديدُ كلٍّ منْ طولِ السهمِ واتجاهِهِ عندَ تمثيلِ المُتَّجِهِ بيانيًّا؟

## مراجعة الدرس

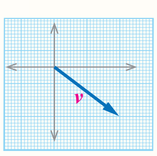
أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسة للدرس والمفاهيم والمصطلحات والمهارات المتنوعة.

### مراجعةُ الدرسِ

1. الفكرةُ الرئيسةُ: أذكرُ اختلافًا واحدًا وتشابهًا واحدًا بينَ:
   أ . الكميةِ المُتَّجِهةِ والكميةِ القياسيةِ.   ب . المُتَّجِهِ وسالبِ المُتَّجِهِ.
   جـ. الضربِ القياسيِّ والضربِ المُتَّجِهيِّ.
2. أُصنِّفُ الكمياتِ الآتيةَ إلى مُتَّجِهةٍ، وقياسيةٍ:
   - زمنُ الحصةِ الصفيةِ.
   - قُوَّةُ الجاذبيةِ الأرضيةِ.
   - درجةُ حرارةِ المريضِ.
   - المقاومةُ الكهربائيةُ.
   - كتلةُ الحقيبةِ المدرسيةِ.
3. أُمَثِّلُ بيانيًّا الكميتيْنِ المُتَّجِهتيْنِ الآتيتيْنِ:
   أ . قُوَّةٌ مغناطيسيةٌ مقدارُها 0.25 N في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها $143^o$ معَ محورِ $+x$.
   ب. تسارعٌ ثابتٌ مقدارُهُ $4\ m/s^2$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها $30^o$ جنوبَ الشرقِ.
4. ما مقدارُ الزاويةِ بينَ الكميتيْنِ المُتَّجِهتيْنِ $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{L}$ في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:
   أ . $\boldsymbol{F} \times \boldsymbol{L} = 0$؟   ب . $\boldsymbol{F} . \boldsymbol{L} = 0$؟   بافتراضِ أنَّ ($L \neq 0$، وَ $F \neq 0$).
5. أحسُبُ: اعتمادًا على العلاقةِ الآتيةِ للتدفُّقِ المغناطيسيِّ $\Phi$: $\Phi = \boldsymbol{B} . \boldsymbol{A}$،
   أحسُبُ مقدارَ التدفُّقِ المغناطيسيِّ $\Phi$ عندما تكونُ $A = 2 \times 10^{-6}\ m^2$ ، $B = 0.1$ Tesla، ومقدارُ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$ $45^o$.



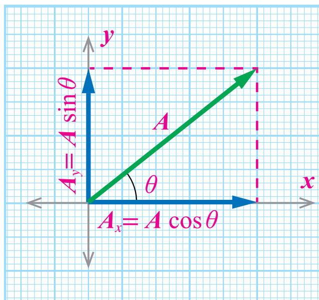

6. أحسُبُ: اعتمادًا على البياناتِ في الشكلِ المجاورِ، أحسُبُ مقدارَ حاصلِ الضربِ المُتَّجِهيِّ ($\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A}$)، مُحدِّدًا الاتجاهَ (الرمزُ u يعني وحدةً unit).




7. أحسُبُ: سيارةٌ تسيرُ بسرعةٍ ثابتةٍ $\boldsymbol{v}$، وفي اتجاهٍ مُحدَّدٍ. مُثِّلَتْ سرعةُ السيارةِ بيانيًّا برسمِ سهمٍ طولُهُ 5 cm باستخدامِ مقياسِ الرسمِ (1 cm: 10 m/s) على النحوِ المُبيَّنِ في الشكلِ المجاورِ. أحسُبُ مقدارَ سرعةِ السيارةِ، مُحدِّدًا اتجاهَها.
8. أحسُبُ مقدارَ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{r}$، التي يتساوى عندَها مقدارُ الضربِ القياسيِّ ومقدارُ الضربِ المُتَّجِهيِّ للمُتَّجِهيْنِ؛ أيْ إنَّ: $\boldsymbol{r} . \boldsymbol{F} = |\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}|$.

21

# التقويم




الشكلُ (23): تحليلُ المُتَّجِهِ $A$ إلى مُركَّبتيهِ.

أُثبِتُ أنَّ: $A_x^2 + A_y^2 = A^2$.

## أسئلة الأشكال

أسئلة إجاباتها تكون من الصورة لتدريب الطلبة على التحليل.

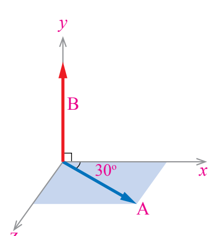
## مراجعةُ الوحدةِ

**1. أضعُ دائرةً حول رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلّ جملةٍ ممّا يأتي:**

1. الكميةُ المُتَّجِهةُ مِنَ الكمياتِ الفيزيائيةِ الآتيةِ هيَ:
   أ . عددُ المسافرينَ في الطائرةِ.
   ب . المدَّةُ الزمنيةُ لإقلاعِ الطائرةِ.
   جـ . تسارعُ الطائرةِ في أثناءِ إقلاعِها.
   د . حجمُ وقودِ الطائرةِ.

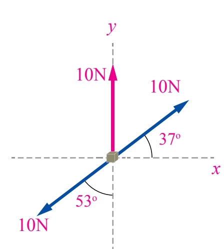
2. عندَ جمعِ القُوَّتيْنِ: 30 N وَ 20 N جمعًا مُتَّجِهًا، فإنَّ الناتجَ غيرَ الصحيحِ مِنَ النواتجِ المُحتملةِ الآتيةِ هوَ:
   أ . 10 N
   ب . 20 N
   جـ . 50 N
   د . 55 N

3. حاصلُ الضربِ المُتَّجِهيِّ $|A \times B|$ في الشكلِ المجاورِ هوَ:
   أ . $AB \sin 90°$
   ب . $AB \sin 30°$
   جـ . $AB \sin 120°$
   د . $AB \cos 90°$




4. العلاقةُ بينَ مُتَّجِهَيِ التسارُعِ $a_2$، $a_1$ بناءً على العلاقةِ $(a_1 - a_2 = 0)$ هيَ:
   أ . المُتَّجِهانِ $a_2$ ، $a_1$ متساويانِ في المقدارِ، ومتعاكسانِ في الاتجاهِ.
   ب . المُتَّجِهانِ $a_2$ ، $a_1$ متساويانِ في المقدارِ، وفي الاتجاهِ نفسِهِ.
   جـ . المُتَّجِهانِ $a_2$ ، $a_1$ مختلفانِ في المقدارِ، وفي الاتجاهِ نفسِهِ.
   د . المُتَّجِهانِ $a_2$ ، $a_1$ مختلفانِ في المقدارِ، ومتعاكسانِ في الاتجاهِ.

5. المقدارُ والاتجاهُ لمحصلةِ القوى في الشكلِ المجاورِ هما:
   أ . 30 N باتجاهِ محورِ $+y$
   ب . 30 N باتجاهِ محورِ $-y$
   جـ . 10 N باتجاهِ محورِ $+y$
   د . 0 N




## مراجعة الوحدة

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

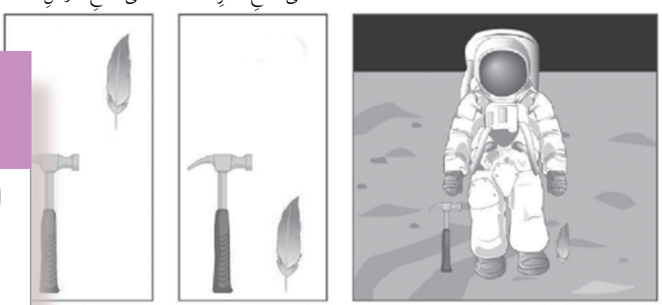
# التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

يشمل التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية على ما يأتي:

## أسئلة الاختبارات الدولية

### أسئلةُ اختباراتٍ دوليةٍ، أوْ أسئلةٌ على نمطِها

**السؤالُ الأولُ:**




وقفَ رائدُ فضاءٍ على سطحِ القمرِ، ثُمَّ أسقطَ ريشةً ومِطرقةً منْ يديْهِ في اللحظةِ نفسِها، فوصلَتا سطحَ
معًا. ولكنْ، عندَ تنفيذِكَ هذهِ التجربةَ على سطحِ الأرضِ ستُلاحِظُ أنَّ المِطرقةَ تصلُ أولًا سطحَ الأ
فما التفسيرُ الصحيحُ لهاتيْنِ المشاهدتيْنِ؟

أ – تسقطُ المِطرقةُ على سطحِ الأرضِ قبلَ الريشةِ؛ لأنَّ قُوَّةَ جذبِ الأرضِ لها كبيرةٌ. أمّا على
القمرِ فإنَّ وزنَ الريشةِ ووزنَ المِطرقةِ متساويانِ.

ب– تسقطُ المِطرقةُ على سطحِ الأرضِ قبلَ الريشةِ؛ لأنَّ تأثيرَ مقاومةِ الهواءِ فيها (نسبةً إلى وزنِها
منْهُ في الريشةِ. أمّا على سطحِ القمرِ فلا يوجدُ هواءٌ.

ج – تسقطُ المِطرقةُ على سطحِ الأرضِ قبلَ الريشةِ؛ لأنَّ قُوَّةَ جذبِ الأرضِ للأجسامِ تساوي
أمثالِ قُوَّةِ جذبِ القمرِ.

د – تسقطُ المِطرقةُ والريشةُ معًا على سطحِ القمرِ؛ نظرًا إلى عدمِ وجودِ جاذبيةٍ للقمرِ.



## أسئلة التحليل والاستنتاج

**خطواتُ العملِ:**

**بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفِّذُ الخطواتِ الآتيةَ:**

1. أضعُ طاولةَ القوى على سطحٍ مستوٍ، وأستعملُ الميزانَ لقياسِ كتلةِ حاملِ الأثقالِ، ثُمَّ أُدوِّنُ النتيجةَ.
2. أُعلِّقُ الأثقالَ الثلاثةَ (كُلُّ ثِقلٍ بخيطٍ)، ثُمَّ أضبطُ خيطًا منْها على تدريجِ الصفرِ $0^\circ$، وخيطًا آخرَ على تدريجِ $120^\circ$، وأُحرِّكُ الخيطَ المُتبقِّيَ حتّى ينطبقَ مركزُ الحلقةِ على مركزِ طاولةِ القوى، ثُمَّ أُدوِّنُ التدريجَ الذي انطبقَ عليْهِ الخيطُ.
3. أُكرِّرُ الخطوةَ الثانيةَ باستخدامِ ثلاثةِ أثقالٍ أُخرى متساويةٍ. هلْ تغيَّرَتِ النتائجُ؟

**التحليلُ والاستنتاجُ:**

1. أحسُبُ القوى الثلاثَ المُؤثِّرةَ في الحلقةِ باستخدامِ العلاقةِ: $F = mg$، حيثُ: $m$: (كتلةُ حاملِ الثِّقلِ + كتلةِ الثِّقلِ). ما مقدارُ محصلةِ تلكَ القوى؟

...............................................................

...............................................................

2. أحسُبُ بيانيًّا محصلةَ القُوَّتيْنِ: الأولى، والثانيةِ.

$F_{1,2}$ = ............ N , θ = ............ °

3. أُقارِنُ محصلةَ هاتيْنِ القُوَّتيْنِ بالقُوَّةِ الثالثةِ منْ حيثُ: المقدارُ، والاتجاهُ.

...............................................................

...............................................................

# التقويم في دليل المعلِّم

## الربط 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.
- الحديث: تحدث الطالب عن موضوع معين خلال مدة محددة.
- المعرض: عرض الطالب إنتاجه الفكري والعملي.
- المحاكاة/ لعب الأدوار: تنفيذ الطالب حوارًا بكل ما يرافقه 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 تحصيل الطالب معلومات ومهارات في مادة دراسية تعلَّمها قبلًا.

### التواصل

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- المؤتمر: لقاء مخطط يعقد بين المعلّم والطالب.
- المقابلة: لقاء بين المعلّم والطالب.
- الأسئلة والأجوبة: أسئلة مباشرة من المعلّم إلى الطالب.

**1 تقديم الدرس**

**الربط مع المعرفة السابقة:**

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

### الملاحظة

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الملاحظة المنظمة: ملاحظة يخطّط لها من قبل، ويحدّد فيها ظروف مضبوطة، مثل: الزمان، والمكان، والمعايير الخاصة بكل منها.

### مراجعة الذات

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- يوميات الطالب: كتابة الطالب ما قرأه، أو شاهده، أو سمعه.
- ملف الطالب: ملف يضم أفضل أعمال الطالب.
- تقويم الذات: قدرة الطالب على تقييم أدائه، والحكم عليه.

### أدوات التقويم:

- قائمة الرصد
- سلم التقدير العددي
- سلم التقدير اللفظي
- سجل وصف سير التعلم
- السجل القصصي

# المهارات

يشتمل كتاب الطالب على مهارات متنوعة:

## 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 مهاراتِ القرن الحادي والعشرين ركيزة أساسية لتحقيق مفهوم التعلم مدى الحياة.

- التعلم الذاتي.
- 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 الاسئلة.
- 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 الرئيسة والتفاصيل.
- المشكلة والحل.
- المقارنة.

## المهارات العلمية والهندسية

تنمّي 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 الدراسيّة المختلفة، ومع متطلبات التفكير الناقد والإبداعيّ.

- 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.

# استراتيجيات التدريس وأساليب داعمة في التعلُّم

يعتمد اختيار استراتيجية التدريس أو الأسلوب الداعم على عوامل عدة، منها: النتاجات، وخصائص الطلبة النمائية والمعرفية، والإمكانات المتاحة، والزمن المتاح.

### التعلّم التعاوني Collaborative Learning:

عمل الطلبة ضمن مجموعات لمساعدة بعضهم بعضًا في التعلّم؛ تحقيقًا لهدف مشترك أو واجب ما؛ على أن يبدي كل طالب مسؤولية في التعلُّم، 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:

استراتيجية تقوم على تقديم قضايا ومسائل حقيقية واقعية للطلبة، ثم الطلب إليهم تمحيصها ومعالجتها بأسلوب منظم.

### أكواب إشارة المرور Traffic Light |Cups:

يستخدم هذا الأسلوب للتدريس والمتابعة باستعمال أكواب متعددة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر)، بوصف ذلك إشارة للمعلّم 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 المعلّم 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 مهامهم.

### فكّر، انتق زميلًا، شارك Think- Pair- Share:


أسلوب يستخدم لعرض أفكار الطلبة، وفيه يطرح المعلّم سؤالًا على الطلبة، ثم يمنحهم الوقت الكافي للتفكير في الإجابة وكتابة أفكارهم في ورقة، ثم يطلب إلى كل طالبين مشاركة بعضهما بعضًا في الأفكار، ثم عرضها على افراد المجموعات.

### الطاولة المستديرة Round Table:

يمتاز هذا الأسلوب بسرعة تجميع أفكار الطلبة؛ إذ يكتب المعلّم أو أحد أفراد المجموعة سؤالًا في أعلى ورقة فارغة، ثم يُمرّر أفراد المجموعة الورقة على الطاولة، بحيث يضيف كل طالب فقرة جديدة تمثّل إسهامًا في إجابة السؤال، ويستمر ذلك حتى يطلب المعلّم إنهاء ذلك. بعدئذٍ، ينظّم أفراد المجموعة مناقشة للإجابات، ثم تعرض كل مجموعة نتائجها على بقية المجموعات.

### دراسة الحالة:


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

### بطاقة الخروج Exit Ticket:

يمثّل هذا الأسلوب مهمة قصيرة ينفّذها الطلبة قبل خروج المعلّم من الصف، وفيها يجيبون عن أسئلة قصيرة محددة مكتوبة في بطاقة صغيرة، ثم يجمع المعلّم البطاقات ليقرأ الإجابات، ثم يعلّق في الحصة التالية على إجابات الطلبة التي تمثّل تغذية راجعة يستند إليها في الحصة اللاحقة.

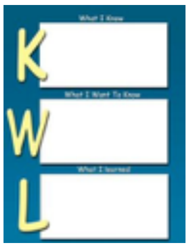
### اثنِ ومرّر Fold and Pass:

أسلوب يجيب فيه الطلبة أو أفراد المجموعات عن سؤال في ورقة، ثمّ تُمرّر الورقة على طلبة الصف بعد ثنيها، وتستمر العملية حتى يّصدر المعلّم للطلبة إشارة بالتوقّف، ثم يقرأ أحد افراد المجموعة ما كُتب في الورقة بصوت عال. وبهذا يتيح للمعلّم جمع معلومات عن إجابات الطلبة، ويتاح للطلبة المشاركة بحرية أكبر، وتقديم التغذية الراجعة، وتقويم الآخرين عندما يقرأون إجابات غيرهم.

### كنت أعتقد، والآن أعرف (I Used to Think, But Now I know):


أسلوب يقارن فيه الطلبة (لفظًا، أو كتابةً) أفكارهم في بداية الدرس بما وصلت إليه عند نهايته، ومن الممكن استخدامه تقويمًا ذاتيًّا يتيح للمعلّم الاطلاع على مدى تحسن التعلم لدى الطلبة، وتصحيح المفاهيم البديلة لديهم، وتخطيط الدرس التالي، وتصميم خبرات جديدة تناسب تعلمهم بصورة أفضل.

### جدول التعلُّم (What I already Know/ What I Want to Learn / What I Learned):




يعتمد على محاور أساسية ثلاثة وهي:

- ماذا أعرف؟ وهي خُطوة مهمة لفهم الموضوع الجديد وإنجاز المهمات، فالمتعلِّم يحدِّد إمكاناته حتى يتمكن من استثمارها على أحسن وجه.
- ماذا أريد أن أتعلم؟ وهي مرحلة تحديد المهمة المُتوقَّع إنجازها أو المشكلة التي ينبغي حلها.
- ماذا تعلمت؟ وهي مرحلة تقويم ما تعلَّمهُ الطالب من معارف ومهام وأنشطة.

### طريقة فراير Frayer Method:


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

### الطلاقة اللفظية:

يستخدم هذا الاسلوب لتعزيز عمليتي المناقشة والتأمّل، وفيه يتبادل أفراد المجموعة الأدوار بالتحدث عن الموضوع المطروح، والاستماع لبعضهم بعضًا مدَّة محددة من الوقت.

### التعلم بالتعاقد:

تعتمد هذه الاستراتيجية على إشراك الطلبة إشراكًا فعليًّا في تحمّل مسؤولية تعلمهم، تبدأ بتحديد ما سيتعلمونه في فترة زمنية محددة. ويتم من خلال هذه الاستراتيجية عقد اتفاق محدد بين المعلم وطلبته يتضح فيه المصادر التعليمية التي سيلجأ إليها الطلبة خلال عملية بحثهم، وطبيعة الأنشطة التي سيجرونها، وأسلوب التقويم وتوقيته.

### السقالات التعليمية (Instructional Scaffolding):

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

### التعلُّم المقلوب (Flipped Learning):

استعمال التقنيات الحديثة وشبكة الإنترنت على نحوٍ يسمح للمعلِّم بإعداد الدرس عن طريق مقاطع الفيديو، أو الملفات الصوتية، أو غير ذلك من الوسائط؛ ليطَّلِع عليها الطلبة في منازلهم (تظلُّ متاحة لهم على مدار الوقت)، باستعمال حواسيبهم، أو هواتفهم الذكية، أو أجهزتهم اللوحية قبل الحضور إلى غرفة الصف. في حين يُخصَّص وقت اللقاء الصفي في اليوم التالي لتطبيق المفاهيم والمحتوى العام الذي شاهدوه، وذلك في صورة سلسلة من أنشطة التعلُّم النشط، والأنشطة الاستقصائية، والتجريبية، والعمل بروح الفريق، وتقييم التقدُّم في سير العمل.

# تمايُز التدريس والتعلُّم

## Differentiation of Teaching and Learning

يهدف التمايُز إلى الوفاء بحاجات الطلبة الفردية، ويكون في المحتوى، أو في بيئة التعلُّم، أو في العملية التعليمية التعلُّمية، ويُسهِم التقييم المستمر والتجميع المرن في نجاح هذا النهج من التعليم.

يكون التمايُز في أبسط مستوياته عندما يلجأ المعلِّم إلى تغيير طريقة تدريسه؛ بُغْيَةَ إيجاد فرص تعلُّم لطالب، أو مجموعة صغيرة من الطلبة.

**يُمكِن للمعلِّم تحقيق التمايُز عن طريق أربعة عناصر رئيسة، هي:**

1. **المحتوى Content:** ما يحتاج الطالب إلى تعلُّمه، وكيفية حصوله على المعلومة.
2. **الأنشطة Activities:** الفعاليات التي يشارك فيها الطالب؛ لفهم المحتوى، أو إتقان المهارة.
3. **المُنتَجات Products:** المشاريع التي يتعيَّن على الطالب تنفيذها؛ للتدرُّب على ما تعلَّمه في الوحدة، وتوظيفه في حياته، والتوسُّع فيه.
4. **بيئة التعلُّم Learning environment:** عناصر البيئة الصفية جميعها.

### أمثلة على التمايُز في المحتوى:

- تقديم الأفكار باستعمال الوسائل السمعية والبصرية.
- الاجتماع مع مجموعات صغيرة من الطلبة الذين يعانون صعوبات؛ لإعادة تدريسهم فكرةً، أو تدريبهم على مهارة؛ أو توسيع دائرة التفكير ومستوياته لدى أقرانهم المُتقدِّمين Advanced students.

### أمثلة على التمايُز في الأنشطة:

- الإفادة من الأنشطة المُتدرِّجة التي يمارسها الطلبة كافةً، ولكنَّهم يُظهِرون فيها تقدُّمًا حتى مستويات معينة. وهذا النوع من الأنشطة يُسهِم في تحسُّن أداء الطلبة، ويتيح لهم الاستمرار في التقدُّم، مراعيًا الفروق الفردية بينهم؛ إذ تتباين درجة التعقيد في المستويات التي يصلها الطلبة في هذه الأنشطة.
- تطوير جداول الأعمال الشخصية (قوائم مهام يكتبها المعلِّم، وهي تتضمَّن المهام المشتركة التي يتعيَّن على الطلبة كافةً إنجازها، وتلك التي تفي بحاجات الطلبة الفردية).
- تقديم أشكال من الدعم العملي للطلبة الذين يحتاجون إلى المساعدة.
- منح الطلبة وقتًا إضافيًا لإنجاز المهام؛ بُغْيَةَ دعم الطلبة الذين يحتاجون إلى المساعدة، وإفساح المجال أمام الطلبة المُتقدِّمين Advanced students للخوض في الموضوع على نحوٍ أعمق.

### أمثلة على التمايُز في الأعمال التي يؤديها الطلبة:

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

### أمثلة على التمايُز في بيئة التعلُّم:

- تطوير إجراءات تسمح للطلبة بالحصول على المساعدة عند انشغال المعلِّمين بطلبة آخرين، وعدم تمكُّنهم من تقديم المساعدة المباشرة لهم.
- التحقُّق من وجود أماكن في غرفة الصف، يُمكِن للطلبة العمل فيها بهدوء، ومن دون إلهاء، وكذلك أماكن أُخرى تُسهِّل العمل التعاوني بين الطلبة.

**ملحوظة:** يعتمد التمايُز في التعليم على مدى استعداد الطلبة، ومناحي اهتماماتهم، وسجلّات تعلُّمهم.

- **نشاط سريع.**

نشاط سريع

- ذكِّر الطلبة بالفرق بين المسافة والإزاحة، ثم حدِّد على اللوح نقطة البداية.
- اطلب إلى عدد من الطلبة رسم خط مستقيم، طوله 20 cm، من نقطة البداية نفسها؛ كلٌّ على حِدَة، ثم رسم سهم في نهاية الخط ليدل على اتجاه الحركة. سيُلاحِظ الطلبة أنَّهم لم يصلوا إلى نقطة النهاية نفسها بالرغم من أنَّ نقطة البداية هي نفسها، وكذلك الحال بالنسبة إلى المسافة التي قطعوها؛ أيْ إنَّ مقدار الإزاحة ثابت، ولكنَّ اختلاف اتجاهها أدّى إلى اختلاف إزاحة كلٍّ منهم؛ ما يعني أنَّ الإزاحة كمية متجهة تتطلَّب تحديد المقدار والاتجاه.

