الدرس 1 وصفُ الحركةِ
Describing Motion

الفكرةُ الرئيسةُ: يتغيَّرُ موقعُ الأجسامِ بالحركةِ، وتوصَفُ الحركةُ بالسرعةِ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أصفُ حركةَ الجسمِ إنْ كانتْ منتظمةً أوْ غيرَ منتظمةٍ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

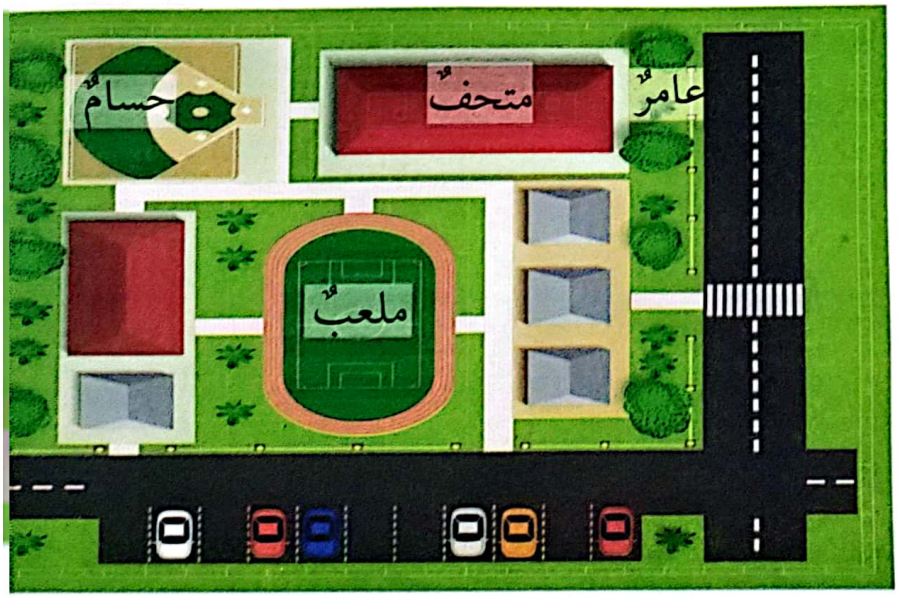
حركةٌ	Motion
موقعٌ	Position
نقطةُ إسنادٍ	Reference Point
مسافةٌ	Distance
كميةٌ قياسيةٌ	Scalar Quantity
إزاحةٌ	Displacement
كميةٌ متَّجهةٌ	Vector Quantity
السرعة القياسية	Speed
السرعة القياسية المتوسطة	Average Speed
الحركةُ المنتظمةُ	Uniform Motion
السرعةُ المتَّجِهَةُ	Velocity

الحركةُ Motion

نعيشُ في عالَمٍ متحرِّكٍ؛ فالرِّياحُ تهبُّ والسياراتُ تسيرُ، والأطفالُ يقضونَ وقتًا ممتعًا في الركضِ. لذلكَ فإنّنا نحتاجُ إلى طريقةٍ منظّمةٍ لوصفِ حركةِ الأجسامِ.

الحركةُ (Motion) تَغَيُّرٌ مستمرٌّ في موقعِ جسمٍ مقارنةً بأجسامٍ ثابتةٍ حولَهُ. أمّا **الموقعُ (Position)** فهوَ بُعْدُ الجسمِ عنْ نقطةِ إسنادٍ (نقطةٍ مرجعيةٍ).

لتحديدِ موقعِ الجسمِ ينبغي تحديدُ نقطةٍ مرجعيةٍ نستندُ إليها، تسمّى **نقطةَ إسنادٍ (Reference Point)**. فمثلًا، بعدَ تفرُّقِ الصديقينِ حسامٍ وعامرٍ في أثناءِ رحلةٍ مدرسيّةٍ إلى حدائقِ الملكِ عبدِاللهِ الثاني ابنِ الحسينِ، هاتفَ حسامٌ صديقَهُ عامرًا؛ ليسألَهُ عنْ مكانِهِ بدقّةٍ. وحتى تمكَّنَ كلٌّ منْهُما منْ تحديدِ مكانِهِ بالنسبةِ إلى مَعْلَمٍ ثابتٍ يُعَدُّ نقطةً مرجعيَّةً إليْهِ. فعامرٌ مثلًا يقفُ شرقَ المتحفِ وحسامٌ شمالَ غربِ الملعبِ، ألاحظُ الشكلَ (1).



الشكلُ (1): تحديدُ المَوْقعِ.

أتحقَّقُ: كيفَ أحدّدُ موقعَ جسمٍ ما؟

عندما نريدُ وصفَ حركةِ جسمٍ ما يتحرّكُ في خطٍّ مستقيمٍ فإنّنا نحتاجُ إلى قياسِ المسافةِ التي يتحرّكُها، وإلى حسابِ الزّمنِ الذي يستغرقُهُ في قطعِ هذهِ المسافةِ. وقدْ تعلّمْتُ كيفَ أقيسُ المسافةَ والزمنَ.

تُعرَّفُ المسافةُ (Distance) بأنّها الطولُ الكلّيُّ للمسارِ الذي يسلكُهُ الجسمُ في أثناءِ انتقالِهِ بينَ نقطتينِ. وتُقاسُ بوحدةِ المترِ (m)، أوْ مضاعفاتِها، مثلِ: الكيلو مترِ (km)، أوْ أجزاءٍ منها، مثلِ: السنتيمترِ (cm)، والملّيمترِ (mm).

تعدُّ المسافةُ كميّةً قياسيّةً (Scalar Quantity)؛ أيْ إنّهُ يكفي لتحديدِها معرفةُ مقدارِها فقطْ؛ فنقولُ: إنَّ المسافةَ بينَ محافظةِ عمّانَ والزرقاءِ (30 km) تقريبًا، ويُرمَزُ إلى المسافةِ بالرمزِ (S).

قدْ يوجدُ أكثرُ منْ مسارٍ يصلُ بينَ نقطتينِ، ويُسمى أقصرُ مسارٍ مستقيمٍ يصلُ بينَ نقطةِ بدايةِ الحركةِ ونهايتِها الإزاحةَ (Displacem

هيَ كميّةٌ متّجهةٌ (Vector Quantity)؛ أيْ إنَّهُ يلزمُ لتحديدِها معرفةُ مقدارِها واتّجاهِها معًا، ويُرمَزُ إلى الإزاحةِ بالرمزِ (Δx).

