يوسي أوسترايخر • رونيت بيرتس • نحميا زرحوفيتس

التفكير في الحركة

رحلة تعليميّة بين الأفكار العلميّة
ومفاهيم السلوك الآمن في الطريق

وزارة التربية والتعليم
قسم التفتيش على تدريس العلوم
والتكنولوجيا للجميع

إدارة قسم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات
قسم التكنولوجيا

وزارة التربية والتعليم
الإدارة التربويّة
قسم زهاف،
سهولة الوصول ونمط حياة آمن

السكرتارية التربويّة
قسم العلوم

التخنيون
كلية التربية للعلوم والتكنولوجيا

رحلة تعليميّة بين الأفكار العلميّة
ومفاهيم السلوك الآمن في الطريق

تربية على السلوك الآمن مع التركيز على مضامين وأفكار علميّة فيزيائيّة
كأساس لفهم مبادئ الأمان على الطريق

تمّ تأليف الكتاب بروح التوجّه التربويّ الّذي اعتمده العالِم المربّي المرحوم، يئير شولمان.
حسب هذا التوجّه يجدر تعلّم الفيزياء من خلال ظواهر الحياة اليومية.
هكذا يكون من شأن علوم الفيزياء أن تصبح ذات أهميّة بالنسبة للمتعلّمين وأن تشكّل أساسًا لنمط حياة متوازن.

طاقم المؤلفين:
يوسي أوسترايخر
رونيت بيرتس
نحميا زرحوفيتس

طاقم التوجيه:
البروفيسورة نيتسا موفشوفيتس-هدار - رئيسة الطاقم
الدكتورة ميخال نحشون - المفتّش المركّز في "موطاف" / علوم وتكنولوجيا للجميع
البروفيسور المرحوم يورام زفيرين - مستشار علميّ
البروفيسور شالوم هكرت - مستشار علميّ
البروفيسور يجآل تلمي
الدكتورة حانا تلمي
الدكتورة راحل روتيم - قسم الحذر والأمان على الطرق، وزارة التربية والتعليم
ماكس أفيرام- قسم الحذر والأمان على الطرق، وزارة التربية والتعليم
عوفر شاي

المراجعة اللغويّة بالعبريّة: ياعيل لافي
الترجمة للغة العربيّة: أسماء اغبارية زحالقة

التصميم الجرافيكي: "نيتسان-شمير معاتسفيم"
الرسومات: "نيتسان-شمير معاتسفيم"، ميرال جولدنبرغ
الصور: Shutterstock، ويكيبديا، flickr، هآرتس

المراجعة العلميّة: الدكتور دان لينك
المراجعة العلميّة للصيغة العربيّة: الدكتور فضيل جبران

نتقدم بالشكر لكلّ من:
البروفيسور نيتسا موفشوفيتس-هدار على المبادرة للمشروع وتحريكه وقيادته
عائلة شولمان-شاي،
ماكس، إيلين براندا وآدم فريدمان، تورونتو، كندا - على مساهمتهم المهمّة لتحقيق فكرة البرنامج

الطاقم التدريسيّ في المرحلة التجريبيّة:
نافا رون، جيزيل بنان، كاميليا سعدة، ميخال شفارتسزون، لوطيم إلياهو

كلّ الحقوق محفوظة لوزارة التربية والتعليم
فعلنا كلّ ما بوسعنا لإيجاد كلّ أصحاب الحقوق وذكرهم.
نعتذر مسبقا عن أيّ حذف أو خطأ، وفي حال أُعلمنا به، سنصحّح الأمر في الطبعة التالية.

يُمنع نسخ، طباعة، تصوير، ترجمة، تخزين في مخزون معلومات، أو استقبال بأيّ طريقة أو وسيلة إلكترونيّة، بصريّة، ميكانيكيّة أو غيرها - أي جزء من المادّة الّتي يتضمّنها هذا الكتاب. الاستعمال التجاريّ من أي نوع كان للمادّة الّتي يحتويها هذا الكتاب ممنوع بتاتا إلّا بتصريح خطيّ واضح من وزارة التربية والتعليم.

المعلّمون والطلاب الأعزّاء،

تتناول الوحدة التعليميّة "التفكير في الحركة" موضوعات القوى، الحركة والطاقة، وتناقش الأفكار العلميّة المتعلّقة بهذه المواضيع في سياق الأمان على الطرق.

تشتمل مضامين الوحدة التعليميّة هذه على مواضيع في مجالات مرتبطة ببعضها البعض هي الأمان على الطرق والفيزياء والتكنولوجيا، ومن ذلك مثلا: العوامل المسبِّبة للخطر في الحيّز المروريّ، تجارب الحركة، القوى والحركة، الطاقة في الحيّز المروريّ، زمن ردّ الفعل البشريّ، التصادمات وتكنولوجيا الأمان في الحيّز المروريّ. سنفهم خلال الدراسة ما هي العلاقة والتأثيرات المتبادلة بين العوامل الثلاثة التالية: الإنسان، المركَبات والبُنية التحتيّة، والّتي تشكّل جزءًا لا يتجزأ من الحيّز المروريّ وتؤثّر عليه وعلى ما يحدث فيه، وبواسطة هذه المعرفة سنتمكّن من تحليل الحالات المختلفة، مسبِّباتها، نتائجها المحتملة، وبالأساس سلوك العامل البشري وتأثيره.

تتميّز هذه الوحدة التعليمية بأنها تربّي الطلاب على السلوك الآمن الذي من شأنه تقليل المخاطر في الحيّز المروريّ، اعتمادًا على المعرفة العلميّة باعتبارها أساسًا لفهم مبادئ الأمان.

بناءً على ذلك حدّدنا أهداف الوحدة التعليمية التالية:

- إكساب الطلاب أفكارًا علميّة في مواضيع القوى والحركة والطاقة، وِفق المنهاج التعليميّ.
- فهم مبادئ الأمان على الطرق اشتقاقًا من الأفكار العلميّة.
- التربية على خلق أنماط السلوك الآمن.

الأفكار العلمية التي تشملها هذه الوحدة التعليمية هي:

- القوى الّتي تؤثّر بها جسمان على بعضهما البعض تكون متساوية بالمقدار ومتعاكسة في الاتجاه.
- القوة الّتي تؤثّر على جسم تغيّر حركته.
- في الطبيعة أنواع مختلفة من الطاقة. تنتقل الطاقة باستمرار من جسم لآخر، وتتحوّل من نوع إلى آخر.
- يتمّ حفظ كمّيّة الطاقة الكليّة في منظومة معزولة (قانون حفظ الطاقة).

تشتمل هذه الأفكار على مبادئ فيزيائيّة مهمّة يتسنّى فهمها تدريجيًّا على امتداد الوحدة التعليمية.

تشمل الوحدة التعليمية أربعة فصول:

أ. الحيّز المروريّ - يتناول التعرّف إلى مركّبات الحيّز المروريّ وخصوصيّاته.

ب. القوى والحركة في الحيّز المروريّ - يتناول الأفكار العلميّة في موضوع القوى والحركة: ما هي الحركة، التأثيرات المتبادلة، ما هي القوى، العلاقة بين القوى والحركة، التصادمات كتأثيرات متبادلة تؤثر فيها قوى مختلفة، وتطبيق المبادئ على ما يحدث في الحيّز المروريّ.

ج. الطاقة والتصادمات في الحيّز المروريّ - يتناول الأفكار العلميّة في موضوع الطاقة: ما هي الطاقة، أنواع الطاقة، تحوّلات الطاقة وانتقال الطاقة، التصادمات كعمليّة تحوّل للطاقة وما يحدث لجسم الإنسان في التصادمات.

د. الإنسان في الحيّز المروريّ - يتناول سلوك العامل البشري وتأثير في الحيّز المروريّ. مبادئ السلوك الآمن، تطبيق الأفكار العلميّة ومفاهيم الأمان من خلال تحليل الحوادث الّتي تحدُث في الحيّز المروريّ، استخلاص العبر وانعكاساتها على المستقبل - كيف يمكن التصرف بشكل مغاير لتجنب وقوع حوادث وخيمة العواقب.

وفق التوجّه التربويّ المتّبع في تعليم العلوم والتكنولوجيا في المجتمع "موطاف" والعلوم والتكنولوجيا للجميع، أُدرجت في الوحدة التعليميّة وسائل تعليميّة تقييميّة مختلفة، تعزّز تطوير مهارات التفكير والتعلّم المستقلّ والتعاونيّ. وقد أُدمجت في مراحل التعليم وسائل تقييم متنوّعة، مثل: تقارير علميّة، تحليل حوادث، محاكاة، أفلام وأفلام قصيرة، رسومات، رسوم بيانيّة، صور وغيرها. كما يدمج تعليم مضامين الوحدة التعليميّة تدريبا على مهارات تفكير علميّة تكنولوجيّة، مثل: تحليل المعلومات

في الرسوم البيانيّة، المقارنة- إيجاد نقاط التشابه والاختلاف، صياغة حجاج واتخاذ قرارات في سياق مواضيع التعليم.
كما تمّ إدماج تمارين محاكاة محوسبة طُوّرت خصّيصًا لتعليم مواضيع هذه الوحدة التعليميّة. بواسطتها، سيمارس الطلاب حركات ليّنة تمّ إعدادها على شكل رموز على الشاشة، وهي تمثّل عمليّات ذهنيّة. التجربة الحسيّة المرئيّة لدى الطلاب في عمليّة البحث العفويّة، تصوغ لديهم المفاهيم المتعلّقة بالأفكار العلميّة في الحيّز المروريّ.
تمرينات المحاكاة المدمجة في هذه الوحدة التعليميّة هي:
التجاوز - لتعليم موضوع السرعة والسرعة النسبيّة.
التصادمات - لتعليم وممارسة مواضيع القوى والحركة والطاقة.
الفرملة - تأثير العوامل الفيزيائيّة المختلفة على زمن ردّ الفعل، مسافة الفرملة ومسافة التوقّف، الحركة في المنعطف والاستقرار.

نتمنّى لكم تعلّمًا مثمرًا وممتعًا!

طاقم التطوير

يوسي، رونيت ونحميا

فهرس المحتويات

الفصل الأول – الحيّز المروريّ 11

ما هو الحيّز المروريّ؟ 14

شبكة الطرق 21

العامل البشريّ في الحيّز المروريّ 27

الفصل الثاني – القوى والحركة في الحيّز المروريّ 35

العالم متحرّك 36

ما هي الحركة؟ 37

السرعة في الحيّز المروريّ 38

كلّ شيء نسبيّ 44

تمثيل الحركة بيانيًّا 46

التأثيرات المتبادلة والقوى 51

التأثيرات المتبادلة في حوادث سير بين عدّة مَرْكَبات 58

التأثيرات المتبادلة التواصلية في الحيّز المروريّ 59

التأثيرات المتبادلة الاجتماعيّة في الحيّز المروريّ 62

القوى والحركة 64

التسارع – عالم التغييرات 77

الفرملة – حركة في تسارع 81

العامل البشريّ في عمليّة الفرملة والتوقّف 84

الحركة الدائريّة 91

الانعطاف في الحيّز المروريّ 97

الثبات 105

القوى في المنعطف، الثبات والانقلاب 111

أنظمة تكنولوجية لحفظ الثبات 115

الفصل الثالث – الطاقة والتصادمات في الحيّز المروريّ 117

ما هي الطاقة؟ 118

الطاقة الكامنة 120

طاقة الحركة 121

تحوّلات الطاقة 123

قانون حفظ الطاقة 125

الطاقة في الحيّز المروريّ 126

التصادمات في الحيّز المروريّ 131

ماذا يحدث لجسم الإنسان أثناء التصادم؟ 139

أجهزة الأمان 148

الفصل الرابع – درهم وقاية خير من قنطار علاج – الإنسان في الحيّز المروريّ 151

الإنسان في الحيّز المروريّ 152

المبادئ الأساسيّة للسلوك الآمن 166

قوانين الطريق 170

المراجع 176

تفسير الرموز في الوحدة التعليميّة

يشتمل كلّ فصل في الوحدة التعليميّة على المضامين والأفكار العلميّة المتعلّقة بموضوع النقاش، كما يتضمّن وسائل بصرية توضح المصطلحات والمبادئ الّتي يتمّ تدريسها.

المواضيع التعليميّة مرفقة بمهمّات تعزّز الدراسة على مستويات تفكير مختلفة: إكساب المعلومات، الفهم والتطبيق ثمّ تظهر تدريجيًّا مهمّات تتطلّب مستوى تفكير أعلى. الهدف من هذه المهمّات هو تشجيع النقاش وإدارته على مستوى عالٍ داخل الصفّ. تمكّن الأسئلة والمهمّات الطلابَ من صياغة معلوماتهم لأنفسهم بأنفسهم، وتشكّل أساسًا لتعميق فهمهم للمواضيع المختلفة والتمرّن عليها، سواء خلال الدرس أو بعده.

مفتاح لتفسير مكوّنات الوحدة التعليميّة والفعّاليّات الواردة ضمن فصولها المختلفة:

الأسئلة

أسئلة للعمل الذاتيّ للطالب. هي أسئلة متنوّعة ومتدرّجة من ناحية مستوى صعوبتها. وهي تستخدم كمهمّات لفحص الفهم، وتؤدي لتعميق الفهم وبناء أسس للعلوم الجديدة الّتي اكتسبها الطالب.
الأسئلة متنوعّة منها أسئلة معلومات وفهم، تكون الإجابة عنها في داخل النص، وتثير الفكر والمنطق على أساس ما ورد في القطعة؛ وأسئلة مركّبة تشمل تطبيق المبادئ الّتي يتمّ تدريسها، تحليل حالات وحوادث، استخلاص الاستنتاجات والعبر واتخاذ القرارات. وتساهم هذه الأسئلة في تعزيز عمليّة الدراسة وتوجّه الطالب نحو ممارسة مهارات مختلفة مثل تحليل معلومات معروضة بطرق مختلفة، مقارنة، صياغة حجاج، حلّ مشاكل، وغيرها.

أسئلة للتفكير

الأسئلة المثيرة للتفكير تخوض في عمق الموضوع الّذي يتمّ تدريسه في الفصل، وتربط بين مضمون الدرس وبين المعلومات السابقة (المصطلحات والأفكار العلميّة) الّتي تمّ تعلّمها في الوحدة التعليميّة، أو أنها تكون عبارة عن أسئلة مسبقة تهدف لإثارة الفكر بالنسبة للمواضيع الّتي سيتمّ تعليمها لاحقا.

أسئلة للنقاش

هي الأسئلة الموجّهة للطلاب للنقاش في الصف، سواء أمام جميع الطلاب أو في مجموعات. تهدف المضامين والفعّاليّات الّتي ستُطرَح للعمل في الصفّ إلى تشجيع الطلاب على طرح الأسئلة والبحث عن حلول ممكنة لها. في بعض الأسئلة لا تكون هناك إجابة واحدة، وتكون بحاجة إلى تفسير أو تعليل من الطالب. هذه الأسئلة موجَّهة نحو تطوير التفكير النقديّ.

مهمّة شخصيّة

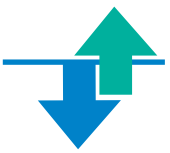
تدمج المهمّة الشخصيّة الملقاة على كلّ طالب بين فعّاليّات معتمدة على الصور، رسوم إيضاحيّة، تقارير علميّة، تحقيقات في الحوادث، إعلانات وما شابه ذلك. تتيح هذه المهمّات خلق سياق يربط بين المواضيع الّتي يتمّ تدريسها من خلال التأكيد على أهميتها بالنسبة لممارساتنا في الحياة اليوميّة.

مهمّة جماعيّة

هي المهمّة التعليميّة الّتي تتمّ داخل مجموعة مكوّنة من 2-4 طلاب حسب طريقة التعلّم التعاونيّ. تستدعي المهمّات الجماعيّة تعلّمًا فعّالاً، تُحرّك الطلاب وتمكّن كلّ واحد منهم من التعبير عن نفسه والمشاركة بمعلوماته وإظهار قدراته. تشجّع هذه المهمّات الحوار المنطقيّ وتحليل المعلومات في إطار مجموعة اجتماعيّة وتتيح صياغة المعلومات الّتي تتمّ دراستها بشكل جماعيّ.

الفكرة العلميّة

غالبا ما تكون الأفكار العلميّة عبارة عن تعميم لظواهر أو أفكار نظريّة يمكنها تفسير ظواهر مختلفة. يتمّ تدريس المضامين المتعلّقة بالأفكار العلميّة الرئيسة في مواضيع القوى، الحركة والطاقة والّتي يتمّ فهمها تدريجيًّا على امتداد الوحدة التعليميّة. يرافق الدراسة التعرّف إلى مختلف الظواهر والأحداث الّتي تعبّر عنها الفكرة العلميّة. في ختام عمليّة بناء المعرفة، تُصاغ الفكرة العلميّة الّتي تتمّ دراستها بشكل واضح كما يتمّ التأكيد عليها من خلال إبرازها داخل إطار.