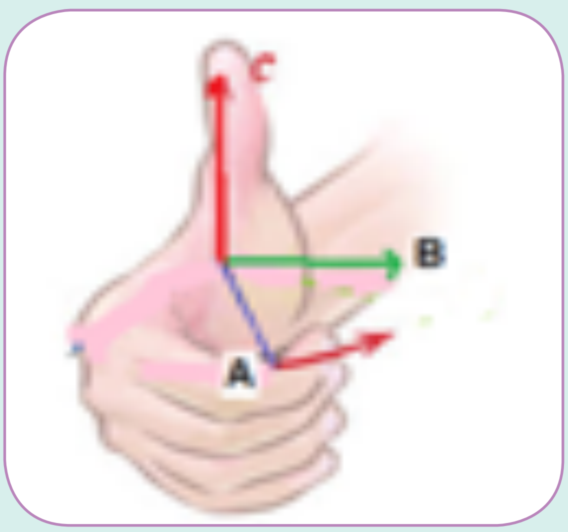
- **طريقة أخرى للتدريس.**

طريقة أخرى للتدريس

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

لنفترض أنَّ $\boldsymbol{C} = \boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}$ ، حيث يُمثِّل المتجه $\boldsymbol{C}$ ناتج الضرب المتجهي لـ: $\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}$.

فإذا أردنا -مثلًا- تحديد اتجاه $\boldsymbol{C}$، فإنَّنا نُحرِّك الأصابع الأربع لكف اليد اليمنى من اتجاه $\boldsymbol{A}$ إلى اتجاه $\boldsymbol{B}$ عبر الزاوية الصغرى، فيشير اتجاه الإبهام إلى اتجاه $\boldsymbol{C}$؛ أيْ إلى اتجاه محور $+z$ كما في الشكل؛ إذ يكون المتجه $\boldsymbol{C}$ متعامدًا دائمًا مع كلٍّ من المتجهين: $\boldsymbol{A}$، و $\boldsymbol{B}$. وبالطريقة نفسها، يُمكِن أيضًا استعمال قاعدة البرغي بدلًا من قبضة اليد اليمنى.




- **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، تتولّى كلٌّ منها جانبًا من المشروع.
- التجوُّل بين اللجان مُوجِّهًا، ومُساعِدًا، ومُرشِدًا، مثل توجيه اللجنة المسؤولة عن الموقع إلى دخول الموقع الإلكتروني لدائرة الأراضي والمساحة؛ لاستخراج مُخطَّط موقع، واختيار قطعة الأرض المناسبة من حيث المساحة (بناءً على مقياس الرسم الموجود على المُخطَّط)، ومن حيث سهولة الوصول إليها، وتوافر الخدمات... ثم تحديد موقع القطعة استنادًا إلى موقع مرجعي معروف في المنطقة باستعمال الأسهم والاتجاهات الجغرافية... وهكذا.
- الطلب إلى أفراد كل لجنة - بعد إنهاء 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 والمجالات، بما في ذلك قطاع التعليم، فقد تضمَّن كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتمارين دروسًا تعتمد على التعلُّم المتمازج (Blended Learning) الذي يربط بين التكنولوجيا وطرائق التعلُّم المختلفة، وأنشطةً وفق المنحى التكاملي (STEAM) تُعدُّ التكنولوجيا المحور الرئيس فيها .

عند توظيف المعلِّم للتكنولوجيا، يتعيَّن عليه مراعاة ما يأتي:

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

### توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع تمثيل المتجهات بيانيًا، علمًا بأنَّه يُمكِنك 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 استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

# الوحدة الأولى

# الوحدة الأولى: المتجهات Vectors

| تجربة استهلالية: ناتج جمع قوتين عمليًّا. | | | |
|---|---|---|---|
| الدرس | النتاجات | والأنشطة التجارب | عدد الحصص |
| **الأول:**<br>**الكميات القياسية والكميات المتجهة.** | • أُوضِّح المقصود بالكميات الفيزيائية؛ المتجهة، والقياسية.<br>• أستنتج خصائص المتجهات بطرائق مختلفة.<br>• أحسب الزاوية المحصورة بين متجهين باستعمال تعريف الضرب القياسي لمتجهين.<br>• أُطبِّق خصائص المتجهات على كميات فيزيائية متجهة. | • ناتج جمع قوتين عمليًّا. | 4 |
| **الثاني:**<br>**جمع المتجهات وطرحها.** | • أُطبِّق خصائص المتجهات على كميات فيزيائية متجهة.<br>• أستنتج خصائص المتجهات بطرائق مختلفة. | • إيجاد محصلة قوتين بصورة عملية. | 5 |

| النتاجات السابقة | الصف | النتاجات اللاحقة | الصف |
|---|---|---|---|
| • يُقدِّم أدلة على أنَّ التغير في سرعة الجسم يرتبط بالقوة المحصلة المُؤثِّرة في الجسم، وكتلة الجسم. | السابع | • يحسب محصلة القوى المُؤثِّرة في شحنة نقطية بتأثير عِدَّة شحنات نقطية.<br>• يحسب محصلة المجال الكهربائي عند نقطة بتأثير عِدَّة شحنات نقطية.<br>• يصف التدفق المغناطيسي عبر سطح، ويُعبِّر عنه بمعادلة.<br>• يصف القوة المغناطيسية التي يُؤثِّر بها المجال في الشحنة المتحركة فيه.<br>• يصف القوة المغناطيسية التي يُؤثِّر بها المجال في الموصل الذي يحمل تيارًا كهربائيًّا. | الحادي عشر |
| • يستنتج أنَّ الشغل الذي تبذله قوة يساوي ناتج ضرب مقدار القوة في مقدار المسافة التي يتحركها الجسم في اتجاه يوازي القوة. | التاسع | | |

# الوحدةُ 1

# المُتَّجِهاتُ Vectors

## أتأمَّلُ الصورةَ

وجِّه 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 نحو 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 متجهي)؛ 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 رئيسة على استعمال المتجهات لتحديد سرعة الطائرة، واتجاهها، وارتفاعها، إلى جانب مراعاة سرعة الرياح في المطار، والمسار الذي يجب أنْ تسلكه الطائرة؛ تجنُّبًا لأيِّ 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- ووجَّه الطائرة باتجاه المدرج في أثناء الهبوط مثلًا- فإنَّ الطائرة ربَّما تنحرف عن المدرج، وتتجه إلى مسار آخر بعيدًا عنه؛ ما قد يتسبَّب في وقوع حوادث تُؤثِّر سلبًا في سلامة المسافرين وطاقم الطائرة، فضلًا 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.

الوحدةُ 1

المُتَّجِهاتُ Vectors

أتأمَّلُ الصورةَ

يكونُ هبوطُ الطائراتِ باتجاهٍ موازٍ لمَدْرجِ المطارِ في الأحوالِ الاعتياديةِ، ولكنَّ الطيارَ يواجهُ صعوباتٍ في أثناءِ عمليةِ الهبوطِ في الأجواءِ العاصفةِ؛ إذْ تكونُ الرياحُ العرضيةُ نشطةً جدًّا، فيلجأُ الطيارُ إلى توجيهِ مُقدِّمةِ الطائرةِ بشكلٍ منحرفٍ عنِ اتجاهِ المَدْرجِ بعكسِ اتجاهِ هذهِ الرياحِ، كما هوَ مُبيَّنٌ في الصورةِ. وهذا ما حدثَ معَ طيارٍ أردنيٍّ؛ إذْ تمكَّنَ منَ الهبوطِ بأمانٍ على الرغمِ منَ العاصفةِ القويةِ التي ضربَتْ مطارَ هيثرو في لندنَ عامَ 2020 م، علمًا بأنَّهُ تعذَّرَ على عشرينَ طائرةً الهبوطُ وقتئذٍ. فما الهدفُ منْ توجيهِ الطيارِ مُقدِّمةَ الطائرةِ نحوَ الاتجاهِ المُبيَّنِ في الشكلِ؟ ما أثرُ ذلكَ في السلامةِ العامةِ؟

7

## الفكـرة العامـة:

اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

- ما الكميات الفيزيائية التي يُزوِّد ركاب الطائرة بمعلومات عنها؟

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

قارِن بين تلك الكميات من حيث المقدار والاتجاه، مُبيِّنًا للطلبة أنَّ لبعضها مقدارًا فقط، وليس لها اتجاه، مثل درجة حرارة الجو ($30\ ^{o}C$)، وأنَّ لبعضها الآخر مقدارًا واتجاهًا مثل سرعة الطائرة ($900\ km/h$) في اتجاه الغرب مثلًا). بيِّن للطلبة أيضًا أنَّ خصائص الكميات التي لها مقدار واتجاه (جمع، طرح، ضرب... ) تختلف عن تلك التي لها مقدار فقط.

## 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، تتولّى كلٌّ منها جانبًا من المشروع.
- التجوُّل بين اللجان مُوجِّهًا، ومُساعِدًا، ومُرشِدًا، مثل توجيه اللجنة المسؤولة عن الموقع إلى دخول الموقع الإلكتروني لدائرة الأراضي والمساحة؛ لاستخراج مُخطَّط موقع، واختيار قطعة الأرض المناسبة من حيث المساحة (بناءً على مقياس الرسم الموجود على المُخطَّط)، ومن حيث سهولة الوصول إليها، وتوافر الخدمات... ثم تحديد موقع القطعة استنادًا إلى موقع مرجعي معروف في المنطقة باستعمال الأسهم والاتجاهات الجغرافية... وهكذا.
- الطلب إلى أفراد كل لجنة - بعد إنهاء المهمة المنوطة بهم- كتابة تقرير كامل عن المشروع، مستعينين بشبكة الإنترنت وبرمجيات الحاسوب.

### الفكرةُ العامةُ:

الكمياتُ الفيزيائيةُ عديدةٌ ومتنوعةٌ؛ فبعضُها كمياتٌ مُتَّجِهةٌ تتطلَّبُ تحديدَ المقدارِ والاتجاهِ للتعبيرِ عنْها على نحوٍ كاملٍ صحيحٍ، وبعضُها الآخرُ كمياتٌ قياسيةٌ تُحدَّدُ بالمقدارِ فقطْ وليسَ لها اتجاهٌ، علمًا بأنَّ التعاملَ معَ الكمياتِ المُتَّجِهةِ، وإجراءَ العملياتِ الحسابيةِ عليْها يختلفُ اختلافًا كبيرًا عنِ الكمياتِ القياسيةِ.

الدرسُ الأولُ: الكمياتُ القياسيةُ والكمياتُ المُتَّجِهةُ

Scalar and Vector Quantities

الفكرةُ الرئيسةُ: للكمياتِ المُتَّجِهةِ خصائصُ تمتازُ بها عنِ الكمياتِ القياسيةِ.

الدرسُ الثاني: جمعُ المُتَّجِهاتِ وطرحُها

Addition and Subtraction of Vectors

الفكرةُ الرئيسةُ: جمعُ الكمياتِ المُتَّجِهةِ أوْ طرحُها يكونُ إمّا بيانيًّا، وإمّا رياضيًّا عنْ طريقِ تحليلِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ إلى مُركَّباتِها.

8

### القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*القضايا ذات العلاقة بالعمل: إدارة المشاريع

وجه الطلبة إلى أهمية التخطيط للمشروع بشكل دقيق وعلمي ودراسته وجمع معلومات كافية عنه قبل البدء بتنفيذه.

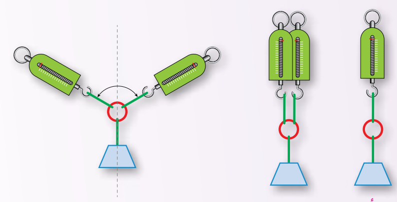
## تجربة استهلالية

### ناتجُ جمعِ قُوَّتيْنِ عمليًّا

ادَّعَتْ هيا أنَّ مجموعَ قُوَّتيْنِ مقدارُ كلٍّ منْهُما 5 N تُؤثِّرانِ في جسمٍ، هوَ **5 N + 5 N = 5 N**، في حينِ ادَّعى يَمانٌ أنَّ مجموعَ القُوَّتيْنِ **5 N + 5 N = 10 N**. أَيَّهُما تُؤيِّدُ؟

**الموادُّ والأدواتُ:** ثِقْلٌ كتلتُهُ 500g، ميزانانِ نابضانِ، ثلاثةُ خيوطٍ متساويةٍ في الطولِ، حلقةٌ مُهمَلةُ الوزنِ تقريبًا.

**إرشاداتُ السلامةِ:** الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.




**خطواتُ العملِ:**

بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفِّذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1. **أقيسُ:** أُعلِّقُ الثِّقْلَ بالميزانِ الأولِ كما في الشكلِ (أ)، ثمَّ أُدَوِّنُ القراءةَ.
2. **أقيسُ:** أُعلِّقُ الميزانَ الثانيَ بالحلقةِ، إضافةً إلى الميزانِ الأولِ كما في الشكلِ (ب)، ثمَّ أُدَوِّنُ قراءةَ كلٍّ منَ الميزانيْنِ.
3. **أقيسُ:** أُزيحُ كلًّا منَ الميزانيْنِ في الشكلِ (ب): أحدَهما إلى اليمينِ، والآخرَ إلى اليسارِ كما في الشكلِ (جـ)، حتّى تصبحَ قراءةُ كلِّ ميزانٍ مساويةً لقراءةِ الميزانِ في الشكلِ (أ)، ثمَّ أُدَوِّنُ كلَّ قراءةٍ.

**التحليلُ والاستنتاجُ:**

1. ماذا تُمثِّلُ قراءةُ الميزانِ الأولِ في الحالةِ (أ)؟
2. كيفَ تغيَّرَتْ قراءةُ كلٍّ منَ الميزانيْنِ في الحالتيْنِ (ب) و (جـ)؟
3. **أُقارِنُ** مجموعَ قراءةِ الموازينِ في الحالةِ (ب) والحالةِ (جـ) بوزنِ الثِّقْلِ.
4. **أُقوِّمُ:** أُحدِّدُ أيَّهُما أُؤيِّدُ: ادِّعاءَ هيا أمِ ادِّعاءَ يَمانٍ، ماذا أستنتجُ؟

9

### تحليل النتائج:

1 تُمثِّل قراءة الميزان الأول في الحالة A وزن الثقل: (W = mg = 0.5 ×10 = 5 N).

2 الميزان الأول: تناقصت قراءة هذا الميزان إلى النصف في الحالة B(2.5 N)، ثم ازدادت لتعود إلى قيمتها الأولى في الحالة C(5 N).

الميزان الثاني: تشابهت قراءة هذا الميزان تشابهًا تامًّا مع قراءة الميزان الأول في الحالتين: B(2.5 N)، و C(5N)؛ إذ ازدادت القراءة.

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

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

صحة ادعاء كلٍّ من هيا ويمان تعتمد على مقدار كلٍّ من القوتين واتجاهها؛ ففي الحالة C، حيث الزاوية بين المتجهين $120^\circ$، يكون ادعاء يمان صحيحًا (5 + 5 = 5 N). وفي الحالة B، حيث القوتان متوازيتان (الزاوية بينها $0^\circ$)، يكون ادعاء هيا صحيحًا. نستنتج من ذلك أنَّ ناتج جمع القوى يعتمد على مقادير واتجاهات تلك القوى.

## تجربة استهلالية

**الهدف:**

تمييز جمع القوى من جمع الأعداد.

**إرشادات السلامة:**

الحذر من سقوط الأثقال على القدمين.

**المهارات العلمية:**

القياس، المقارنة، تقديم الدليل.

**الإجراءات والتوجيهات:**

وجِّه الطلبة إلى الاستعانة بدليل التجارب عند إجراء التجربة، واطلب إليهم ضبط (معايرة) الموازين قبل استعمالها؛ لضمان الحصول على قراءات أكثر دقة، وتحقَّق من صلاحية الموازين ودقتها قبل دخول المختبر.

**النتائج المتوقعة:**

| الحالة (الشكل) | A | B | C |
|---|---|---|---|
| قراءة الميزان الأول | 5 N | 2.5 N | 5 N |
| قراءة الميزان الثاني | - | 2.5 N | 5 N، والزاوية بين قوتي الشد في الميزانين $120^\circ$ |

قد يتوصَّل الطلبة إلى قراءاتٍ للميزانين قريبةٍ من هذه النتائج، لكنَّها ليست مطابقة لها تمامًا؛ نظرًا إلى عدم ضبط (معايرة) الميزانين قبل استعمالها، أو حدوث خلل فيهما نتيجة كثرة الاستعمال. غير أنَّ النتيجة النهائية المتوقعة للطلبة كافةً هي أنَّ جمع المتجهات يختلف عن جمع الأعداد.

**استراتيجية التقويم:** التقويم المعتمد على الأداء.

**أداة التقويم:** قائمة رصد.

| الرقم | معايير الأداء | نعم | لا |
|---|---|---|---|
| 1 | يُميِّز جمع القوى من جمع الأعداد. | | |
| 2 | يقيس قياسًا دقيقًا جدًّا الوزن باستعمال الميزان النابضي. | | |
| 3 | يعتمد أدلة علمية وموثوقة لتأييد الادِّعاء، أو دحضه. | | |
| 4 | يحترم الرأي والرأي الآخر. | | |

# الدرس 1

## الكميات القياسية والكميات المُتَّجِهة
## Scalar and Vector Quantities

### 1 تقديم الدرس

### الكمياتُ الفيزيائيةُ

**◄ الفكرة الرئيسة:**

لنفترض أنَّ سيارة تحركت بسرعة 70 km/h في اتجاه الشمال مدَّة 5 دقائق، ثم اتجهت نحو الشرق، وتحركت بسرعة 70 km/h مدَّة 5 دقائق أيضًا.

**اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:**

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

وضِّح للطلبة أنَّ سرعة السيارة غير متساوية في كلتا الحالتين (متساوية في المقدار، ولكنَّها ليست في الاتجاه نفسه)، وأنَّ مجموع السرعة في كلٍ منهما لا يساوي 140 km/h. أمّا الزمن فهو متساوٍ في كلتا الحالتين، والمجموع الكلي للمدَّة الزمنية هو 10 دقائق، بالرغم من أنَّ السرعة والزمن كميتان فيزيائيتان! وضِّح لهم أيضًا أنَّ السرعة كمية لها مقدار واتجاه؛ لذا، فهي تختلف اختلافًا تامًّا – في خصائصها، والتعامل معها– عن الزمن الذي له مقدار فقط، وليس له اتجاه.

**◄ الربط مع المعرفة السابقة:**

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

---

الدرس 1

**الكمياتُ القياسيةُ والكمياتُ المُتَّجِهةُ**
**Scalar and Vector Quantities**

**◄ الفكرةُ الرئيسةُ:**

للكمياتِ المُتَّجِهةِ خصائصُ تمتازُ بها عنِ الكمياتِ القياسيةِ.

**◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:**

- أوضِّحُ المقصودَ بالكمياتِ الفيزيائيةِ: المُتَّجِهةِ، والقياسيةِ.
- أستنتِجُ خصائصَ المُتَّجِهاتِ بطرائقَ مختلفةٍ.
- أحسُبُ الزاويةَ المحصورةَ بينَ مُتَّجِهيْنِ باستخدامِ تعريفِ الضربِ القياسيِّ لمُتَّجِهيْنِ.
- أُطبِّقُ خصائصَ المُتَّجِهاتِ على كمياتٍ فيزيائيةٍ مُتَّجِهةٍ.

**◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:**

الكمياتُ المُتَّجِهةُ Vector Quantities.
الكمياتُ القياسيةُ Scalar Quantities.
تمثيلُ المُتَّجِهاتِ Representation of Vectors.
تساوي مُتَّجِهيْنِ Equality of two Vectors.
سالبُ المُتَّجِهِ Negative of a Vector.
الضربُ القياسيُّ Scalar Product.
الضربُ المُتَّجِهيُّ Vector Product.

**الكمياتُ الفيزيائيةُ**
**Physical Quantities**

نتعامـلُ في حياتِنـا معَ كمياتٍ فيزيائيـةٍ عديدةٍ؛ سواءٌ أكانَتْ كمياتٍ أساسيةً (مثلُ: الزمنِ، ودرجةِ الحرارةِ، والكتلةِ، والطولِ)، أوْ كمياتٍ مشتقةً (مثلُ: القُوَّةِ، والسرعةِ، والتسارُعِ)، ويُعبَّرُ عنْ بعضِ تلكَ الكمياتِ بعددٍ ووحدةٍ مناسبيْنِ، فنقولُ مثلًا إنَّ كتلةَ الحقيبةِ 6 kg، وسرعةَ الطائرةِ 200 m/s. ولكنْ، هلْ كانَ وصْفُ كلٍّ منَ الكميتيْنِ كافيًا؟

يُوضِّحُ الشكلُ (1) حالةَ الطقسِ المتوقعـةَ في العاصمةِ عمّانَ بحسبِ تنبؤاتِ دائـرةِ الأرصـادِ الجويـةِ الأردنـيـةِ. ما الكمياتُ الفيزيائيةُ التي ظهرَتْ في النشرةِ الجويـةِ؟ هلِ اختلفَ وصفُ كلٍّ منها عنْ غيرِهِ؟

يُلاحَظُ وجودُ كمياتٍ فيزيائيةٍ يُمكِنُ وصفُها وصفًا كاملًا بتحديدِ مقدارِها فقطْ، وأُخرى يَلزَمُ تحديدُ مقدارِها واتجاهِها معًا.


الشكلُ (1): حالةُ الطقسِ في العاصمةِ عمّانَ.

10

---

### 2 التدريس

**◄ بناء المفهوم:**

وضِّح للطلبة أنَّ مفهوم المتجه لا يعني فقط المقدار والاتجاه، وأنَّه ينمو ويتطور؛ إذ يندرج تحته خصائص أخرى ستتناولها في هذه الوحدة. وضِّح لهم أيضًا أنَّ للمتجهات أهمية كبيرة في دراسة علوم الفيزياء والرياضيات والهندسة، وفي كثير من التطبيقات الحياتية.

**أجابة سؤال الشكل ( 1 ):**

الكميات الفيزيائية هي درجة الحرارة، وسرعة الرياح. وقد اختلف وصف كلٍّ منهما؛ إذ وُصِفت درجة الحرارة بالمقدار فقط، في حين وُصِفت سرعة الرياح بالمقدار والاتجاه معًا (اتجاه السهم يُمثِّل اتجاه السرعة).

بوجهٍ عامٍّ، تُقسَّمُ الكمياتُ الفيزيائيةُ إلى قسميْنِ رئيسيْنِ، هما:

### أ . الكمياتُ القياسيةُ Scalar Quantities

هيَ الكمياتُ التي تُحدَّدُ فقطْ بالمقدارِ، ولا يوجدُ لها اتجاهٌ. ففي الشكلِ (1)، يُكتفى بالقولِ إنَّ درجةَ حرارةِ الجوِّ 9 °C نهارًا. وحينَ يسألُني أحدُ زملائي في الصفِّ عنْ مقدارِ كتلتي، فإنَّني أُجيبُهُ مثلًا: 50 kg. ومنَ الأمثلةِ الأُخرى على **الكمياتِ القياسيةِ (Scalar quantities)**: الحجمُ، والطاقةُ، والضغطُ.

### ب. الكمياتُ المُتَّجِهةُ Vector Quantities

هيَ الكمياتُ التي تُحدَّدُ بالمقدارِ والاتجاهِ معًا. ففي ما يخصُّ سرعةَ الرياحِ مثلًا في الشكلِ (1)، لا يُكتفى بالقولِ إنَّ مقدارَها 24 km/h نهارًا، وإنَّما يجبُ تحديدُ اتجاهِها نحوَ الشرقِ لكيْ يصبحَ وصفُها كاملًا. وكذلكَ لاعبُ كرةِ القدمِ؛ فهوَ يَركُلُ الكرةَ بقدمِهِ لتنطلقَ بسرعةٍ كبيرةٍ وفي اتجاهٍ مُحدَّدٍ لكيْ يُسجِّلَ هدفًا في المرمى. ومنَ الأمثلةِ الأُخرى على **الكمياتِ المُتَّجِهةِ (Vector quantities)**: الإزاحةُ، والتسارُعُ، والقُوَّةُ.