تُستخدمُ الرمزُ (Δ) ويُقرأُ (دلتا) للتعبيرِ عنِ الفرقِ بينَ الموقعِ النهائيِّ للجسمِ وموقعِهِ في البدايةِ منْ دونِ الاهتمامِ بالمسارِ الذي سلكَهُ الجسمُ بينَهُما.

الرّبطُ بالرّياضيّات

تُعدُّ قمّةُ إيفريست أعلى نقطةٍ على سطحِ الأرضِ؛ إذْ يبلغُ ارتفاعُها عنْ سطحِ البحرِ (8848 m).

وبوحدةِ الكيلو مترات فإنَّ هذا الارتفاعَ يساوي (8.848 km)

يُعدُّ صقرُ الشاهينِ منْ أكثرِ الجوارحِ انتشارًا في العالَمِ، ويبلغُ طولُ المسافةِ بينَ طرَفَيْ جناحَيْهِ في أثناءِ فَرْدِهِما (120 cm).

وهذهِ المسافةُ بوحدةِ المترِ (1.20 m).

مثالٌ 1

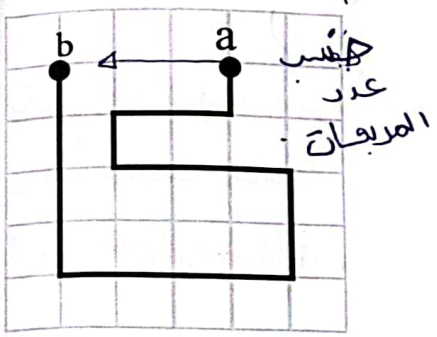
إذا عرفتُ أنَّ طولَ ضلعِ المربّعِ في الشكلِ يساوي (5 cm). أحسبُ المسافةَ التي يقطعُها جسمٌ عندَ انتقالِهِ منَ النقطةِ (a) إلى (b)، والإزاحةَ التي يحقّقُها في الشكلِ الآتي:

الحلُّ:

المسافةُ : طولُ المسارِ الكلّيِّ الذي تحرَّكَهُ الجسمُ (S):

$$S = 5 \times 17$$
$$= 85 \text{ cm}$$

الإزاحةُ: الفرقُ بينَ نقطةِ البدايةِ ونقطةِ النهايةِ (Δx):



$$\Delta x = x_b - x_a$$
$$= 15 \text{ cm}$$

باتجاهِ الغربِ.

الرَّبطُ بالحياةِ

منْ مناسكِ الحجِّ عندَ المسلمينَ السَّعْيُ بينَ الصَّفا والْمَرْوَةِ؛ إذْ يبدأُ الحاجُّ منَ الصّفا وينتهي بالمروةِ قاطعًا (395 m)، ويسمّى هذا شَوْطًا. ويتمُّ الحاجُّ السعيَ بعدَ قطعِهِ سبعةِ أشواطٍ.

أبحثُ

أبحثُ عنْ كمّياتٍ فيزيائيّةٍ متّجهةٍ، ثمَّ أكتبُها في دفتري.

أفكّرُ إذا تحرَّكَ عليٌّ في مسارٍ مغلقٍ مُربَّعِ الشكلِ، طولُ ضلعِهِ 50 m، ثمَّ عادَ إلى الموقعِ نفسِهِ الذي بدأَ منْهُ حركتَهُ، فما مقدارُ المسافةِ التي قطعَها عليٌّ؟ ما مقدارُ إزاحتِهِ؟

✓ **أتحقَّقُ**: هلْ منَ الممكنِ أنْ يكونَ مقدارُ الإزاحةِ صفرًا؟ أوضِّحُ إجابتي بالرّسْمِ.

السرعةُ القياسيَّةُ Speed

في سباقِ الجريِ نهتمُّ بمعرفةِ المسافةِ التي سيقطعُها المتسابقونَ، والزمنِ الذي يستغرقُهُ كلٌّ منْهُمْ في قطعِ هذهِ المسافةِ؛ فإذا قسمْنا المسافةَ (s) المقطوعةَ على الزمنِ (t) فإنَّ الناتجَ يُعرفُ بالسرعةِ القياسيةِ (Speed)، وهيَ كمّيّةٌ قياسيّةٌ

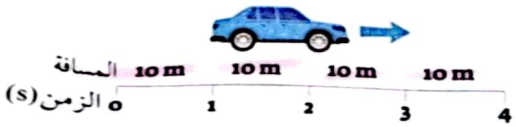
بالمقدارِ فقطْ. ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (v_s). ورياضيًّا، فإنَّ:

$$\text{السرعةَ القياسيةَ} = \frac{\text{المسافةَ المقطوعةَ}}{\text{الزمنِ الكُلّيِّ المستغرَقِ}}$$

وتُكتَبُ العلاقةُ بالرموزِ: $v_s = \frac{S}{t}$

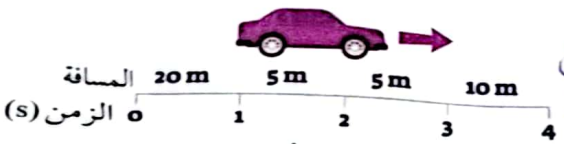
وتُقاسُ السرعةُ بوحدةِ مترٍ لكلِّ ثانيةٍ (m/s) ، أوْ كيلومترٍ لكلِّ ساعةٍ (km/h).

يتحرَّكُ الجسمُ بسرعةٍ ثابتةٍ عندَما يقطعُ مسافاتٍ متساويةٍ في أزمنةٍ متساويةٍ. فنقولُ حينَها: إنَّ الجسمَ يتحرَّكُ حركةً منتظمةً (Uniform Motion)، ألاحظُ الشكلَ (2). فمثلًا، إذا كنتُ أجلسُ بجانبِ والدي في السيارةِ، وراقبتُ عدّادَ السرعةِ كلَّ دقيقةٍ منَ الزمنِ، ووجدتُ أنَّهُ يشيرُ إلى الرقمِ نفسِهِ؛ فهذا يعني أنَّ السيارةَ تتحرَّكُ بسرعةٍ ثابتةٍ.



الشكلُ (2): الحركةُ المنتظمةُ.