من الفهم إلى المصطلحات

أحد أهداف الوحدة العلميّة هو التربية على السلوك الآمن على الطرق وتطوير أنماط ملائمة فيما يتعلّق بالظواهر والأوضاع المختلفة في الحيّز المروريّ.

توجد في الوحدة التعليميّة قطع تحت عنوان "من الفهم إلى المفاهيم"، الهدف منها هو توسيع "فهم" الطالب وتثبيت هذا الفهم من خلال الشرح واستخلاص العبر بالنسبة للظواهر والأوضاع المختلفة في الحيّز المروريّ، وتحفيز العمل الّذي يقود إلى "مفاهيم" جديدة ويتجلّى في تغيير نظرة الطالب للموضوع الّذي يتعلّمه.

البيئة التعليميّة

تمّ تطوير البيئة التعليميّة خصّيصًا لترافق هذه الوحدة التعليميّة، وهي تهدف إلى تعزيز الدراسة النوعيّة من خلال التجربة ومعايشة الحالة. البيئة التعليميّة هي افتراضية، ثلاثية الأبعاد، وتشمل خمسة تمرينات محاكاة محَوْسبة – تمرين على التجاوز، التصادمات، الفرملة، الانعطاف والثبات – وهدفها إتاحة المجال لمعايشة التجربة بشكل يساعد في تكوين أحاسيس ومفاهيم حول الأفكار العلميّة والمسائل المتعلّقة بالحيّز المروريّ. تمرينات المحاكاة متوفّرة على الإنترنت في "الكتالوج التربويّ" الخاص بوزارة التربية والتعليم وعنوانه:
http://ecat.education.gov.il . كما يمكن العثور عليه بالتفتيش البسيط عبر Google – من خلال كتابة "محاكاة للوحدة التعليميّة "التفكير في الحركة"" وسيقود التفتيش مباشرةً لتمرينات المحاكاة الواردة في الكتالوج التربويّ. اختاروا إمكانية "دخول" الّتي تظهر في الجانب الأيسر، واضغطوا عليها. في هذه المرحلة سيتمّ تركيب برنامج unity. تستغرق عمليّة التركيب بضع ثوان، وفي ختامها ستُفتح البيئة التعليميّة. انتبهوا! تمارين المحاكاة يمكن تفعيلها فقط من خلال برنامج الإنترنت Internet Explorer. بعد دخول البيئة التعليميّة واختيار موضوع الدرس، يجب العمل حسب التوجيهات في تمارين المحاكاة المختلفة.

الفصل الأول

التعرّف إلى الحيّز المروريّ

مقدّمة

يعتمد الناس في المجتمع الغربيّ على المَرْكَبات بدرجة كبيرة للتنقل من مكان لآخر. تتواجد في كلّ لحظة نسبة هائلة من البشر داخل مَرْكَبات ميكانيكيّة، ويأمل كلّ من يخرج من بيته في الصباح أن يعود إليه سالمًا. صحيح أنّ الأغلبيّة تعود بسلام، ولكن في كلّ سنة هناك حوالي 1،200،000 إنسان في العالم، لا يعودون لبيوتهم سالمين. البيئة المحيطة الّتي تتمّ فيها حركة الناس والمَرْكَبات، تسمّى "الحيّز المروريّ".

مهمّة – التعرّف إلى الحيّز المروريّ

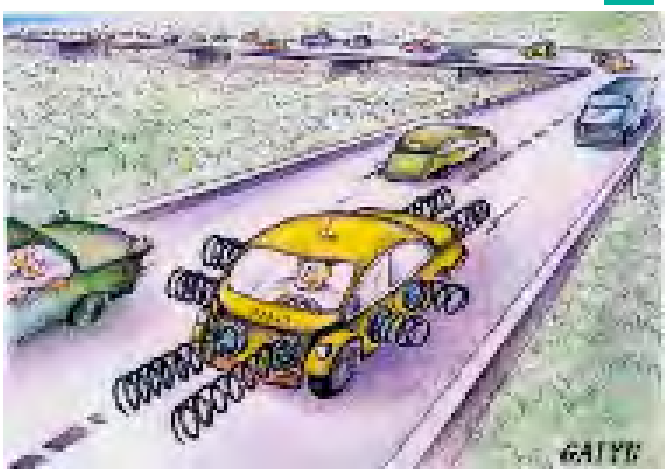
الرسوم الكاريكاتيريّة المعروضة أمامكم هي من إنتاج فنّانين من كلّ أنحاء العالم، وقد عُرضت في حيفا ضمن مَعرضٍ دوليّ موضوعه "الحيّز المروريّ". وقد قام كلّ فنّان بوصف الحيّز المروريّ ورسمه كما يراه من وجهة نظره.

تأمّلوا الرسوم الكاريكاتيرية التالية:

1

زيداروف ويسلن، بلغاريه

2



جاي يو، الصين

3

حولي شانسيز اوادو، إسبانيا

4

ميروستمنوبيتش، صربيا ومنتغيرو

5

اواونج شحن شايا، الصين

6

الكسندر دسكلوفيتش، صربيا ومنتغيرو

7

روبرتو منغوزي، إيطاليا

8

لوك ورمرش، بلغاريا

1. ما هي الحالات الّتي يصفها الفنّان في الصور؟
2. اختر رسمًا كاريكاتيريًا واحدًا يثير لديك أفكارًا متعلّقة بموضوع الحيّز المروريّ. صف أفكارك هذه واشرح لماذا اخترت هذا الرسم بالذات.
3. للحيّز المروريّ مكوِّنات ذات مميّزات مختلفة ويشهد تغييرات مستمرة.
   أ. ما هي مكوِّنات الحيّز المروريّ الّتي شخّصتموها في الرسوم الكاريكاتيريّة؟
   ب. حسب هذه الرسوم ما الّذي يميّز الحيّز المروريّ؟

ما هو الحيّز المروريّ؟

الحيّز المروريّ هو مجال واحد من مجالات حياتنا، يتحرّك داخله سائقون، مسافرون في مَرْكَبة، مشاة، راكبو درّاجات هوائية وغيرهم. يضم الحيّز المروريّ وسائل نقل مختلفة، مَرْكَبات، شوارع، وسائل أمان مختلفة، مباني ثابتة وغيرها، وتسري عليه قوانين المرور الّتي وُضعت حفظا لسلامة الناس وتسهيل تكيّفهم مع الحيّز العام. الحيّز المروريّ ديناميكيّ، معقّد ومتغيّر باستمرار وينطوي على أخطار ومفاجآت.

هناك ثلاث مميّزات أساسيّة للحيّز المروريّ:

الحركة الدائمة

يتميّز الحيّز المروريّ بالحركة على تنوّع كثافتها واتّجاهاتها وتقاطع مساراتها، وكذلك بتنوّع الناس والمرْكَبات الّتي تتحرّك داخله بسرعات مختلفة.

الاختلاف

الحيّز المروريّ هو حلبة يلتقي داخلها أشخاص يختلفون عن بعضهم البعض في معارفهم ومهاراتهم، مواقفهم وقيمهم، أحاسيسهم وطموحاتهم وكذلك في قدراتهم العمليّة. كلّ هذه العوامل المختلفة قد تولّد أنماطا سلوكيّة متعدّدة.

ينعكس الاختلاف أيضا في التنوّع الهائل للمرْكَبات الّتي تختلف عن بعضها البعض من ناحية الحجم، الوزن، القدرة على السفر وسهولة السيطرة عليها.

تتحرّك المرْكَبات ومستعملو الطرق الآخرون (كالمشاة، المسافرين على مَرْكَبات ذات عجلتين وغيرهم) في طرق تختلف عن بعضها البعض مثلا من ناحية طبيعتها، طولها وعرضها، طرق استعمالاتها، الحقوق المتاحة فيها لمستعملي الطرق المختلفين.

يكون المارّة في الشوارع عادةً غرباء عن بعضهم البعض. وبما أنهم يتحرّكون باستمرار في اتّجاهات ودرجات سرعة مختلفة، فإنّ التواصل المحدود بينهم يمكن أن يعرّضهم للخطر وأن ينتهي بحادثة.

تعدّد التأثيرات المتبادلة

التأثيرات المتبادلة هي عمليّة تبادليّة تتمّ بين أجسام مختلفة، وتكوّن إمّا تأثيرات جسمانيّة، وإمّا تكنولوجيّة، وإمّا اجتماعيّة-تواصليّة. تنجم هذه التأثيرات في الحيّز المروريّ عن ثلاثة عوامل أساسيّة هي: الإنسان، المرْكَبة والطريق.

التأثيرات المتبادلة الجسمانيّة تقع بين أجسام فيزيائيّة، وتسبّب تغييرات في المكان أو السرعة أو الشكل.

للتأثيرات المتبادلة الاجتماعيّة-التواصليّة تأثير متبادل على الناس، وكلّ شخص يمكن أن يؤثّر على سلوك الآخر بواسطة نقل المعلومات.

معظم التأثيرات المتبادلة في الحيّز المروريّ هي مزيج من التأثيرات الجسمانيّة

والاجتماعيّة-التواصليّة. تتعلّق نتائج هذه التأثيرات بالمميّزات المختلفة للإنسان والمركبة والطريق، وهي كما يلي:

- مميّزات المرْكَبة - حجمها، الغاية من استعمالها، قدرتها على التسارع، وسائل الأمان فيها ووضعها من ناحية الصيانة.
- مميّزات الطريق – المنعطفات، مفترقات الطرق، سطح الشارع، إشارات المرور، الفصل بين المسارات مثلا من خلال أجسام ثابتة.
- مميّزات البيئة - ظروف الرؤية والإضاءة، اختلاف فصول السنة، حالة الطقس وساعات اليوم.
- مميّزات الإنسان – مستوى المعرفة، تعدّد أنماط السلوك البشريّ، قوة ردّ الفعل، درجة العدوانيّة، مدى التقيّد بالقوانين واحترام حقوق مستعملي الطريق الآخرين.

المواجهات في الحيّز المروريّ

اجتماع عوامل مختلفة يمكن أن يؤدّي إلى أوضاع مختلفة ومواجهات متعدّدة. المواجهات هي الأوضاع الّتي يطرأ فيها تضارب في المصالح والطموحات بين أشخاص مختلفين. من الضروري معرفة كيفيّة ضبط هذه المواجهات والحدّ منها كي لا تسبّب - لا سمح الله - بوقوع حوادث طرق نحن في غنى عنها.

سؤال للتفكير:

ماذا بإمكاننا أن نفعل لتقليص عدد المواجهات في الحيّز المروريّ؟

المميّزات الثلاث المذكورة أعلاه – **الحركة المستمرة والاختلاف وتعدّد التأثيرات المتبادلة بين مكوّنات الحيّز المروريّ** – هي الّتي تجعل الحيّز المروريّ أمرًا معقّدا وتصعّب على فهم الأوضاع الّتي ينتجها، الأمر الّذي يزيد من خطورة هذا الحيّز.

فيما يلي الأسباب الرئيسة لفشل الناس في استغلال الحيّز المروريّ بشكل سليم:

1. عدم فهم معنى الوضع في الحيّز المروريّ وتعقيداته.
2. عدم فهم احترام الاختلاف بين مستعملي الحيّز.
3. عدم معرفة أو عدم فهم معنى قوانين الطبيعة وقيودها.
4. فقدان المهارات الّتي تُتيح فهم المخاطر واتّخاذ القرارات.
5. فقدان التركيز.
6. الميل للردّ بعدوانيّة وعنف ونوبات غضب.

تتناول هذه الوحدة التعليميّة أسباب الفشل السلوكيّ لدى الناس في الحيّز المروريّ، على أساس الافتراض بأنّكم كلّما تعلّمتم أكثر وأحسنتم التعرّف إلى قوانين الطبيعة ومميّزات هذا الحيّز، قلّت بدرجة ملحوظة احتمالات تعرّضكم للإصابة.

تعقيد الحيّز المروريّ

الحيّز المروريّ هو مجال ديناميكيّ ومعقّد، يتغيّر باستمرار وينطوي على مخاطر ومفاجآت.
قد نعتقد أن الصِدامات هي أمر لا مفرّ منه في كلّ مكان فيه حركة، وعلى هذا الأساس قد نستنتج أن حوادث الطرق هي أمر حتميّ.
السؤال هو، هل هذا صحيح فعلاً؟

لنلقي نظرة على الصور التالية:

قافلة سيارات تسافر في يوم عادي في أحد الشوارع ...

قطعان من آلاف الظباء الإفريقيّة، قادرة على العَدْو بسرعة خارقة خلال فترة وجيزة هربا من الخطر، دون أن يرتطم أحد أفرادها بالآخر.

أسراب ضخمة من الطيور قادرة على التحليق في الجوّ باتّجاهات مختلفة، كجسم واحد قادر على التحكّم بحركته وسرعته دون أن ترتطم العصافير ببعضها البعض.

أسراب من ملايين السمك يتحرّك أفرادها على بعد سنتيمترات معدودة عن بعضهم، ويهربون ككتلة واحدة من مطارديهم دون الارتطام ببعضهم.

أسئلة للتفكير

أ. ما السبب في رأيكم الّذي يمنع من العصافير والأسماك والظباء الإفريقيّة وسائر الحيوانات الّتي تتحرّك بمجموعات، أن ترتطم ببعضها البعض أثناء تحرّكها؟

ب. لماذا في رأيكم تقع حوادث الطرق وحوادث الطرق المتسلسلة؟ لماذا يجرّ حادثٌ واحد حادثًا آخر؟

ج. لماذا لا تقع بين الحيوانات صدامات متسلسلة؟ ما هو سر حركة الحيوانات؟

د. إذا فهمنا سر حركة الحيوانات في الحيّز وقوانين حركتها، هل يكون ممكنًا تطبيق ذلك على الإنسان؟

إذا فهمنا سر حركة الحيوانات في المجموعات الكبيرة، يمكن أن نفهم لماذا لا تقع بينها حوادث متسلسلة. من المُلاحظ أن الحيوانات الّتي تتحرّك بأسراب وقطعان، مثل النحل والأسماك والنمل والعصافير، تحافظ بشكل مدهش على نظام حركة مُتّسق، وهو كما يبدو نظام بلا قيادة، بل يتمّ اتّخاذ القرار بشكل فوريّ وبالإجماع. صحيح أن بعض الحيوانات لها قائد يسيّرها، ولكن الكثير من الحيوانات الأخرى لا قيادة لها ومع هذا هناك نيّة واضحة وهدف مشترك لكلّ أفراد المجموعة يتصرّفون حسبه.

مقارنة بين حركة الحيوانات والحركة على الطرق

خلافا للحيوانات، لا يتصرّف السائقون على الطرق كمجموعة متلاحمة، فلا قربى تجمعهم ولا يشعر أحدهم بالمسؤوليّة تجاه الآخر. كل سائق يختلف عن غيره بشخصيّته وبالهدف الّذي يسعى للوصول إليه. لكلّ منهم طموحات متضاربة، ولا يعرف أحدهم ما وضع الآخر ولا يُبدي نحوه مشاعر معيّنة. إنهم يجلسون داخل هياكل حديديّة، هي سياراتهم، يغلبهم الإحساس بالأمان والثقة وبأن الطريق ملكهم وحدهم. السائقون هم أفراد مجهولون في نظر بعضهم البعض وغرباء عن بعضهم البعض، وبالتأكيد ليست هناك قيادة واحدة توجّه حركتهم.

يفترض العلماء وجود ثلاث غرائز تتقيّد بها الحيوانات الّتي تتحرّك بمجموعات. هذه الغرائز هي الّتي تمنع ارتطام أفرادها ببعض:

- الحفاظ على مسافة ثابتة من الحيوانات المجاورة في المجموعة.
- الحفاظ على سرعة متساوية لسرعة المجاورين في المجموعة.
- التحرّك في نفس اتّجاه حركة المجاورين في المجموعة.

من هذا يتّضح أنّ الفرد غير مضطر أن يعرف وضع المجموعة ككلّ، بل فقط وضع الحيوانات المجاورة له والمحيطة به وسلوكها.