## المثالُ 1

**أُصنِّفُ الكمياتِ الفيزيائيةَ في الجدولِ (1) الآتي إلى كمياتٍ مُتَّجِهةٍ، وأُخرى قياسيةٍ:**

الجدولُ (1)

| الكميةُ الفيزيائيةُ | كميةٌ مُتَّجِهةٌ/ كميةٌ قياسيةٌ |
|---|---|
| الكتلةُ (4 kg) | |
| التسارُعُ ( $20 m/s^2$، غربًا) | |
| الشغلُ (200 J) | |
| القُوَّةُ (120 N، شمالًا) | |

**الحلُّ:**

- الكتلةُ: كميةٌ قياسيةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ فقطْ بمقدارٍ.
- التسارُعُ: كميةٌ مُتَّجِهةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ بمقدارٍ واتجاهٍ.
- الشغلُ: كميةٌ قياسيةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ فقطْ بمقدارٍ.
- القُوَّةُ: كميةٌ مُتَّجِهةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ بمقدارٍ واتجاهٍ.

11

## نشاط سريع

- ذكِّر الطلبة بالفرق بين المسافة والإزاحة، ثم حدِّد على اللوح نقطة البداية.
- اطلب إلى عدد من الطلبة رسم خط مستقيم، طوله 20 cm، من نقطة البداية نفسها؛ كلٌّ على حِدَة، ثم رسم سهم في نهاية الخط ليدل على اتجاه الحركة. سيُلاحِظ الطلبة أنَّهم لم يصلوا إلى نقطة النهاية نفسها بالرغم من أنَّ نقطة البداية هي نفسها، وكذلك الحال بالنسبة إلى المسافة التي قطعوها؛ أيْ إنَّ مقدار الإزاحة ثابت، ولكنَّ اختلاف اتجاهها أدّى إلى اختلاف إزاحة كلٍّ منهم؛ ما يعني أنَّ الإزاحة كمية متجهة تتطلَّب تحديد المقدار والاتجاه.

## مثال إضافي

أُقيمت مباراة لكرة القدم على ملعب مدينة الحسين الرياضية.

- حدِّد كميتين متجهتين، وكميتين قياسيتين، ثم رتِّبها في جدول، مُبيِّنًا اسم الكمية، ورمزها، ووحدة قياسها (في النظام الدولي SI).
- اطلب إلى الطلبة حلَّ السؤال ضمن مجموعات ثنائية.

**الإجابات المحتملة:**

| اسم الكمية | رمز الكمية | وحدة القياس | كمية متجهة، كمية قياسية |
|---|---|---|---|
| طول الملعب، عرض ا لملعب | L | m | قياسية |
| كتلة كرة القدم | m | kg | قياسية |
| القوة المُؤثِّرة في الكرة لحظة ركلها | F | N | متجهة |
| سرعة انطلاق الكرة لحظة ركلها | v | m/s | متجهة |

**معلومة إضافية**

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

**أتحقَّق:**

**الكميات المتجهة:**

كميات لها مقدار واتجاه، وهي تُحدَّد بالمقدار والاتجاه معًا.

**الكميات القياسية:**

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

**تمرينٌ**

**الكميات القياسية:**

كتلة القلم، طول القلم، زمن سقوط القلم.

**الكميات المتجهة:**

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

---

توجدُ طرائقُ عِدَّةٌ لتمييزِ الكميةِ المُتَّجِهةِ منَ الكميةِ القياسيةِ، منْها:

- وَضْعُ سَهْمٍ فوقَ رمزِ الكميةِ المُتَّجِهةِ، مثلِ: $\vec{F}$ لتمييزِ مُتَّجِهِ القُوَّةِ. ويُعبَّرُ عنْ مقدارِ المُتَّجِهِ على النحوِ الآتي: $|\vec{F}|$ أوْ $F$، وسيستخدمُ الطلبةُ هذهِ الطريقةَ في دفاترِهِمْ، وكذلكَ على اللوحِ.
- كتابةُ رمزِ الكميةِ المُتَّجِهةِ بالخطِّ الغامقِ (Bold)، مثلِ $\boldsymbol{F}$ لتمييزِ مُتَّجِهِ القُوَّةِ، وبالخطِّ العاديِّ للدلالةِ على مقدارِ المُتَّجِهِ، مثلِ $F$، وسنستخدمُ هذهِ الطريقةَ في كتابِنا هذا.

**أتحقَّقُ:** أُقارِنُ بينَ الكمياتِ المُتَّجِهةِ والكمياتِ القياسيةِ.

### المثالُ 2

**أُجيبُ بـ (نعمْ) أوْ (لا)، مُعزِّزًا إجابتي بمثالٍ على كلٍّ ممّا يأتي:**

- تشيرُ الإشارةُ السالبةُ أوِ الإشارةُ الموجبةُ إلى اتجاهِ الكميةِ المُتَّجِهةِ . هلْ يُمكِنُ أنْ تكونَ الكميةُ القياسيةُ سالبةً؟
- قدْ يكونُ للكميةِ المُتَّجِهةِ والكميةِ القياسيةِ الوحدةُ نفسُها.
- قدْ تتساوى كميتانِ مُتَّجِهتانِ في المقدارِ، وتختلفانِ في الاتجاهِ.

**الحلُّ:**

- نعمْ، فدرجةُ الحرارةِ قدْ تكونُ سالبةً، وهيَ كميةٌ قياسيةٌ. والإشارةُ السالبةُ هنا لا تعني اتجاهًا.
- نعمْ، فطولُ المسارِ الفعليِّ بينَ نقطتَيِ البدايةِ والنهايةِ هوَ كميَّةٌ قياسيةٌ، لكنَّ الإزاحةَ (الخطُّ المستقيمُ منْ نقطةِ البدايةِ إلى نقطةِ النهايةِ) هيَ كميةٌ مُتَّجِهةٌ، ووحدةُ قياسِ كلٍّ منْ هاتيْنِ الكميتيْنِ هيَ نفسُها (المترُ في النظامِ الدوليِّ).
- نعمْ، فالكمياتُ المُتَّجِهةُ قدْ تتساوى في المقدارِ، وتختلفُ في الاتجاهِ. فمثلًا، تُؤثِّرُ في الجسمِ قُوَّتانِ متساويتانِ في المقدارِ؛ إحداهُما باتجاهِ الشرقِ، والأُخرى باتجاهِ الشمالِ. وقدْ تكونُ هذهِ الكمياتُ مختلفةً في المقدارِ، ومُتماثِلةً في الاتجاهِ.

**تمرينٌ**

في أثناءِ جلوسي في غرفةِ الصفِّ سقطَ قلمٌ باتجاهِ سطحِ الأرضِ. أُحدِّدُ كميتيْنِ قياسيتيْنِ، وكميتيْنِ مُتَّجِهتيْنِ لها صلةٌ بذلكَ.

12

---

**◄ التعزيز:**

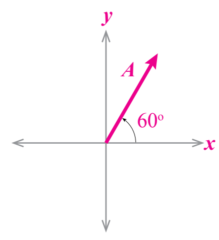
- وزِّع الطلبة إلى فريقين، ثم نظِّم مسابقة بينهما بعد عقد جلسة عصف ذهني لكلا الفريقين.
- وجِّه أحد الفريقين إلى البحث عن كميات متجهة، ثم كتابتها على يمين اللوح.
- وجِّه الفريق الآخر إلى البحث عن كميات قياسية، ثم كتابتها على يسار اللوح.
- أنشئ لجنة تحكيم من الطلبة؛ لمراقبة مدى التزام الفريقين بما يأتي:
  - الالتزام بالوقت المُحدَّد للنشاط (10 دقائق مثلًا).
  - كتابة الطالب كمية واحدة فقط على اللوح، وعدم تكرار ذلك إلّا بعد انتهاء جميع أعضاء الفريق من المشاركة في عملية الكتابة.
- بعد انتهاء الوقت المُحدَّد، ناقِش كل فريق في إجابته، ثم اشطب الكميات المُكرَّرة وغير الصحيحة، ثم عُدَّ الإجابات الصحيحة، لتُعلِن لجنة التحكيم الفريق الفائز.

## تمثيلُ المُتَّجِهاتِ بيانيًّا
## Representation of Vectors: Graphical Method

إنَّ التعاملَ معَ الكمياتِ القياسيةِ، وإجراءَ العملياتِ الحسابيةِ عليْها، أسهلُ منَ التعاملِ معَ الكمياتِ المُتَّجِهةِ. فمثلًا، منَ السهلِ المقارنةُ بينَ كميتيْنِ قياسيتيْنِ، خلافًا للمقارنةِ بينَ كميتيْنِ مُتَّجِهتيْنِ؛ لأنَّ لكلٍّ منْهُما مقدارًا واتجاهًا. لذا نلجأُ أحيانًا إلى **تمثيلِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ (Representation of vector quantities)** تمثيلًا بيانيًّا؛ ما يُسهِّلُ التعامُلَ معَ الكمياتِ الفيزيائيةِ المُتَّجِهةِ (مثلُ: القُوَّةِ، والسرعةِ). يُمكِنُ أيضًا استخدامُ التمثيلِ البيانيِّ في إيجادِ محصلةِ كمياتٍ مُتَّجِهةٍ عِدَّةٍ، وإجراءِ عملياتِ الجمعِ والطرحِ عليْها.

للكميةِ المُتَّجِهةِ مقدارٌ يُحدَّدُ بعددٍ ووحدةِ قياسٍ، ولها اتجاهٌ أيضًا. ولتمثيلِها بيانيًّا، نختارُ مستوًى إحداثيًّا مثلَ $(x\text{-}y)$، ونقطةَ إسنادٍ مثلَ نقطةِ الأصلِ $(0,0)$، ثمَّ نرسمُ سهمًا بحيثُ يقعُ ذيلُهُ (نقطةُ بدايتِهِ) عندَ نقطةِ الأصلِ، وذلكَ على النحوِ الآتي:

- طولُ السهمِ يُمثِّلُ مقدارَ المُتَّجِهِ، ويُحدَّدُ باستخدامِ مقياسِ رسمٍ مناسبٍ.
- اتجاهُ السهمِ يُحدَّدُ نسبةً إلى اتجاهٍ مرجعيٍّ؛ إمّا جغرافيًّا باستخدامِ الجهاتِ الأربعِ (شمالٌ، جنوبٌ، شرقٌ، غربٌ)، وإمّا باستخدامِ الزاويةِ $\theta$ التي يَصنعُها المُتَّجِهُ معَ محورٍ مرجعيٍّ، مثلِ محورِ $(+x)$، بعكسِ دورانِ عقاربِ الساعةِ، وتُسمّى الزاويةَ المرجعيةَ. فمثلًا، المُتَّجِهُ $\boldsymbol{A}$ في الشكلِ (2) يُكتَبُ بصورةِ $\boldsymbol{A} = A,60^\circ$؛ ما يعني أنَّ المُتَّجِهَ $\boldsymbol{A}$ يَصنعُ زاويةً مرجعيةً مقدارُها $60^\circ$ معَ محورِ $(+x)$.



الشكلُ (2): رسمٌ لمُتَّجِهٍ $\boldsymbol{A}$ على المستوى $x\text{-}y$.

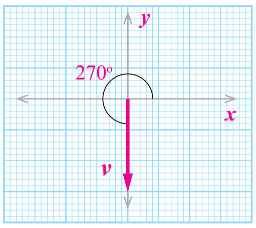
### المثالُ 3

**اكتسبَ جسمٌ سرعةً $v = 3\ \text{m/s}, 270^\circ$. أُمثِّلُ مُتَّجِهَ السرعةِ بيانيًّا.**

**الحلُّ:**

- أختارُ مقياسَ رسمٍ مناسبًا، مثلَ $(1\text{cm} : 1\ \text{m/s})$؛ أيْ إنَّ كلَّ $1\ \text{cm}$ على الورقةِ يُمثِّلُ $1\ \text{m/s}$، فيكونُ طولُ السهمِ: $3\ \text{m/s} \times (1\text{cm}/(1\ \text{m/s})) = 3\ \text{cm}$.
- أرسمُ سهمًا طولُهُ $3\ \text{cm}$، ولهُ نقطةُ بدايةٍ (تُسمّى ذيلَ المُتَّجِهِ) عندَ نقطةِ الأصلِ $(0,0)$، ونقطةُ نهايةٍ (تُسمّى رأسَ المُتَّجِهِ)، بحيثُ يَصنعُ اتجاهُ السهمِ زاويةً مقدارُها $270^\circ$ معَ المحورِ $(+x)$ بعكسِ دورانِ عقاربِ الساعةِ (باتجاهِ الجنوبِ) كما في الشكلِ (3).

الشكلُ (3): رسمٌ لمُتَّجِهِ السرعةِ $v$.




13

### مثال إضافي

مُثِّلت قوة $F_1$ مقدارها 300 N بيانيًّا بسهم طوله 6 cm في اتجاه الشمال. إذا استُعمِل مقياس الرسم نفسه في تمثيل قوة أخرى $F_2$، برسم سهم طوله 10 cm، في اتجاه يصنع زاوية $37^\circ$ جنوب الشرق، فجد:

أ . مقياس الرسم المُستعمَل.

ب . مقدار القوة الثانية $F_1$، واتجاهها.

**الحلُّ:**

أ.

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

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

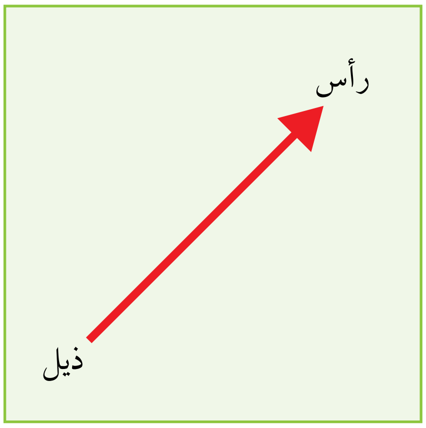
ب.

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

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

### إضاءة للمُعلِّم

يُستعمَل مقياس الرسم في الخرائط الجغرافية والمخططات الهندسية وغيرها لتمثيل الكميات الكبيرة جدًّا، أو الصغيرة جدًّا، التي لا يُمكِن تمثيلها بمقاديرها الحقيقية. ولتمثيل الكميات الفيزيائية المتجهة بدقة، يُستعمَل مقياس رسم مناسب لمقدار الكمية المراد تمثيلها، بحيث تتناسب وحجم الورق المُستعمَل، وذلك برسم سهم طوله يُمثِّل مقدار الكمية المتجهة، واتجاه السهم يُمثِّل اتجاهها كما في الشكل الآتي:




لإيجاد طول السهم، تُستعمَل العلاقة الآتية:

طول السهم = مقدار الكمية × مقياس الرسم

### توظيف التكنولوجيا

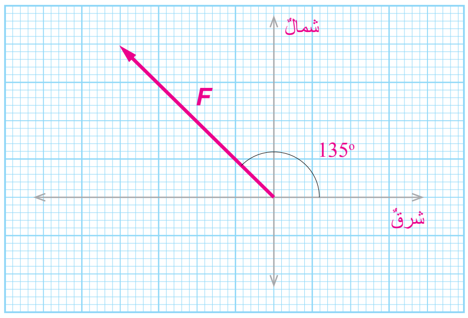
ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع تمثيل المتجهات بيانيًا، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

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 استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

## المثالُ 4

**تُؤثِّرُ قُوَّةٌ $F$ مقدارُها $60\ N$ في جسمٍ باتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها $45°$ شمالَ الغربِ. أُمثِّلُ مُتَّجِهَ القُوَّةِ $F$ بيانيًّا.**

* **ملحوظة:** إذا كانَ المُتَّجِهُ يَصنعُ زاويةً $\theta$ ($45°$ مثلًا) شمالَ الغربِ، فهذا يعني وجوبَ البدءِ منَ الغربِ، وقطعَ زاويةِ $45°$ باتجاهِ الشمالِ. أمّا إذا كانَتِ الزاويةُ غربَ الشمالِ فيجبُ البدءُ منَ الشمالِ باتجاهِ الغربِ، وهكذا.




الشكلُ (4): رسمٌ لمُتَّجِهِ القُوَّةِ $F$.

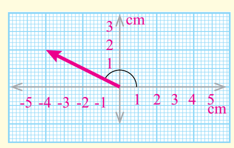
**الحلُّ:**

- أختارُ مقياسَ رسمٍ مناسبًا، مثل ($1cm$ :$10\ N$)، فيكونُ طولُ السهمِ:

$$60\ N \times (1cm\ /10\ N) = 6\ cm$$

- أرسمُ سهمًا طولُهُ $6\ cm$، بحيثُ يَصنعُ زاويةً مقدارُها $135°$ مع محورِ $(+x)$، أوْ زاويةً مقدارُها $45°$ شمالَ الغربِ كما في الشكلِ (4).

**أفكِّرُ:** استخدمَ أحمدُ مقياسَ الرسمِ ($1\ cm$: $20\ m$) لرسمِ مُتَّجِهٍ يُمثِّلُ بُعْدَ المسجدِ عنْ منزلِهِ كما في الشكلِ (5). أحدِّدُ بُعْدَ المسجدِ عنْ منزلِ أحمدَ، مُبيِّنًا الاتجاهَ.




الشكلُ (5): مُتَّجِهٌ يُمثِّلُ بُعْدَ المسجدِ عنْ منزلِ أحمدَ.

### تمرينٌ

تسيرُ سيارةٌ بسرعةٍ $v$ مقدارُها $80\ km/h$، في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها $37°$ جنوبَ الشرقِ. أُمثِّلُ مُتَّجِهَ السرعةِ بيانيًّا.

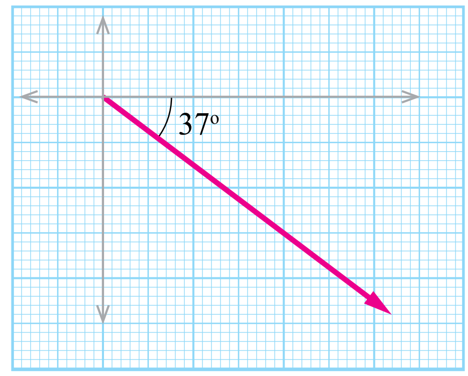
**أتحقَّقُ:** كيفَ يُمكِنُ تحديدُ كلٍّ منْ طولِ السهمِ واتجاهِهِ عندَ تمثيلِ المُتَّجِهِ بيانيًّا؟

14

### تمرينٌ

مقياس الرسم ($1\ cm$: $10\ km/h$).

طول السهم $8\ cm$ في الاتجاه المُبيَّن في الشكل الآتي:




**أتحقَّقُ:**

لتحديد طول السهم، يُختار مقياس رسم مناسب، ثم يُحسب طول السهم باستعمال العلاقة الآتية:

طول السهم= مقدار الكمية الفيزيائية × مقياس الرسم

أمّا اتجاه السهم فهو اتجاه المتجه نفسه.

**أُفكِّرُ:**

طول السهم بحسب نظرية فيثاغورس:

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

إذن، بُعْد المسجد:

$$\frac{4.47\ cm}{\frac{1cm}{20\ m}} = 89.4\ m$$

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

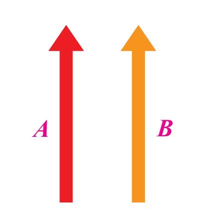
أيْ في اتجاه يصنع زاوية $153°$ مع محور $+x$ كما في الشكل (5).

## خصائصُ المُتَّجهاتِ Properties of Vectors

تمتازُ المُتَّجهاتُ بخصائصَ عِدَّةٍ تُميِّزُها منَ الكمياتِ القياسيةِ، وهذهِ بعضُها:

- **تساوي مُتَّجِهَيْنِ Equality of Two Vectors**

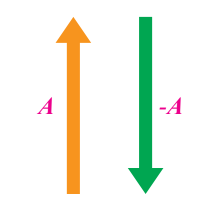
يتساوى مُتَّجِهانِ عندما يكونُ لهُما المقدارُ والاتجاهُ نفساهُما كما في الشكلِ (6)، إضافةً إلى أنَّهُما منَ النوعِ نفسِهِ. اعتمادًا على هذهِ الخصيصةِ، فإنَّهُ يُمكِنُ نقلُ المُتَّجِهِ منْ مكانٍ إلى آخرَ شرطَ المحافظةِ على ثباتِ كلٍّ منْ مقدارِهِ واتجاهِهِ.




الشكلُ (6): تساوي المُتَّجِهَيْنِ: $A$، وَ $B$.

- **سالبُ (معكوسُ) المُتَّجِهِ Negative of a Vector**

هوَ مُتَّجِهٌ لهُ مقدارُ المُتَّجِهِ الأصليِّ نفسِهِ، ولكنَّهُ يعاكسُهُ في الاتجاهِ؛ أيْ إنَّ الزاويةَ بينَ المُتَّجِهِ وسالبِ المُتَّجِهِ **(Negative of a vector)** هيَ $180°$. ويُبيِّنُ الشكلُ (7) أنَّ المُتَّجِهَ $A$، والمُتَّجِهَ $-A$ يتساويانِ في المقدارِ، ويتعاكسانِ في الاتجاهِ.




الشكلُ (7): المُتَّجِهُ $A$، وسالبُ هذا المُتَّجِهِ $(-A)$.

- **ضربُ المُتَّجِهِ في كميةٍ قياسيةٍ Multiplication of a Vector by a Scalar**

يُمكِنُ ضربُ مُتَّجِهٍ ما (مثلُ $C$) في كميةٍ قياسيةٍ (مثلُ $n$) للحصولِ على مُتَّجِهٍ جديدٍ $(nC)$ مقدارُهُ $nC$، حيثُ $n$ عددٌ حقيقيٌّ. أمّا اتجاهُهُ فيعتمدُ على إشارةِ $n$؛ فإذا كانَتْ هذهِ الإشارةُ موجبةً، فإنَّ المُتَّجِهَ $nC$ يكونُ في الاتجاهِ نفسِهِ للمُتَّجِهِ $C$. وفي حالِ كانَتْ إشارةُ $n$ سالبةً، فإنَّ المُتَّجِهَ $nC$ يكونُ عكسَ اتجاهِ المُتَّجِهِ $C$.

منَ الأمثلةِ الفيزيائيةِ على ضربِ المُتَّجِهِ في كميةٍ قياسيةٍ القانونُ الثاني لنيوتن الذي سندرسُهُ لاحقًا؛ إذْ إنَّ مُتَّجِهَ محصلةِ القوى $\sum F$ هوَ حاصلُ ضربِ الكتلةِ $m$ في مُتَّجِهِ التسارُعِ $a$ بحسبِ العلاقةِ الآتيةِ:

$$\sum F = ma$$

**أفكِّرُ:** لماذا يكونُ اتجاهُ التسارُعِ $a$ دائمًا في نفسِ اتجاهِ محصلةِ القوى $\sum F$؟

**أتحقَّقُ:** ما المقصودُ بكلٍّ ممّا يأتي:
- تساوي مُتَّجِهَيْنِ؟
- ضربُ مُتَّجِهٍ في عددٍ سالبٍ؟

15

### أخطاء شائعة

يعتقد بعض الطلبة أن نقل المتجه من مكان إلى آخر يغير من مقداره، وضح للطلبة خطأ هذا الاعتقاد.

### معلومة إضافية

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

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

ويُسمّى المتجه الصفري.

### أفكِّرُ:

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

### أتحقَّقُ:

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.

### استخدام الصور والأشكال:

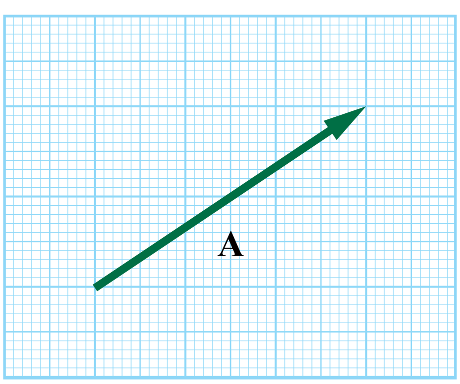
ارسم على اللوح متجهًا (مثل $A$) كما في الشكل، ثم اطلب إلى الطلبة رسم متجه آخر:

أ. مساوٍ له في المقدار.