عندما أذهبُ إلى مدرستي فإنَّني أُسرِعُ أحيانًا، وأُبطِئُ أحيانًا أخرى؛ نتيجةَ الازدحامِ، أوِ التّعبِ، أوْ حالةِ الطقسِ؛ أيْ إنَّ سرعتي تتغيَّرُ باستمرارٍ. فالجسمُ يتحرَّكُ بسرعةٍ مُتغيِّرةٍ عندَما يقطعُ مسافاتٍ غيرَ متساويةٍ في أزمنةٍ متساويةٍ؛ لذا فإنَّنا نحسبُ ما يُسمّى السرعةَ القياسيّةَ المتوسّطةَ (Average Speed)، ألاحظُ الشكلَ (3). وفي هذه الحالةِ نصفُ حركةَ الجسمِ بأنَّها حركةٌ غيرُ منتظمةٍ. ورياضيًّا، فإنَّ:



الشكلُ (3): الحركةُ غيرُ المنتظمةِ.

$$\text{السرعةَ القياسيةَ المتوسّطةَ} = \frac{\text{المسافةَ الكليّةَ المقطوعةَ}}{\text{الزمنِ الكُلّيِّ المستغرَقِ}}$$

مثالٌ 2

كم المسافةُ التي تقطعُها سيارةٌ تتحرَّكُ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارُها (12 m/s)، في (10) min؟

الحلُّ:

نحتاجُ إلى تحويلِ الزمنِ منَ الدقائقِ إلى الثواني، علمًا أنَّ الدقيقةَ الواحدةَ تساوي (60) ثانيةً:

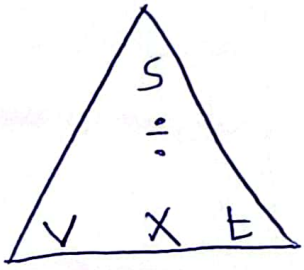
$$S = vt$$
$$= 12 \times 600$$
$$= 7200 \text{ m}$$

مثالٌ 3

يقطعُ رجلٌ مسافةَ (450 m) بسرعةٍ متوسّطةٍ مقدارُها (3 m/s). ما الزمنُ الذي احتاجَ إليْهِ ليقطعَ هذهِ المسافةَ؟

الحلُّ:

$$t = \frac{S}{v}$$
$$= \frac{450}{3}$$
$$= 150 \text{ s}$$



جربةٌ قياسُ السرعةِ المتوسِّطةِ

ادُّ والأدواتُ: مترٌ، وساعةُ توقيتٍ.

ظةٌ: منَ الممكنِ إجراءُ التجربةِ في ساحةِ المدرسةِ.

اتُ السلامةِ: أتعاملُ بحذرٍ معَ الحافّةِ الحادّةِ لِمترِ ، وأتَّبعُ توجيهاتِ المعلِّمِ/ المعلِّمةِ.

العملِ:

أحدِّدُ على الأرضِ مسافةَ (5 m) ومسافةَ (10 m).

أطلبُ إلى زميلي/ زميلتي أنْ يمشيَ كِلتا ي، ثمَّ أحسُبُ الزمنَ المستغرقَ في كلِّ حالةٍ باستخدامِ ساعةِ التوقيتِ.

3. **أطبّقُ:** أحسُبُ مقدارَ سرعةِ زميلي/ زميلتي المتوسِّطةِ باستخدامِ معادلةِ السرعةِ.

4. أكرِّرُ القياسَ، لكنْ على مسافاتٍ أطوَلَ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أقارنُ** بينَ مقدارِ سرعةِ زميلي/ زميلتي في كلِّ الحالاتِ.

2. **أستنتجُ:** هلْ يختلفُ مقدارُ سرعةِ زميلي/ زميلتي معَ اختلافِ المسافةِ المقطوعةِ؟ لماذا؟

عةُ المتَّجهةُ Velocity

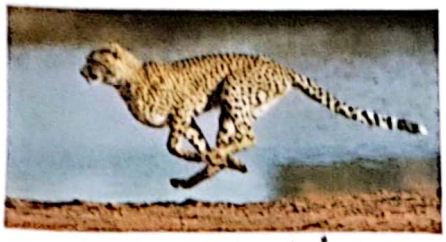
ـعتمدُ كثيرٌ مـنَ الأنشـطةِ فـي حياتِنـا، مثـلِ الملاحـةِ
ـوية، على معرفـةِ الحالـةِ الجويَّـةِ، بمـا فـي ذلـكَ معرفـةُ
ـار سرعةِ الرياحِ واتجاهِهـا؛ لذلكَ تهتمُّ الأرصـادُ الجويّةُ
ـس سرعةِ الريـاحِ وتحديدِ اتجاهِها. فمثـلًا، يمكنُ القولُ:
ـ رياحٌ شـرقيّةٌ سـرعتُها (60 km/h).

ـسمّى السـرعةُ التـي تُحَـدَّدُ بالمقـدارِ والاتجاهِ السـرعةَ
ـتجهةَ (Velocity)، وتحسـبُ بقسـمةِ الإزاحـةُ (Δx) التـي
ـقفُها جسـمٌ علـى المـدةِ الزمنيـةِ (t) اللازمـةِ لقطـعِ تلـك
ـزاحةِ، ويُرمَزُ إليْهـا بالرمزِ (v). ويُعَبَّرُ عنِ السـرعةِ المتّجهةِ
ـاضيًا بالعلاقـةِ الآتيـةِ: $v = \frac{\Delta x}{t}$

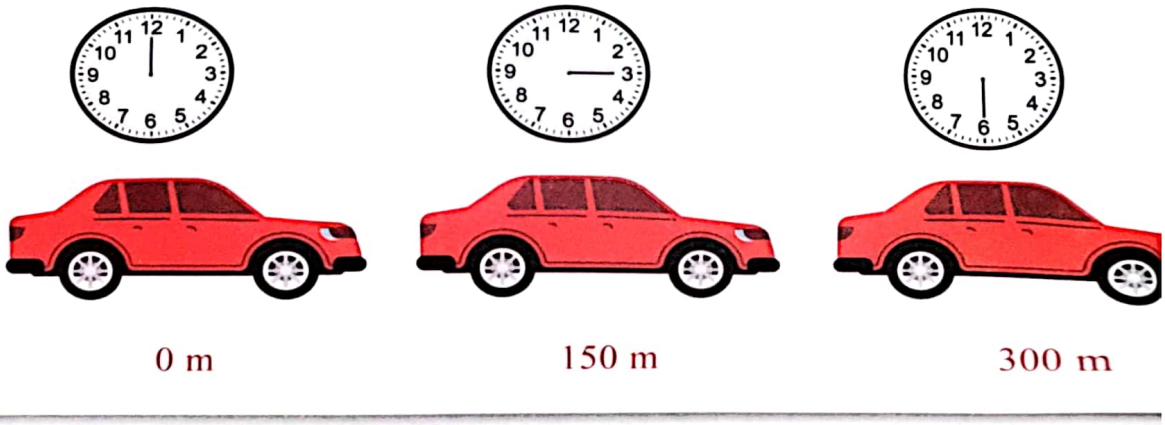
فمثلًا، عندَ ملاحظةِ الشكلِ (4) نجدُ أنَّ السيارةَ تتحرَّكُ في
ـطٍّ مستقيمٍ، حيثُ تقطعُ (150 m) كلَّ (15 s)، أيْ إنَّها تتحرَّكُ
ـرعةٍ ثابتةٍ (10 m/s) باتجاهِ الشرقِ.