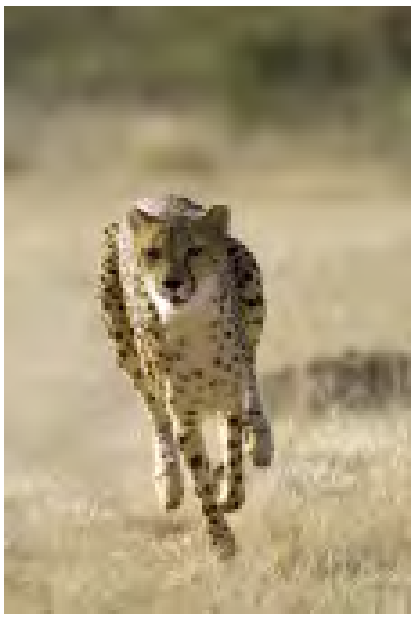
هل بالإمكان تطبيق قوانين مشابهة على الإنسان؟

عندما نقارن بين حركة الحيوانات وحركة الإنسان والمركبات على الطرق نكتشف صعوبة أخرى. هذه الصعوبة نابعة من صفات وقدرات الإنسان على التحرّك كمجموعة.

الحيوانات متكيّفة مع بيئتها وبالتالي حركتها ملائمة للبيئة الّتي تتواجد فيها، أمّا البشر فليسوا متكيّفين مع البيئة التكنولوجيّة الّتي يتحرّكون داخلها.

تتحرّك المرْكَبات في الحيّز المروري بسرعة كبيرة جدا، تضاهي 20 ضعفًا سرعة الإنسان الطبيعيّة. بمرور السنين تزداد الأنظمة التكنولوجيّة تطوّرًا، ممّا يفرض على الإنسان تطوير مهارات ردّ فعله لتتأقلم مع هذه التطوّرات.

يحتاج ردّ الفعل إلى ثانية من الوقت من لحظة وقوع الفعل. ويُسمى هذا الوقت "**زمن ردّ الفعل**". هذا هو الوقت الّذي يحتاجه الإنسان لاستيعاب المعلومات وتحليلها ثمّ الردّ عليها. عندما يسير الناس جنبًا إلى جنب، تكفي ثانية من الوقت ليرد أحدهم فعله على حركة قام بها غيره كيلا يرتطم به. أمّا إذا كانت السرعة 20 ضعف السرعة العاديّة، كما هو الحال مثلا لدى قيادة سيارة بسرعة 100 كم/ساعة وإلى جانبها تتحرّك مَرْكَبات عديدة بسرعة مشابهة، يكون عندها زمن ردّ الفعل المطلوب أقصر. في العادة تنشأ الحالات الخطيرة عندما يجد الإنسان صعوبة في ردّ فعله خلال مدّة زمنيّة قصيرة للغاية.



نمر التشيتا – سرعة أعلى وردّ فعل أقصر

سرعة ركض بعض الحيوانات، على سبيل المثال نمر الشيتا، عالية جدا، تقارب الـ 80 كم/ساعة، ولكن ردّ فعلها أقصر من ردّ فعل الإنسان (ثانية) بعشرة أضعاف. لولا هذه الميزة لارتطمت هذه الحيوانات بكلّ ما يعترض طريقها أثناء مطاردتها للفريسة. أمّا السائق الّذي يقود بسرعة 80 كم/ساعة، فسيصعب عليه تفادي حدوث صدامات مماثلة.

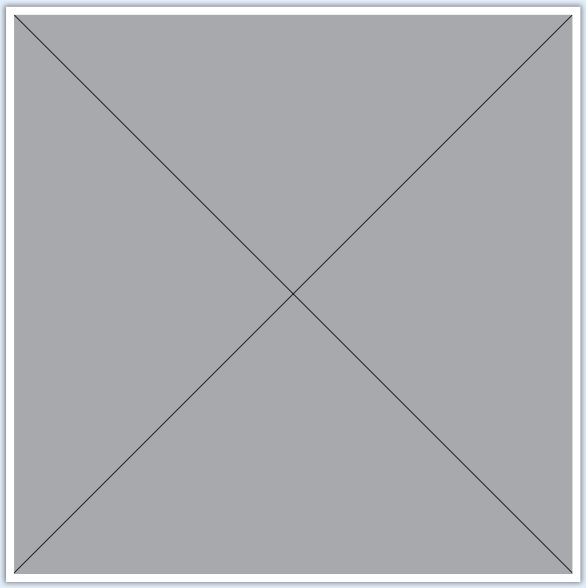
إنّ فهم الأفكار العلميّة المختلفة في مجالات الفيزياء، البيولوجيا، التكنولوجيا والعلوم السلوكيّة، من شأنه المساهمة في تعريفنا بالحيّز المروريّ بكلّ تعقيداته وصعوباته، وتعميق فهمنا للعامل البشريّ، ومواجهة المعطيات الطبيعيّة للحركة في الحيّز لدى الإنسان بنجاح أكبر.

زمن ردّ الفعل

هو المدّة الزمنيّة الّتي يحتاجها إنسان أو حيوان للردّ على تغيير في البيئة حوله. وهو مصطلح مهمّ في الأمان على الطرقات وسنناقشه بتوسع لاحقًا.

من الفهم إلى المصطلحات

لم يُولَد البشر ليتحرّكوا بسرعة فائقة، ولم يكتسبوا قدرة طبيعيّة على مواجهة سرعة كهذه. زمن ردّ الفعل لدى البشر لا يلائم وتيرة الأحداث الّتي تحدُث في الحيّز المروريّ. الفترة الزمنيّة الّتي تحدُث فيها الأحداث قصيرة جدًّا، وليس بمقدور الإنسان من الناحية الطبيعيّة أن يردّ عليها بسرعة. نتيجة لذلك، كثيرًا ما يتعرّض الناس لأوضاع خطرة أو أنه لا يكون لديهم الوقت الكافي للتراجع عن قرارات خاطئة اتّخذوها. من هنا، لا بدّ من فهم طبيعة الحيّز المروريّ بهدف اتّخاذ قرارات صائبة وتجنّب المخاطر.



ما هي المصطلحات ولماذا نحن بحاجة إليها؟

المفاهيم هي توصية صادرة عن العقل والتجربة بالنسبة لكيفيّة التصرّف العمليّ. تأتي التوصية على أساس نمط سلوكيّ اتّضحت نجاعته وملاءمته لأوضاع سبق للمرء أن واجهها، أو يمكن أن يواجهها مستقبلًا.

تتكوّن المفاهيم لدى كلّ فرد بعد تمرُّسٍ وتعلّمٍ وهي نتاج المعرفة والتفكير والتجربة.

المفاهيم ضروريّة لإحداث تغيير في السلوك والتفكير. عندما يتحوّل الإحساس إلى فهم والفهم إلى مفاهيم عميقة، يكون بوسعنا إعطاء التفسير الصحيح لأوضاع مختلفة والتصرّف بشكل ملائم. الأمور الّتي ندركها هي الّتي تكوّن الأساس الفكريّ لسلوكنا.

كلّما كانت لنا مفاهيم أكثر كنّا مزوّدين على نحو أفضل بأدوات فكريّة تؤهّلنا لمواجهة الأوضاع المعقّدة والصعبة وتجنّبها، كتلك الّتي يمكن أن نتعرّض لها في الحيّز المروريّ.

العوامل الّتي تؤثّر على تشكيل الحيّز المروريّ

أ. مناطق وظيفيّة

من المفروض في كلّ بلدة، وتحديدًا كلّ مدينة، أن توفّر الاحتياجات المختلفة لسكانها مثل، السكن، العمل، الصحّة، التعليم وغيرها. ويتمّ تقسيم البلدة إلى مناطق وظيفيّة متنوّعة خدمة لهذا الهدف. معظم المناطق الوظيفيّة تستغلّ لتوفير وظيفة مركزيّة واحدة، وتكون استعمالات الأرض فيها متجانسة، مثلا: حيّ سكنيّ، منطقة صناعيّة، قرية تربويّة، مناطق سياحيّة، فنادق وغيرها. في حيّز البلدة يتنقّل الناس من منطقة وظيفيّة لأخرى حسب الحاجة.

مبنى المدينة وانتشار المناطق الوظيفيّة المختلفة فيها يخلقان مناطق لها طابع خاصّ وآثار مختلفة على مستوى الأمان في الطرق. وفقا لذلك، تتغير طبيعة الحيّز المروريّ حسب المناطق الوظيفيّة المختلفة.

ب. الأماكن المخصّصة للنشاطات – مولِّدات الحركة

في كلّ بلدة هناك أماكن مخصّصة للنشاطات المتنوّعة كالحوانيت، المكاتب، رياض الأطفال والمدارس، أماكن اللهو، محطّات الشرطة، المستشفى، ملعب كرة القدم، دور عبادة وغيرها. تجذب هذه المواقع أناسًا ومركبات الأمر الذي يولِّد الحركة، لذا نسمّي هذه الأماكن مولِّدات حركة. مدى انتشار هذه الأماكن وطبيعتها وتعداد الناس الّذين تخدمهم، كلّها تؤثّر على الحركة ومشاكل الأمان، وكذلك على سلوك المارّة المختلفين فيها.

من الأماكن المخصّصة للنشاطات ما يعتبر مولِّدًا كبيرًا للحركة، ومنها ما هو مولِّد صغير، وقد يختلف مدى الحركة أيضا باختلاف الأيام والساعات. على سبيل المثال: المدرسة هي مولِّدة كبيرة للحركة، ولكن فقط في ساعات الصبح والظهر. وإذا استُعملت المدرسة كمركز جماهيريّ بعد الدوام الدراسيّ، فتكوِّن عندها أيضا مولِّدا كبيرا للحركة في ساعات نشاط المركز الجماهيريّ، أي بعد الظهر ومساءً. في أيام السبت والأعياد والعطل لا تشكّل المدرسة مولِّد حركة إطلاقًا. الكشك الموجود في منطقة نائية يعتبر مولِّد حركة صغيرا خلال النهار، وذلك لوصول عدد قليل من الناس إليه. أمّا المستشفى فهو بلا شك مولِّد حركة كبيرا كل يوم وعلى مدار معظم ساعات اليوم.

تجذب الأماكن المخصّصة للنشاطات مَرْكباتٍ مختلفة، مثلاً:

1. إلى مصنع أثاث معيّن تصل تحديدًا مَرْكَبات كبيرة كالشاحنات.
2. إلى سوبر ماركت تصل مَرْكَبات الزبائن الخاصّة والشاحنات الّتي تفرّغ البضائع.

احتمال اصطدام المَرْكَبات لبعضها أو بالمشاة يكون كبيرًا في الساعات الّتي يكون فيها النشاط بذروته.

ج. شبكة الطرق في المدينة والحي

هناك حاجة لإرساء شبكة طرق لهدفين: الأول إتاحة وصول الناس إلى الأماكن المعدّة للأنشطة؛ والثاني هو تمكينهم من التنقّل من موقع لآخر. السؤال هل هناك تناقض بين الوظيفتين؟ قد تبدو إتاحة الوصول للهدف والتنقل أمريْن متناقضيْن للوهلة الأولى – فهدف الطريق هو إفساح المجال للحركة للتقدم في طريق مفتوحة سريعة لا تعترضها عقبات، وذلك لتمكين الناس من التنقّل من مكان لآخر؛ أمّا الهدف من إتاحة الوصول للأماكن المختلفة، فيفترض إعاقة الحركة، سواء من خلال إبطاء حركة المَرْكَبة، التوقّف، إيقاف المرْكَبة في موقف سيارات والتوجّه بسهولة لمواقع النشاطات المختلفة.

مهمّة – التعرّف إلى الحيّز المروريّ

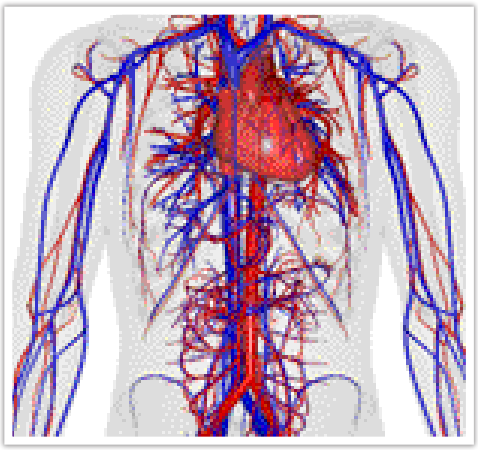
تأمّلوا الخريطتين التاليتين اللّتين تصفان الحيّز المروريّ في روما ونيويورك.

خريطة مدينة روما

خريطة مدينة نيويورك

1. صفوا الفوارق بين الخريطتين من ناحية الحيّز المروريّ ومكوّناته.
   أ. قارنوا بين حيّزَي المرور في روما ونيويورك، حسب ما يلي:
   ب. ما هي المعايير الّتي يمكن بواسطتها أن تحدّدوا ما هو مستوى الأمان في الحيّز المروريّ؟
   ج. حسب هذه المعايير، أيّ من حيّزيِ المرور أكثر أمانًا في رأيكم؟ فسّروا لماذا؟
2. بإمكاننا أن نرى أنّ الحيّز المروريّ في نيويورك أكثر تنظيمًا وسهولةً، مقارنةً بالوضع في روما. هل تعتقدون أنّ هذا يؤثّر على الناس داخل الحيّز المروريّ؟ علّلوا إجاباتكم.
3. ما هو في رأيكم الوضع في المدن الإسرائيليّة: هل هو أقرب للوضع في روما أم نيويورك؟

شبكة الطرق



شبكة الطرق في المدينة وخارجها مقسّمة لطرق متنوّعة لكلّ منها طابع وظيفيّ مختلف. يمكننا مقارنة نظام المواصلات البلديّة بجهاز نقل الدم في الجسم:

نظام المواصلات البلديّة مقارنة بجهاز نقل الدم في الجسم

في الجسم أيضا هناك "مناطق وظيفيّة" متعدّدة في مواقع مختلفة، مثلًا، جهاز التنفّس وجهاز الهضم والجهاز العصبيّ المركزيّ الّذي يسيطر على وظائف الجسم (الدماغ والعمود الفقريّ). يربط جهاز النقل في الجسم بين أجزاء الجسم وينقل الأكسجين والغذاء والنفايات من مكان لآخر. كذلك يعمل نظام المواصلات، إذ يربط بين أجزاء المدينة المختلفة وينقل الناس والبضائع من مكان لآخر.

يشمل جهاز الدم أوعية دمويّة مختلفة عن بعضها البعض من ناحية السُمْك والمبنى: الشرايين هي أوعية دمويّة تنقل الدم من القلب إلى أجزاء الجسم المختلفة (ملوّنة بالأحمر في الرسم الإيضاحي)، وتكون سرعة جريان الدم بها عالية. الشعيرات الدمويّة هي أوعية دمويّة صغيرة تنقل الدم داخل الأعضاء، وتكون سرعة جريان الدم فيها بطيئة جدا؛ الأوردة هي أوعية دمويّة تنقل الدم من أجزاء الجسم المختلفة إلى القلب (ملوّنة بالأزرق في الرسم). ويكون سُمْك كلّ نوع من هذه الأوعية الدمويّة ملائمًا لكمّيّة الدم الّتي يمكن أن تمرّ عبرها. وكما يتأثّر الجسم إذا لم يعمل الجهاز الدمويّ كما يجب، كذلك تتأثّر المدينة إذا لم يعمل نظام المواصلات فيها كما يجب. إذا تقلّصت إحدى الأوعية الدمويّة، مثلًا، يعجز عندها الجسم عن تمرير كمّيّات الدم اللازمة لعضو معيّن، ممّا قد يسبّب مشاكل صحيّة. نعلم جميعًا ظاهرة "أزمة السير". تنجم هذه الأزمة عن تضييق شريان الحركة حتى لا يقدر على استيعاب الحركة، سواء بسبب وقوع حادث طرق أو توقّف مَرْكَبة بشكل غير قانونيّ أو إبطاء سائقين أو القيام بأعمال في الطريق.

تأمّلوا خريطة الأوعية الدمويّة وأجيبوا عن الأسئلة التالية:
قارنوا بين جهاز الدم وشبكة الطرق:

معيار المقارنة	جهاز نقل الدم	نظام المواصلات البلديّة
الوظيفة		
العامل المتحرّك		
مسارات الحركة		طرق مختلفة
كمّيّة الحركة	متغيّر حسب سُمْك الأوعية الدمويّة	
سُمْك / عرض المسارات	سُمك مختلف حسب نوع الأوعية الدمويّة: شعيرات دمويّة، وريد، شريان	
سرعة الحركة		
عوامل مُعيقة للحركة		
نتائج إعاقة الحركة		

1. ما نقاط الشبه والاختلاف بين جهاز الدم وشبكة الطرق؟
2. أوعية دمويّة مختلفة تنقل كمّيّات مختلفة من الدم بدرجات مختلفة من السرعة. هل يحدث هذا أيضا في الحيّز المروريّ؟ أعطوا أمثلة.
3. تطرّقوا للأمثلة الّتي قدّمتموها. هل هناك علاقة بين عرض الشارع وكمّيّة المرْكَبات الّتي تنتقل فيه؟

أنواع الطرق

من المعتاد تصنيف الطرق إلى طرق بلديّة وطرق تربط بين البلدات. يتمّ تصنيف الطرق البلديّة إلى طرق محليّة تابعة للحيّ، طرق رافدة وطرق رئيسة. أمّا الطرق بين البلدات فمن المعتاد تصنيفها إلى طرق عاديّة وطرق سريعة. هناك علاقة وثيقة بين نوع الطريق والمخاطر الّتي تميّزها. وكلّما أجدنا معرفة الطريق والمخاطر الّتي تميّزها، تمكّنا من توقّع المخاطر قبل ظهورها، وعرفنا أين نفتّش عنها، ممّا يساهم في الحيلولة دون وقوع الحادث.