ب. مماثل له في الاتجاه.

جـ. مساوٍ له في المقدار، و$v$ مماثل له في الاتجاه.

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




**ثم اسأل الطلبة:**

1 . أيُّ المتجهات التي رُسمت تساوي المتجه $(A)$؟

2 . أيُّ المتجهات التي رُسمت تساوي $(-A)$؟

3 . صحِّح المفهوم الخطأ في ما يأتي:

«إنَّ تساوي مقداري متجهين يعني تساوي المتجهين.»

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

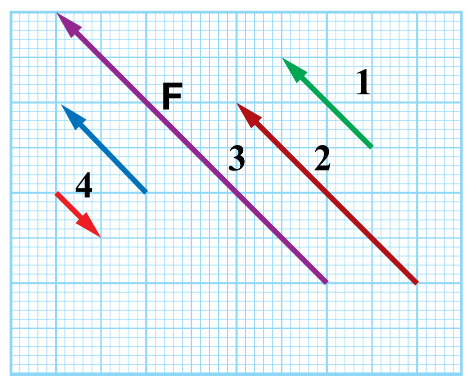
**معلومة إضافية**

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

### استخدام الصور والأشكال:

اعرض على الطلبة المتجهات ($\boldsymbol{F}$,1,2,3,4) المُبيَّنة في الشكل، ثم اطرح عليهم السؤالين الآتيين:

1. عبِّر عن مقدار كلٍّ من هذه المتجهات بدلالة المتجه $\boldsymbol{F}$.
2. حدِّد اتجاه كلٍّ منها.




## المثالُ 5

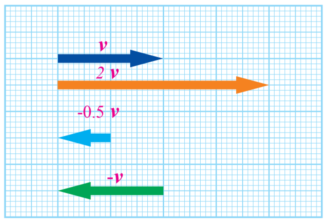
**تتحرَّكُ عربةٌ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ $\boldsymbol{v}$ مقدارُها 40 m/s في اتجاهِ الشرقِ. أُمثِّلُ بيانيًّا:**

أ . مُتَّجِهَ السرعةِ $\boldsymbol{v}$

ب . المُتَّجِهَ $2\ \boldsymbol{v}$

جـ . المُتَّجِهَ $-0.5\ \boldsymbol{v}$

د . سالبَ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{v}$




الشكلُ (8): خصائصُ المُتَّجِهاتِ.

**الحلُّ:**

أ . أختارُ مقياسَ الرسمِ (1cm:10 m/s)، ثمَّ أرسمُ سهمًا طولُهُ 4 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ ($\boldsymbol{v}$) باتجاهِ الشرقِ كما في الشكلِ (8).

ب . أرسمُ سهمًا طولُهُ 8 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ ($2\boldsymbol{v}$)، ومقدارُهُ 80 m/s باتجاهِ الشرقِ.

جـ . أرسمُ سهمًا طولُهُ 2 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ ($-0.5\boldsymbol{v}$)، ومقدارُهُ 20 m/s باتجاهِ الغربِ.

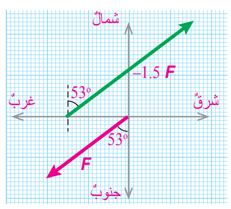
د . أرسمُ سهمًا طولُهُ 4 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ ($-\boldsymbol{v}$)، ومقدارُهُ 40 m/s باتجاهِ الغربِ.

## المثالُ 6

**تُؤثِّرُ قُوَّةٌ $\boldsymbol{F}$ مقدارُها 250 N في جسمٍ باتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها $53^\circ$ غربَ الجنوبِ. أُمثِّلُ بيانيًّا:**

أ . مُتَّجِهَ القُوَّةِ $\boldsymbol{F}$.

ب . المُتَّجِهَ ($-1.5\ \boldsymbol{F}$).




الشكلُ (9): خصائصُ المُتَّجِهاتِ.

**الحلُّ:**

أ . أختارُ مقياسَ الرسمِ (1cm : 50 N)، ثمَّ أرسمُ سهمًا طولُهُ 5 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ $\boldsymbol{F}$ كما في الشكلِ (9).

ب. أرسمُ سهمًا طولُهُ 7.5 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ ($-1.5\ \boldsymbol{F}$)، ومقدارُهُ 375 N، واتجاهُهُ معاكسٌ لاتجاهِ $\boldsymbol{F}$؛ أيْ بزاويةٍ مقدارُها $53^\circ$ شرقَ الشمالِ (أوْ بزاويةٍ مقدارُها $37^\circ$ شمالَ الشرقِ) كما في الشكلِ.

**تمرينٌ**

تسيرُ سيارةٌ بتسارعٍ ثابتٍ $a = 3\ m/s^2$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها $30^\circ$ شرقَ الشمالِ. أُمثِّلُ بيانيًّا:

أ. سالبَ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{a}$.  ب. ضربَ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{a}$ في العددِ (2).

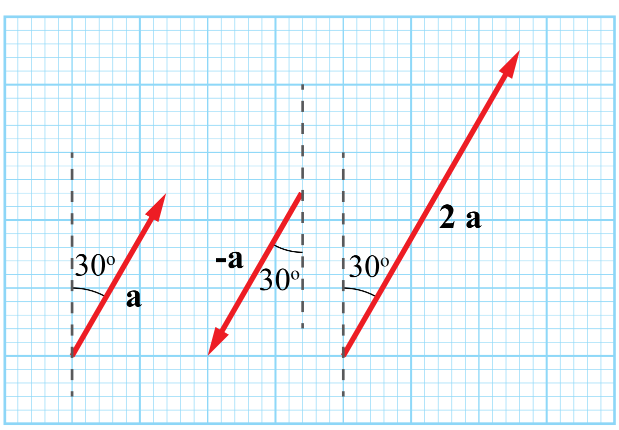
16

## تمرينٌ

مقياس الرسم ($1cm : 1\ m/s^2$)، إذن، طول السهم الذي يُمثِّل المتجه $\boldsymbol{a}$ هو 3 cm كما في الشكل.

أ . سالب المتجه $\boldsymbol{a}$ ($-\boldsymbol{a}$): هو متجه طوله 3 cm، بعكس اتجاه $\boldsymbol{a}$ كما في الشكل.

ب. ضرب المتجه $\boldsymbol{a}$ في الرقم 2 ($2\ \boldsymbol{a}$): هو متجه طوله 6 cm، باتجاه المتجه $\boldsymbol{a}$.



## ضربُ المُتَّجِهاتِ Vectors Product

تعرَّفْنا سابقًا أنَّهُ تنتجُ كميةٌ مُتَّجِهةٌ منْ حاصلِ ضربِ كميةٍ قياسيةٍ في كميةٍ مُتَّجِهةٍ، ولكنَّنا نحتاجُ أحيانًا في علمِ الفيزياءِ إلى ضربِ كميةٍ مُتَّجِهةٍ في كميةٍ أُخرى مُتَّجِهةٍ، فهلْ سيكونُ الناتجُ كميةً مُتَّجِهةً أمْ كميةً قياسيةً؟

يوجدُ نوعانِ منْ ضربِ مُتَّجِهيْنِ بعضِهِما في بعضٍ، هما: الضربُ القياسيُّ، والضربُ المُتَّجِهيُّ.

### أ . الضربُ القياسيُّ (النقطيُّ) Scalar (Dot) Product

**يُعرَّفُ الضربُ القياسيُّ (Scalar product)** لمُتَّجِهيْنِ (مثلُ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$) بينَهُما زاويةٌ $\theta$، كما في الشكلِ (10)، على النحوِ الآتي:

$$\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = AB\cos\theta$$

حيثُ:

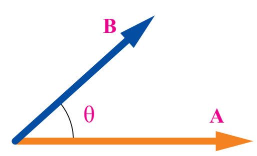
$A$: مقدارُ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{A}$.

$B$: مقدارُ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{B}$.

$\theta$: الزاويةُ الصغرى بينَ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{A}$ وَ$\boldsymbol{B}$؛ أيْ ($0^\circ \le \theta \le 180^\circ$) حينَ ينطلقُ المُتَّجِهانِ منَ النقطةِ نفسِها كما في الشكلِ(10).

أمّا الناتجُ منْ عمليةِ الضربِ القياسيِّ فيكونُ كميةً قياسيةً لها مقدارٌ فقطْ، وهوَ مقدارٌ يتغيَّرُ بتغيُّرِ مقدارِ الزاويةِ $\theta$ بينَ المُتَّجِهيْنِ.
منَ التطبيقاتِ الفيزيائيةِ على الضربِ القياسيِّ الشغلُ $W$، وهوَ حاصلُ الضربِ القياسيِّ لمُتَّجِهِ القُوَّةِ $\boldsymbol{F}$ في مُتَّجِهِ الإزاحةِ $\boldsymbol{d}$:

$$(W = \boldsymbol{F}.\boldsymbol{d} = Fd\cos\theta)$$




الشكلُ (10): مُتَّجِهانِ بينَهُما زاويةٌ $\theta$.

أُقارِنُ بينَ ناتجِ كلٍّ منْ: $\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B}$، وَ $\boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{A}$.



### أجابة سـؤال الشـكل (10):

$\boldsymbol{A}.\boldsymbol{B} = A\ B\cos\theta$

$\boldsymbol{B}.\boldsymbol{A} = B\ A\cos\theta$

بما أنَّ: $A\ B\cos\theta = B\ A\cos\theta$، فإنَّ: $\boldsymbol{A}.\boldsymbol{B} = \boldsymbol{B}.\boldsymbol{A}$

### التعزيز:

سُمِّي الضرب القياسي بهذا الاسم لأنَّ ناتج الضرب كمية قياسية، وسُمِّي أيضًا بالضرب النقطي لأن إشارة الضرب بين المتجهين هي نقطة (·).

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

### مناقشة:

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

- ما أكبر قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟
  AB.
  وعند أيِّ زاوية θ؟
  صفر.
- ما أقل قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟
  صفر.
  وعند أيِّ زاوية θ؟
  $90^\circ$.
- متى تكون القيمة الجبرية لحاصل الضرب النقطي سالبةً؟ فسِّر إجابتك.
  عندما تكون الزاوية بين المتجهين أكبر من $90^\circ$، وأقل أو تساوي $180^\circ$.

## مثال إضافي

كميتان متجهتان ($\boldsymbol{A}$، و $\boldsymbol{B}$) متساويتان في المقدار والاتجاه نفسه، وناتج ضربهما النقطي 64 N.m. جد مقدار كل متجه، ووحدة قياسه؟

**الحلُّ:**

$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{B}\ ,\ \theta = 0^o$

$\boldsymbol{A} \,.\, \boldsymbol{B} = AB \cos\theta$

$64 = A \times A \times \cos 0^o$

$64 = A^2 \times 1$

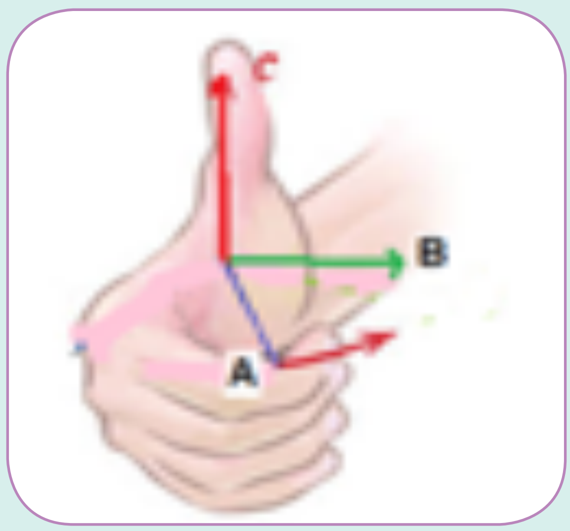
إمّا $A = 8\ N\ ,\ B = 8\ m$، وإمّا $A = 8\ m\ ,\ B = 8N$.

## طريقة أخرى للتدريس

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

لنفترض أنَّ $\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B} = \boldsymbol{C}$ ، حيث يُمثِّل المتجه $\boldsymbol{C}$ ناتج الضرب المتجهي لـ: $\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}$ .

فإذا أردنا -مثلًا- تحديد اتجاه $\boldsymbol{C}$، فإنّنا نُحرِّك الأصابع الأربع لكف اليد اليمنى من اتجاه $\boldsymbol{A}$ إلى اتجاه $\boldsymbol{B}$ عبر الزاوية الصغرى، فيشير اتجاه الإبهام إلى اتجاه $\boldsymbol{C}$؛ أيْ إلى اتجاه محور $z^+$ كما في الشكل؛ إذ يكون المتجه $\boldsymbol{C}$ متعامدًا دائمًا مع كلٍّ من المتجهين: $\boldsymbol{A}$، و $\boldsymbol{B}$. وبالطريقة نفسها، يُمكِن أيضًا استعمال قاعدة البرغي بدلًا من قبضة اليد اليمنى.



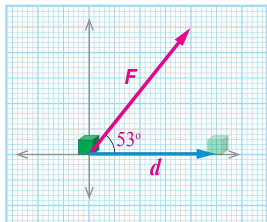

## المثالُ 7

أثَّرَتْ قُوَّةٌ $\boldsymbol{F}$ مقدارُها 120 N في جسمٍ، فحرَّكَتْهُ إزاحةٌ $d$ مقدارُها 5 m في اتجاهِ الشرقِ. إذا علمْتُ أنَّ الشغلَ $W$ الذي تُنجِزُهُ القُوَّةُ $\boldsymbol{F}$ يُعطى بالعلاقةِ: $W = \boldsymbol{F} \,.\, \boldsymbol{d}$، وأنَّ الزاويةَ بينَ اتجاهِ $\boldsymbol{F}$ واتجاهِ $d$ ($53^o$)، فأُجيبُ عمّا يأتي:

أ . أُمثِّلُ المُتَّجِهيْنِ $\boldsymbol{F}$ وَ $d$ بيانيًّا.

ب . هلْ يُعَدُّ الشغلُ $W$ كميةً مُتَّجِهةً؟ أُوضِّحُ ذلكَ.

جـ . أَجِدُ مقدارَ الشغلِ الذي أنجزَتْهُ القُوَّةُ.




الشكلُ (11): تمثيلُ المُتَّجِهيْنِ $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{d}$ بيانيًّا.

**المعطياتُ:** $\theta = 53^o$، $d = 5\ m$، $F = 120\ N$.

**المطلوبُ:** $W = ?$.

**الحلُّ:**

أ . مقياسُ الرسمِ (1 cm: 20 N) للقُوَّةِ، وَ (1 cm: 1 m) للإزاحةِ، وتمثيلُ المُتَّجِهيْنِ مُبيَّنٌ في الشكلِ (11).

ب . لا، لا يُعَدُّ الشغلُ $W$ كميةً مُتَّجِهةً، فهوَ كميةٌ قياسيةٌ؛ لأنَّهُ ناتجٌ منَ الضربِ القياسيِّ لمُتَّجِهي القُوَّةِ والإزاحةِ.

جـ . يُمكِنُ إيجادُ مقدارِ الشغلِ الذي أنجزَتْهُ القُوَّةُ باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

$$W = \boldsymbol{F} . \boldsymbol{d} = F\, d \cos\theta$$
$$= 120 \times 5 \times \cos 53^o \quad , \quad \cos 53^o = 0.6$$
$$= 360\ J$$

### ب. الضربُ المُتَّجِهيُّ (التقاطعيُّ) Vector (Cross) Product

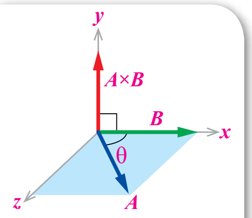
ناتجُ **الضربِ المُتَّجِهيِّ (Vector product)** لمُتَّجِهيْنِ (مثلُ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$) بينَهُما زاويةٌ $\theta$ يُكتَبُ في صورةِ ($\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}$)، ويكونُ كميةً مُتَّجِهةً لها مقدارٌ واتجاهٌ، ويكونُ الاتجاهُ دائمًا متعامدًا معَ كلٍّ منَ اتجاهِ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$، كما في الشكلِ (12)، ويُعطى مقدارُهُ على النحوِ الآتي:

$$|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}| = A\, B \sin\theta$$

**حيثُ:**

$|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}|$: قيمةُ ناتجِ الضربِ المُتَّجِهيِّ للمُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$.

$A$: مقدارُ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{A}$.




الشكلُ (12): الضربُ المُتَّجِهيُّ للمُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{A}$، وَ $\boldsymbol{B}$.

18

$B$: مقدارُ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{B}$.

$\theta$: الزاويةُ الصغرى بينَ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$ ؛ أيْ $(0^\circ \le \theta \le 180^\circ)$ حينَ ينطلقُ المُتَّجِهانِ منَ النقطةِ نفسِها.

لتحديدِ اتجاهِ حاصلِ الضربِ المُتَّجِهيِّ $(\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B})$، تُستخدَمُ قاعدةُ كفِّ اليدِ اليمنى، كما في الشكلِ (13)؛ إذْ يشيرُ اتجاهُ الإبهامِ إلى اتجاهِ المُتَّجِهِ الأولِ $\boldsymbol{A}$، وتشيرُ الأصابعُ إلى اتجاهِ المُتَّجِهِ الثاني $\boldsymbol{B}$، فيكونُ اتجاهُ المُتَّجِهِ الناتجُ منْ حاصلِ ضربِهِما المُتَّجِهيِّ $(\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B})$ عموديًّا على الكفِّ، وخارجًا منْها.

بوجهٍ عامٍّ، يكونُ المُتَّجِهُ الناتجُ $(\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B})$ دائمًا عموديًّا على المستوى الذي يحوي المُتَّجِهيْنِ: $(\boldsymbol{A})$ وَ $(\boldsymbol{B})$، كما هو مُبيَّنٌ في الشكلِ (13).

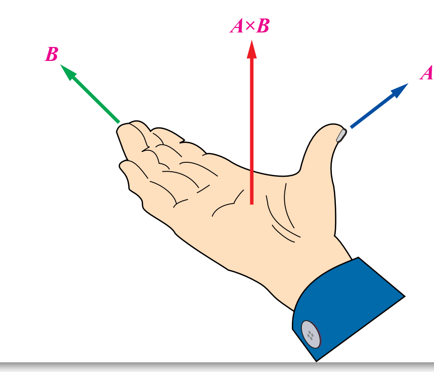
منَ التطبيقاتِ الفيزيائيةِ على الضربِ المُتَّجِهيِّ القُوَّةُ المغناطيسيةُ $\boldsymbol{F}$ المُؤثِّرةُ في شحنةٍ كهربائيةٍ $q$ متحركةٍ بسرعةٍ $\boldsymbol{v}$ في مجالٍ مغناطيسيٍّ $\boldsymbol{B}$، وهيَ تُعطى بالعلاقةِ: $\boldsymbol{F} = q\,(\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B})$، وكذلكَ عزمُ القُوَّةِ $\tau$، $(\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F})$، حيثُ:

$\boldsymbol{F}$: القُوَّةُ المُؤثِّرةُ.

$\boldsymbol{r}$ : مُتَّجِهُ الموقعِ.

**أفكِّرُ:** إذا أشارَتِ الأصابعُ إلى المُتَّجِهِ $\boldsymbol{A}$، وأشارَ الإبهامُ إلى المُتَّجِهِ $\boldsymbol{B}$، فهلْ تتغيَّرُ نتيجةُ الضربِ المُتَّجِهيِّ؟ أوضِّحُ ذلكَ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما الفرقُ بينَ الضربِ المُتَّجِهيِّ والضربِ القياسيِّ؟




الشكلُ (13): تطبيقُ قاعدةِ كفِّ اليدِ اليمنى لتحديدِ اتجاهِ $\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}$.

19

**أُفكِّرُ:**

نعم؛ إذ ينعكس اتجاه ناتج الضرب المتجهي، أمّا المقدار فلا يتغير. وهذه الحالة تُمثِّل $\boldsymbol{B}\times\boldsymbol{A}$.

## الربط مع الرياضيات

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

✓ **أتحقَّق:**

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

$$\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = A\,B \cos\theta$$

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

$$|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}| = A\,B \sin\theta$$

أمّا الاتجاه فيُحدَّد باستعمال قاعدة كف اليد اليمنى.

## معلومة إضافية

وضِّح للطلبة ما يأتي:

أ. الضرب النقطي عملية تبديلية:

$A . B = B . A$

ب. الضرب المتجهي عملية غير تبديلية:

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

اطلب إلى الطلبة إثبات ذلك رياضيًّا.

## تمرينٌ

أ . $\boldsymbol{A} . \boldsymbol{B} = A\, B \cos\theta$

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

$\cos\theta = 0.8$

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

ب. $|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}| = A\, B \sin\theta$

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

$\sin\theta = 0.5$

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

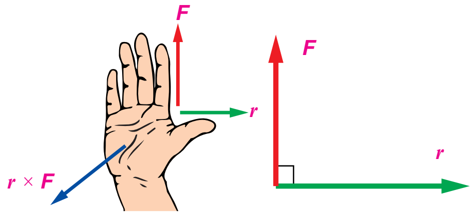
---

### المثالُ 8

في الشكلِ (14)، إذا كانَ $F = 250$ N، وَ $r = 0.4$ m، فأُجيبُ عمّا يأتي:

أ . أَجِدُ مقدارَ عزمِ القُوَّةِ ($r \times F$)، واتجاهَهُ.

ب. إذا تغيَّرَتِ الزاويةُ بينَ $r$ وَ $F$ لتصبحَ $135^{o}$، فما مقدارُ $r \times F$، واتجاهُهُ؟




الشكلُ (14): تطبيقُ قاعدةِ كفِّ اليدِ اليمنى.

**الحلُّ:**

أ . مقدارُ عزمِ القُوَّةِ ($r \times F$):

$|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = r \times F \times \sin\theta$

$= 0.4 \times 250 \times \sin 90^{o}, \sin 90^{o} = 1$

$= 100$ N.m

بحسبِ قاعدةِ كفِّ اليدِ اليمنى، يشيرُ الإبهامُ إلى اتجاهِ $r$، وتشيرُ الأصابعُ إلى اتجاهِ $F$ ؛ لذا يكونُ اتجاهُ عزمِ القُوَّةِ خارجًا منَ الورقةِ (باتجاهِ محورِ $+z$).

ب. مقدارُ $r \times F$:

$|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = r \times F \times \sin\theta$

$= 0.4 \times 250 \times \sin 135^{o}, \sin 135^{o} = 0.7$

$= 70$ N.m

اتجاهُ $F \times r$ يكونُ خارجًا منَ الورقةِ (باتجاهِ محورِ $+z$)، كما في الفرعِ (أ).

### تمرينٌ

مُتَّجِهانِ: $A$ وَ $B$، مقدارُ كلٍّ منْهُما 20 u (الرمزُ u يعني وحدةً unit).