ابحث

منْ أسرعِ الحيواناتِ فهدُ الشيتا، ابحثْ عنْ حيواناتٍ أُخرى سرعتُها كبيرةٌ.

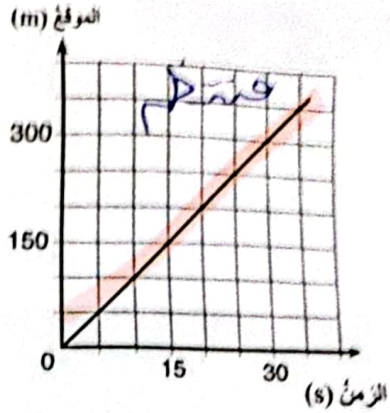


فهدُ الشيتا (100 km/h)



الشكلُ (4): السيّارةُ تتحرَّكُ في خطٍّ مستقيمٍ.

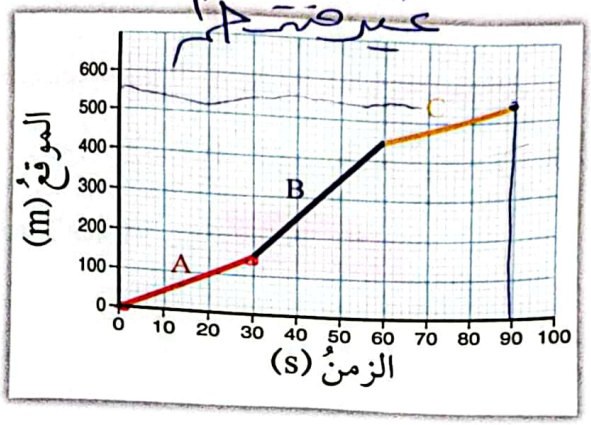
يمكنُ وصفُ حركةِ السيارةِ باستخدامِ المنحنَياتِ البيانيَّةِ، ومعرفةُ إنْ كانتْ حركتُها منتظمةً. فعندما أُمثِّلُ التغيرَ في موقعِ السيارةِ مع الزمنِ أحصلُ على رسمٍ بيانيٍّ يسمّى منحنى (الموقع- الزمن)، ويبينُ الشكل (5) أنَّ الرسمَ البيانيَّ لحركةِ السيارةِ هوَ خطٌّ مستقيم، فأستنتجُ من ذلكَ أنَّ حركةَ السيارةِ في هذهِ الحالةِ حركةٌ منتظمةٌ.



الشكلُ (5): الرسمُ البيانيُّ لحركةِ السيارةِ.

مثالٌ 4

يمثِّلُ الشكلُ منحنى (الموقعِ - الزّمنِ) لرجلٍ يقودُ درّاجتَهُ نحوَ الشمالِ، أصفُ حركةَ الرجلِ.



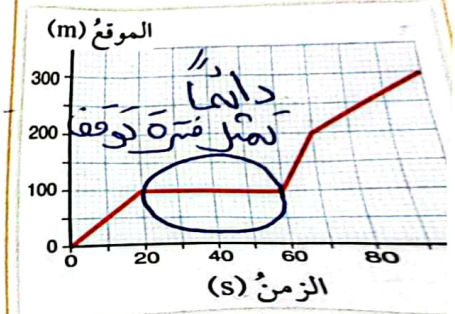
الحلُّ:

أستنتجُ منَ الشّكلِ أنَّ الرجلَ يتحرَّكُ حركةً غيرَ منتظمةٍ؛ إذْ إنَّ حركتَهُ في كلِّ مرحلةٍ استغرقَتْ (30 s)، ولكنْ كانتِ الإزاحةُ المتحقِّقةُ مختلفةً؛ ففي المرحلةِ الأولى (A) كانَ مقدارُ الإزاحةِ (150 m)، وفي المرحلةِ الثانيةِ (B) كانَ مقدارُها 300 m، وفي المرحلةِ الأخيرةِ (C) كانَ مقدارُها (90 m). إذا تأمَّلتُ الرسمَ البيانيَّ سأجِدُ أنَّ الإزاحةَ الكليةَ التي قطعها (540 m) في زمنِ (90 s)، أيْ إنَّ سرعتَه المتوسطةِ (6 m/s).

أتأمَّلُ الشكلَ

أصفُ الحركةَ إذا علمتُ أنَّها لقطَّةٍ تتحرَّكُ.

أُحدِّدُ الزمنَ الذي توقَّفَتْ فيهِ القطَّةُ عنِ الحركةِ.



✓ **أتحقَّقُ:** ما أهمّيَّةُ الرسمِ البيانيِّ لتغيُّرِ موقعِ الجسمِ معَ الزمنِ في وَصْفِ الحركةِ؟

الدرسُ 2

الفكرةُ الرئيسةُ:

تتغيَّرُ الحالةُ الحركيَّةُ لجسمٍ ما بسببِ وجودِ قوَّةٍ مُحَصِّلَةٍ تؤثِّرُ فيهِ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أوضِّحُ أثرَ القوَّةِ في الجسمِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