كما ذكرنا سابقًا، يتمّ تصنيف شبكة الطرق إلى طرق مختلفة حسب وظيفتها:

الطريق المحليّة – هي الطريق الّتي تتيح الوصول للمساكن القائمة على امتدادها. الطريق المحلية متصّلة عادة بطريق رافدة، وتكون ضيّقة وسرعة السفر فيها منخفضة وحجم الحركة فيها محدود. تتنقّل فيها بالأساس المَرْكبات الخاصة والدرّاجات الهوائيّة.

طريق رافدة – هي طريق رئيسة داخل الحيّ، تُستعمل لنقل الحركة من منطقة لأخرى وإتاحة الوصول للأهداف المختلفة في الحيّ. تربط الطريق الرافدة بين الطرق المحليّة الّتي داخل الحيّ وبين الطرق

طريق محليّة

الرئيسة. وهي تخدم نوعًا ما الحركة الّتي تقطع الحيّ ولكنّ دورها الأساسي هو نقل الحركة داخل الحيّ وخارجه، وتسهيل الوصول إلى الأماكن المعدّة للنشاطات المختلفة. للطريق الرافدة عادة مساران ويتمّ السفر فيها باتّجاهين، كما تكون سرعة السفر فيها متوسطة وكذلك حجم الحركة.

الطريق الرئيسة – هي طريق عريضة، تكون منقسمة عادة إلى شارعين. وظيفتها الأساسية هي تمكين عدد كبير من المَرْكبات من التنقل من مكان لآخر. في هذه الطريق تنتقل الحركة من كلّ أنحاء المدينة إلى البلدات الأخرى. في هذه الطريق تتنقّل كلّ أنواع المرْكَبات، بما فيها المرْكَبات الثقيلة والحافلات، وتكون سرعة السفر فيها عالية، ومقدار السرعة كبيرًا وكذلك إمكانية التنقل. وبشكل متعمّد تكون سهولة الوصول منها إلى المناطق الوظيفية المتاخمة لها محدودة جدًّا.

طريق رافدة

طريق رئيسة

في المهمّة السابقة أجرينا مقارنة بين جهاز نقل الدم ونظام المواصلات. تطرّقوا إلى معيار سُمْك/عَرْض المسارات وفسّروا أيّة أوعية دمويّة تشبه أيّ نوع من الطرق.

مهمّات تلخيصيّة – أنواع الطرق

اختاروا إحدى المهمّتين التاليتين ثم أجيبوا عن الأسئلة:

الإمكانية الأولى

شاهدوا الفيلم الّذي يراقب سيارة تتحرّك في طرق مختلفة.

1. ما هي أنواع الطرق الّتي تنجحون في تمييزها؟ في أيّة بيئة محيطة تمرّ هذه الطرق؟
2. ما هي الفوارق بين الطرق المختلفة؟
3. ما هي الطرق في حيّكم أو بيئة مدرستكم الّتي تشبه الطرق الّتي شاهدتموها في الفيلم؟
4. لنفترض أنكّم مضطرّون لعبور شوارع مختلفة في طريقكم للمدرسة، أيّ شارع يكون الأخطر للعبور، وما هو الشارع الأقل خطرا؟ فسّروا إجابتكم.
5. كما نرى، هناك أنواع من الطرق – طريق محليّة داخل الحيّ، طريق رافدة وطريق رئيسة. الطرق المحليّة تتجمّع غالبًا إلى طرق رافدة، والطرق الرافدة تتجمّع إلى طرق رئيسة. ما أهمّيّة تصنيف الطرق على هذا النحو؟ فسّروا إجاباتكم.

الإمكانيّة الثانية:

1. تأمّلوا الصور الّتي تصف الطرق المختلفة، وقارنوا بين ثلاثة أنواع من الطرق في الحيّز البلديّ، وفقا للمعايير الّتي في الجدول.

مقارنة بين أنواع الطرق

معايير	طريق محليّة	طريق رافدة	طريق رئيسة
عَرْض الشارع (ضيّق، متوسّط، عريض)			
عدد المَرْكَبات (كثير، قليل)			
أنواع المرْكَبات			
سرعة السفر (عالية، متوسّطة، بطيئة)			
كمّيّة المشاة الّذين يعبرون الشارع (كبيرة، متوسّطة، قليلة)			
مميّزات المشاة (أولاد /بالغون الخ)			
أنواع المباني وطابعها (مساكن، مباني عامة)			
وسائل وقائيّة (إشارات ضوئيّة، دوّار)			
المخاطر المحتملة			

2. لنفترض أنّكم مضطرّون لعبور شوارع مختلفة في طريقكم للمدرسة. ما هو الشارع الأخطر للعبور، وفي أيّ شارع تكون درجة الخطورة هي الأقل؟ اختاروا ثلاثة معايير على الأقل واستعينوا بها لتفسير الإجابة.

مفترق الطرق

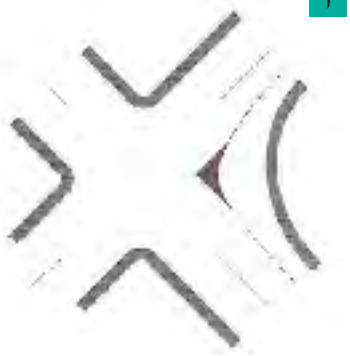
مفترق الطرق هو التقاء شارعين أو أكثر، وهو التقاءٌ بين مستعملي الطرق المختلفين. يصل المسافرون في المَرْكَبات أو المشاة من اتّجاهات معينة وينتقلون لاتجاهات أخرى، وتتقاطع طرقهم عند مفترق الطرق. السائقون، مثلا، يريدون الاستمرار في السفر على طريق يريد بعض المشاة عبورها؛ ويريد سائقون آخرون الانعطاف بينما يواصل آخرون السفر بخطٍّ مستقيم. قد يكون المكان الّذي يتمّ اللقاء فيه مصدرًا لتأثيرات متبادلة متعدّدة، وقد يكون بعض هذه التأثيرات خطيرًا وينتهي بنتائج وخيمة. مفترق الطرق هو نقطة اللقاء الّتي تجبر مستخدمي الطريق على معرفة قوانين الحيّز المروريّ وفهم تعقيداته وتبنّي سلوكٍ اجتماعيٍّ عقلانيّ داخله.

في الأماكن التي يُخشى فيها من التقاء مُشاة بمَرْكَبات أو مَرْكَبات ببعضها، يكون من المحتمل وقوع مواجهات. وقد تسبّب المواجهة صِدامًا خطيرًا نابعًا من التناقضات بين مصالح مستخدمي الطريق المختلفين. في العادة يؤثّر شكل مفترق الطرق على كمّيّة المواجهات المحتملة بين المشاة والمرْكَبات وبين السائقين وبعضهم. لدى الاقتراب من المفترق يجب أن نأخذ بالحسبان كلّ المواجهات المحتملة والتصرف بحسب ذلك. عدا عن شكل مفترق الطريق، هناك عوامل أخرى تؤثّر على درجة الخطورة فيه، منها عوامل البيئة، مميّزات البنية التحتيّة، الحركة، سلوك مستخدمي الطريق، وسائل الوقاية وغيرها.

أنواع مفترقات الطرق

في الرسوم المبيّنة أمامكم هناك خمسة أنواع مختلفة من مفترقات الطرق.

أ

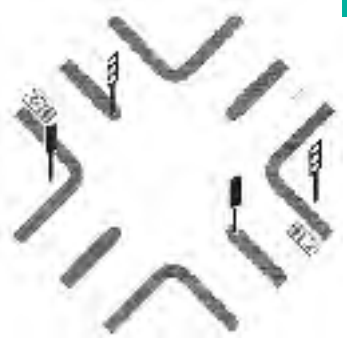


أ. مفترق انعطاف حرّ لليمين

ب

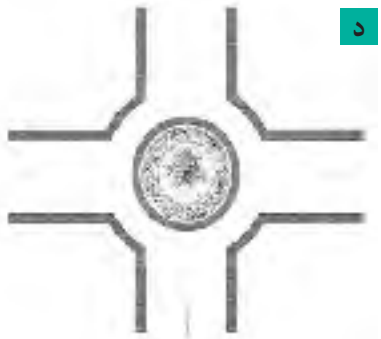
ب. مفترق تقاطع طرق

ج



ج. مفترق تقاطع طرق مع جدران فاصلة

د



د. دوّار – مفترق على شكل دائريّ

هـ

هـ. مفترق T

أسماء المفترقات

المهمّة الأولى:

1. اختاروا اثنين من مفترقات الطرق أعلاه، وقارنوا بينهما حسب المعايير التالية:
   - سرعة السفر في المفترق.
   - عدد المواجهات المحتملة.
   - مميّزات الطرق في المفترق.
   - مستوى الأمان.
   - ما هو عدد الاتّجاهات الّتي على السائق توجيه نظره إليها لدى دخوله المفترق كي يعبره بأمان؟
   - هل هناك وسائل تكنولوجيّة يمكن أن نرفع مستوى الأمان في مفترق الطرق؟

أ. على ضوء المقارنة السابقة، أيُّ نوع من مفترقات الطرق أعلاه هو أكثر أمانا للعبور، ولماذا؟ علّلوا إجاباتكم على أساس اثنين على الأقلّ من المعايير المذكورة أعلاه.

ب. كيف يمكن تقليص عدد التأثيرات المتبادلة المحتملة؟ وكيف يمكن رفع مستوى الأمان في كلّ مفترق؟

2. لماذا في رأيكم تمّ نصب إشارات ضوئيّة في المفترق رقم ب، بينما تنعدم الإشارات الضوئيّة في المفترقات الأخرى؟ فسّروا إجاباتكم.
3. في مفترق أ هناك إشارة لجزيرة مرور. ما الهدف منها؟
4. يتمّ في السنوات الأخيرة تبديل المفترقات القديمة في إسرائيل بمفترقات على شكل دوّار.

أ. ما إيجابيات الدوّار؟

ب. ما سلبيّاته؟

ت. هل يجب، حسب رأيكم، مواصلة عمليّة التغيير هذه؟ صوغوا حِجاجًا يدعم موقفكم ويحتوي على تعليلين اثنين على الأقلّ.

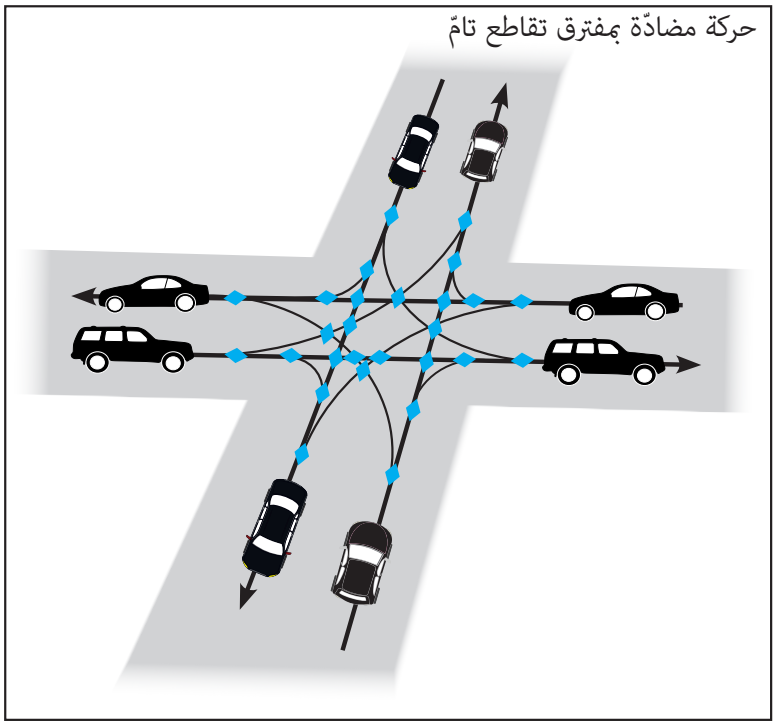
المهمّة الثانية:

تأمّلوا الرسم الإيضاحيّ التالي، يمكن ملاحظة مسارات عديدة متقاطعة، وأنه تمت الإشارة بنقطة إلى نقاط الالتقاء بينها.

إذا وصلت مَرْكبتان إلى إحدى نقاط الالتقاء في نفس الوقت، فيعني هذا وقوع صدام بينهما.

1. أشيروا إلى نقطة واحدة أو أكثر يمكن أن يحدث فيها صدام بين الواجهة الأماميّة لسيارة واحدة والجهة الجانبيّة لسيّارة أخرى.
2. هل هناك نقطة يمكن أن يقع فيها صدام بين الواجهتين الأماميّتين لمَرْكَبتين؟ إذا كان الجواب لا، اكتب ما هي الظروف الّتي يمكن أن تسبِّب صداما من هذا النوع؟
3. أي واحد من الصِدامين المذكورين أخطر في رأيكم؟ لماذا؟
4. ماذا يجب على السائقين فعله لتجنب وقوع صدام؟

حركة مضادّة بمفترق تقاطع تامّ



المهمّة الثالثة:

تأمّلوا الصورة الّتي أمامكم. ميّزوا ثلاث وسائل على الأقلّ يمكنها أن ترفع مستوى الأمان في المفترق.

من الفهم إلى المصطلحات - مفترق الطرق

هناك علاقة وطيدة بين نوع الطريق ومخاطرها الخاصة. كلّما عرفنا الطريق ومخاطرها الخاصّة على نحو أفضل، استطعنا أن نتوقّع مسبقا تلك المخاطر، وأن نحدّد موقعها والعمل على تجنّب وقوع حادث. اختيار المسار والتوقيت الملائمين لعبور الشارع عند مفترق الطرق متأثّر بعدة عوامل منها، كمّيّة المواجهات بين المَرْكَبات والمشاة وطبيعتها، مبنى المفترق وشكله، أنواع الطرق في المفترق، حجم الحركة وظروف الرؤية في المكان. يمكن تقليص عدد المواجهات في المفترق من خلال تركيب إشارات مرور أو إشارات ضوئيّة تضبط حركة المرور. في حال عدم وجود إشارات ضوئيّة، فإنّ الدوّار يعتبر أَأْمَن وسيلة للسفر، لأنّ هذا يفرض على السائقين الإبطاء لدى عبور المفترق والالتفات إلى اتّجاه واحد فقط.

العامل البشريّ في الحيّز المروريّ

القيادة بالنسبة لمختلف السائقين ليست مجرد عمليّة جسديّة، بل هي تجربة شعوريّة يستخدمون فيها حواس اللمس والبصر والسمع، كما أنّ لها أبعادًا عاطفيّة ونفسيّة. المَرْكَبة والإمكانيّات الّتي تتيحها للسائق، تؤثّر على تفكيره وسلوكه. سلوك السائق على الطريق يعكس في أحيان كثيرة سلوك الإنسان بشكل عامّ. سلوك الإنسان على الطريق يعرّضه لمواجهة المخاطر والفرص، ويقابله بصراعات وحالات توتر مختلفة، يجعله يتعرّف إلى مدى عدوانيّته ومخاوفه، يكشف أمامه قِيَمه وأولويّاته. في هذا السياق يمكن للقيادة أن تكشف بعمق عن شخصيّة السائق. التطرّق إلى القيادة كتجربة نفسيّة تمكّننا من لمس العالم الداخليّ للإنسان والتعرّف إلى طبيعة السلوك الّذي يتبنّاه في الطرق.

رغم أنّ الكثيرين يميلون إلى اعتبار القيادة عملا تقنيًّا ونوعًا من المهارة الّتي اكتسبوها، إلّا أنّ عمليّة القيادة تنطوي على عوامل عاطفيّة وشعوريّة والّتي إنْ أحسنّا فهمها نستطيع أن ندرك لماذا يسوق الناس بأساليب مختلفة. مثلا، لماذا نسوق بشكل مختلف عندما نكون وحدنا أو عندما نكون برفقة آخرين من أفراد العائلة أو الأصدقاء؟ أو عندما نكون سعداء أو حزينين؟ أو عندما نسوق باتّجاه المدرسة أو لغرض الترفيه؟ وغيرها من الأوضاع.