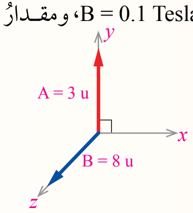
أَجِدُ مقدارَ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:

أ . $\boldsymbol{A} . \boldsymbol{B} = 320$ u

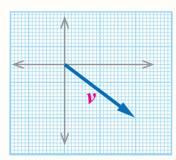
ب. $|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}| = 200$ u

## مراجعة الدرس

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أذكرُ اختلافًا واحدًا وتشابهًا واحدًا بينَ:
   أ . الكميةِ المُتَّجِهةِ والكميةِ القياسيةِ.   ب . المُتَّجِهِ وسالبِ المُتَّجِهِ.
   جـ. الضربِ القياسيِّ والضربِ المُتَّجِهيِّ.
2. **أُصنِّفُ** الكمياتِ الآتيةَ إلى مُتَّجِهةٍ، وقياسيةٍ:
   - زمنُ الحصةِ الصفيةِ.
   - قُوَّةُ الجاذبيةِ الأرضيةِ.
   - درجةُ حرارةِ المريضِ.
   - المقاومةُ الكهربائيةُ.
   - كتلةُ الحقيبةِ المدرسيةِ.
3. **أُمَثِّلُ بيانيًّا** الكميتيْنِ المُتَّجِهتيْنِ الآتيتيْنِ:
   أ . قُوَّةٌ مغناطيسيةٌ مقدارُها 0.25 N في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها $143^o$ معَ محورِ $+x$.
   ب. تسارعٌ ثابتٌ مقدارُهُ $4\ m/s^2$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها $30^o$ جنوبَ الشرقِ.
4. ما مقدارُ الزاويةِ بينَ الكميتيْنِ المُتَّجِهتيْنِ $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{L}$ في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:
   أ . $\boldsymbol{F} \times \boldsymbol{L} = 0$؟   ب . $\boldsymbol{F} . \boldsymbol{L} = 0$؟   بافتراضِ أنَّ ($L \neq 0$، وَ $F \neq 0$).
5. **أحسُبُ:** اعتمادًا على العلاقةِ الآتيةِ للتدفُّقِ المغناطيسيِّ $\Phi$: $\Phi = \boldsymbol{B} . \boldsymbol{A}$،
   أحسُبُ مقدارَ التدفُّقِ المغناطيسيِّ $\Phi$ عندما تكونُ $A = 2 \times 10^{-6}\ m^2$ ، $B = 0.1$ Tesla، ومقدارُ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$ $45^o$.
6. **أحسُبُ:** اعتمادًا على البياناتِ في الشكلِ المجاورِ، أحسُبُ مقدارَ حاصلِ الضربِ المُتَّجِهيِّ ($\boldsymbol{B}\times\boldsymbol{A}$)، مُحدِّدًا الاتجاهَ (الرمزُ u يعني وحدةً unit).




7. **أحسُبُ:** سيارةٌ تسيرُ بسرعةٍ ثابتةٍ $\boldsymbol{v}$، وفي اتجاهٍ مُحدَّدٍ. مُثِّلَتْ سرعةُ السيارةِ بيانيًّا برسمِ سهمٍ طولُهُ 5 cm باستخدامِ مقياسِ الرسمِ (1 cm: 10 m/s) على النحوِ المُبيَّنِ في الشكلِ المجاورِ. أحسُبُ مقدارَ سرعةِ السيارةِ، مُحدِّدًا اتجاهَها.




8. **أحسُبُ** مقدارَ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{r}$، التي يتساوى عندَها مقدارُ الضربِ القياسيِّ ومقدارُ الضربِ المُتَّجِهيِّ للمُتَّجِهيْنِ؛ أيْ إنَّ: $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = \boldsymbol{r} . \boldsymbol{F}$.

21

## 3 التقويم

## مراجعة الدرس

**1** أ . الكمية المتجهة لها مقدار واتجاه، أمّا الكمية القياسية فلها مقدار فقط، ولكلٍّ منهما مقدار ووحدة.

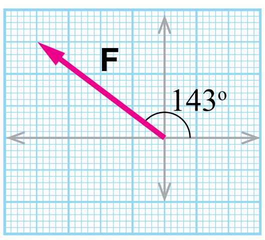
ب. اتجاه كلٍّ منهما عكس اتجاه الآخر، ولكلٍّ منهما المقدار نفسه.

جـ. ناتج الضرب المتجهي كمية متجهة، وناتج الضرب القياسي كمية قياسية، ولكنَّ ناتج كلٍّ منهما يتغير بتغير الزاوية بين المتجهين.

**2**
- زمن الحصة الصفية: قياسية.
- قوة الجاذبية الأرضية: متجهة.
- درجة حرارة المريض: قياسية.
- المقاومة الكهربائية: قياسية.
- كتلة حقيبتك المدرسية: قياسية.

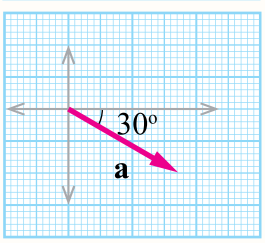
**3** أ . (1cm: 0.05 N)

طول السهم: 5 cm




ب. ($1cm:1\ m/s^2$)

طول السهم: 4 cm




**4** أ . $\boldsymbol{F} \times \boldsymbol{L} = FL \sin\theta$

$0 = FL \sin\theta$

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

$\sin\theta = 0$

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

ب. $\boldsymbol{F} . \boldsymbol{L} = FL\cos\theta$

$0 = FL\cos\theta$

$\cos\theta = 0$

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

جـ. $\boldsymbol{F} . \boldsymbol{L} = FL\cos\theta$

$F L = FL \cos\theta$

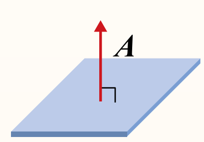
$\cos\theta = 1$

$\theta = \cos^{-1} (1) = 0^o$

**5** $\Phi = \boldsymbol{B} . \boldsymbol{A}$

$= 0.2 \times (2\times10^6) \times \cos 45^o = 2.8 \times 10^5\ T.m^2$

يُذكَر أنَّ المتجه $\boldsymbol{A}$ هنا هو المتجه العمودي على المساحة كما في الشكل المجاور.




**6** $|\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A}| = B\,A \sin\theta$

$|\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A}| = 8 \times 3 \sin 90^o = 24$

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

**7** طول السهم 5 cm. وبحسب مقياس الرسم (1 cm: 10 m/s)، فإنَّ مقدار سرعة السيارة $\boldsymbol{v}$ هو:

$v = 5 \times 10 = 50\ m/s$

الاتجاه: بناءً على الرسم البياني، فإنَّ ظل الزاوية $\theta$ بين متجه السرعة $\boldsymbol{v}$ ومحور $^+x$ هو:

$\tan\theta = \frac{4}{3} = 1.33 \rightarrow \theta = \tan^{-1} 1.33 = 306.9^o$

أيْ إنَّ: ($\boldsymbol{v} = 50\ m/s, 306.9^o$).

**8** $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = \boldsymbol{r} . \boldsymbol{F}$

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

$\sin\theta = \cos\theta$

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

$\tan\theta = 1$

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

## الدرس 2

## جمع المتجهات وطرحها
Addition and Subtraction of Vector

### 1 تقديم الدرس

#### جمع المتجهات

◄ **الفكرة الرئيسة:**

**اطرح السؤال الآتي على الطلبة:**

- قوتان، مقدار الأولى 50 N، ومقدار الثانية 30 N. إذا كانتا في مستوى واحد أفقي، وأثّرتا في صندوق موضوع على سطح أفقي أملس موازٍ لمستوى القوتين، فما مجموع القوتين؟

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

وضِّح للطلبة أنَّ جمع الكميات المتجهة يختلف عن جمع الكميات القياسية؛ إذ إنَّ معرفة الاتجاه تُسهِم إسهامًا كبيرًا في إيجاد ناتج الجمع، إضافةً إلى المقدار. وضِّح لهم أيضًا أنَّ عمليات جمع الكميات المتجهة وطرحها تتمُّ بطرائق مختلفة؛ بيانيًّا، ورياضيًّا، وذلك بتحليل المتجهات إلى مُركَّباتها.

◄ **الربط مع المعرفة السابقة:**

مراجعة سريعة للنسب المثلثية في الرياضيات (جا sin، جتا cos ، ظا tan) وكذلك نظرية فيثاغورس، من خلال رسم مثلث قائم الزاوية، وتوضيح النسب المثلثية وكيفية إيجاد وتر المثلث وربط ذلك كله مع تحليل المتجهات وإيجاد مقدار واتجاه محصلة عدة كميات متجهة، مُستخدمًا أسلوب الحوار والمناقشة، وطرح الأسئلة، وحل الأمثلة التطبيقية.

### 2 التدريس

**نشاط سريع**

- اطلب إلى أحد الطلبة أنْ يدفع بقوة كرسيًّا بالصف في اتجاه مُحدَّد، ثم اطلب إلى زملائه توقُّع اتجاه حركة الكرسي.
- أَعِدِ الكرسي إلى مكانه، ثم اطلب إلى آخر - إضافةً إلى الطالب الأول - دفع الكرسي نفسه بقوة في اتجاه عمودي على اتجاه قوة زميله، بحيث يدفعان الكرسي في اللحظة نفسها معًا كما في الشكل.

- اطلب إلى الطلبة توقُّع اتجاه حركة الكرسي، ومقارنة توقُّعاتهم باتجاه الحركة الفعلي الذي شاهدوه أمامهم. - أدر نقاشًا حول تأثير القوتين معًا، وعلاقة ذلك بناتج جمع القوتين (يمكنك تمثيل القوى بيانيًّا على اللوح).

---

## الدرس 2

## جمعُ المُتَّجِهاتِ وطرحُها
Addition and Subtraction of Vector

◄ **الفكرةُ الرئيسةُ:**

جمعُ الكمياتِ المُتَّجِهةِ أوْ طرحُها يكونُ إمّا بيانيًّا، وإمّا رياضيًّا عنْ طريقِ تحليلِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ إلى مُركَّباتِها.

◄ **نتاجاتُ التعلُّمِ:**

- أُطبِّقُ خصائصَ المُتَّجِهاتِ على كمياتٍ فيزيائيةٍ مُتَّجِهةٍ.
- أستنتجُ خصائصَ المُتَّجِهاتِ بطرائقَ مختلفةٍ.

◄ **المفاهيمُ والمصطلحاتُ:**

جمعُ الكمياتِ المتَّجِهةِ Addition of vector quantities

مُتَّجِهُ المحصلةِ Resultant Vector.

الطريقةُ البيانيةُ Graphical Method.

تحليلُ المُتَّجِهاتِ إلى مُركَّباتِها Resolving Vectors into Components.

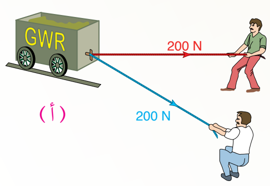
الطريقةُ التحليليةُ Analytical Method.

### جمعُ المُتَّجِهاتِ Addition of Vectors

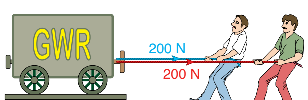
تعرَّفْتُ في الدرسِ السابقِ أنَّ الكمياتِ الفيزيائيةَ تكونُ كمياتٍ مُتَّجِهةً تُحدَّدُ بالمقدارِ والاتجاهِ معًا، أوْ كمياتٍ قياسيةً تُحدَّدُ فقطْ بالمقدارِ، وأنَّ عمليةَ ضربِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ تختلفُ عنْ عمليةِ ضربِ الكمياتِ القياسيةِ. ولكنْ، هلْ تختلفُ عملياتُ الجمعِ والطرحِ للكمياتِ المُتَّجِهةِ عنْها للكمياتِ القياسيةِ؟

إذا أمضيْتُ أمسِ أربعَ ساعاتٍ في الدراسةِ، وساعتينِ في ممارسةِ الرياضةِ، وساعةً في العملِ التطوعيِّ، فإنَّ مجموعَ ما استغرقْتُهُ في الدراسةِ والرياضةِ والعملِ التطوعيِّ هوَ 7 ساعاتٍ. وإذا كانَتْ درجةُ حرارةِ الجوِّ اليومَ 20 °C، ودرجةُ حرارةِ الجوِّ المُتوقَّعةُ غدًا 24 °C، فإنَّ درجةَ الحرارةِ غدًا سترتفعُ 4 °C، بحسبِ قولِ الراصدِ الجويِّ.

هذهِ بعضُ الأمثلةِ على جمعِ الكمياتِ القياسيةِ وطرحِها (الزمنُ، درجةُ الحرارةِ)، وقدْ جُمِعَتْ وطُرِحَتْ بطريقةٍ جبريةٍ شرطَ أنْ تكونَ منَ النوعِ نفسِهِ، وأنْ يكونَ لها الوحداتُ نفسُها، ويكونَ ناتجُ الجمعِ كميةً قياسيةً أيضًا. أمّا بخصوصِ **جمعِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ (Addition of vector quantities)** فيجبُ مراعاةُ الاتجاهِ والمقدارِ عندَ جمعِها أوْ طرحِها. فمثلًا، القُوَّتانِ اللتانِ يُؤثِّرُ بهِما الرجلانِ لسحبِ العربةِ في الشكلِ (15/أ) إذا جُمِعَتا جبريًّا (200 + 200 = 400 N) فإنَّ الإجابةَ تكونُ غيرَ صحيحةٍ، أمّا إذا أثَّرَ الرجلانِ في الاتجاهِ نفسِهِ، وبالقُوَّةِ نفسِها كما في الشكلِ (15/ب) فإنَّ مجموعَ القُوَّتيْنِ 400 N في اتجاهِ إحدى القُوَّتيْنِ يكونُ صحيحًا.




(أ)




(ب)

الشكلُ (15): أ. قُوَّتانِ في اتجاهيْنِ مختلفيْنِ. ب. قُوَّتانِ في الاتجاهِ نفسِهِ.

22

---

#### القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **القضايا ذات العلاقة بالعمل: العمل التطوعي.**

في المثال المتعلق بالزمن وقضاء ساعة في العمل التطوعي، الفت انتباه الطلبة إلى مفهوم العمل التطوعي، وأهميته، وآثاره الإيجابية في الفرد والمجتمع، وكذلك أهمية إدارة الوقت على نحوٍ فاعل مُنظَّم.

ماذا يُتوقَّعُ أنْ يكونَ ناتجُ جمعِ القُوَّتيْنِ إذا أثَّرَ كلُّ رجلٍ بالقُوَّةِ نفسِها، ولكنْ في اتجاهيْنِ متعاكسيْنِ؟

نستنتجُ ممّا سبقَ أنَّ ناتجَ جمعِ مُتَّجِهيْنِ (مثلُ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$) هوَ مُتَّجِهٌ جديدٌ $(\boldsymbol{A}+\boldsymbol{B})$ يختلفُ مقدارُهُ واتجاهُهُ باختلافِ المقدارِ والاتجاهِ لكلٍّ منَ المُتَّجِهيْنِ، وأنَّ ما ينطبقُ على جمعِ مُتَّجِهيْنِ ينطبقُ على جمعِ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ.

بوجهٍ عامٍّ، يُسمّى المُتَّجِهُ الناتجُ منَ الجمعِ المُتَّجِهيِّ لمُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ (مثلُ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$ وَ $\boldsymbol{C}$) **مُتَّجِهَ المحصلةِ Resultant vector**، ويُرمَزُ إليهِ بالرمزِ $\boldsymbol{R}$ $(\boldsymbol{R}=\boldsymbol{A}+\boldsymbol{B}+\boldsymbol{C})$؛ على أنْ تكونَ المُتَّجِهاتُ منَ النوعِ نفسِهِ. فمثلًا، إذا جمعْنا مُتَّجِهاتٍ للسرعةِ فإنَّ مُتَّجِهَ المحصلةِ يكونُ مُتَّجِهَ سرعةٍ، وكذلكَ مُتَّجِهاتُ التسارعِ والقُوَّةِ وغيرُها.

✓ **أتحقَّقُ:** ما المقصودُ بمُتَّجِهِ المحصلةِ؟

### المثالُ 9

**مِزْلاجٌ كتلتُهُ $m_1=70$ kg، وُضِعَ فوقَهُ صندوقٌ حجمُهُ $1\ m^3$، وكتلتُهُ $m_2=80$ kg. سُحِبَ المِزْلاجُ بقُوَّةٍ مقدارُها $F_1=400$ N باتجاهِ الشرقِ، وأثَّرَتْ فيهِ قُوَّةٌ أُخرى $F_2=100$ N باتجاهِ الغربِ، فتحرَّكَ بتسارُعٍ مقدارُهُ $a=2\ m/s^2$ باتجاهِ الشرقِ:**

**أ . أُحدِّدُ الكمياتِ القياسيةَ التي يُمكِنُ جمعُها معًا، ثمَّ أَجِدُ ناتجَ الجمعِ.**

**ب . أُحدِّدُ الكمياتِ المُتَّجِهةَ التي يُمكِنُ جمعُها معًا، ثمَّ أُعبِّرُ عنْ ناتجِ الجمعِ (المحصلةُ) بالرموزِ.**

**الحلُّ:**

أ . الكمياتُ القياسيةُ هيَ: كتلةُ المِزْلاجِ، وحجمُ الصندوقِ، وكتلةُ الصندوقِ. أمّا الكمياتُ التي يُمكِنُ جمعُها معًا فيجبُ أنْ تكونَ منَ النوعِ نفسِهِ، وهيَ: $m_1=70$ kg، وَ $m_2=80$ kg، وناتجُ جمعِهِما: $80+70=150$ kg، وهوَ كميةٌ قياسيةٌ.

ب . الكمياتُ المُتَّجِهةُ هيَ: القُوَّةُ الأولى $\boldsymbol{F_1}$، والقُوَّةُ الثانيةُ $\boldsymbol{F_2}$، والتسارُعُ $\boldsymbol{a}$. أمّا الكمياتُ التي يُمكِنُ جمعُها معًا فيجبُ أنْ تكونَ منَ النوعِ نفسِهِ، وهيَ: $F_1=400$ N، وَ $F_2=100$ N، ومحصلتُهما: $\boldsymbol{R}=\boldsymbol{F_1}+\boldsymbol{F_2}$، وهيَ كميةٌ مُتَّجِهةٌ.

23

### بناء المفهوم:

مفهوم الجمع لا يقتصر على الجمع الجبري المعروف للأرقام والكميات القياسية؛ إذ تطوَّر إلى مفهوم الجمع المتجهي للكميات المتجهة الذي يتطلَّب معرفة كلٍّ من المقدار والاتجاه، خلافًا لجمع الكميات القياسية (الجمع الجبري) الذي يتطلَّب معرفة المقدار فقط.

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

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

### استخدام الصور والأشكال:

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (15)، ثم الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- ما الناتج المتوقع من جمع القوتين قي الحالة (أ)؟

اقبل إجابات الطلبة جميعها، ثم بيِّن لهم أنَّ الناتج أكبر من 200 N، وأقل من 400 N بحسب الزاوية بين القوتين.

- هل يختلف تسارع العربة في الحالتين؟

نعم؛ لأنَّ ناتج جمع القوتين في الحالة (أ) أقل منه في الحالة (ب).

- في رأيك، إذا تغيَّر اتجاه القوتين أو إحداهما، فهل سيتغيَّر ناتج الجمع؟

نعم، قد يكون الناتج صفرًا، أو 400 N، أو ما بينهما.

وضِّح للطلبة الاستنتاج الذي يُمكِن التوصُّل إليه، وهو: ناتج جمع الكميات المتجهة يختلف باختلاف المقدار والاتجاه لكلٍّ من الكميتين.

## أخطاء شائعة

يخلط بعض الطلبة بين طرح المتجه وسالب المتجه؛ لذا وضِّح لهم أنَّ طرح المتجه هو جمعٌ لسالب المتجه؛ أيْ إنَّ سالب المتجه جزئيةٌ من طرح المتجه.

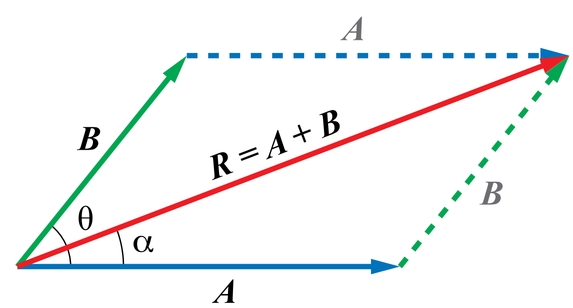
✓ **أتحقَّق**: طرح المتجه: هو جمع سالب المتجه.

## معلومة إضافية

**طريقة متوازي الأضلاع** (Parallelogram Method):

لإيجاد محصلة متجهين (مثل: $\boldsymbol{A}$، و$\boldsymbol{B}$) بيانيًّا بطريقة متوازي الأضلاع، ارسم المتجه الأول $\boldsymbol{A}$، ثم ارسم المتجه الثاني $\boldsymbol{B}$، بحيث تنطبق بدايته (ذيله) على بداية المتجه $\boldsymbol{A}$، ثم أكمل رسم متوازي الأضلاع، ثم ارسم قُطْر متوازي الأضلاع الذي يتحد مع هذين المتجهين في نقطة البداية، ليُمثِّل محصلة المتجهين $(\boldsymbol{R} = \boldsymbol{A} + \boldsymbol{B})$ كما في الشكل.

اطلب إلى الطلبة إيجاد محصلة المتجهين A، و B في الشكل، بطريقة المضلع، ثم مقارنة ناتج الطريقتين.

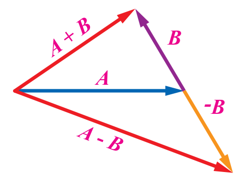



### طرحُ المُتَّجِهاتِ Subtraction of Vectors

إنَّ عمليةَ طرحِ المُتَّجِهاتِ تُشبِهُ عمليةَ جمعِها. والإشارةُ السالبةُ تعني معكوسَ المُتَّجِهِ المرادِ طرحُهُ. فمثلًا، عندَ طرحِ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{B}$ منَ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{A}$ (أيْ: $\boldsymbol{A - B}$) فإنَّ المُتَّجِهَ $\boldsymbol{A}$ يُجمَعُ معَ معكوسِ المُتَّجِهِ الثاني $(\boldsymbol{-B})$، كما في الشكلِ (16)، ويُكتَبُ بالصورةِ الآتيةِ:

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

أيْ إنَّ طرحَ المُتَّجِهِ يُكافِئُ جمعَ سالبِ ذلكَ المُتَّجِهِ.




الشكلُ (16): جمعُ المُتَّجِهاتِ وطرحُها.

✓ **أتحقَّقُ**: ما المقصودُ بطرحِ المُتَّجِهِ؟

### محصلةُ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ Resultant of Many Vectors

لإيجادِ محصلةِ مُتَّجِهيْنِ أوْ أكثرَ؛ سواءٌ أكانَتْ في بُعْدٍ واحدٍ مثلِ محورِ $x$ أوْ محورِ $y$، أمْ في بُعْدَيْنِ مثلِ مستوى $(x\text{-}y)$ فإنَّنا نستخدمُ إحدى الطريقتيْنِ الآتيتيْنِ:

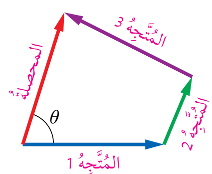
#### أ . الطريقةُ البيانيةُ (الرسمُ) Graphical Method

هيَ طريقةٌ تتلخَّصُ في تمثيلِ المُتَّجِهاتِ المرادِ جمعُها بأسهمٍ، ثمَّ تركيبِ تلكَ الأسهمِ بطريقةِ متوازي الأضلاعِ، أوْ بطريقةِ المُضلَّعِ (الذيلُ على الرأسِ)، وسنتناولُ في هذا الدرسِ طريقةَ المُضلَّعِ.

**طريقةُ المُضلَّعِ (الذيلُ على الرأسِ) Polygon (head-to-tail) Method:**

تُستخدَمُ هذهِ الطريقةُ لإيجادِ محصلةِ العديدِ منَ المُتَّجِهاتِ بيانيًّا، وتتلخَّصُ في الخطواتِ الآتيةِ:

1. اختيارُ مقياسِ رسمٍ مناسبٍ، ورسمُ أسهمٍ تُمثِّلُ المُتَّجِهاتِ التي يرادُ إيجادُ محصلتِها (جمعُها) كما في الدرسِ السابقِ.
2. رسمُ المُتَّجِهِ الأولِ، ثمَّ رسمُ المُتَّجِهِ الثاني، بحيثُ يقعُ ذيلُهُ عندَ رأسِ المُتَّجِهِ الأولِ، وهكذا الحالُ لبقيةِ المُتَّجِهاتِ حتّى آخرِ مُتَّجِهٍ، كما في الشكلِ (17)، معَ المحافظةِ على طولِ السهمِ واتجاهِهِ عندَ نقلِهِ.




الشكلُ (17): محصلةُ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ بطريقةِ المُضلَّعِ.