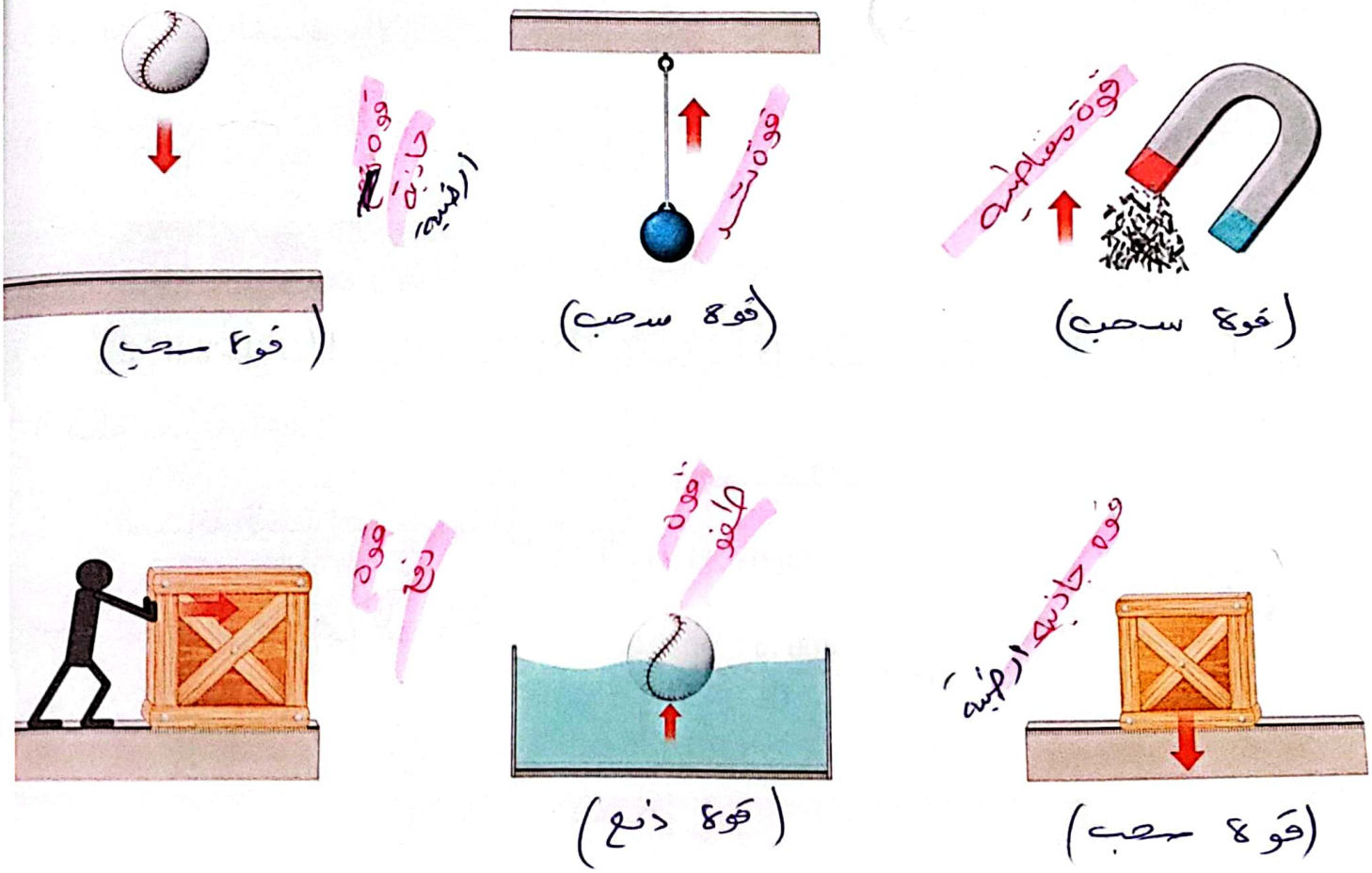
القوَّةُ	Force
القوَّةُ المحصلةُ	Resultant Force
القوى المُتَّزِنَةُ	Balanced Forces
القوى غيرُ المتَّزنةِ	Unbalanced Forces

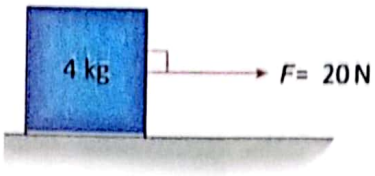
مفهومُ القوَّةِ Force

توصلتُ في الدرسِ السابقِ إلى أنَّ الأجسامَ تُصنَّفُ منْ حيثُ حالتُها الحركيَّةُ إلى أجسامٍ ساكنةٍ وأجسامٍ متحرِّكةٍ. فمثلًا، عندَ فَتْحِ بابِ الصفِّ، فإنَّنا نؤثِّرُ فيهِ بسحبٍ أوْ دفعٍ؛ لذا فإنَّ القوى تؤثِّرُ في البابِ فتُحَرِّكُهُ. يُبيِّنُ الشكلُ (6) مجموعةً منَ القوى تؤثِّرُ في أجسامٍ مختلفةٍ.

تُعرَّفُ القوّةُ (Force) بأنَّها مؤثِّرٌ خارجيٌّ يؤثِّرُ في جسمٍ ما فيُغيِّرُ منْ حالتِهِ الحركيَّةِ، أوْ شكلِهِ، أوِ الاثنينِ معًا.

الشكلُ (6): مجموعةٌ منَ القوى تؤثِّرُ في أجسامٍ مختلفةٍ.





الشكلُ (7): التعبيرُ عنِ القوّةِ.

القوّةُ كمّيّةٌ فيزيائيّةٌ متجهةٌ تُحدَّدُ بمقدارٍ واتجاهٍ، وتُمثَّلُ بقطعةٍ مستقيمةٍ يتناسبُ طولُها معَ مقدارِ القوّةِ، معَ وَضْعِ سهمٍ على إحدى نِهايَتَي القطعةِ المستقيمةِ ليدلَّ على الاتِّجاهِ، كما في الشكلِ (7). يُرمَزُ إلى القوّةِ بالرمزِ (F)، وتُقاسُ في النظامِ الدوليِّ للوحداتِ بوحدةِ نيوتن (N).

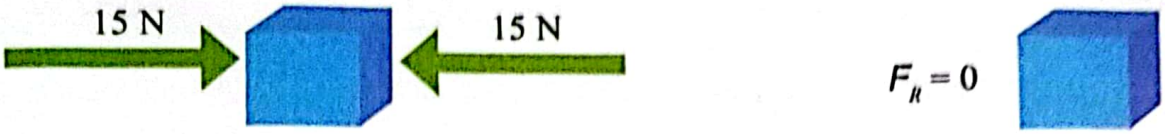
✓ **أتحقَّقُ:** ما وحدةُ قياسِ القوّةِ في النظامِ الدوليِّ للوحداتِ؟

لتوضيحِ تمثيلِ القوّةِ، سأدرسُ الشكلَ (8). فبعدَ أنْ دفعَ الرجلُ العربةَ، رُسِمَ سهمٌ في اتّجاهِ اليسارِ، وبطولٍ محدَّدٍ لتمثيلِ تأثيرِ قوّةِ الدفعِ، ولكنْ عندما أصبحَتِ العربةُ مليئةً بالأغراضِ، فإنَّ الرجلَ يحتاجُ إلى التأثيرِ في العربةِ بقوّةٍ أكبرَ؛ لذا مُثِّلَ تأثيرُ القوّةِ برَسْمِ سهمٍ أطولَ.

الشكلُ (8): مقارنةٌ بينَ مقدارِ قوّتَيْنِ.