هناك اختلاف كبير بين الناس من ناحية سلوكهم، القيم الّتي يعيشون حسبها، ميولهم، مواقفهم، مشاعرهم، قدراتهم، مهاراتهم، سُلّم أولوياتهم في الحياة ومستوى فهمهم للمخاطر. ويلتقي جميع هؤلاء الناس المختلفون في نفس الحيّز المروريّ، وكلّ منهم يعايش تجربة المرور في الطريق بشكل مختلف.

تجارب الطريق

مهمّة للطلاب

الناس مختلفون عن بعضهم وهم يعيشون تجربة مرور الطريق والقيادة فيها وكل ما يحدث داخل الحيّز المروريّ بشكل مختلف، وتكون أحاسيسهم وأفكارهم أيضا مختلفة. قد يكون أسلوب تصرّفهم في الشارع وسلوكهم وقيادتهم المَرْكَبة، متأثّرًا بالشكل الّذي يعيشون فيه تجربة المرور في الطريق.

1. انقسموا إلى مجموعات. ستحصل كلّ مجموعة على ظرف فيه 24 بطاقة تحتوي على مقولات لسائقين ومارّة آخرين يصفون فيها تجاربهم الشعوريّة أثناء القيادة.
2. صنّفوا هذه المقولات إلى ثماني مجموعات (ثلاث مقولات في كلّ مجموعة) حسب التجارب الشعوريّة الّتي يصفها الناس. أعطوا كلّ مجموعة اسمًا حسب نوع التجربة.

1

"لا أكرّس تفكيرًا أو مشاعر أكثر من اللازم للقيادة. إنّها جزء من الحياة، تماما مثل تناول الطعام، المشي، ارتداء الثياب. أمور مختلفة علينا تأديتها. لا أرى في الأمر أبعد من ذلك... لا يحتاج الأمر مني مجهودا خاصًّا، بل هو مهمّة يجب أداؤها. لا أولي الأمر تفكيرا إطلاقا. إنّها عمليّة تلقائيّة تخدم أهدافي لا أكثر".

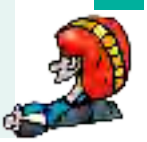
2

"عندما أقود مثلا في شارع وادي الملح في الساعات الّتي تكون فيها الحركة خفيفة، أزيد سرعتي. أستمتع بتحكّمي بالسيارة، وآمُل بألّا يضبطني شرطيّ بسبب السرعة... مرةً قطعت الطريق من الخضيرة حتى مفترق كيسم في شارع رقم 6 خلال 12 دقيقة فقط. هذا سريع جدا... تغمرني السعادة عندما أقول هذا الأمر. بصفتي سائقة بالغة أشعر بالاكتفاء من تجربة السيطرة والتحكم... أجرؤ على القيام بأمور مختلفة، نقل السيارة بين المسارات المختلفة عندما تكون حركة السير نشطة، أتجاوز السيارات الّتي أمامي. أشعر بأني أتحكّم بالسيارة، يشعرني هذا الأمر بشعور مميّز".

3

"الجميع غاضبون... أن تقود في بلادنا يعني أن تغضب. التسامح في البلاد يكاد يكون معدوما. لا أحد يحتمل الآخر، ولا يبقى أمامنا سوى أن نغضب... هذا جزء من الحياة، هذا يميّز البشر، كلهم يغضبون عندما "يتجاوزونهم" وبما أنهم لا يملكون وسيلة للردّ فإنّهم يثورون! وأنا أيضا كذلك!...".

4



"من يحبّ التحديّات لا يرى في القيادة أيّ خطر. كنت أسوق خلف الآخرين وأفعل ما يفعلون، أو حتى أفضل منهم. إذا ساق الجميع على عجلين، أحاول أنا القيادة على عجل واحد... كنت أشعر كما لو أنّ تيّارًا كهربائيًّا ينتابني من فرط الإثارة والمتعة... هكذا كنت أسوق...".

5

"أستمتع كثيرا بالقيادة، مثلا أثناء طريقي إلى العمل. إنه وقت متعة وراحة ونوع من الاسترخاء بالنسبة لي. أسوق ببطء عادة، لأني لست مستعجلة للوصول إلى العمل. هذا الوقت الّذي أصغي فيه إلى الموسيقى والأخبار المنبعثة من المذياع. إنّه الوقت الّذي أحبّه جدًّا".

6

"كنت ضابطًا مرّتين في حياتي. عندما كنت أدرّب الجنود كنت أقول لهم: لا ترتكبوا الحماقات في الشارع... الناس في هذه البلاد لا يتصرّفون بحكمة وبذلك يعرّضون الآخرين للخطر... يجلس الناس خلف المِقْوَد وينسون أنفسهم تماما... إذا ساق الجميع حسب القوانين سيكون الوضع أكثر هدوءا وأمانا وأكثر اهتماما بالآخرين... من جهتي القانون قانون، النظام نظام والمسؤوليّة مسؤوليّة. لا يزعجني أن أسوق بهذا الشكل، بل يبدو لي طبيعيًّا وملتزمًا وأشعر بالرضا عن نفسي. الناس يضعون فيّ ثقتهم كسائق – بإمكانهم أن يخلدوا للنوم بهدوء إذا كانوا معي في السيارة. هذا يمنحني شعورا جيّدًا".

7

"السيّارة آلة خطيرة، بإمكانها أن تعرّضك للإصابة أو حتى للقتل ولإصابة الآخرين... هذا أمر مقلق. أخشى طول الوقت من أن يقوم ولد صغير باختراق الشارع فجأة وألا أنجح في فرملة عجلات السيارة... هذا أمر مخيف، وهو يمكن أن يحدث في كلّ لحظة...".

8

"ما يخيفني هم السائقون حولي... فهم يسوقون كالبهائم. أرى السائقين يرتكبون مخالفات مرور مختلفة، وهذا يدخلني في توتر وأخاف أن يصطدم أحدهم بي أو بسائق آخر في أيّة لحظة... هذا ما أشعر به طول الوقت. هذا يرافقني طوال كلّ عمليّة القيادة".

9

"يفتّش الكثيرون عن أنواع مختلفة من الإثارة والمخاطر، بما فيها القيادة... أنا من هؤلاء... تماما مثل الناس الذين يعودون من الجيش فيتلاعبون بالسلاح، يُعبّئون الذخيرة، يتبارون – كل هذا هو تعبير عن نفس الحافز، وهو الإثارة. نفس الشيء يحدث معي في الشارع".

10

"أحبّ القيادة جدًّا... فهي تمنحني شعورًا جيّدًا... نعم، الحيّز، السرعة. في عصر السرعة لا يجد الناس مُتّسعًا من الوقت لأنفسهم، بل هم دائما مشغولون. القيادة تمنحني الفرصة والوقت لأنظّم أفكاري، خاصّة عندما أسافر خارج المدينة. مع هذا فأنا أنتبه للطريق، ولكنيّ أحبّ ذلك. عندما أسوق يكون لديّ وقت فراغ نوعيّ مع نفسي".

11

"الشارع هو المكان الوحيد الّذي تثور فيه أعصابي. في أماكن أخرى لا تثور أعصابي أبدًا. بمجرّد دخولي الشارع، يتغيّر مزاجي تماما، وأصبح إنسانا عصبيًّا... القيادة تثير فيّ الكثير من الأعصاب، أكثر من أيّ شيء آخر. يغضبني أنّ البعض "يتجاوزك"، أو "يلتصق" بك. يغضبني أنّهم يرتكبون أخطاءً في القيادة. القيادة هي غضب واحد كبير".

12

"تثير القيادة لديّ نوعا من الشعور الّذي ينتاب من يعرف أنّه مسافر باتّجاه شيء خطير ومع هذا يصرّ على وصوله. إنّه شعور من يقفز "البانجي"، أنت تعرف أنّه خطير ولكنّك تفعله... هذا الإحساس بالخطر يمنحك إحساسًا جيّدًا، إحساسًا بالمتعة، المتعة الكبرى... البانجي ليس متوفّرًا طول الوقت، أمّا السيّارة فهي في متناول الجميع تقريبا وهناك الدافع لركوب المخاطر. وإذا ومضت في ذهنك هذه الحاجة للإثارة فكلّ المطلوب منك هو دخول السيّارة والدوس على دوّاسة البنزين".

13

"إذا تجاوز سيّارتي أحد، يختلّ توازني. أحاول أن أتجاوزه في الإشارة الضوئيّة التالية، وبلا عنف أسعى أن أكون الأول في الطابور. عندها فقط أشعر أنّي "سدّدت له الضربة"، وذلك بأن أكون أنا الأوّل في الطابور السريع بينما يبقى هو في الجانب الأيمن، في المكان الّذي أقحم نفسه فيه. هذا بسيط... إذا حاول أحدهم تجاوزي، أحيانا أحاول مع سيارة الرينو "الخردة" خاصتي أن أسافر أسرع منه...

يزعجني أن يحاول أحد ما تجاوزي، لذا أحاول المرور بجانبه ورميه بنظرة من النوع غير العنيف ولكنّه يشبه نظرة العصابات وكأنّك تقول له - كيف تجرؤ على سباقي، أنا أيضا أستطيع أن أسبقك".

14

"المنافسة في بلادنا قائمة في كلّ مستويات الحياة. يصبح أهمّ شيء بالنسبة للإنسان ألاّ يستغّله أحد، ألّا يبدو كأبله... هذه هي الثقافة الإسرائيليّة، هكذا هو أيضا الوضع في الشارع. تكون أبلَهَ إذا حاول أحدهم تجاوزك، أو إقحام نفسه في مسارك، هذا يعني أنهم يستغلونّك... هذه هي الثقافة الإسرائيليّة..."

"إذا رأيت أحدهم يحاول تجاوزي أو "سرقة" مساري، أضغط على الزامور ليعرف أنيّ أراه وأنيّ لا أتنازل له. يقول البعض لي: "لا تضغط على الزامور، ولكن لا أردّ عليهم فالشارع ليس ملكهم، وأنا أيضا أريد الوصول أوّلا".

15

"يزعجني جدًّا أنّ الناس لا يتقيّدون بالقوانين، ليس فقط أثناء السفر بل بشكل عامّ. هناك منطق للقوانين، فهدفها تمكين الناس من الحياة المشتركة وضمان أمن الجميع. أرى أناسا يسوقون بهمجيّة بشكل مخالف للقوانين. المشكلة ليست أنّهم يثيرون أعصابي أثناء القيادة، بل أنهم لا يبالون بغيرهم. أنا أبالي بغيري لذا أجتهد أن أتقيّد بالتعليمات. ومثلما هناك أناس يمارسون كلّ يوم واجباتهم كمواطنين، كذلك أحاول أن أطبّق الشيء نفسه في الشارع. لا أعتبر نفسي مستغَلًّا أو أبله، بالعكس".

16

"أريد أن يكون هناك عدل في الشارع أيضا. الوقوف في الطابور مثير للغضب، ولكنّي أتوقّع من الجميع أن يتصرفوا كبشر... يغضبني أنّهم لا يفعلون ذلك، لذا أنا عصبية في الشارع... فكّرت أن أوصي بتركيب لافتات ضخمة تسأل السائقين، إلى أين أنتم مستعجلون؟ ولماذا لا تفكّرون بأنّ عليكم التصرّف بشكل لائق؟ ولكنّي أحيانًا ألجأ للانتقام. فعندما أسافر وأرى طابورا طويلا أقول في نفسي - الآن سأنتقم من كل هؤلاء، وسأفعل مثلهم. وطول الوقت أعدّ نفسي لاحتمال أن يوقفني أحد ويسألني لماذا أفعل ذلك، سأقول له إنّه بالأمس فعل الشيء نفسه معي. هل فهمت قصدي؟ هذا مثير للغضب!"

17

"القيادة بالنسبة لي مسألة وظيفيّة تمامًا، دورها أن توصلني من نقطة معيّنة إلى أخرى... يتمّ هذا الأمر بلا أيّ إحساس خاصّ... بل هو أشبه بنقل كرسيّ من مكان لآخر إذا قرّرت الجلوس عليه في نقطة أخرى...

إنّه أمر تلقائيّ، ليست هناك عمليّة تفكير قبل القيادة أو بعدها... أنا أسافر كثيرًا. إذا احتجت السفر، أدخل السيّارة وأسافر. لا أستعدّ ولا أفكّر أو أحسّ بشيء خاصّ تجاه هذا الأمر... لا أولي القيادة معاني خاصّة، ولا يجعلني الأمر أشعر بشيء خاصّ – القيادة تخدم حاجاتي العمليّة فقط لا غير".

18

"السيّارة هي وسيلة بالنسبة لي وليست هدفا بحدّ ذاتها. إنّها وسيلة نقل. أنا لا أسافر عبثا – بل استعمل السيّارة لتنقلني إلى الأماكن الّتي أحتاج وأريد الوصول إليها... أقود بشكل تلقائيّ، وأعرف أنّ لي هدفا هو الوصول إلى نقطة معيّنة وأعرف أنيّ سأصل. ولكنّي لا أولي القيادة تفكيرًا على الإطلاق. لا تؤثّر فيّ أبدًا. القيادة غير حاضرة في ذهني... بل هي أمر تقنيّ فقط هدفه أن يوصلني من مكان لآخر".

19

"في القيادة نوع من الإحساس بالحريّة. هناك من يحبّ ركوب الخيل، أنا أحبّ ركوب السيّارات... أحبّ السرعة، المناظر الطبيعيّة... مشاهدة المناظر والشارع يمتدّ أمامي... وإذا لم تكن هناك أزمة سير يتحوّل الأمر إلى تجربة شعوريّة خاصّة. هذا يمنحني شعورا جيّدًا".

20

"أنا أستمتع حقًّا بالقيادة. إذا طلب مني أحدهم أن أسافر الآن للقدس، أدخل السيارة وأسافر. أنا أسيطر على السيّارة. عندما تشعر بالأمان في السيّارة تشعر أنّك داخل كابينة تحميك. عندها تستطيع أيضا أن تسافر بسرعة وتشعر بالسيطرة على ما حولك... لدي إحساس بالثقة على الشارع، أعرف السيّارة وأعرف قدراتها ومواطن ضعفها لذا كل شيء تحت السيطرة".

21

"أستمتع بدخول السيّارة. أحبّ السفر، السيطرة، الانسياب. لا ينتابني الخوف أبدا من سائقين آخرين ومن إمكانية وقوع حادث لا سمح الله. لا ينتابني الخوف أبدا وأشعر بالثقة التامّة... أحب قيادة سيّارات ذات غيار عادي وليس أوتوماتيكيًا لأنّ هذا يعبّر عن القدرة على التحكّم".

22

"حتى عندما أسافر وحدي وأيضا عندما أسافر مع آخرين، ينتابني شعور دائم بالمسؤوليّة. أهتم بأن أفعل كلّ ما يلزم لأشعر أنا ومن معي بالأمان. أحاول بشكل واعٍ أن أسوق على نحو طبيعي وعقلاني وبلا طيش. لا أبحث عن كسر أرقام قياسية في السرعة. بل أشعر أحسن عندما أتقيّد بالقوانين والتعليمات".

23

"أعتقد أحيانًا أنّ الشارع في بلادنا هو ساحة حرب، إمّا أنّك منتصر فيها أو مهزوم. فمع أنّك تشير بأنّك تريد تغيير مسارك يستعجل أحدهم لتجاوزك وسرعان ما يزيد سرعته. الكلّ يريد الوصول أوّلًا، وأنا أيضًا. هناك شيء يدعوك للتصرّف بوحشيّة، أو بطريقة آمرة وعدم الاستجابات لاحتياجات الآخرين... لأنك إذا استجبت فستقف في طابور الأزمة ثلاث ساعات. ولكن كلّما أخذت أكثر من غيرك، فستصل أسرع... حقيقة أنّ هناك دورًا، وأنّ الناس لا يعرفون الوقوف بالدور، تجعلك تقرر عدم إعطاء الآخرين فرصة إقحام أنفسهم قبلك. مستحيل أن يكون غيري قبلي في الدور".

24

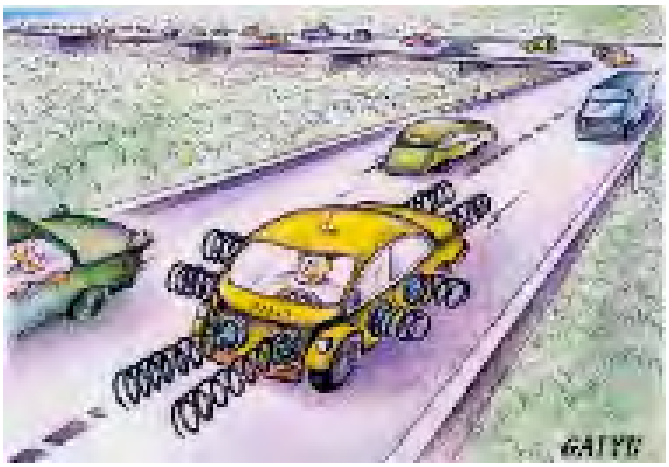
" ينتابني شعور عميق بالقلق من القيادة، لا أشعر براحة على الشارع أبدًا. أخاف من الشارع وخاصّة من الأمور الّتي لا تتعلّق بي. فبإمكاني أن أكون حذرة، ولكنّ السائقين من حولي قد يتصرّفون بطيش ولا إمكانيّة لي للسيطرة على تحرّكاتهم. أستطيع الوقوف عند الإشارة الحمراء، ولكن قد تصدمني شاحنة من الخلف إذا قرّر سائقها عدم التوقّف مثلًا...".