24

## توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع محصلة عدة متجهات بيانيًّا، علمًا بأنَّه يُمكِنك 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 استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

3. رسمُ سهمٍ منْ ذيلِ المُتَّجِهِ الأولِ إلى رأسِ المُتَّجِهِ الأخيرِ؛ ليُمثِّلَ طولُهُ مقدارَ المحصلةِ، معَ مراعاةِ مقياسِ الرسمِ، ويُمثِّلَ اتجاهُهُ (منَ الذيلِ إلى الرأسِ) اتجاهَ المحصلةِ (قياسُ الزاويةِ $\theta$ بينَ اتجاهِ المحصلةِ ومحورِ $x$+، بعكسِ دورانِ عقاربِ الساعةِ).

**أتحقَّقُ:** أُوضِّحُ المقصودَ بطريقةِ المُضلَّعِ لإيجادِ محصلةِ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ بيانيًّا.

**أفكِّرُ:** هلْ يُمكِنُ إيجادُ الزاويةِ $\theta$ بطريقةٍ رياضيةٍ منْ دونِ استخدامِ المنقلةِ في المثالِ 10؟ أُوضِّحُ ذلكَ.

## المثالُ 10

**تُؤثِّرُ ثلاثُ قوى في جسمٍ: القُوَّةُ الأولى $F_1$ مقدارُها 30 N في اتجاهِ الشمالِ، والقُوَّةُ الثانيةُ $F_2$ مقدارُها 50 N في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها $37^o$ شمالَ الغربِ، والقُوَّةُ الثالثةُ $F_3$ مقدارُها 70 N في اتجاهِ الجنوبِ. أَجِدُ المقدارَ والاتجاهَ لمحصلةِ القوى المُؤثِّرةِ في الجسمِ بيانيًّا.**

**المعطياتُ:** $F_1 = 30$ N, +y ، $F_2 = 50$ N,$143^o$ ، $F_3 = 70$ N, - y.

**المطلوبُ:** $R = ?$.

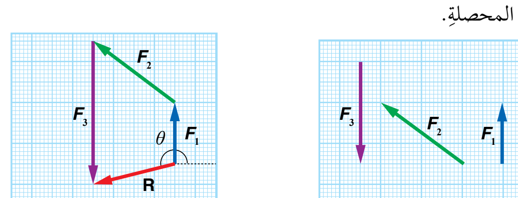
**الحلُّ:**

أ . أختارُ مقياسَ رسمٍ مناسبًا، وليكنْ (1 cm: 10 N)، ثمَّ أرسمُ ثلاثةَ أسهمٍ تُمثِّلُ مُتَّجِهاتِ القوى الثلاثَ كما في الشكلِ (18/أ)، بحيثُ يكونُ طولُ الأولِ $F_1$: 3 cm، وطولُ الثاني $F_2$: 5 cm، وطولُ الثالثِ $F_3$: 7 cm.

ب. أرسمُ السهمَ الذي يُمثِّلُ مُتَّجِهَ القُوَّةِ $F_1$ كما في الشكلِ (18/ب)، ثمَّ أرسمُ السهمَ الذي يُمثِّلُ مُتَّجِهَ القُوَّةِ $F_2$، بحيثُ يقعُ ذيلُهُ على رأسِ سهمِ $F_1$، ثمَّ أرسمُ السهمَ الذي يُمثِّلُ مُتَّجِهَ القُوَّةِ $F_3$، بحيثُ يقعُ ذيلُهُ على رأسِ سهمِ $F_2$. بعدَ ذلكَ أرسمُ سهمًا منْ ذيلِ المُتَّجِهِ الأولِ $F_1$ إلى رأسِ المُتَّجِهِ الثالثِ (الأخيرِ)؛ ليُمثِّلَ طولُهُ مقدارَ المحصلةِ، ويُمثِّلَ اتجاهُهُ اتجاهَ المحصلةِ.

جـ. أقيسُ - بالمسطرةِ - طولَ مُتَّجِهِ المحصلةِ $R$ منَ الشكلِ (4.1 cm). وبحسبِ مقياسِ الرسمِ (1cm: 10 N)، فإنَّ مقدارَ المحصلةِ: $R = 4.1 \times 10 = 41$ N.

د . أقيسُ - بالمنقلةِ- الزاويةَ بينَ مُتَّجِهِ المحصلةِ ومحورِ $x$ + بعكسِ دورانِ عقاربِ الساعةِ ($\theta = 194^o$)؛ لتُمثِّلَ اتجاهَ المحصلةِ.




الشكلُ (18): أ . تمثيلُ مُتَّجِهاتِ القوى بأسهمٍ. ب . محصلةُ مُتَّجِهاتِ القوى بالرسمِ.

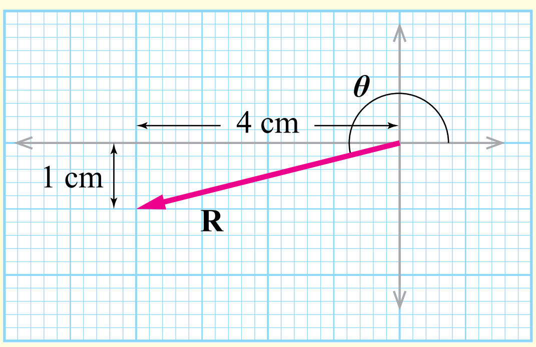
25

**أتحقَّق:** طريقة المضلع: هي طريقة بيانية لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر عن طريق تمثيل المتجهات بأسهم، ثم تركيبها بوضع ذيل المتجه الثاني على رأس المتجه الأول، وهكذا بالترتيب حتى آخر متجه، فيُمثِّل طولُ السهم الواصل من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الأخير مقدارَ المحصلة، ويُمثِّل اتجاهُ السهم اتجاهَ المحصلة.

**أفكِّر:**

يُمكِن إيجاد الزاوية $\theta$ بين متجه المحصلة R ومحور $x$+ باستعمال النسب المثلثية؛ سواء كان sin، أو cos، أو tan. ففي المثال 10، يمكن حساب الزاوية $\theta$ المُبيَّنة في الشكل ادناه على النحو الآتي:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{-1}{-4}\right) = \tan^{-1} 0.25 = 194^o$$




### ◄ استخدام الصور والأشكال:

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

- $F_1 + F_2$
- $F_2 + F_1$
- $F_1 + F_3 + F_2$

وجِّه الطلبة إلى ربط ما توصَّلوا إليه بالخاصية التبديلية لجمع المتجهات.

# التجربة 1

**الهدف:** إيجاد محصلة قوتين بينهما زاوية عمليًّا.

**إرشادات السلامة:** الحذر من سقوط الأثقال على القدمين.

**المهارات العلمية:** الاستنتاج، المقارنة، القياس.

**الإجراءات والتوجيهات:**

- وجِّه الطلبة إلى النظر في اتجاه عمودي على مركز الطاولة عند انطباق الحلقة على مركز الطاولة.
- يُمكِن استعمال طاولة القوى في إيجاد محصلة قوتين أو أكثر؛ سواء كانت تلك القوى متساوية في المقدار، أو غير متساوية.

**النتائج المتوقعة:**

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

## تحليل النتائج:

1. $F_1 = F_2 = F_3 = (m_{\text{حامل الثقل}} + m_{\text{الثقل}})g$
2. باستعمال مقياس رسم مناسب، وتطبيق طريقة مضلع القوى، يُمكِن إيجاد محصلة القوتين بيانيًّا.
3. بما أنَّ الحلقة في حالة اتزان، فإنَّ محصلة القوتين تساوي في المقدار القوة الثالثة، وتعاكسها في الاتجاه. ولكن، عمليًّا، قد لا تتساوى تلك الكميات بصورة كاملة؛ نظرًا إلى وجود أخطاء في القياس، ودقة الرسم.
4. محصلة أيِّ قوتين من القوى الثلاث تساوي في المقدار القوة الثالثة، وتعاكسها في الاتجاه.
5. صفر؛ فعند تمثيل القوى الثلاث بيانيًّا، تُشكِّل الأسهم المُمثِّلة لتلك القوى مثلثًا مغلقًا، بحيث تنطبق نقطة ذيل القوة الأولى على رأس القوة الثالثة، فتكون المحصلة صفرًا.
6. عند مقارنة النتائج، يدير المُعلِّم نقاشًا عن أسباب اختلاف النتائج، وكيفية معالجة ذلك الاختلاف، أو التقليل منه.

### القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **القضايا الأخلاقية: الاحترام.**

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

**استراتيجية التقويم:** الملاحظة.

**أداة التقويم:** سُلَّم تقدير.

| الرقم | اسم الطالب | المعيار 1: يجد بدقة كبيرة محصلة قوتين عمليًّا. | | | | المعيار 2: يبدي تعاونًا مع أفراد مجموعته، والمُعلِّم، وقيِّم المختبر. | | | | المعيار 3: يُنفِّذ خطوات التجربة تنفيذًا صحيحًا كاملًا. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |

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

---

## التجربةُ 1

### إيجادُ محصلةِ قُوَّتيْنِ بصورةٍ عمليةٍ

**الموادُ والأدواتُ:** طاولـةُ القوى، مجموعتـانِ منَ الأثقالِ تتكوَّنُ كلٌّ منْهُما منْ ثلاثةِ أثقالٍ متساويةٍ في الكُتلةِ، ميزانٌ إلكترونيٌّ (حسّاسٌ)، ثلاثةُ حواملِ أثقالٍ.

**إرشاداتُ السلامةِ:** الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.

**خطواتُ العملِ:**

بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفِّذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1. أضعُ طاولـةَ القوى على سطحٍ مستوٍ، وأستعملُ الميزانَ لقياسِ كتلةِ حاملِ الأثقالِ، ثم **أُدوِّنُ** النتيجةَ.
2. أُعلِّقُ الأثقالَ الثلاثةَ (كلُّ ثِقْلٍ بخيطٍ)، ثمَّ أضبطُ خيطًا منْها على تدريجِ الصفرِ $0^\circ$، وخيطًا آخرَ على تدريجِ $120^\circ$، وأُحرِّكُ الخيطَ المُتبقِّيَ حتّى ينطبقَ مركزُ الحلقةِ على مركزِ طاولةِ القوى، ثمَّ **أُدوِّنُ** التدريجَ الذي انطبقَ عليْه الخيطُ.
3. أُكرِّرُ الخطوةَ الثانيةَ باستخدامِ ثلاثةِ أثقالٍ أُخرى متساويةٍ. هلْ تغيَّرَتِ النتائجُ؟

**التحليلُ والاستنتاجُ:**

1. **أحسُبُ** القوى الثلاثَ المُؤثِّرةَ في الحلقةِ باستخدامِ العلاقةِ: $F = mg$، حيثُ $m$: (كتلةُ حاملِ الثِّقْلِ + كتلةِ الثِّقْلِ). ما مقدارُ محصلةِ تلكَ القوى؟
2. **أحسُبُ** بيانيًّا محصلةَ القُوَّتيْنِ: الأولى، والثانيةِ.
3. **أُقارِنُ** محصلةَ هاتيْنِ القُوَّتيْنِ بالقُوَّةِ الثالثةِ منْ حيثُ: المقدارُ، والاتجاهُ.
4. **أستنتجُ،** استنادًا إلى تجربتي، علاقةَ محصلةِ أيِّ قُوَّتيْنِ بالقُوَّةِ الثالثةِ عندَ الاتزانِ (انطباقُ مركزِ الحلقةِ على مركزِ الطاولةِ).
5. **أحسُبُ** بيانيًّا محصلـةَ القوى الثلاثِ، ثـمَّ أُفسِّرُ النتيجةَ.
6. **أُقارِنُ** نتائجَ مجموعتي بنتائجِ المجموعاتِ الأُخرى.

### تمرينٌ

شحنةٌ كهربائيةٌ تُؤثِّرُ فيها ثلاثُ قوى كهربائيةٍ على النحوِ الآتي:

200 N في اتجاهِ الجنوبِ، 300 N في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها $53^\circ$ شمالَ الغربِ، 500 N في اتجاهِ الغربِ.

أجِدُ مقدارَ محصلةِ القوى الكهربائيةِ المُؤثِّرةِ في الشحنةِ واتجاهَها بيانيًّا.



---

### تمرينٌ

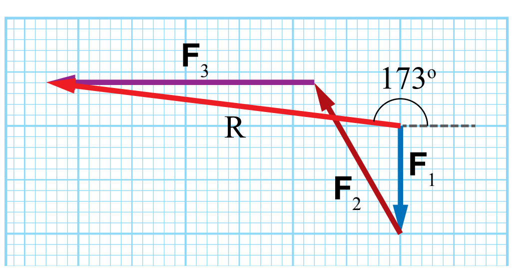
مقياس الرسم: (1 cm: 100 N)، إذن:

$F_3 = 5$ cm ،$F_2 = 3$ cm ،$F_3 = 2$ cm

طول سهم المحصلة R هو 6.4 cm، إذن: مقدار المحصلة R هو:

$$R = 6.4 \text{ cm} \times \frac{100\ N}{1 \text{ cm}} = 640 \text{ N}$$

باستعمال المنقلة، يتبيَّن أنَّ الزاوية بين متجه المحصلة ومحور $+x$ هي: $(173^\circ)$؛ أيْ إنَّ: $\boldsymbol{R} = 640$ N, $173^\circ$

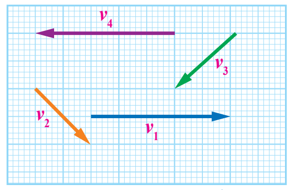


## المثالُ 11

**مُثَلَّث أربعةُ مُتَّجِهاتٍ للسرعةِ $(v_1, v_2, v_3, v_4)$ بالرسم كما في الشكل (19)، وذلك باستخدام مقياس الرسم (1 cm:5 m/s). أَجِدْ:**

أ . مقدارَ مُتَّجِهِ محصلةِ السرعةِ، واتجاهَهُ.

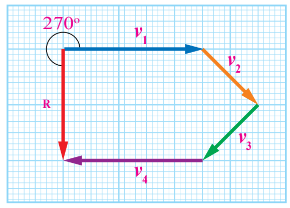
ب. $v_1 + v_2 + 2v_3 - v_4$



الشكلُ (19): مُتَّجِهاتُ السرعة.

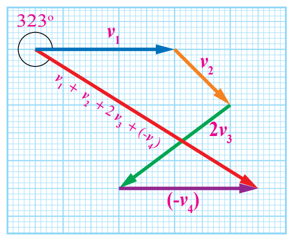
**الحلُّ:**

أ . بتطبيقِ طريقةِ المُضلَّعِ كما في الشكلِ (20)، فإنَّ طولَ سهمِ المحصلةِ $R$ هوَ 4 cm. ووفقًا لمقياسِ الرسمِ (1cm: 5 m/s)، فإنَّ مقدارَ المحصلةِ: $R = 4 \times 5 = 20$ m/s، واتجاهَها نحوَ الجنوبِ: ($R$ = 20 m/s, 270°).



الشكلُ (20): محصلةُ السرعة.

ب. بتطبيقِ طريقةِ المُضلَّعِ كما في الشكلِ (21)، فإنَّ طولَ السهمِ الناتجِ مِنْ جمعِ $v_1 + v_2 + 2v_3 + (-v_4)$ هوَ 10 cm. ووفقًا لمقياسِ الرسمِ (1cm: 5 m/s)، فإنَّ مقدارَ المجموعِ: $R = 10 \times 5 = 50$ m/s، وباستخدامِ المنقلةِ نجدُ أنَّ اتجاهَها يميلُ بزاويةِ $\theta$ مقدارُها 323° عنْ محورِ $+x$.



الشكلُ (21): مجموعُ المُتَّجِهاتِ.

### ب. الطريقةُ التحليليةُ Analytical Method

إنَّ استخدامَ الطريقةِ البيانيةِ في إيجادِ محصلةِ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ يُمثِّلُ عمليةً سهلةً، لكنَّها قدْ تفتقرُ إلى الدقةِ. لقدْ لاحظْتُ وجودَ اختلافاتٍ بسيطةٍ بينَ نتائجي ونتائجِ زملائي عندَ استخدامي إيّاها، ويُعْزى ذلكَ إلى أخطاءٍ في عملياتِ القياسِ (قياسُ الأطوالِ والزوايا)؛ لذا سأتعرَّفُ طريقةً رياضيةً أكثرَ دقةً، هيَ تحليلُ المُتَّجِهاتِ إلى مُركَّباتِها.

27

### ◄ تعزيز:

في المثال (11/ أ)، يُلاحَظ أنَّ ناتج جمع المتجهين $v_2 + v_3$ بيانيًّا يساوي متجه محصلة السرعةR:

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

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

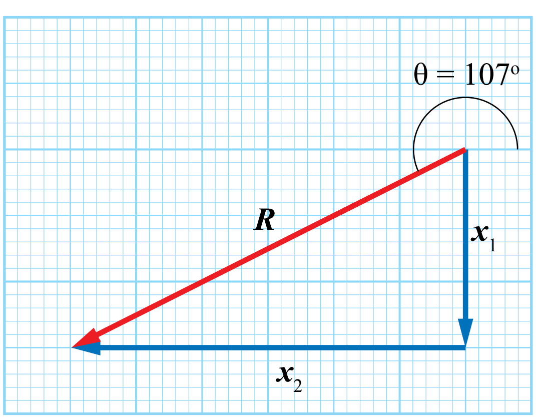
### مثال إضافي

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، فأَجِدُ بيانيًّا محصلة الإزاحة التي تحرَّكتها الموظفة من الطابق الخامس إلى إدارة الشركة.

**المعطيات:** $x_1 = 15$ m ,$x_2 = 30$ m

**المطلوب:** المحصلة $R = ?$

**الحل:**




تمثيل الإزاحتين $x_1$ و $x_2$ بيانيًّا باستعمال مقياس الرسم (1 $u$: 5 m) كما في الشكل، ثم رسم سهم من ذيل $x_1$ إلى رأس $x_2$ ليُمثِّل المحصلة $R$.

طول سهم المحصلة $R$ هو 6.6 $u$

مقدار المحصلة واتجاهها:

$R = 6.6 \times 5 = 33$ m,107°

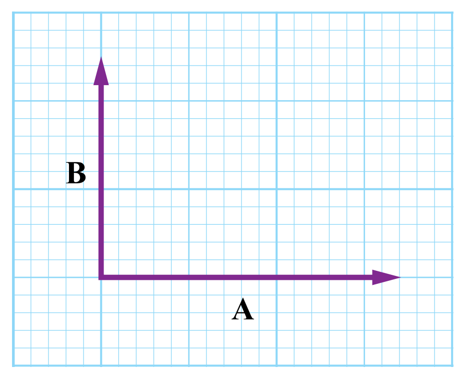
## القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التأمُّل والتساؤل.**

في الشكل (22)، أخبر الطلبة أنَّ التأمُّل يثير التفكير، وأنَّ طرح الأسئلة يفضي إلى تساؤلات عِدَّة، توصِل غالبًا إلى حلول جيدة، وطرح أفكار بنّاءة.

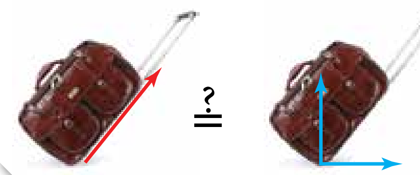
**نشاط سريع**

- لإثبات احتمال وقوع خطأ في أثناء إيجاد المحصلة بالطريقة البيانية، وأنَّ النتائج تكون أكثر دقة رياضيًّا (باستخدام نظرية فيثاغورس مثلًا)؛ اطلب إلى الطلبة إيجاد محصلة المتجهين: ***A***، و ***B*** في الشكل؛ بيانيًّا ورياضيًّا، ثم مقارنة النتائج.




### تحليلُ المُتَّجهاتِ إلى مُركَّباتِها
### Resolving Vectors into Components

عندَ سحبِ حقيبةِ سفرٍ بطريقتيْنِ كما في الشكلِ (22)، هلْ يتساوى تأثيرُ كلٍّ منْهُما في الحقيبةِ؟




الشكلُ (22): سحبُ حقيبةِ سفرٍ.

بعدَ أنْ تعرَّفْنا عمليةَ جمعِ مُتَّجهيْنِ أوْ أكثرَ لإيجادِ مُتَّجِهٍ واحدٍ جديدٍ (مُتَّجِهُ المحصلةِ)، سنقومُ بعمليةٍ عكسيةٍ؛ أيْ تحليلِ المُتَّجِهِ الواحدِ، والاستعاضةِ عنْهُ بمُتَّجهيْنِ متعامديْنِ (على محورَيْ $x$ وَ $y$ مثلًا) يُسمّيانِ مُركَّبتَي المُتَّجِهِ، وتكونُ محصلتُهُما المُتَّجِهَ نفسَهُ، ويتحدانِ معَهُ في نقطةِ البدايةِ.

يُطلَقُ على هذهِ العمليةِ اسمُ **تحليلِ المُتَّجِهِ إلى مُركَّبتيْهِ Resolving a vector into two components**. فمثلًا، يُمكِنُ تحليلُ المُتَّجِهِ $A$ الواقعِ في الربعِ الأولِ منْ مستوى $x$-$y$، كما في الشكلِ (23)، إلى مُركَّبتيْنِ، هما:

- المُركَّبةُ الأفقيةُ $A_x$: تُمثِّلُ مسقطَ المُتَّجِهِ $A$ على محورِ $+x$.
- المُركَّبةُ العموديةُ $A_y$: تُمثِّلُ مسقطَ المُتَّجِهِ $A$ على محورِ $+y$.

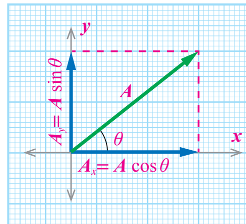
يكونُ المجموعُ المُتَّجهيُّ للمُركَّبتيْنِ مساويًا المُتَّجِهَ $\mathbf{A}$؛ أيْ إنَّ: $\boldsymbol{A}_x + \boldsymbol{A}_y = \boldsymbol{A}$.

وبتطبيقِ النسبِ المثلثيةِ، فإنَّ:

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

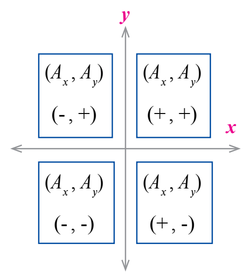
$$\sin\theta = \frac{A_y}{A} \rightarrow A_y = A\sin\theta$$

إذْ تتغيَّرُ إشاراتُ المُركَّباتِ الأفقيةِ والعموديةِ بحسبِ الربعِ الذي يقعُ فيهِ المُتَّجِهُ، أنظرُ الشكلَ (24).




الشكلُ (23): تحليلُ المُتَّجِهِ $A$ إلى مُركَّبتيهِ.

أُثبِتُ أنَّ: $A_x^2 + A_y^2 = A^2$.




الشكلُ (24): إشاراتُ المُركَّبتيْنِ: $(A_x, A_y)$.



## أجابة 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، فإنَّ: $A_x^2 + A_y^2 = A^2$

ولمّا كانَتِ المُركَّبتانِ: $(A_x , A_y)$ تُشكِّلانِ ضلعيْنِ في مثلثٍ قائمِ الزاويةِ، والمُتَّجِهُ $\boldsymbol{A}$ يُمثِّلُ وترَ المثلثِ، فإنَّ مقدارَ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{A}$:

بحسبِ نظريةِ فيثاغورس........ $A = \sqrt{A_x^{2} + A_y^{2}}$

أمّا الزاويةُ المرجعيةُ $\theta$ بينَ المُتَّجِهِ ومحورِ $+x$ فيُمكِنُ حسابُها منَ العلاقةِ الآتيةِ:

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

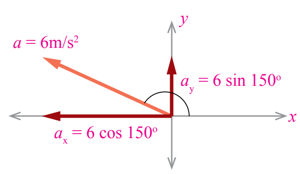
تجدرُ الإشارةُ هنا إلى أنَّنا سنحصلُ على قيمتيْنِ للزاويةِ $\theta$، فأيُّهُما تُمثِّلُ القيمةَ الصحيحةَ لموقعِ المُتَّجِهِ؟ إنَّ الذي يُحدِّدُ ذلكَ هوَ إشارةُ كلٍّ منَ المُركَّبتيْنِ: $(A_x , A_y)$؛ فإذا كانَتِ الإشارتانِ موجبتيْنِ دلَّ ذلكَ على أنَّ المُتَّجِهَ يقعُ في الربعِ الأولِ كما في الشكلِ (24)، فنختارُ الزاويةَ $\theta$ التي تقعُ فيهِ، وإنْ كانتا سالبتيْنِ مثلًا، فإنَّ المُتَّجِهَ يقعُ في الربعِ الثالثِ، فنختارُ الزاويةَ $\theta$ التي تقعُ فيهِ.