قوّةُ المُحَصِّلَةُ Resultant Force

عندما تؤثّرُ مجموعةٌ منَ القُوى في جسمٍ ما في وقتٍ واحدٍ، فإنَّهُ يمكنُ توحيدُها في قوّةٍ واحدةٍ تُسَمّى **القوّةَ المُحَصِّلَةَ** (Resultant Force)، ويكونُ للقوّةِ المحصّلةِ التأثيرُ نفسُهُ الناتجُ منْ عدّةِ قُوًى تؤثّرُ في جسمٍ معًا، وتحدّدُ القوّةُ المحصّلةُ الحالةَ الحركيّةَ للجسمِ.



الشكلُ (9): القوّةُ المحصّلةُ.

حالات القوة المحصلة

يعتمدُ إيجادُ القوّةِ المحصّلةِ على اتّجاهِ القوى المؤثّرةِ في الجسمِ.

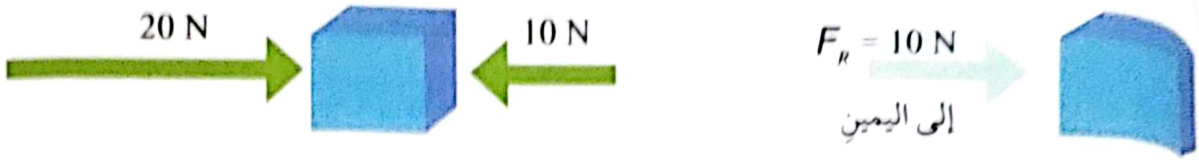
١) إذا أثّرتْ قوّتانِ متساويتانِ في المقدارِ ومتعاكِستانِ في الاتّجاهِ في جسمٍ فإنَّ القوّةَ المحصّلةَ (F_R) تساوي صفرًا، وبذلكَ لا يحدثُ تغيُّرٌ في حالةِ الجسمِ الحركيَّةِ، والشكلُ (9) يوضِّحُ ذلكَ.

٢) أمّا إذا أثّرَتْ هاتانِ القوّتانِ في الجسمِ بالاتّجاهِ نفسِهِ فإنَّ القوّةَ المحصّلةَ (F_R) تساوي مجموعَهُما وبالاتّجاهِ نفسِهِ، والشكلُ (10) يوضِّحُ جسمًا يتحركُ إلى اليمينِ باتجاهِ القوّةِ المحصلةِ لقوّتينِ بالاتجاهِ نفسِهِ.

كان القوة نحو اليمين

الشكلُ(10): القوّةُ المحصّلةُ تساوي مجموعَ قوّتينِ تؤثّرانِ بالاتّجاهِ نفسِه.

CamScanner



الشكلُ (11): القوّةُ المحصّلةُ تساوي الفرقَ بينَ قوّتين تؤثّرانِ باتّجاهينِ متعاكسينِ.

إذا كانتِ القوّتانِ مُتعاكِسَتَيْنِ في الاتّجاهِ وغيرَ مُتساويتَيْنِ في المقدارِ فإنَّ اتّجاهَ القوّةِ المحصّلةِ (F_R) يكونُ في اتّجاهِ القوّةِ الأكبرِ منهُما. أمّا مقدارُ القوّةِ المحصّلةِ فيساوي ناتجَ الفرقِ بينَ كلٍّ منَ القوّتينِ، والشكلُ (11) يوضّحُ جسمًا يتحركُ إلى اتجاهِ القوّةِ المحصلةِ لقوّتينِ متعاكستينِ في الاتجاهِ.

أفكّرُ إذا كانَ أحدُ الأجسامِ ساكنًا، فهلْ يعني ذلكَ عدمَ وجودِ قوى تُؤثّرُ فيهِ؟

المتّزنةُ والقوى غيرُ المُتّزنةِ
Balanced Forces and Unbalanced Forces

في الشكلِ (9) أثّرَتْ قُوَّتانِ متساويتانِ مقدارًا ومتعاكِستانِ في الاتجاهِ، فكانتِ القوّةُ المحصّلةُ مساويةً للصفرِ؛ لأنَّ القوّتينِ تلغي بعضِهِما بعضًا؛ لذلكَ لمْ تُسبِّبْ تغيُّرًا في حالةِ الجسمِ الحركيّةِ، وفي هذهِ الحالةِ توصَفُ القوى بأنّها **قوًى متّزنةٌ (Balanced F**، وتُعرَّفُ بأنَّها مجموعةُ القوى التي تؤثّرُ في جسمٍ ما منْ دونِ أنْ تُحْدِثَ تغيُّرًا في حالتِهِ الحركيّةِ، فإذا كانَ الجسمُ ساكنًا فإنَّه يبقى ساكنًا، وإنْ كانَ متحرِّكًا بسرعةٍ ثابتةٍ في خطٍّ مستقيمٍ فإنَّهُ يظلُّ محافظًا على حالتِهِ الحركيةِ نفسِها.

في الشكلينِ (10) و(11) فإنَّ للقوى المُؤثّرةِ قوّةً محصّلةً لا يساوي صفرًا. ولهذا إذا لمْ تُلْغِ هذهِ القوى أثرَ بعضِها، تُسمّى **قوًى غيرَ متّزنةٍ (Unbalanced Forces)**.

تحقّقُ: ما مقدارُ القوّةِ المحصّلةِ للقوى المتّزنةِ؟

قوانينُ نيوتن في الحركة
Newton's Laws of Motion

الدرسُ 3

الفكرةُ الرئيسةُ:
تصفُ قوانينُ نيوتن في الحركةِ العلاقةَ بينَ القوّةِ والحركةِ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أُبيِّنُ أثَرَ القوّةِ في الحركةِ.
- أوضِّحُ تفاعلَ جسمينِ يصطدِمانِ ببعضِهما.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الفِعْلُ	Action
ردُّ الفِعْلِ	Reaction

قوانينُ نيوتن Newton's Laws

أسهمَ العالِمُ إسحاق نيوتن في كثيرٍ منَ الاكتشافاتِ العلميّةِ، وتكريمًا له سُمِّيَتْ وحدةُ قياسِ القوّةِ باسمِهِ. منْ أهمِّ إسهاماتِهِ توضيحُ العلاقةِ بينَ الحركةِ والقوّةِ، فقدْ وضعَ قوانينَ الحركةِ الثلاثَ التي تُبيِّنُ كيفَ تتأثَّرُ حركةُ الأجسامِ بالقوى المؤثِّرةِ فيها.