تلخيص – الحيّز المروريّ

مهمّة جماعيّة - روح الفكاهة على الطريق

أمامكم رسوم كاريكاتيريّة مأخوذة من مجال المواصلات والأمان على الطرق، بالإمكان من خلالها التعلّم عن طابع ومكوّنات الحيّز المروريّ.

1



جاي يو، الصين

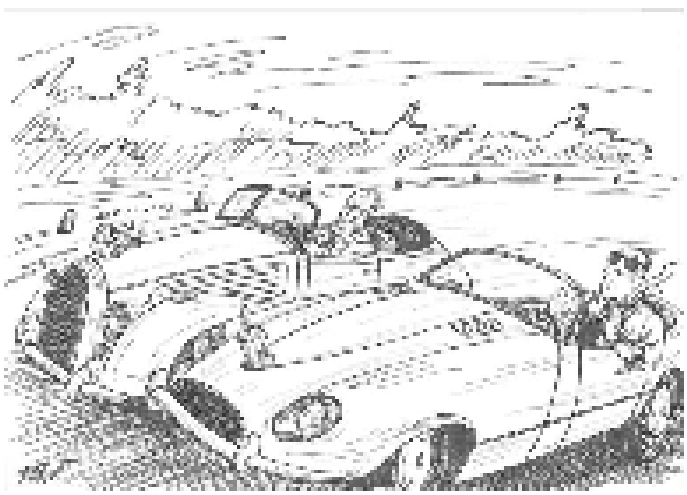
2

كومرنيتشي كريستو، بلغاريا

3

حولي سنشيزاغودو، إسبانيا

4



ألكسندر فاشكوب، روسيا

5

روبرت منغوجوزي، إيطاليا

6

ميروستمنوبيتش، صربيا ومنتغيرو

تطرّقوا إلى الرسوم الكاريكاتيريّة حسب الجدول التالي:

	مهمّات	كاريكاتير رقم	كاريكاتير رقم	كاريكاتير رقم	كاريكاتير رقم
.1	اقترحوا عنوانًا للكاريكاتير!				
.2	صفوا الحدث المعروض في الكاريكاتير ومن هم الشركاء فيه!				
.3	ما الفكرة المركزيّة للكاريكاتير؟				
.4	ما العوامل الفيزيائيّة المعروضة في الكاريكاتير؟				
.5	ما التأثيرات التبادليّة الجسمانيّة الّتي يصفها الرسم؟				
.6	ما التأثيرات التبادليّة الاجتماعيّة التواصليّة في الرسم؟				
.7	ما المخاطر في الحالات الّتي يصفها الرسم؟				

1. اعتمادا على تحليل الرسوم الكاريكاتيريّة، ما هي مفاهيمكم بالنسبة للأمان في الحيّز المروريّ؟
2. بعض الرسوم تصف أوضاعًا يمكن أن تنتهي بكارثة بسبب عوامل فيزيائيّة. أعطوا أمثلة لوضع مشابه، اذكروا عوامل الخطر وعلّلوا إجاباتكم.

الفصل الثانيّ

القوى والحركة
في الحيّز المروريّ

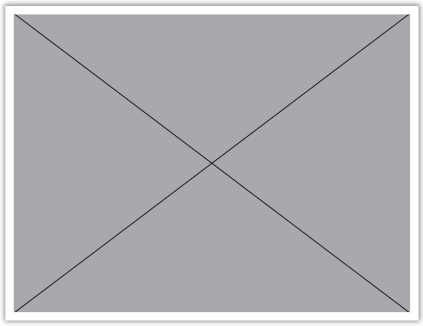
العالم في حركة

كلّ ما في الكون موجود في حركة مستمرّة. تغيّر كلّ الأجسام في الطبيعة مكانها باستمرار، الكبير منها والصغير، الحي والجماد. الحركة هي خاصّة من خصائص الأجسام، فبينما تتحرّك الكائنات الحيّة حفاظًا على بقائها، تتحرّك الأجسام غير الحيّة، أي الجامدة، بفعل خصائصها الفيزيائيّة. المنحى الطبيعيّ لكلّ الأجسام في الطبيعة هو السكون عن الحركة. حتى عندما يُخيّل إليك أنّك واقف، تكون في الواقع في حركة. الكرة الأرضيّة تتحرّك حول الشمس، والشمس تتحرّك حول المجرّة الفضائيّة. الحركة لا تتوقّف أبدًا.

الحيّز المروريّ هو مجال يشهد حركة مستمرّة، تشارك فيها المَرْكَبات والمارّة المختلفون كالمُشاة، الأولاد، السائقين، راكِبي الدرّاجات الهوائيّة أو الناريّة وغيرهم.

يمكننا في هذا الحيّز التحرّك والانتقال من مكان لآخر بوسائل مختلفة وطرق شتّى، مثلاً الطيران، السير على الأقدام، ركوب الدرّاجات الهوائيّة وغيرها.

- كيف وصلتم اليوم إلى المدرسة؟
- هل سِرتم على الأقدام؟ سافرتم بسيارة؟ أم ركبتم درّاجة هوائيّة؟



- ما هي، حسب رأيكم، وسيلة التنقّل الأكثر راحةً وأمنًا للوصول من مكان لآخر؟
- ما هي في رأيكم المخاطر الكامنة في كلّ واحدة من الوسائل الثلاث؟
- ما هو مصدر إحساسكم بالأمان والثقة أنّكم لن تتعرّضوا لإصابة؟

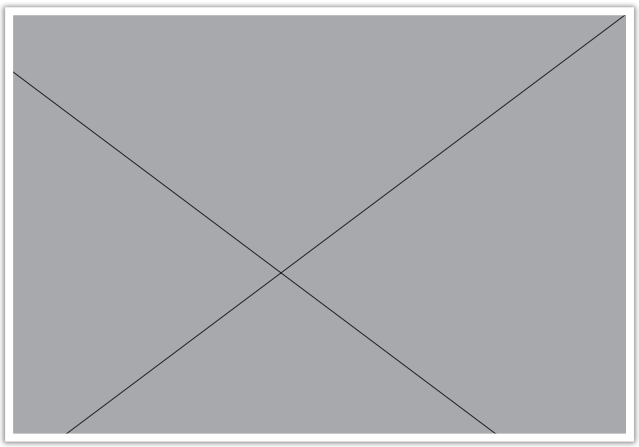
لفهم مخاطر الحركة في الحيّز المروريّ ولدى استعمال وسائل النقل المختلفة، سنتعلّم في الفصول التالية عن الحركة والعوامل الّتي تؤدّي لتغييرات في حركة الأجسام المختلفة. سنتعلّم كيف نحدّ من الأخطار والأضرار المحدقة بنا وبوسائل النقل الّتي نستخدمها. في نهاية عمليّة التعلّم، سنعرف كيف نستغلّ علمنا بالموضوع لنجعل الحركة آمنة أكثر.

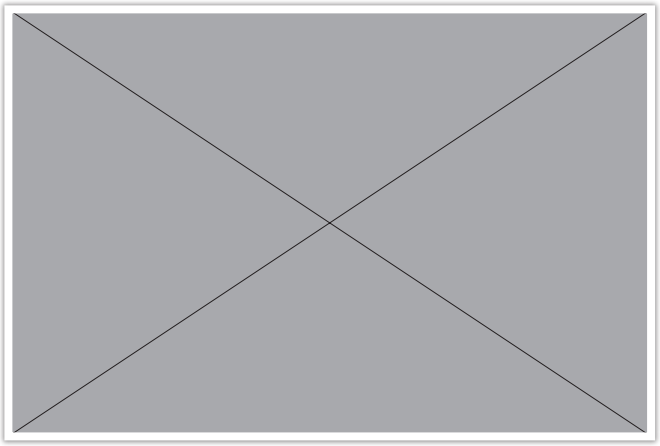
من الفهم إلى المصطلحات: الحيّز المروري

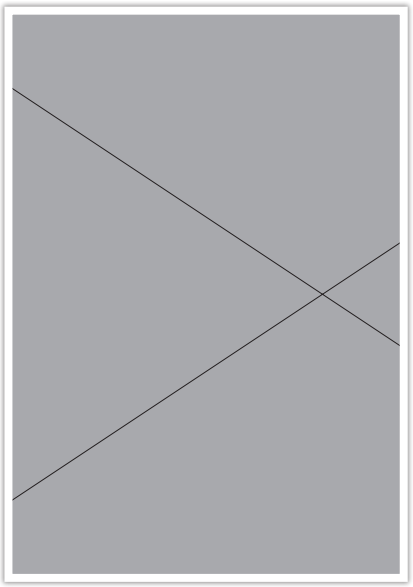
الحيّز المروريّ هو حيّز عامّ هدفه خدمة الجميع على حدٍّ سواء. لجميع الناس الحقّ الكامل باستعمال الحيّزات المروريّة حسب القوانين المتّبعة فيها، والتي تسري على جميع مستعملي الطريق بلا استثناء. الفهم بأنّ الحيّز المروريّ هو مورد مشترك مُتاح لاستعمال الجميع، ليس مقبولًا دائمًا على كلّ مستعملي الطريق، فقد يطالب هؤلاء لأنفسهم بامتيازات وأفضليّات، الأمر الّذي يشكّل خطرًا على مستعملي الحيّز المروريّ.

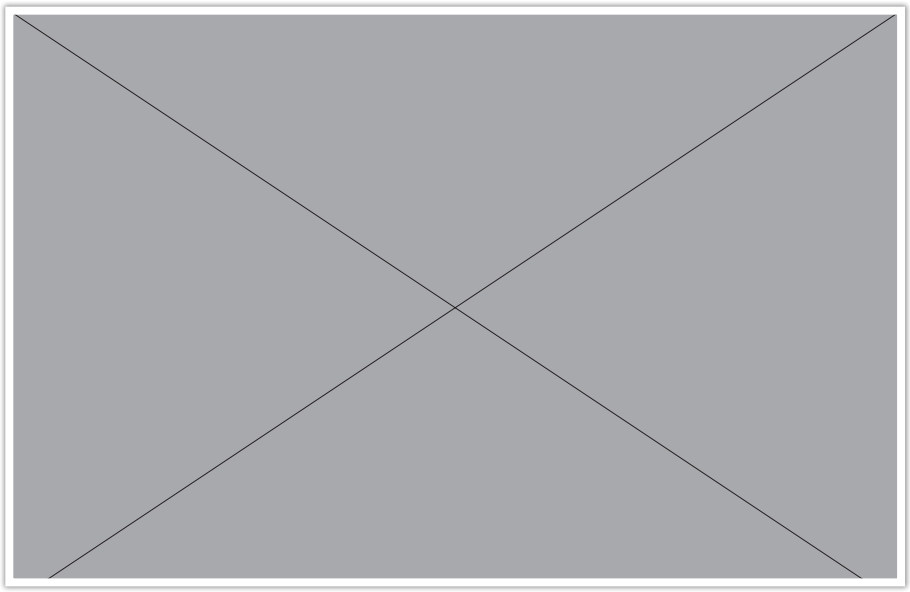
ما هي الحركة؟

تأمّلوا الصور التالية:









1. ما هي الحالات الّتي تصفها الصور، وما القاسم المشترك بينها؟ علّلوا!
2. أيّ جسم من هذه الأجسام يواجه الصعوبة الأكبر في التوقّف عن الحركة؟ علّلوا!

   أسرع جسم.

   أثقل جسم.

   أسرع وأثقل جسم معًا.
3. هل بمقدور هذه الأجسام أن تتحرّك دون تماسّ مع الأرض؟

   نعم

   لا

   بعضها نعم وبعضها الآخر لا

4. لو أُجريت منافسة بين هذه الأجسام، من سيفوز؟
   السيارة
   الحصان
   لا يمكن المعرفة
5. ما المسافة المعقولة الّتي يمكن أن تقطعها السلحفاة الّتي في الصورة، خلال دقيقة واحدة لو استمرّت في حركتها؟
   متر واحد
   حوالي عشرة امتار
6. ما المسافة المعقولة الّتي يمكن أن يقطعها العدّاء الّذي في الصورة خلال دقيقة؟
   200 متر
   2000 متر
7. ما المسافة المعقولة الّتي يمكن أن تقطعها سيّارة السباق خلال ساعة؟
   300 كم
   50 كم

الآن عرّفوا – ما هي في رأيكم الحركة وما هي خصائصها؟

الحركة

الحركة هي التغييرات في موقع جسمٍ معيّن خلال مدّة زمنيّة معيّنة.

بمعنى:

الجسم المتحرّك هو الجسم الّذي يتواجد في أزمنة مختلفة في مواقع مختلفة. الجسم الساكن هو الّذي يتواجد في أزمنة مختلفة في نفس الموقع.

كل شيء نسبيّ

ماذا نعني بمصطلح الحركة النسبيّة؟

الحركة ليست شيئا مُطلَقًا بل نسبيًّا، وذلك لأنّ موقع الأجسام ليس شيئًا مُطلقا. المصطلحان "سكون" و"حركة" هما نسبيّان. فالجسم المتحرّك معرّف على أنّه جسم يغيّر موقعه بالنسبة لجسم آخر موجود في المحيط القريب منه. لذلك، عندما نريد أن نحدّد ما إذا كان جسمٌ ما متحرّكًا أو ساكنًا، علينا أن نحدّد بالنسبة لأية نقطة يعتبر الجسم متحركا أو ساكنا؛ النقطة التي نقيس الأبعاد والحركات بالنسبة لها، تُسمّى نقطة الانتساب.

مهمّة للتعرّف على الحركة النسبيّة

على منتصف طريق مستقيم وأفقي طوله 100 متر، توجد شجرة. على أحد طرفي مقطعٍ من الطريق، تقف الأجسام الخمسة التالية: الحمار، السلحفاة، الإنسان، السيّارة الخاصّة وسيّارة السباق، وتنطلق في حركتها في نفس الوقت. (انظروا المخطّط رقم 1)

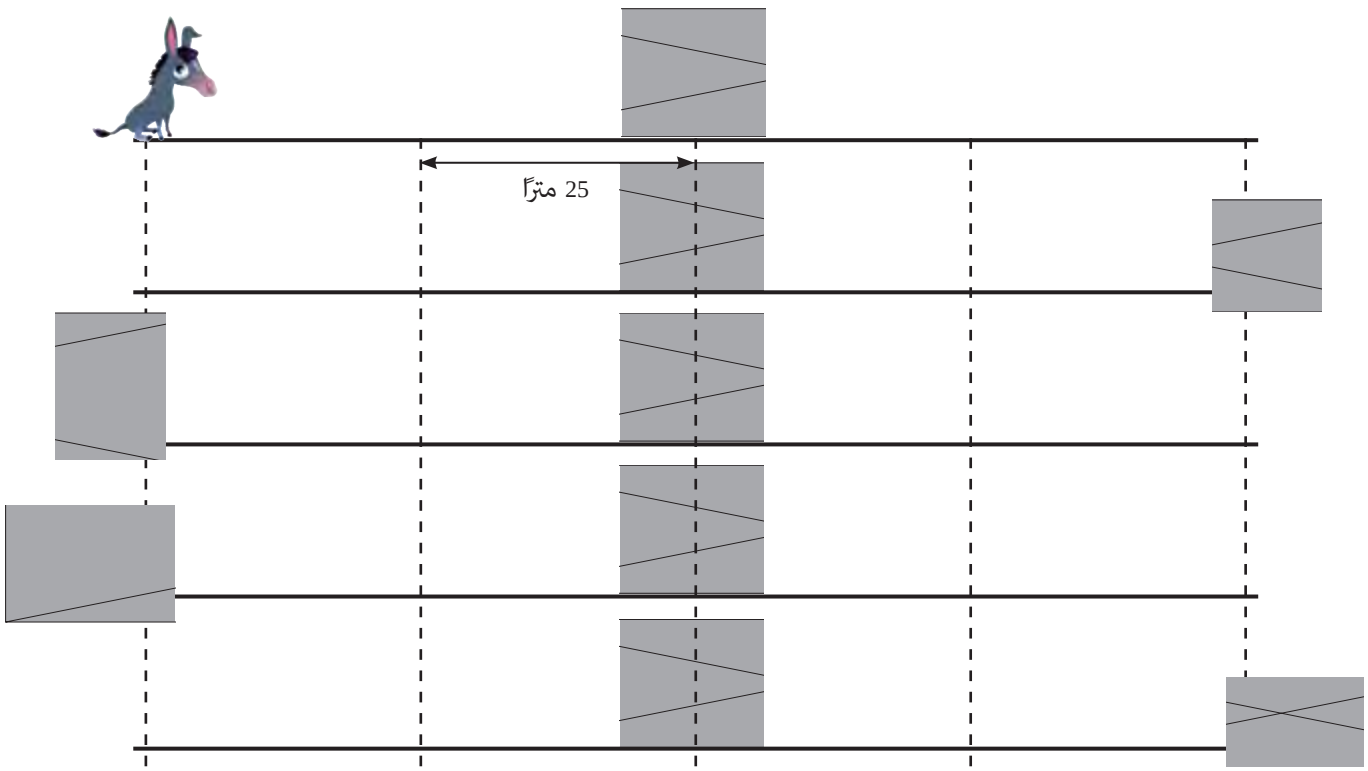
فيما يلي معطيات **عن حركة الأجسام الخمسة:**

- يبدأ الجميع بالتحرّك معًا.
- الحمار لا يتحرّك من مكانه.
- تقطع السلحفاة مسافة عشرة سنتمترات في الثانية الواحدة.
- يقطع الإنسان مسافة متر واحد في الثانية الواحدة.
- تقطع السيّارة الخاصّة عشرة أمتار في الثانية الواحدة.
- تقطع سيّارة السباق مسافة ٢٥ متر/ثانية الواحدة.