**أتحقَّقُ:** ما المقصودُ بتحليلِ المُتَّجِهِ؟

**أفكِّرُ:** ما علاقةُ صورةِ لاعبِ كرةِ السلَّةِ - في بدايةِ الوحدةِ - بتحليلِ المُتَّجِهاتِ؟

## المثالُ 12

**تتحرَّكُ مركبةٌ بتسارُعٍ ثابتٍ $(a = 6\ m/s^2 , 150^o)$. أَجِدُ مقدارَ المُركَّبتيْنِ الأفقيةِ والعموديةِ للتسارعِ، ثمَّ أُحدِّدُ اتجاهَ كلٍّ منْهُما.**




الشكلُ (25): المُركَّبةُ الأفقيةُ، والمُركَّبةُ العموديةُ للتسارعِ.

**المعطياتُ:** $(a = 6\ m/s^2 , 150^o)$.

**المطلوبُ:** $a_y = ?\ ,\ a_x = ?$.

**الحلُّ:**

المُركَّبةُ الأفقيةُ: $a_x = a \cos \theta = 6 \times \cos 150^o = 6 \times -\cos 30^o = -5.2\ m/s^2$

المُركَّبةُ العموديةُ: $a_y = a \sin \theta = 6 \times \sin 150^o = 6 \times \sin 30^o = 3\ m/s^2$

يُلاحَظُ أنَّ إشارةَ $a_x$ سالبةٌ؛ ما يعني أنَّ اتجاهَها هوَ في اتجاهِ $(-x)$، وأنَّ إشارةَ $a_y$ موجبةٌ؛ ما يعني أنَّ اتجاهَها هوَ في اتجاهِ $(+y)$، حيثُ إنَّ المُتَّجِهَ $\boldsymbol{a}$ يقعُ في الربعِ الثاني، أنظرُ الشكلَ (25).

29

**أفكِّرُ:**

سدَّد لاعبٌ كرةَ السلَّة نحو المرمى بسرعة مُحدَّدة $v$، وفي اتجاه يصنع زاوية مُحدَّدة (مثل $\theta$) مع الأفق، فأصبح للسرعة مُركَّبتان:

- مُركَّبة أفقية $(v \cos \theta)$، تُؤثِّر في المسافة الأفقية بين الكرة والمرمى.
- مُركَّبة عمودية $(v \sin \theta)$، تُؤثِّر في المسافة العمودية بين الكرة والمرمى.

**أتحقَّق:**

تحليل المتجه: استبدال المتجه بمتجهين متعامدين (على محوري $x$-$y$ مثلًا) يُسمّيان مُركَّبتي المتجه، وتكون محصلتهما المتجه نفسه، ويتحدان معه في نقطة البداية.

## مثال إضافي

انطلقت كرة جولف بسرعة $v$، في اتجاه يصنع زاوية $25^o$ مع الأفق كما في الشكل. إذا كانت المُركَّبة الأفقية لسرعة انطلاق الكرة $36\ m/s$، فما مقدار مُركَّبتها العمودية؟

**الحلُّ:**

$$v_x = v \cos \theta$$

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

$$v_y = v \sin \theta =$$

$$40 \sin 25^o = 17\ m/s$$

### نشاط سريع

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

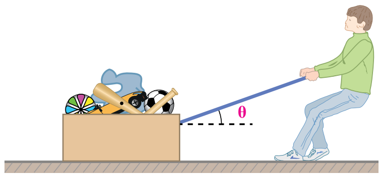
- أيُّ مُركَّبتي القوة أكبر: الأفقية أم العمودية؟
- عند تقليل الزاوية بين متجه القوة ومحور $(+x)$، أيُّ المُركَّبتين تزداد؟ وأيُّها تقل؟
- أيُّ المُركَّبتين تُؤثِّر في سحب الصندوق؟
- ما الاستنتاج الذي توصَّلت إليه عن العلاقة بين زاوية ميلان المتجه عن محور $(+x)$ ومقدار كلٍّ من مُركَّبتي المتجه؟

### أجابة سؤال الشكل ( 1 ):

إذا قلَّت الزاوية θ، فإنَّ المُركَّبة الأفقية تزداد، في حين تقلُّ المُركَّبة العمودية.

### المثالُ 13

**يسحبُ عامرٌ صندوقَ ألعابِهِ بقُوَّةٍ مقدارُها 100 N في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً $\theta$ مقدارُها $30^o$ معَ محورِ $+x$ كما في الشكلِ (26). أَجِدُ مقدارَ كلٍّ منَ المُركَّبتيْنِ الأفقيةِ والعموديةِ للقُوَّةِ، مُحدِّدًا اتجاهَهُما.**



الشكلُ (26): عامرٌ يسحبُ الصندوقَ بقُوَّةٍ.

**المعطياتُ:** $F = 100\ N$ ، $\theta = 30^o$.

**المطلوبُ:** $F_x = ?$ , $F_y = ?$ .

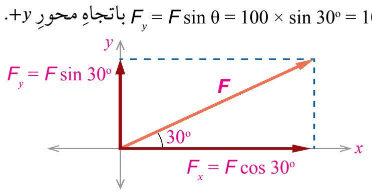
**الحلُّ:**

المُركَّبةُ الأفقيةُ للقُوَّةِ $F_x$ :

$F_x = F\cos\theta = 100 \times \cos 30^o = 100 \times 0.87 = 87\ N$ باتجاهِ محورِ $+x$ كما في الشكلِ (27).

المُركَّبةُ العموديةُ للقُوَّةِ $F_y$ :

$F_y = F\sin\theta = 100 \times \sin 30^o = 100 \times 0.5 = 50\ N$ باتجاهِ محورِ $+y$.



الشكلُ (27): المُركَّبةُ الأفقيةُ، والمُركَّبةُ العموديةُ للمُتَّجِهِ **F**.

ماذا يحدثُ للمُركَّبتيْنِ الأفقيةِ والعموديةِ للقُوَّةِ إذا قلَّتِ الزاويةُ θ عنْ $30^o$؟

#### تمرينٌ

أُطلِقَتْ قذيفةٌ بسرعةِ $v$ ، وكانَتِ المُركَّبةُ الأفقيةُ للسرعةِ **(-20 m/s)** والمُركَّبةُ العموديةُ لها **40 m/s**. أَجِدُ مقدارَ السرعةِ $v$، واتجاهَها.

30

### تمرينٌ

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

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

أمّا اتجاه السرعة فيُحدَّد بإيجاد الزاوية θ بين متجه السرعة والمُركَّبة الأفقية $v_x$:

$$\theta = \tan^{-1}\frac{v_y}{v_x} = \tan^{-1}\frac{40}{-20} = \tan^{-1}(-2) = 107^o$$

## محصلةُ المُتَّجهاتِ بالطريقةِ التحليليةِ
## Resultant by Analytical Method

لإيجادِ المقدارِ والاتجاهِ لمحصلةِ مُتَّجهيْنِ أوْ أكثرَ **بالطريقةِ التحليليةِ (Analytical method)**، أتَّبِعُ الخطواتِ الآتيةَ:

- أرسمُ المُتَّجهاتِ، بحيثُ يبدأُ كلُّ مُتَّجهٍ بنقطةِ الأصلِ (0,0).
- أُحلِّلُ كلَّ مُتَّجهٍ إلى مُركَّبتيهِ، مراعيًا أنْ تلتقيَ نقطةُ البدايةِ (الذيلُ) لجميعِ المُتَّجهاتِ عندَ نقطةِ الأصلِ (0,0).
- أَجِدُ محصلةَ المُركَّباتِ على محورِ $x$ ($R_x$) ومحصلةَ المُركَّباتِ على محورِ $y$ ($R_y$).
- أَجِدُ مقدارَ المحصلةِ الكليةِ $R$ باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

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

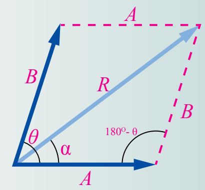
- أُحدِّدُ اتجاهَ المحصلةِ الكليةِ $R$ باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

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

حيثُ $\alpha$ الزاويةُ بينَ اتجاهِ المحصلةِ $R$ ومحورِ $+x$.

✓ **أتحقَّقُ:** أُحدِّدُ اتجاهَ المحصلةِ عندما تتساوى محصلةُ المُركَّباتِ على محورِ $+x$ معَ محصلةِ المُركَّباتِ على محورِ $+y$.

**الربطُ بالرياضياتِ**




لإيجادِ المحصلةِ $R$ للمُتَّجهيْنِ: $A$، وَ $B$ اللذيْنِ بينَهُما زاويةٌ ($\theta$) بطريقةٍ رياضيةٍ، يُستخدَمُ قانونُ جيبِ التمامِ:

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

ولتحديدِ اتجاهِ المحصلةِ (الزاويةُ $\alpha$)، يُستخدَمُ قانونُ الجيبِ:

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

**أفكِّرُ:** إذا كانَتْ محصلةُ المُركَّباتِ على محورِ $y$ ($R_y$) لمجموعةٍ منَ المُتَّجهاتِ صفرًا، فهلْ يعني ذلكَ بالضرورةِ أنَّ جميعَ تلكَ المُتَّجهاتِ تقعُ فقطْ على محورِ $x$؟ أفسِّرُ إجابتي.

31

**أُفكِّرُ:**

لا، ليس شرطًا أنْ تقع تلك المتجهات جميعها على محور $x$ فقط، ولكن يُشترَط أنْ يكون مجموع المُركَّبات العمودية الموجبة مساويًا لمجموع المُركَّبات العمودية السالبة ($R_y = 0$).

✓ **أتحقَّق:**

يُحدَّد اتجاه المحصلة باستعمال العلاقة الآتية:

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

ولكن:

$$R_x = R_y$$

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

وهي الزاوية نفسها ($45^\circ$) التي تتساوى عندها المُركَّبة الأفقية مع المُركَّبة العمودية.

## طريقة أخرى للتدريس

يُمكِن تحليل المتجه بطريقة لا تعتمد على الزاوية المرجعية مع محور $x$+، وإنَّما تعتمد الزاوية الصغرى بين المتجه ومحور $x$. أمّا المتجهات التي تنطبق على المحاور فلا يوجد داعٍ لتحليلها.

عند إيجاد محصلة المُركَّبة الأفقية أو العمودية، تُعتمَد إشارات المحاور الموجبة والسالبة بحسب موقع المتجه أو المُركَّبة (مثل: تحليل المتجهات في الشكل (29)، والمثال (15)) على النحو الآتي:

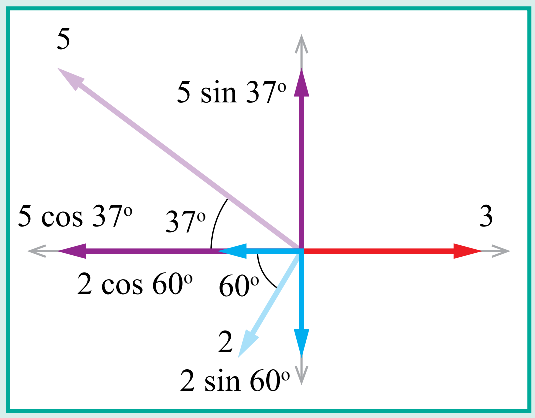
$R_x = 3\text{-}5 \cos 37^{o}\ 2 - \cos 60^{o}$

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

$R_y = 5 \sin 37^{o} - 2 \sin 60^{o}$

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

ثم يُكمَل الحلُّ بإيجاد مقدار R، واتجاهها.




## المثالُ 14

ثلاثةُ مُتَّجِهاتٍ $(A, B, C)$ قيمُها: $(3\,u , 5\,u , 2\,u)$ على الترتيبِ كما في الشكلِ (28). أَجِدُ مقدارَ المحصلةِ واتجاهَها بالطريقةِ التحليليةِ.

الحلُّ:

- أُحلِّلُ كلَّ مُتَّجِهٍ إلى مُركَّبتيهِ: المُركَّبةِ الأفقيةِ على محورِ $x$، والمُركَّبةِ العموديةِ على محورِ $y$، كما في الشكلِ (29)، على النحوِ الآتي:

$A_x = A \cos \theta_1 = 3 \cos 0^{o} = 3 \times 1 = 3\ u$

$A_y = A \sin \theta_1 = 3 \sin 0^{o} = 3 \times 0 = 0$

$B_x = B \cos \theta_2 = 5 \cos 143^{o} = 5 \times -0.8 = -4\ u$

$B_y = B \sin \theta_2 = 5 \sin 143^{o} = 5 \times 0.6 = 3\ u$

$C_x = C \cos \theta_3 = 2 \cos 240^{o} = 2 \times -0.5 = -1\ u$

$C_y = C \sin \theta_3 = 2 \sin 240^{o} = 2 \times -0.87 = -1.74\ u$

- أَجِدُ محصلةَ المُركَّباتِ على محورِ $x$:

$\boldsymbol{R_x = A_x + B_x + C_x}$

$R_x = 3 - 4 - 1 = -2\ u$ ............. في اتجاهِ محورِ $x$-

- أَجِدُ محصلةَ المُركَّباتِ على محورِ $y$:

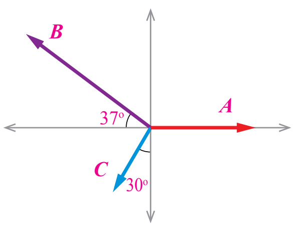
$\boldsymbol{R_y = A_y + B_y + C_y}$

$R_y = 0 + 3 - 1.74 = 1.26\ u$ ............. في اتجاهِ محورِ $y$+

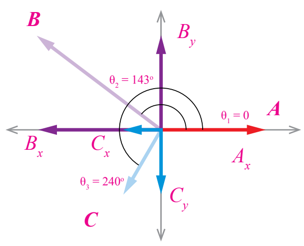
- أَجِدُ مقدارَ المحصلةِ R باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

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

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




الشكلُ (28): محصلةُ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ.




الشكلُ (29): تحليلُ المُتَّجِهاتِ إلى مُركَّباتِها.

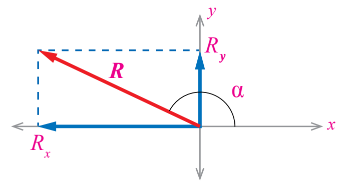
32

• أُحدِّدُ اتجاهَ المحصلةِ؛ أيِ الزاويةِ $\theta$ بينَ اتجاهِ المحصلةِ R ومحورِ $+x$، كما في الشكلِ (30)، وذلكَ باستخدامِ المعادلةِ الآتيةِ:

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

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

أيُّ الزاويتيْنِ تُمثِّلُ الزاويةَ الصحيحةَ: $328^{o}$ أمْ $148^{o}$؟



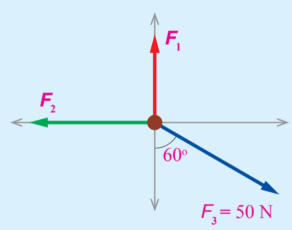

الشكلُ (30): تحديدُ مقدارِ المحصلةِ واتجاهِها.

بعدَ دراستي وحدةَ المُتَّجَهاتِ تعرَّفْتُ سببَ توجيهِ الطيارِ الطائرةَ إلى اليسارِ بزاويةٍ معينةٍ (عكسَ اتجاهِ الرياحِ) في بندِ: أتأمَّلُ الصورةَ؛ وهوَ جعلُ اتجاهِ محصلةِ سرعةِ الرياحِ، وسرعةِ الطائرةِ في أثناءِ هبوطِها نحوَ المَدْرجِ؛ حفاظًا على سلامةِ المسافرينَ وطاقمِ الطائرةِ، وتجنُّبًا لحدوثِ أيِّ أضرارٍ في جسمِ الطائرةِ. ولوِ افترضْنا أنَّ الطيارَ هبطَ بالطائرةِ باتجاهِ المَدْرجِ لانحرفَتِ الطائرةُ نحوَ اليمينِ، وخرجَتْ عنِ المسارِ المُحدَّدِ لها على المَدْرجِ.

## تمرين

• أَجِدُ مقدارَ المحصلةِ واتجاهَها في المثالِ السابقِ بيانيًّا، ثمَّ أُقارِنُ النتائجَ. ماذا أستنتجُ؟

• تُؤثِّرُ ثلاثُ قوى في نقطةٍ ماديةٍ كما في الشكلِ (31). إذا كانَتْ محصلةُ هذهِ القوى صفرًا. فما مقدارُ كلٍّ منَ القوَّتَيْنِ الأولى والثانيةِ؟

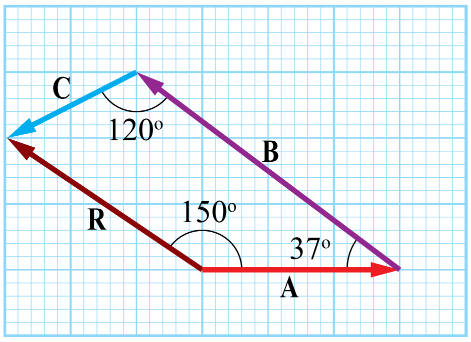



الشكلُ (31): ثلاثُ قوى تُؤثِّرُ في نقطةٍ ماديةٍ.

33

## تمرين

● مقياس الرسم (1cm : 1 $u$)، والتمثيل البياني مُوضَّح في الشكل التالي:




المحصلة $\boldsymbol{R}$:

$$R = 2.3\ u,\ 150^{o}$$

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

● المعطيات:

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

المطلوب: $F_2 = ?\ ,\ F_1 = ?$.

**الحلُّ:**

المحصلة تساوي صفرًا، وهذا يعني أنَّ كلًّا من محصلة المُركَّبات السينية والمُركَّبات الصادية تساوي صفرًا ($F_x = 0\ ,\ F_y = 0$)؛ لذا، فإنَّ:

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

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

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

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

## مراجعة الـدرس

**1** أ . جمع المتجهات: إيجاد محصلة المتجهين بيانيًّا أو رياضيًّا عن طريق تحليل تلك المتجهات.

تحليل المتجهات: استبدال متجهين متعامدين، يُسمَّيان مُركَّبتي المتجه، ومحصلتهما المتجه نفسه، بالمتجه.

ب. جمع المتجهات: محصلة المتجهات نفسها.

جـ. طرح الكميات المتجهة: جمع متجهي لسالب الكميات المتجهة.

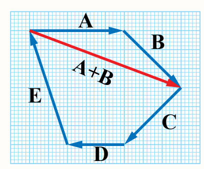
د . الطريقة البيانية: طريقة لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر عن طريق الرسم باستعمال مقياس رسم مناسب.

**2** الطريقة التحليلية: طريقة رياضية لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر عن طريق تحليل المتجهات إلى مُركَّباتها.

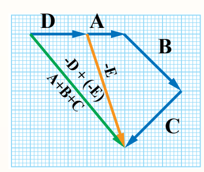
| المتجه | المُركَّبة الأفقية | المُركَّبة العمودية |
|---|---|---|
| (A = 8 m , 53°) | 4.8 m | 6.4 m |
| (B = 10 N , 37°) | 6 N | - 8 N |
| (C = √200 m/s, 45°) | 10 | m/s 10 m/s |

**3** أ . المحصلة تساوي صفرًا؛ لأنَّ نقطة البداية ونقطة النهاية هما نفساهما (تُشكِّل المتجهات مضلعًا مغلقًا).

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** واتجاه المحصلة باتجاه ($A+B = 8.5\ u$) السهم (يُمكِن استعمال المنقلة لتحديد اتجاه $\boldsymbol{A + B}$).




جـ. الإثبات مُبيَّن في الشكل المجاور.




**4** أكبر قيمة لمحصلتها تساوي مثلي قيمة أحدهما عندما تكون القوتان في الاتجاه نفسه، وأقل قيمة لمحصلتها تساوي صفرًا عندما تكون القوتان متعاكستين في الاتجاه.

**5** أ.

$v_y = 0$

$v \sin\theta = 0$

$\sin\theta = 0$

$\theta = \sin^{-1}(0) = 0^\circ$

ب.

$v_x = v$

$v\cos\theta = v$

$\cos\theta = 1$

$\theta = \cos^{-1}(1) = 0^\circ$

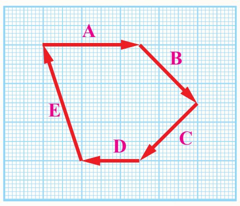
---

## مراجعةُ الدرسِ

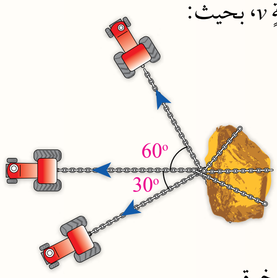
1. **أُقارِنُ** بينَ كلٍّ ممّا يأتي:
   أ . جمعُ المُتَّجِهاتِ وتحليلُها.
   ب . جمعُ المُتَّجِهاتِ ومحصلتُها.
   جـ . جمعُ المُتَّجِهاتِ وطرحُها.
   د . الطريقةُ التحليليةُ والطريقةُ البيانيةُ في جمعِ المُتَّجِهاتِ.
2. **أُحلِّلُ**: أُكمِلُ الفراغَ بما هوَ مناسبٌ في الجدولِ الآتي الذي يُمثِّلُ تحليلَ المُتَّجِهاتِ إلى مُركَّباتِها:

| المُتَّجِه | المُركَّبةُ الأفقيةُ | المُركَّبةُ العموديةُ |
|---|---|---|
| ($d$ = 8 m , 53°) | --------- | -------- |
| ($F$ = ---- ,-----) | 6 N | - 8 N |
| ($v$ = √200 m/s , ----) | 10 m/s | --------- |

3. **أُحلِّلُ**: اعتمادًا على الشكلِ المجاورِ:
   أ . ما محصلةُ المُتَّجِهاتِ المُبيَّنةِ في الرسمِ؟
   ب . أجِدُ بيانيًّا محصلةَ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{B}$ و $\boldsymbol{A}$.
   جـ . أُثبِتُ بالرسمِ أنَّ: $\boldsymbol{A + B + C = -D + (-E)}$.