القانونُ الأوّلُ لنيوتن في الحركةِ
Newton's First Law of Motion

نصَّ نيوتن في قانونِهِ الأوّلِ في الحركةِ على "أنَّ الجسمَ الساكنَ يبقى ساكنًا، وأنَّ الجسمَ المتحرِّكَ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا واتجاهًا سيستمرُّ في حركتِهِ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا واتجاهًا ما (لمْ تؤثِّرْ فيهِ قوًى غيرُ متّزنةٍ.)

* أستنتجُ منْ هذا القانونِ أنَّهُ إذا كانتِ القوّةُ المحصّلةُ المؤثِّرةُ في جسمٍ تساوي صفرًا فإنَّهُ توجدُ حالتانِ: إمّا أنْ يكونَ الجسمُ ساكنًا، وإمّا أنْ يكونَ متحرِّكًا بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا واتّجاهًا.

* (فالأجسامُ الساكنةُ تبقى ساكنةً. فمثلًا، إذا أردْنا أنْ نصفَ الحالةَ الحركيّةَ لكرةٍ موضوعةٍ على أرضيّةِ الملعبِ فإنّنا نقولُ إنَّ الكرةَ ساكنةٌ، وهيَ لنْ تبدأَ بالحركةِ ما لمْ تؤثِّرْ فيها قوّةٌ محصلةٌ. فإذا دفعَها اللّاعبُ فإنّها تتحرَّكُ، ألاحظُ الشكلَ (12).

الشكلُ (12): الحالةُ الحركيّةُ للكرةِ.

أمّا الأجسامُ المتحرِّكةُ فإنَّها تظلُّ متحرِّكةً بسرعةٍ ثابتةٍ
مقدارًا واتجاهًا، أيِّ تغيُّرٍ يحدُثُ على هذهِ الأجسامِ منْ
ادةٍ في مقدارِ السرعةِ، أوْ نُقصانِهِ، أوْ تَغَيُّرٍ في اتجاهِها،
كونُ بتأثيرِ قوّةٍ خارجيّةٍ تؤثِّرُ في هذهِ الأجسامِ.

إذا تخيَّلْتُ نفسي في الفضاءِ الخارجيِّ، ورَمَيْتُ جسمًا،
هذا الجسمَ سوفَ يتحرَّكُ إلى الأبدِ بالسرعةِ نفسِها التي
يْتُهُ بها وبالاتِّجاهِ نفسِه. أمّا على سطحِ الأرضِ فتميلُ
جسامُ عادةً إلى التوقُّفِ، ولا تظلُّ مُتحرِّكةً بالسرعةِ والاتّجاهِ
يْهما لوجودِ قوّةِ الاحتكاكِ التي تُعَدُّ القوّةَ الخارجيَّةَ التي
في الأجسامِ، وتؤدّي إلى توَقُّفِها أوْ تَغييرِ اتجاهِ حركتِها.

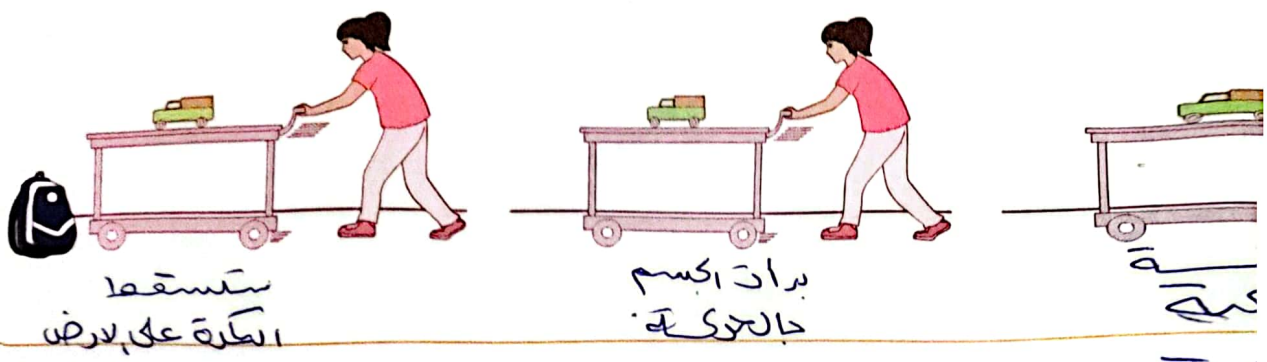
إذا دُفِعَتْ كرةٌ على سطحِ الأرضِ فإنَّها ستتَدَحْرَجُ،
مُدَّةٍ تتوقَّفُ. ووفقًا للقانونِ الأوّلِ لنيوتن فلا بدَّ منْ
قوّةٍ إضافيةٍ أثَّرَتْ في الكرةِ، وأدَّتْ إلى توقُّفِها عنِ
ةِ، وهذهِ القوّةُ هيَ الاحتكاكُ؛ لذا ينبغي دَفْعُ الكرةِ
اتجاهِ حركتِها للحفاظِ على حالتِها الحركيةِ.

ربط العلوم بالحياة

عندما تتحرّكُ سيّارةٌ نحوَ الأمامِ فإنَّ الرّكابَ داخلَها يتحرّكونَ معَها بالسرعةِ نفسِها. فإذا توقَّفتِ السيّارةُ فجأةً فإنَّ حركةَ الرّكابِ ستظلُّ مستمرّةً، وهذا ما يفسِّرُ سببَ اندفاعِ أجسامِنا إلى الأمامِ في اللحظةِ التي يضغَطُ فيها السائقُ فيها على مكابحِ السيّارةِ. ولحمايةِ الركابِ منَ الاندفاعِ المفاجئِ الذي يكونُ مؤذيًا في معظمِ الأحيانِ؛ فإنَّ إدارةَ السَّيْرِ فرضَتْ قانونَ استخدامِ حزامِ الأمانِ؛ لأنَّهُ يمنعُ اندفاعَ جسمِ السائقِ أوِ الراكبِ إلى الأمامِ.

أتأمّلُ الشكلَ

خ ما سيحدُثُ للسيّارةِ بناءً على تتابُعِ الأحداثِ في الشكلِ.