1. كيف يمكن أن نحدّد موقع كلّ واحد من هذه الأجسام قبل بدء حركته؟

الآن، حدّدوا ما هي نقطة النَّسب الّتي ستقيسون حسبها المسافات. علّموا المسافات الملائمة من هذه النقطة، على كل واحد من الخطوط المرسومة على عرض الطريق. ستشكّل هذه الخطوط مسطرة لقياس المسافات المطلوبة في السؤال. لتبسيط الأمور، سنحدّد ونقيس المسافات الأفقيّة فقط.

2. ما هو موقع كلّ واحد من الأجسام بالنسبة لنقطة الانتساب الّتي حدّدتموها؟



مخطط رقم 1

3. فكّروا، ماذا كان يمكن أن يحدث لو أننا حدّدنا نقطة انتساب مختلفة لكلّ واحد من الأجسام، ولماذا من الضروري تحديد نقطة انتساب ساكِنة؟

أسئلة للتفكير

أ. ما هي النقاط الّتي يصلح أن تكون نقطة انتساب لتحديد مواقع الأجسام الخمسة وحركاتها؟ علّلوا!

ب. حدّدوا نقطة الانتساب لقياس المسافات وتعريف الاتّجاهات المطلوبة. انتبهوا، بعد تحديد نقطة الانتساب لا يجوز تغييرها. علّموا بالأسهم في الصورة مواقع الأجسام الخمسة قبل بداية الحركة وبعد ثانية واحدة منها.

ج. ما البُعد بين نقطة الانتساب وكلّ واحد من الأجسام قبل بداية الحركة وثانية واحدة بعدها؟

د. ما عدد الثواني المطلوبة حتّى يصبح البُعد صِفرًا بين سيّارة السباق ونقطة الانتساب الّتي حدّدتموها؟

هـ. يرى سائق سيّارة السباق أنّ السيّارة الخاصّة تتقدم باتّجاهه بسرعة 35 مترًا/ثانية. صحيح/غير صحيح؟

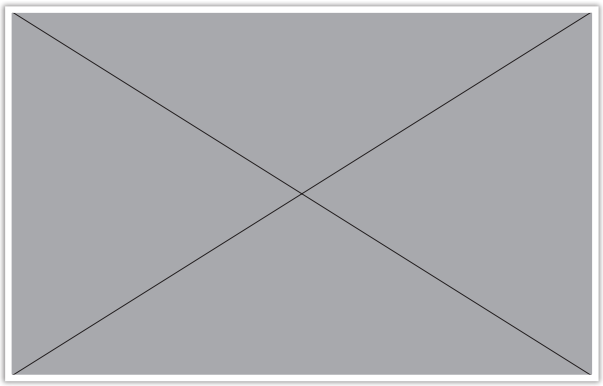
و. في أيّ اتّجاه يركض الرجل العدّاء كما يراه سائق السيارة الخاصّة؟

ز. يدّعي سالم أنّ العدّاء يركض بسرعة فائقة، بينما يدّعي فؤاد الّذي يقود السيّارة، أنّ الرجل العدّاء يركض ببطء. من منهما مُحقّ؟ علّلوا.

ح. يدّعي سائق سيّارة السباق أنّه ساكن بينما كلّ شيء حوله، بما في ذلك الشارع، يتحرّك. في أية حالة يعتبر السائق مُحقًّا في ادعائه؟

ط. اصطدمت سيّارة ريم بسيّارة أمامها. دفاعًا عن نفسها قالت ريم إنّها كانت ساكنة مكانها والمرْكَبة هي الّتي صدمتها برجوعها للخلف. كيف يمكن معرفة من المحقّ؟

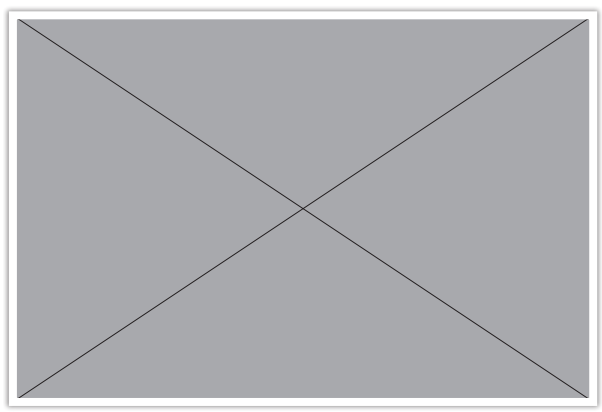
تذكّروا، ليس هناك ما يسمى مكان (موقع) مُطلَق أو سرعة مطلقة. يتمّ تحديد كلّ مكان وكلّ سرعة بالنسبة لنقطة انتساب متّفق عليها. لاحظوا، أنّه دون نقطة انتساب متّفق عليها يمكن لكلّ شخص الادّعاء أنّه ساكِن وأن الآخرين متحرّكون بالنسبة إليه!



تتحرّك الكرة الأرضية حول الشمس، وتتحرّك الشمس حول مركز المجرّة، وتتحرّك المجرّة الفضائيّة حول مجموعات من الكواكب الضخمة، وليست هناك نقطة واحدة في كلّ الكون ساكِنة بشكل مطلق.

سنطّلع فيما يلي على عدّة ظواهر تتجسّد فيها فكرة الحركة النسبيّة:

- ركاب الحافلة يتحرّكون بالنسبة للإنسان الواقف في الشارع، ولكنّهم ساكنون بالنسبة لسائق الحافلة.



- لدى ركوبنا عربة قطار مغلقة، لا نوافذ فيها، تتحرّك بسرعة ثابتة في خط مستقيم – لا نشعر بالحركة. متى نشعر بالحركة؟ فقط عندما تتحرّك العربة بطريق ملتوية وبسرعات متغيّرة، أو إذا فتحنا نافذة يمكن الإطلالة منها إلى الخارج، ورؤية العربة تتحرك بالنسبة إلى المنظر الطبيعيّ أو الأشجار إلخ.

- إذا قاد سائقان سيارتين في نفس الاتّجاه، وتجاوز أحدهما الآخر، قد يظنّ سائق السيّارة المتقدّمة أنّ السيّارة المتأخّرة تتحرّك إلى الخلف. ولكن إذا تساوت السرعة لدى الاثنين، فيمكن أن يظنّا أنّ السيّارتين ساكِنتان.

من الفهم إلى المصطلحات: الحركة النسبيّة

- كلّما كانت الحركة في الحيّز المروريّ أكثر تجانُسًا في اتّجاهها وسرعتها، كان الحيّز أكثر أمانًا.
- يلاقي الناس صعوبة في قياس السرعة واستيعاب اتّجاهات الحركة في الحيّز. كما يتعذّر لأسباب تتعلّق بالحركة النسبيّة، معرفة أيّ الأجسام يتحرّك وأيّها ساكن، أو من يتحرّك بسرعة ومن يتحرّك ببطء. بالتالي، يصعُب على السائقين أن يقرّروا إلى أيّ مدى سينجحون في اتّخاذ الخطوات اللازمة لتغيير سرعتهم في الحيّز، مثل: فرملة السيّارة أو إيقافها أو تجاوز سيّارة أخرى، وما شابه ذلك.

البيئة التعليميّة

أدخلوا إلى البيئة التعليميّة* "**التفكير في الحركة**"، إلى فعّاليّة "**تمرينات في التجاوز**".

في هذا المسار ستتمرّنون على تجاوز سيارات في طرق مختلفة وظروف متنوّعة، وستفحصون تأثير العوامل المختلفة على إمكانيّة التجاوز بنجاح. عليكم الوصول إلى نقطة النهاية خلال مدّة زمنية لا تتعدى الأربع دقائق، دون أن تتعرّض سيّارتكم لأيّ أذى. طبعًا، ممنوع التجاوز عند خطّ الفصل (خطّ أبيض متواصل)، وممنوع الاصطدام بالمَرْكَبات الأخرى. تقيّدوا بالتعليمات في أوراق المهمّة.

* ادخلوا البيئة التعليميّة "التفكير في الحركة"، بموجب التوجيهات المفصلة في صفحة 9.

السرعة

كان العالم **جاليليو جاليلي** الّذي عاش في القرن السابع عشر، أوّل من أدرك أنّ الحركة تربط بين المكان والزمن. ادّعى جاليلي أنّ الحركة هي تغيير موقع الجسم خلال مدّة زمنيّة معيّنة، وأطلق على تغيير المكان مع الزمن اسم السرعة. بمعنى، كلّما زادت التغييرات في المكان خلال مدّة زمنيّة معيّنة، كانت السرعة أعلى.

حسب جاليلي، السرعة هي وتيرة تغيير المكان خلال مدّة زمنيّة معيّنة. وبكلمات أخرى، السرعة هي القيمة الكمّية للنسبة بين المسافة المقطوعة والزمن (السرعة = المسافة ÷ الزمن). كلّما كانت قيمة هذه النسبة أعلى، كانت السرعة أعلى، وبالعكس.

وقد أفسح التفسير الّذي أُعطي لمصطلح السرعة، المجال لأول مرة للمقارنة بين السرعات المختلفة حتى عندما تتحرّك الأجسام في اتّجاهات أو فترات زمنيّة مختلفة. قد يبدو الأمر بالنسبة لنا مفروغًا منه، ولكنّه في تلك الفترة كان اختراقا علميًّا فكريًّا كبيرًا.

كيف يمكن، حسب تعريف جاليلي، أن نقارن بين سرعة الشخصيتين المصوَّرتين، وأن نحدد من منهما الأسرع؟

جاليليو جاليلي

هو عالم فلكيّ، فيزيائيّ وفيلسوف إيطاليّ.

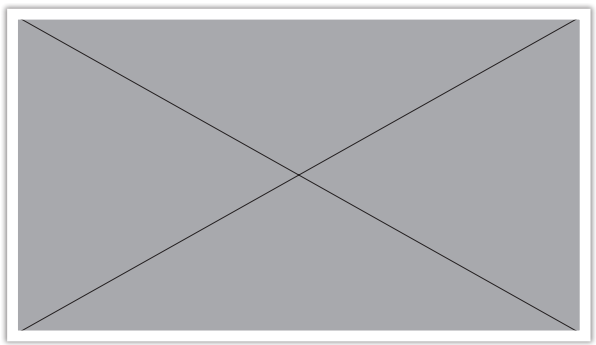
عاش بين السنوات 1564-1642. وضعت أبحاثه وملاحظاته الأسس للعلم الحديث في مجال الفيزياء، علم الفلك والميكانيكا.

حسب تعريف الحركة **كتغيير في مكان** الجسم خلال مدّة زمنيّة معيّنة، بإمكاننا أيضا تحديد السرعة:

السرعة هي النسبة بين التغيير في المكان (المسافة) والمدّة الزمنيّة الّتي يحدُث خلالها هذا التغيير.

بمعنى: **السرعة =** $\frac{\text{التغيير في المكان (المسافة)}}{\text{التغيير في الزمن}}$

الوحدة لقياس الزمن هي الثانية أو الساعة، والوحدة لقياس المسافة هي السنتمترات، الأمتار أو الكيلومترات. وعليه، تكون وحدة قياس السرعة كما يلي:
متر في الثانية (م/الثانية) أو كيلومتر في الساعة (كم/ساعة)، أو كلّ وحدة طول أخرى مقسومة على وحدة الزمن. سرعة 1 متر/الثانية تعادل سرعة 3.6 كم/ساعة؛ 10 م/الثانية = 36 كم/ساعة؛ 25 م/الثانية = 90 كم/ساعة.



في الصورة عدّاد سرعة موجود في كل مَرْكَبة.

أ. بأيّة وحدة تُقاس السرعة في لوح المقياس الخارجيّ للعداد، وبأيّة وحدة تُقاس في اللوح الداخليّ؟

ب. ما هي السرعة الّتي يُظهرها عدّاد السرعة في الصورة؟

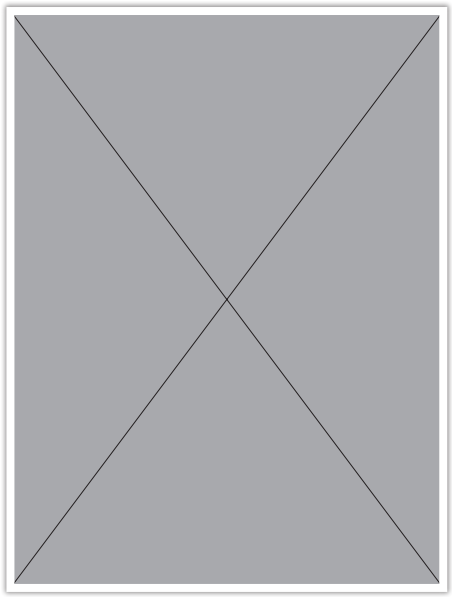
ج. كم كيلومترًا ستقطع هذه السيّارة إذا انتظمت سرعتها هذه خلال نصف ساعة؟ وخلال ساعتين؟

لاحظوا أنّ التغيير الكبير في المسافة خلال مدّة زمنيّة قصيرة، يعني أنّ **السرعة عالية**؛
والتغيير الصغير في المسافة خلال نفس المدّة الزمنيّة، يعني أنّ **السرعة أكثر انخفاضًا**.

السرعة هي مقدار فيزيائيّ له قيمة واتّجاه - يسمى مُتَّجهًا. يُشار إلى المتّجهات بواسطة أسهم. يشير طول السهم إلى القيمة المطلقة للسرعة ويشير اتّجاه السهم إلى اتّجاه الحركة.

مكان (موقع) الجسم
مسافة الجسم من نقطة انتساب معيّنة.

في الصورة آثار أقدامِ رجلٍ مشى على شاطئ بحر بوتيرة منتظمة: خطوة واحدة في كلّ ثانية. طول كلّ خطوة هو نِصف متر تقريبًا.



آثار أقدام إنسان على الرمال

1. ما المسافة الّتي قطعها الرجل حسب الصورة؟
2. كم ثانية استغرقت حركة الرجل حسب الصورة؟
3. هل بإمكانكم معرفة سرعته؟

مقارنة السرعات

نزهة صباحيّة

خرج الأب كريم وابنته لمياء في نزهة صباحيّة.

سار الاثنان يدًا بيد على نفس الطريق، وتحدّثا عن معنى الحياة وعن المستقبل. يستطيع كلّ ولد خرج في نزهة مع والده، أن يقدّر أنّ خطوات الأب أكبر من خطوات ابنته.

- اعتمادًا على تعريف مصطلح السرعة، أشيروا إلى الادّعاءات الصحيحة من بين الادّعاءات التالية المتعلّقة بسرعة الاثنين، وعلّلوا إجاباتكم:

أ. سرعة الاثنين متساوية.

ب. تحرّكَ الاثنان في نفس المدّة الزمنيّة.

ج. قطع الاثنان مسافة متساوية.

د. لدى عدّ خطواتهما سيتبيّن أن عدد خطوات لمياء أكبر من عدد خطوات أبيها على نفس المسافة المقطوعة.