4. **أُقارِنُ**: قوّتانِ متساويتانِ في المقدارِ، ما أكبرُ قيمةٍ لمحصلتِهِما؟ ما أقلُّ قيمةٍ لمحصلتِهِما؟
5. **أحسُبُ**: ما مقدارُ الزاويةِ التي تُطلَقُ بها كرةُ القدمِ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ $v$، بحيثُ:
   أ . تساوي المُركَّبةُ العموديةُ للسرعةِ $v_y$ صفرًا؟
   ب . تساوي المُركَّبةُ الأفقيةُ للسرعةِ $v_x$ مُتَّجِهَ السرعةِ $v$؟
6. **أُحلِّلُ**: ثلاثةُ جرّاراتٍ تحاولُ سحبَ صخرةٍ كبيرةٍ. إذا أثَّرَ كلٌّ منْها بقوَّةِ سحبٍ مقدارُها 4000 N في الاتجاهاتِ المُبيَّنةِ في الشكلِ المجاورِ:
   أ . أجِدُ مقدارَ محصلةِ القوى التي تُؤثِّرُ بها الجرّاراتُ في الصخرةِ.
   ب . في أيِّ اتجاهٍ ستتحرَّكُ الصخرةُ؟




34

---

**6** أ . $F_1 = F_2 = F_3 = 4000\ N$ , $\theta_1 = 120^\circ$

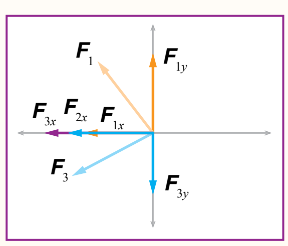
$\theta_2 = 180^\circ$ $\quad \theta_3 = 210^\circ$

**الحل:**

$F_{1x} = F_1 \cos\theta_1 = 4000 \cos 120^\circ = 2000\ N$

$F_{2x} = F_2 \cos\theta_2 = 4000 \cos 180^\circ = -4000\ N$

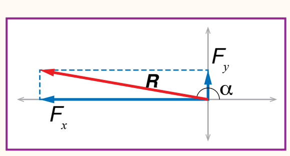
$F_{3x} = F_3 \cos\theta_3 = 4000 \cos 210^\circ = -3400\ N$




$F_{1y} = F_1 \cos\theta_1 = 4000 \cos 120^\circ = 3800\ N$

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

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




$F_x = 2000 - 4000 - 3480 = -5480\ N$

$F_y = 3480 + 0 - 2000 = 1480\ N$

$F = R = \sqrt{Fx^2 + Fy^2} = \sqrt{(-5480)^2 + 1480^2} = 5676\ N$

$\alpha = \tan{-1}\ \dfrac{F_y}{F_x} = \dfrac{1480}{-5480} = 165^\circ$

# الفيزياءُ والتكنولوجيا

## الوعاءُ المغناطيسيُّ

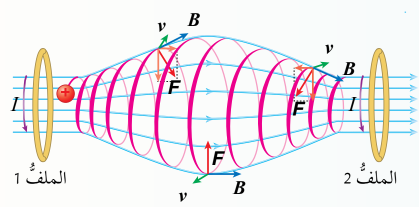
### الإثراءُ والتوسعُ

للمادةِ في الطبيعةِ ثلاثُ حالاتٍ، هيَ: الصُّلْبةُ، والسائلةُ، والغازيةُ. توجدُ للمادةِ أيضًا حالةٌ رابعةٌ تُسمّى البلازما، وهيَ تحوي عددًا كبيرًا جدًّا منَ الجسيماتِ المشحونةِ كهربائيًّا؛ لذا تتأثَّرُ هذهِ الجسيماتُ بالقُوَّتيْنِ: الكهربائيةِ، والمغناطيسيةِ.

تمتازُ البلازما بدرجةِ حرارتِها العاليةِ جدًّا التي قدْ تزيدُ على 11000 °C، بحيثُ لا يُمكِنُ احتواؤُها في وعاءٍ ماديٍّ؛ لأنَّها تعملُ على صهرِهِ، فكيفَ تَمكَّنَ العلماءُ منَ الاحتفاظِ بتلكَ الجسيماتِ؟

الوعاءُ (القارورةُ) المغناطيسيُّ Magnetic Bottle:

تقنيةٌ يُستخدَمُ فيها ملفّانِ كهربائيانِ لتوليدِ مجالٍ مغناطيسيٍّ مُتغيِّرِ المقدارِ والاتجاهِ؛ لاحتواءِ جسيماتٍ مشحونةٍ كهربائيًّا، وذاتِ طاقةٍ عاليةٍ جدًّا مثلِ البلازما. وبحسبِ الشكلِ المجاورِ، فإنَّ الملفَّيْنِ الكهربائيَّيْنِ والمجالَ المغناطيسيَّ الناتجَ منْهُما يُشبِهونَ الزجاجةَ، فكيفَ يُمكِنُ احتواءُ مادةِ البلازما باستخدامِ هذهِ التقنيةِ؟




تناولْنا في الدرسِ الأولِ بعضَ التطبيقاتِ على الضربِ المُتَّجِهيِّ للكمياتِ المُتَّجِهةِ، ومنْها القُوَّةُ المغناطيسيةُ $\boldsymbol{F}$ التي تُؤثِّرُ في شحنةٍ كهربائيةٍ $q$ تتحركُ بسرعةٍ $\boldsymbol{v}$ في مجالٍ مغناطيسيٍّ $\boldsymbol{B}$، وتُعطى بالعلاقةِ: $\boldsymbol{F} = q\,(\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B})$، حيثُ يكونُ اتجاهُ القُوَّةِ مُتعامِدًا معَ كلٍّ منْ سرعةِ الشحنةِ والمجالِ المغناطيسيِّ. وهذهِ القُوَّةُ المغناطيسيةُ تُؤثِّرُ بمُركَّبتيها في الجسيماتِ المشحونةِ بحيثُ تُبقيها مُتحرِّكةً بينَ الملفَّيْنِ -ذهابًا، وإيابًا- حركةً تذبذبيةً منْ دونِ مغادرتِها منطقةَ المجالِ المغناطيسيِّ.

**أبحث** مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المناسبةِ، أبحثُ عنْ تطبيقاتٍ أُخرى للمُتَّجِهاتِ، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، وأقرأُهُ أمامَ الطلبةِ في غرفةِ الصفِّ.



# الإثراء والتوسع

## الفيزياءُ والتكنولوجيا

## الوعاءُ المغناطيسيُّ

**الهدف**

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

**الإرشادات والإجراءات:**

- وجِّه الطلبة -ضمن مجموعات- إلى قراءة فقرة (الإثراء والتوسُّع)، ثم مناقشتها في ما بينهم.
- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:
  - ما المقصود بالبلازما؟ البلازما: الحالة الرابعة التي قد توجد عليها المادة، وهي جسيمات مشحونة كهربائيًّا، تتأثَّر بشدَّةٍ بالمجال الكهربائي والمغناطيسي، وتكون درجة حرارتها عالية جدًّا.
  - هل يُمكِن الاحتفاظ بالبلازما في وعاء معين؟ لا، لا يُمكِن الاحتفاظ بالبلازما في وعاء معين؛ لأنَّ درجة حرارتها عالية جدًّا.
  - كيف يُمكِن الاحتفاظ بها؟ يُمكِن الاحتفاظ بها باستعمال جهاز يحوي مجالًا مغناطيسيًّا، يُؤثِّر بقوة في الجسيمات المشحونة، فتظلُّ تتحرك بين الملفين - ذهابًا، وإيابًا- حركة تذبذبية في حيِّز مُحدَّد لا تغادره.
- طبِّق قاعدة كف اليد اليمنى للتحقُّق من صحة اتجاه القوة المغناطيسية المُؤثِّرة في الجسيمات المشحونة عند النقاط المُبيَّنة في الشكل، مُحدِّدًا اتجاه مُركَّبتي القوة.
- اطلب إلى طالب من إحدى المجموعات أنْ يُوضِّح على اللوح طريقة استعمال كف اليد اليمنى في تحديد اتجاه القوة، ثم اطلب إلى آخر من مجموعة أُخرى أنْ يُوضِّح عملية التحليل إلى المُركَّبات.
- وجِّه أفراد كل مجموعة أو مجموعتين للبحث معًا في مصادر المعرفة المناسبة عن تطبيق آخر للمتجهات، ثم كتابة تقرير عنه، ثم مناقشته أمام زملائهم في غرفة الصفِّ.

# مراجعةُ الوحدةِ

**1**
1- جـ. تسارع الطائرة في أثناء إقلاعها.

2- د . 55 N (لأنَّ مقدار المحصلة لا يُمكِن أنْ يتجاوز المجموع الجبري للقوتين، ولا يُمكِن أنْ يقلَّ عن القيمة المطلقة لحاصل طرحهما).

3- أ . $AB \sin 90^{o}$

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

5- جـ. 10 N باتجاه محور $+y$

6- أ . $20 \cos 120^{o}$

**تنويه:**
في الفقرة الثالثة من السؤال الأول، مقدار الزاوية بين المتجه A ومحور $+x$ هو $30^{o}$، أمّا الزاوية بين المتجه A والمتجه B فهي $90^{o}$؛ إذ يقع المتجه في المستوى $(x - z)$.

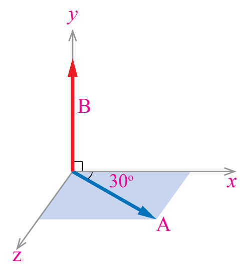
## مراجعةُ الوحدةِ

**1. أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ جملةٍ ممّا يأتي:**

1. الكميةُ المُتَّجِهةُ منَ الكمياتِ الفيزيائيةِ الآتيةِ هيَ:
   - أ . عددُ المسافرينَ في الطائرةِ.
   - ب . المدَّةُ الزمنيةُ لإقلاعِ الطائرةِ.
   - جـ . تسارعُ الطائرةِ في أثناءِ إقلاعِها.
   - د . حجمُ وقودِ الطائرةِ.

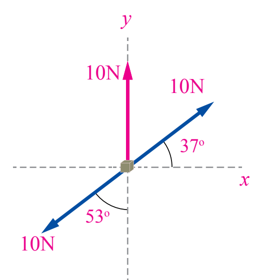
2. عندَ جمعِ القوَّتيْنِ: 30 N وَ 20 N جمعًا مُتَّجِهًا، فإنَّ الناتجَ غيرَ الصحيحِ منَ النواتجِ المُحتملةِ الآتيةِ هوَ:
   - أ . 10 N
   - ب . 20 N
   - جـ . 50 N
   - د . 55 N

3. حاصلُ الضربِ المُتَّجِهيِّ $|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}|$ في الشكلِ المجاورِ هوَ:
   - أ . $AB \sin 90^{o}$
   - ب . $AB \sin 30^{o}$
   - جـ . $AB \sin 120^{o}$
   - د . $AB \cos 90^{o}$




4. العلاقةُ بينَ مُتَّجِهَيِ التسارُعِ $\boldsymbol{a}_2$، $\boldsymbol{a}_1$ بناءً على العلاقةِ $(\boldsymbol{a}_1 - \boldsymbol{a}_2 = 0)$ هيَ:
   - أ . المُتَّجِهانِ $\boldsymbol{a}_2$ ، $\boldsymbol{a}_1$ متساويانِ في المقدارِ، ومتعاكسانِ في الاتجاهِ.
   - ب . المُتَّجِهانِ $\boldsymbol{a}_2$ ، $\boldsymbol{a}_1$ متساويانِ في المقدارِ، وفي الاتجاهِ نفسِهِ.
   - جـ . المُتَّجِهانِ $\boldsymbol{a}_2$ ، $\boldsymbol{a}_1$ مختلفانِ في المقدارِ، وفي الاتجاهِ نفسِهِ.
   - د . المُتَّجِهانِ $\boldsymbol{a}_2$ ، $\boldsymbol{a}_1$ مختلفانِ في المقدارِ، ومتعاكسانِ في الاتجاهِ.

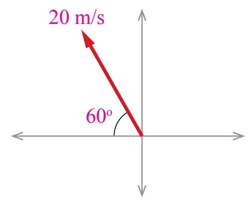
5. المقدارُ والاتجاهُ لمحصلةِ القوى في الشكلِ المجاورِ هما:
   - أ . 30 N باتجاهِ محورِ $+y$
   - ب . 30 N باتجاهِ محورِ $-y$
   - جـ . 10 N باتجاهِ محورِ $+y$
   - د . 0 N




36

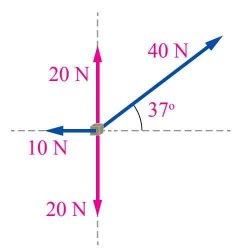
## مراجعةُ الوحدة

6. صوَّبَتْ سعادُ كرةَ السَّلَّةِ بسرعةٍ مقدارُها 20 m/s في الاتجاهِ المُبيَّنِ في الشكلِ المجاورِ. أيُّ الآتيةِ تُمثِّلُ المُركَّبةَ الأفقيةَ للسرعةِ:
   أ . 20 cos 120°؟
   ب . 20 cos 60°؟
   جـ . 20 sin 120°؟
   د . 20 cos 30°؟




2. **أحلِّل: ركلَ لاعبٌ كرةَ قدمٍ كتلتُها 0.4 kg لتنطلقَ بسرعةِ 30 m/s في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37° مع سطحِ الأرضِ الأفقيِّ، وبتسارُعٍ مقدارُهُ 10 m/s² استغرقَتِ الكرةُ مدَّةً زمنيةً مقدارُها 6 s لتعودَ إلى مستوى سطحِ الأرضِ:**
   أ . أحدِّدُ الكمياتِ المُتَّجِهةَ والكمياتِ القياسيةَ.
   ب . أُمثِّلُ الكمياتِ المُتَّجِهةَ بيانيًّا.
   جـ . هلْ يُمكِنُ إيجادُ محصلةِ تلكَ الكمياتِ المُتَّجِهةِ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

3. **أحلِّل: تُؤثِّرُ قوًى عِدَّةٌ في جسمٍ كما في الشكلِ المجاورِ.**
   أجِدُ المقدارَ والاتجاهَ لمحصلةِ القوى المُؤثِّرةِ في الجسمِ بالطريقةِ التحليليةِ.




4. **أحسُبُ: مُتَّجِهانِ: الأولُ $F = 8$ N في اتجاهِ محورِ $(-y)$، والثاني $r = 5$ m في اتجاهِ محورِ $(+x)$. أجِدُ:**
   أ . $3\,\boldsymbol{F}$
   ب . $-0.5\,\boldsymbol{r}$
   جـ . $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}|$
   د . $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{r}|$
   هـ . $\boldsymbol{F} \cdot \boldsymbol{r}$

5. **حلُّ المشكلات: انطلقَتْ نورُ منْ منزلِها سيرًا على الأقدامِ، وقطعَتْ مسافةَ 400 m باتجاهِ الغربِ، ثمَّ اتجهَتْ شمالًا، وقطعَتْ مسافةَ 200 m لتصلَ منزلَ صديقتِها. إذا أرادَتْ نورُ العودةَ مباشرةً إلى منزلِها بخطٍّ مستقيمٍ، فكمْ مترًا يجبُ أنْ تسيرَ؟ في أيِّ اتجاهٍ يتعيَّنُ عليها السيرُ حتى تصلَ منزلَها؟**

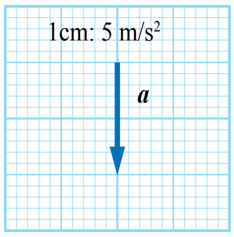
37

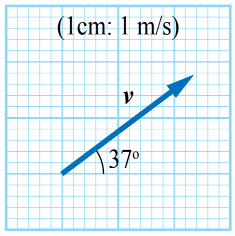
**2** المعطيات:

$m = 0.4$ kg, $v = 30$ m/s, $a = 10$ m/s², $t = 6$ s, $\theta = 37°$.أ

أ . الكميات المتجهة:
السرعة $\boldsymbol{v}$، التسارع $\boldsymbol{a}$ (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 الكيات المتجهة كما في الشكل:




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

**3**

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

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

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

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

**4**

أ. $3\,\mathbf{F} = 3 \times 8 = 24$ N, $-y$

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

جـ. $|\mathbf{r} \times \mathbf{F}| = 5 \times 8 \times \sin 90° = 40$ m.N باتجاه ‎-z,

د. $|\mathbf{r} \times \mathbf{r}| = 5 \times 5 \times \sin 0° = 0$ N

هـ. $\mathbf{F}.\mathbf{r} = 8 \times 5 \times \cos 90° = 0$ N.m

**5** $\mathbf{d}_1 = 400$ m,180° ، $\mathbf{d}_2 = 200$ m,90°

لأنَّ المتجهين متعامدان؛ تُستعمَل نظرية فيثاغورس لإيجاد محصلة المتجهين:

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

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

الزاوية الصحيحة هي $\alpha = 153.4°$؛ لأنَّ المتجه يقع في الربع الثاني.

أمّا الإزاحة التي يجب أنْ تقطعها نور للعودة إلى منزلها فتساوي المحصلة في المقدار: 447 m، ولكن في اتجاه معاكس لاتجاه المحصلة $\boldsymbol{d}$؛ أيْ بزاوية $\alpha = 333.4°$ عن محور $+x$.

# مراجعةُ الوحدةِ

6 أ. $v_1 + v_1 = - v_3$

$v_1 + v_1 = 45$ m/s

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

ب. المحصلة تساوي صفرًا؛ لأنَّها تُشكِّل مثلثًا مغلقًا (نقطة البداية تنطبق على نقطة النهاية).

7 $v_1 = 10$m/s ، $v_2 = -7$ m/s

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

8 أ. $|\mathbf{A} \times \mathbf{B}| = \text{A B}$

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

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

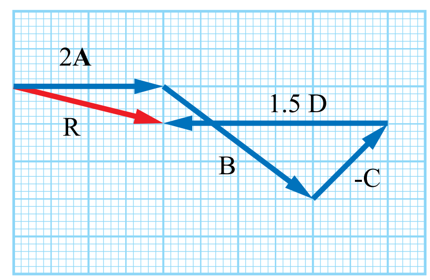
ب. $\mathbf{A} . \mathbf{B} = \text{A B}$

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

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

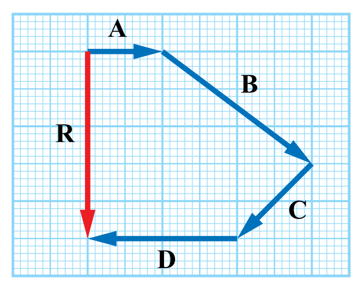
9 ناتج جمع: $\mathbf{2A + B - C + 1.5D}$

$(4.1\ u, 346^o)$



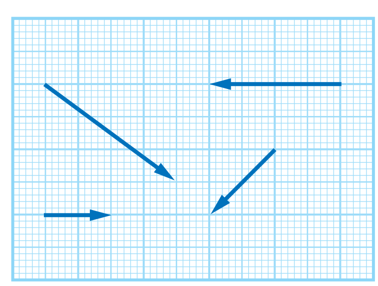

المحصلة **R**

$R = 5\ u, 270^o$




المتجهات: **A** ، **B** ، **C** ، **D**

**يُمثِّل كل مربع في الرسم وحدة (1u) واحدة.

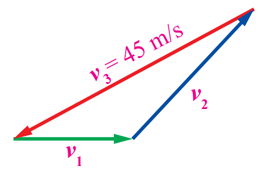


## مراجعةُ الوحدةِ

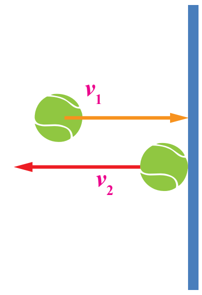
6. ثلاثةُ متَّجِهاتٍ للسرعةِ تُشكِّلُ مثلثًا مغلقًا كما في الشكلِ المجاورِ. أَجِدُ:

أ . $v_1 + v_2$

ب . محصلةَ المُتَّجِهاتِ الثلاثةِ.




7. **أحسُبُ:** صوَّبَتْ سارةُ كرةَ تنسٍ أفقيًّا نحوَ حائطٍ عموديٍّ، فاصطدمَتْ بهِ بسرعةٍ أفقيةٍ $v_1$ مقدارُها 10 m/s باتجاهِ الشرقِ كما في الشكلِ المجاورِ، ثمَّ ارتدَّتْ عنهُ أفقيًّا نحوَ الغربِ بسرعةٍ $v_2$ مقدارُها 7 m/s. أجِدُ التغيُّرَ في سرعةِ الكرةِ $(\Delta v = v_2 - v_1)$.

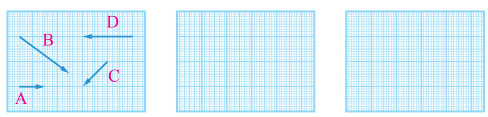



8. **أستنتجُ:** ما مقدارُ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ: $A$ وَ $B$ في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:

أ . $|A \times B| = A\ B$؟

ب . $A.B = A\ B$؟

9. أستخدمُ الطريقةَ البيانيةَ في حسابِ ناتجِ جمعِ المُتَّجِهاتِ وطرحِها كما هوَ مُبيَّنٌ في الشكلِ الآتي:




المُتَّجِهاتُ: $A$، $B$، $C$ وَ $D$ حيثُ يُمثِّلُ كلُّ مربعٍ في الرسمِ وحدةً واحدةً $(1u)$.

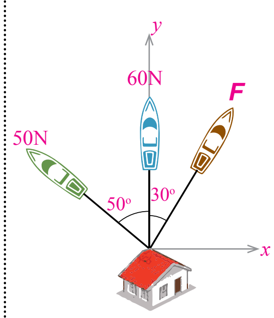
المحصلةُ $R$

ناتجُ جمعِ: $2A + B - C + 1.5\ D$

10. **أُحلِّلُ:** ثلاثةُ قواربَ، كلٌّ منها يُؤثِّرُ بقوَّةٍ في منزلٍ عائمٍ على الماءِ لسحبِهِ كما في الشكلِ المجاورِ. إذا تحرَّكَ المنزلُ باتجاهِ محورِ $(+y)$، فأَجِدُ:

أ . مقدارَ القوَّةِ $F$.

ب . مقدارَ محصلةِ القوى الثلاثِ، مُحدِّدًا اتجاهَها.




38

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

$R_y = R$ ، $R_x = 0$

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

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

$F = 76$ N

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

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

$R = 152$

## تجربة إثرائية: مُركَّبتا القوة وعلاقتهما بحركة الأجسام.

### نتائج المتوقعة:

| مقدار القوة (N) | زاوية ميلان القوة $\theta^{o}$ | المُركَّبة الأفقية للقوة (N) | المُركَّبة العمودية للقوة (N) |
|---|---|---|---|
| غير مُعرَّفة | $0^{o}$ | غير مُعرَّفة | 0 |
| 5 N | $60^{o}$ | 2.5 N | 4.35 N |
| 1 N | $90^{o}$ | 0 N | 1 N |

لايمكن فتح الباب عندما تكون $\theta = 0^{o}$؛ لأن عزم الدوران يكون صفرًا في هذه الحالة، وبالتالي فإن القوة غير معرفة ولكن يجد الطالب مقدار من القوة عند الزاوية $0^{o}$؛ ذلك أنَّ هذه الزاوية لا تساوي صفرًا، وإنَّما هي قريبة منه. أمّا عند الزاويتين $60^{o}$ و $90^{o}$ فقد تختلف النتائج كليًّا عمّا هو في الجدول، لكنَّها تظلُّ صحيحة، وتُقْبَل من الطلبة؛ فالمهم أنَّ القوة تقلُّ بزيادة الزاوية بِغَضِّ النظر عن تلك القيم. وفي ما يخصُّ قيم المُركَّبتين الأفقية والعمودية للقوة، فإنَّها تتغيَّر تبعًا لتغيُّر مقدار القوة التي يقيسها الطالب.

### التحليل والاستنتاج:

1. المُركَّبة الأفقية: $5 \cos 60^{o} = 2.5$ N
   المُركَّبة العمودية: $5 \sin 60^{o} = 4.35$ N
2. كلَّما ازداد مقدار الزاوية $\theta$ قلَّت المُركَّبة الأفقية للقوة، وازدادت المُركَّبة العمودية.
3. كلَّما ازداد مقدار الزاوية $\theta$ قلَّ مقدار القوة اللازمة لفتح الباب؛ لأنَّ المُركَّبة العمودية تُسهِم بدور رئيس في عملية فتح الباب.
4. عند الزاوية $\theta = 0^{o}$ لا يُمكِن فتح الباب؛ لأنَّ المُركَّبة العمودية للقوة تساوي صفرًا.
5. عند الزاوية $\theta = 90^{o}$ يجب بذل أقل قوة لفتح الباب؛ لأنَّ المُركَّبة العمودية للقوة تكون أكبر ما يُمكِن عند تلك الزاوية وتساوي مقدار القوة نفسها.
6. عزم القوة يتغيَّر بتغيُّر الزاوية بين اتجاه القوة المُؤثِّرة (F) واتجاه الإزاحة بداية من محور الدوران إلى نقطة تأثير القوة (r). كذلك يُمكِن استنتاج أنَّ لمُركَّبتي المتجه (سواء كان المتجه قوة، أو سرعة، أو أيَّ كمية فيزيائية) دورًا كبيرًا ورئيسًا. فمثلًا، عند تحريك جسم أفقيًّا، فإنَّ المُركَّبة الأفقية للقوة المُؤثِّرة فيه تُسهِم بدور رئيس في تحريكه.

## إجابات نماذج أسئلة الاختبارات الدولية (PISA)

**السؤال الأول:**

b. 181 km/h

**السؤال الثاني:**

a. السرعة، الإزاحة، القوة.