ستسقط الكرة على الارض بسبب استمرارها في حالتها السابقة

براد الجسم حالة حركة

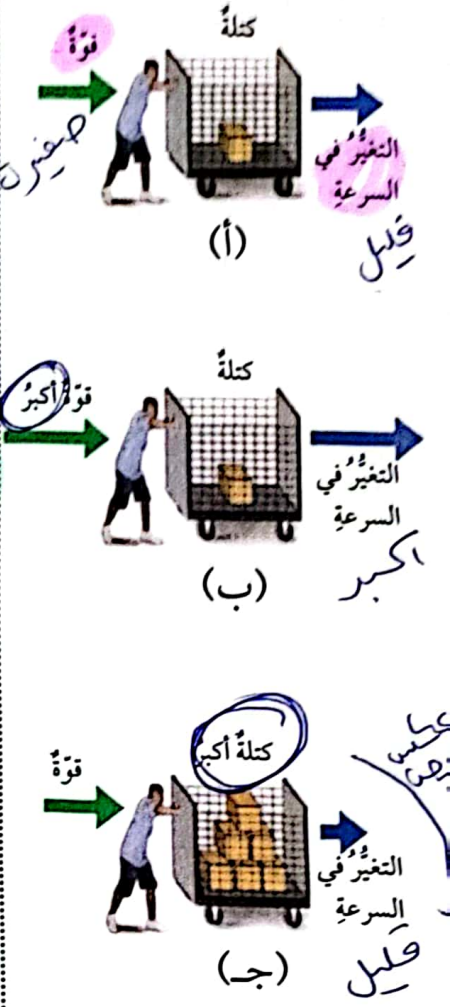
القانونُ الثاني لنيوتن في الحركةِ

Newton's Second Law of Motion

إنَّ التغيُّرَ في حالةِ الجسمِ الحركيّةِ لا يحدُثُ إلّا إذا أثّرَتْ في الجسمِ قوّةٌ محصّلةٌ وَفْقَ القانونِ الأوّلِ لنيوتن في الحركةِ. أمّا قانونُهُ الثاني فيُوضِّحُ كيفَ تعملُ القوّةُ المحصّلةُ على تغييرِ حالةِ الجسمِ الحركيّةِ، ألاحظُ الشكلينِ (13/أ) و (13/ب) اللَّذيْنِ يُبيِّنانِ أنَّ القوّةَ المحصّلةَ المؤثّرةَ في جسمٍ عندَما تكونُ أكبرَ فإنَّ مقدارَ التغيُّرِ في السرعةِ يكونُ أكبرَ في المدّةِ الزمنيّةِ نفسِها.

أمّا إذا أثّرتْ قوّةُ المحصّلةُ نفسُها في كتلتيْنِ مختلفتينِ، فإنَّها ستُسَبِّبُ تغيُّرًا أكبرَ في مقدارِ سرعةِ أقلِّهما كتلةً، ألاحظُ الشكلينِ (13/أ) و (13/جـ).

بناءً على ما سبق، يتبيَّنُ أنَّ مقدارَ التغيُّرِ في سرعةِ أيِّ جسمٍ يعتمدُ على كتلتِهِ، وعلى مقدارِ القوّةِ المحصّلةِ المؤثّرةِ فيهِ.



الشكلُ (13): العواملُ المؤثّرةُ في مقدارِ تغيُّرِ سرعةِ الجسمِ.

✓ **أتحقَّقُ**: ماذا يحدثُ لسرعةِ جسمٍ ما عندَ زيادةِ مقدارِ القوّةِ المحصّلةِ المُؤثّرةِ فيهِ باتجاهِ سرعتِهِ؟

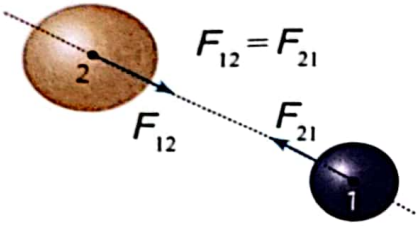
قانونُ نيوتن الثالثُ لنيوتن في الحركةِ

Newton's Third Law of Motion

القانونُ الثالثُ لنيوتن في الحركةِ على أنَّهُ لكلِّ فعلٍ مساوٍ لهُ في المقدارِ ومعاكسٌ له في الاتِّجاهِ.

مِنَ الظواهرِ في حياتِنا يمكنُ تفسيرُها عنْ طريقِ هذا؛ فإذا جلستُ على عربةٍ، ثمَّ دفعْتُ بقدَمَيَّ جدارًا، فماذا حدثَ؟ سألاحظُ أنَّني سأرتدُّ إلى الخلفِ؛ لأنَّ الجدارَ أثَّرَ بقوَّةٍ مساويةٍ لقوَّةِ الدَّفْعِ التي أثَّرْتُ بها في الجدارِ، ألاحظُ الزمنيَّةِ تلَ (14).

الشكلُ (14): رجلٌ يدفعُ الجدارَ وهوَ جالسٌ على عربةٍ مُتحرِّكةٍ.



الشكلُ (15): القوى في الطبيعةِ دائمًا على شكلِ أزواجٍ.

وضَّحَ نيوتن في القانونِ الثالثِ طبيعةَ القوى التي تؤثِّرُ في جسمينِ، أجسامٍ؛ فإذا أثَّرَ الجسمُ الأوَّلُ (m_1) في الجسمِ الثاني بقوَّةٍ (F_{12}) فإنَّ الجسمَ الثاني (m_2) سيؤثِّرُ بقوَّةٍ (F_{21}) في الجسمِ الأوَّلِ، وتكونُ هاتانِ القوَّتانِ متساويَتَيْنِ في المقدارِ ومتعاكسَتَيْنِ في الاتِّجاهِ. وألاحظُ في الشكلِ (15) أنَّ القوَّتَيْنِ تقعانِ على خطٍّ واحدٍ وتؤثِّرانِ في جسمَيْنِ مختلفَيْنِ. تُسمّى إحدى هاتينِ القوَّتينِ **الفِعْلَ** (Action)، وتُسمّى القوَّةُ الأُخرى **ردَّ الفِعْلِ** (Reaction)؛ لذلكَ يُسمّى هذا القانونُ قانونَ الفِعْلِ ورَدِّ الفِعْلِ.

وهذا يعني أنَّهُ لا توجدُ قوًى مفردةٌ في الطبيعةِ.

أتحقَّقُ: كرةٌ تُؤثِّرُ في جدارٍ بقوَّةٍ N (10) نحوَ الشرقِ حينَ تصطدِمُ بهِ، ما المقدارُ والاتِّجاهُ لقوَّةِ ردِّ فعلِ الجدارِ في الكرةِ؟

أتأمَّلُ الشكلَ

يظهرُ في الشكلِ الآتي جزءٌ منْ مبنًى يتكوَّنُ منْ طابقَيْنِ، أُحدِّدُ قوَّتَيِ الفعلِ ورَدِّ الفعلِ في الأماكنِ المُشارِ إليها في الدائرةِ الصفراءِ.