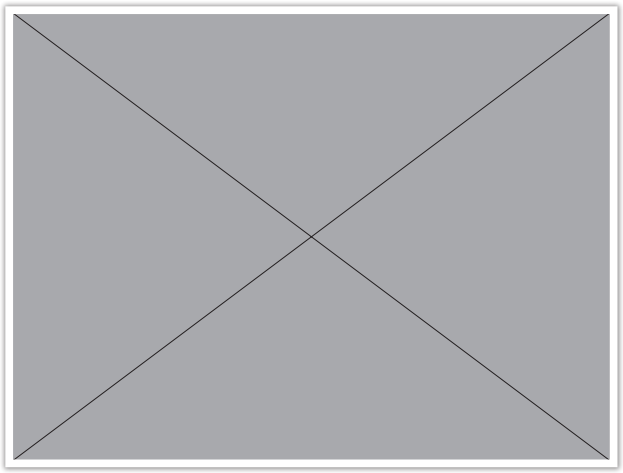
هـ. بما أنّ سرعتهما متساوية، فإنّ وتيرة خطواتهما (أي، عدد خطواتهما في وحدة زمنيّة معيّنة) يجب أن تكون متساوية.

و. وتيرة خطوات لمياء أكبر من وتيرة خطوات أبيها.

ز. سرعتهما متعلّقة فقط بكبر خطوات لمياء.

ح. سرعتهما متعلّقة بوتيرة خطوات الأب كريم.

ط. خطوات لمياء صغيرة لذا فهي تتحرّك بسرعة أعلى من سرعة أبيها.



طرق مختلفة للمقارنة بين السرعات

تأمّلوا المعطيات الواردة في الجداول التالية. **دون أن تحسبوا السرعة**، حدّدوا أيّ رقمين يمثّلان السرعة الأعلى. صنّفوا السرعات من الأعلى (1) إلى الأكثر انخفاضًا (3).

جدول 1: قياس السرعة

الزمن بالثواني	المسافة بالأمتار	تدريج السرعات (درجة السرعة)
10	1	
10	2.5	
10	30	

- على أيّ أساس اتّخذتم قراركم؟

الجدول ٢: حساب السرعة

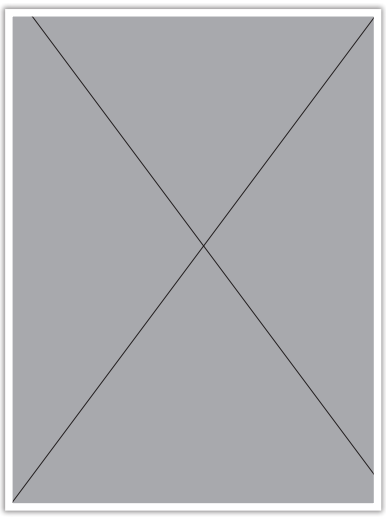
الزمن بالثواني	المسافة بالأمتار	تدريج السرعات (درجة السرعة)
20	0.2	
1	0.2	
10	0.2	

- على أيّ أساس اتّخذتم قراركم؟

1. ما الفرق بين الجدولين؟
2. بأيّة طريقة يتمّ تحديد الفائز في مسابقة عَدْوٍ؟
3. بأيّة طريقة يتمّ تحديد أيّة طائرة هي الأسرع من بين طائرتين؟ علّلوا!

السرعة في الحيّز المروريّ

الحركة في الحيّز المروريّ هي أسرع نسبيًّا من الحركة الطبيعيّة للإنسان، وهي تتمّ بواسطة مَرْكَبات أثقل بكثير من وزن الإنسان. للبشر أجهزة استشعار ملائمة لسرعات وتغييرات هي أبطأ بكثير ممّا يشهده الحيّز المروريّ. وفي حين لم يطرأ تغيير على هذه الخصائص الوراثيّة للإنسان، فإنّ تكنولوجيا الحيّز المروريّ والمرْكَبات تشهد تغييرات مستمرّة. تسبّب هذه الحقيقة مشكلة صعبة بالنسبة لإمكانيّة استيعاب الإنسان للحيّز وإدراك الأخطار الكامنة فيه، الأمر الّذي قد يعيق على البعض إمكانية الاندماج فيه. وتيرة التغييرات والأحداث في الحيّز سريعة جدا لدرجة يصعب معها إدراك الأوضاع المتغيّرة واستيعاب منحى هذه التغييرات، مما يعرّض الناس للخطر. تستطيع المركبات أن تتحرّك اليوم بسرعة فائقة، ولكنّها ملزمة في الحيّز المروري بالتقيّد بسرعة ملائمة لشروط الحيّز. مثلا، تعيّن أن تكون السرعة القُصوى في منطقة بلديّة مكتظّة 50 كم/ساعة، وفي منطقة مفتوحة بين بلدين يمكن أن تصل حتى 110 كم/ساعة. كلّ مَرْكَبة تتحرّك بسرعة أعلى من المسموح به، تعرّض نفسها ومستعملي الطريق الآخرين للخطر.



كاميرة سرعة في شارع يربط بلدين

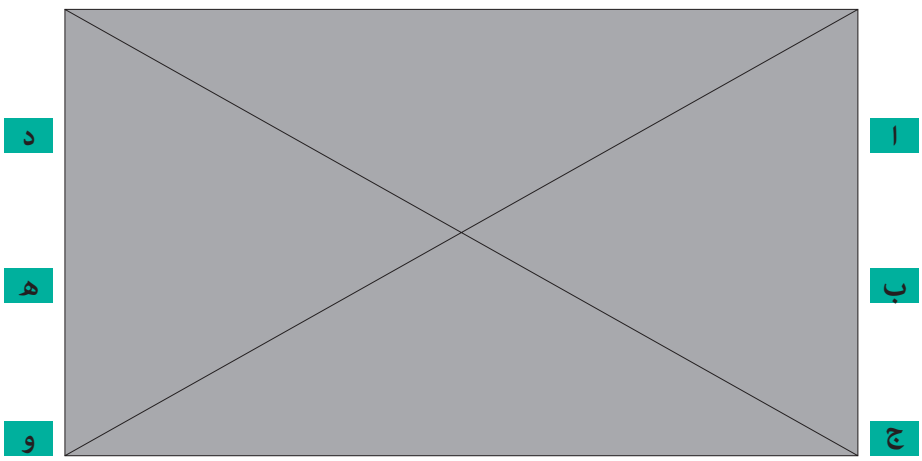
تستخدم شرطة إسرائيل كاميرات خاصّة لفحص سرعة وسائل المواصلات المختلفة، بهدف تطبيق القوانين المتعلّقة بمحدوديّة السرعة.

تقيس كاميرات السرعة المدةَ الزمنيّة الّتي تحتاجها مَرْكَبة معيّنة لقطع مسافة محدّدة بين نقطتين معلومتين. وهذا ما يحدُث عمليًّا: يتمّ تركيب كاميرتين على الطريق. تلتقط الكاميرا الأولى صورة المَرْكَبة الّتي تمرّ من أمامها، وبعد عدّة كيلومترات تلتقط الكاميرا الثانية صورة المَرْكَبة نفسها عندما تمرّ من أمامها. بما أنّ المسافة بين الكاميرتين ثابتة، يمكن بسهولة حساب معدّل سرعة المَرْكَبة، والتأكّد من أن صاحب المَرْكَبة لم يبطئ سرعته قبل بلوغ الموقع الّذي يعرف بوجود كاميرا فيه ولكنّه زاد سرعته لتتجاوز السرعة القانونية بعد ذلك.

يعتبر تسجيل السرعة بواسطة كاميرات السرعة شهادة معترفًا بها في المحكمة في قضايا مخالفات السير المتعلّقة بالسرعة.

كاميرة سرعة

1. تمّ تسجيل سرعة سيّارة معيّنة بواسطة كاميرتيْ سرعة تفصل بينهما مسافة 1.5 كيلومتر. قطعت السيّارة هذه المسافة خلال 0.5 دقيقة. ما هي سرعة السيارة بوحدة كم/ساعة؟ إرشاد: في الساعة الواحدة 60 دقيقة.



2. في الصور التالية تسجيل لمخالفات سير ارتكبها سائقون مختلفون.
من اليمين سرعة المركبة (بوحدة كم/ساعة) كما قاستها كاميرا السرعة، ومن اليسار السرعة (كم/ساعة) المسموح بها قانونيا في نفس المقطع من الطريق. المسافة بين الكاميرتين هي ٤،٣ كلم. قطعت إحدى المركبات هذه المسافة خلال دقيقتين. أية مركبة؟
3. يدّعي الكثير من السائقين، أنّه يتمّ تطبيق القانون المتعلّق السرعة بواسطة الكاميرات، لأنه الأسهل للتطبيق، وليس لأنه الأخطر. ما رأيكم في هذا الادّعاء؟ علّلوا! اسألوا أهلكم عن ذلك.

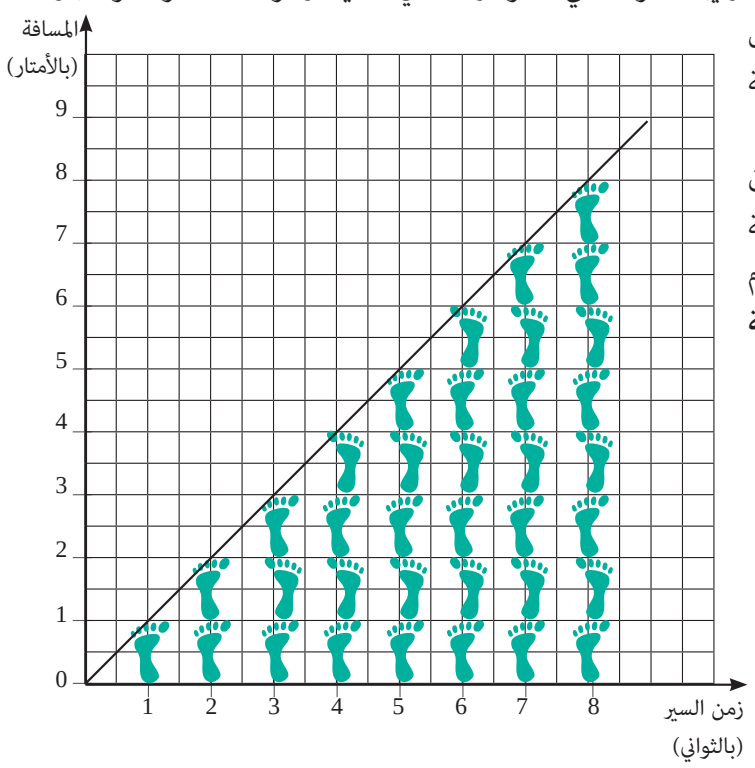
من الفهم إلى المصطلحات

عندما تتبارى سيارات على مسار سباق مستقيم دون تحديد سرعة قصوى، فإنّ السيّارة الأسرع هي الّتي تصل الأولى إلى خطّ النهاية. ولكن ليس هذا هو الحال في الحيّز المروريّ. ليس كلّ من يسوق أسرع يصل خلال مدّة زمنيّة أقصر إلى غايته. لتقصير مدة السفر في الحيّز المروريّ يختار السائقون المجرِّبون المسارات الّتي يكون فيها أقل عدد من المعيقات، فمثلا قد يمتنعون عن السفر في المسارات المكتظّة بالمرْكَبات، أو يختارون السفر في طرق لا يوجد فيها إشارات ضوئيّة أو شوارع متقاطعة معها، أو قد يختارون ساعة سفر موفّقة، ويلائمون مسار السفر لحالة الطقس، لظروف الرؤيا أو لمزاج ودرجة تعب السائق. لذلك، على السائق الّذي يسعى للوصول بأمان وخلال أقصر وقت ممكن إلى هدفه، أن يخطّط مسبقا مسار سفره، وليس بالضرورة أن يسوق بسرعة. السرعة العالية لا تضمن لنا دائما الوصول في أقصر وقت ممكن إلى هدفنا.

تمثيل السرعة في الرسم البيانيّ

بعد أن فسّر جاليليو جاليلي مصطلح السرعة، اقترح رينيه ديكارت أنْ يصف السرعة حسب هيئة المحاور الّتي ابتكرها. في هذه الهيئة يمثّل المحور الأفقيّ الزمن فيما يمثّل المحور العموديّ المسافة.

سنمثّل سير شخص في هيئة محاور تصف خطواته. لنفترض أنّ وتيرة خطواته هي خطوة واحدة في الثانية، وطول كلّ خطوة هو متر واحد. يمثل المحور الأفقيّ الزمن، وهو مقسّم إلى درجات، تعبّر كلّ درجة عن ثانية واحدة؛ أمّا المحور العموديّ فيمثّل المسافة المقطوعة، وتمثّل كلّ درجة في المحور مترًا واحدًا.



سنشير في هيئة المحاور إلى عدد الخطوات الّتي مشاها الإنسان خلال مدّة زمنيّة معيّنة (على محور الزمن)، وسنشير بنقطة إلى الموضع الّذي انتهت عنده الخطوة الأخيرة. والآن سنقوم بوصل كلّ النقاط بخطّ، فنحصل على خطّ مستقيم يمثّل **حركة الإنسان**.

رينيه ديكارت

هو فيلسوف وعالم رياضيّات عاش في القرن السادس عشر. ابتكر ديكارت هيئة المحاور العموديّة لوصف موقع النقاط في المستوى. سُمّيت هذه الهيئة على اسمه – هيئة المحاور الديكارتيّة.

يمثّل الرسم البيانيّ المسافة الّتي قطعها الشخص بوحدات زمنيّة معيّنة. كلّ **درجة** على محور الزمن تمثّل الوقت الّذي مرّ من لحظة بداية الحركة، في حين يمثّل عدد الخطوات المسافة الّتي قطعها من نقطة بداية الحركة. مثلا: خلال خمس ثواني ابتعد الشخص مسافة خمس خطوات عن نقطة البداية.

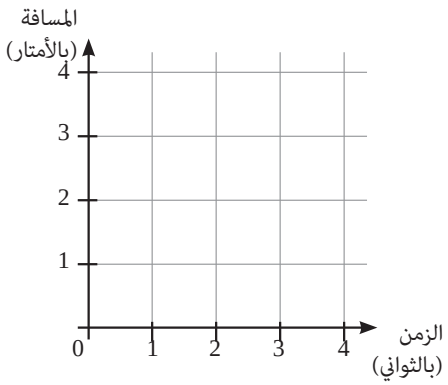
تأمّلوا الرسم البيانيّ وأجيبوا عن الأسئلة التالية المتعلّقة بسير الشخص:

1. ما عدد الأمتار الّتي قطعها الشخص خلال أربع ثواني؟ خلال صفر ثواني؟
2. كم ثانية استغرق قطع مسافة ستة أمتار؟ ثمانية أمتار؟
3. كيف يمكن إعطاء أجوبة بالنسبة لمعطيات لا تظهر بوضوح في هيئة المحاور، مثلا: كم من الوقت سيستغرق قطع 10 أمتار، 15 مترًا، 30 مترًا؟
4. احسبوا وارسموا في هيئة محاور من هذا النوع، حركة شخص يساوي طول خطوته ضِعف طول الخطوة في الرسم البيانيّ السابق.
5. كيف نمثّل حركة شخص يساوي طول خطوته نصف طول الخطوة في الرسم البيانيّ السابق؟ ارسموا الرسم البيانيّ.
6. ما الفرق بين الرسوم البيانيّة الثلاثة؟ ماذا يعني هذا الفرق؟

الرسم البياني المسافة-الزمن

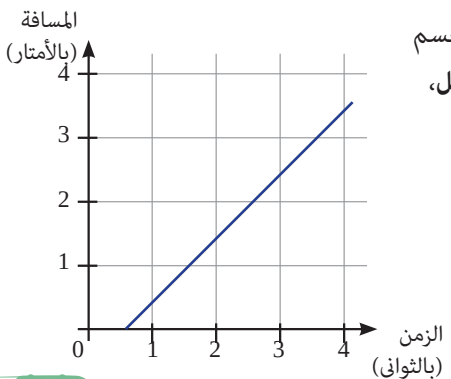
يتمّ وصف موقع جسم متحرّك على **خطّ مستقيم** بواسطة هيئة المحاور. المحور الأفقيّ هو محور الزمن ويُقاس بالثواني، أمّا المحور العموديّ فهو محور المسافة ويُقاس بالأمتار.

نقطة تقاطع المحورين تسمى بنقطة الأصل، وتمثّل نقطة الانتساب لبداية الحركة، وتسمى أيضًا نقطة الصفر.



رسم بيانيّ لحركة جسم يتقدّم بخطّ مستقيم وسرعة منتظمة

الرسم البيانيّ الّذي نحصل عليه يسمّى **رسمًا بيانيًّا للحركة**، وهو يصف حركة جسم يتحرّك على خطّ مستقيم وبسرعة ثابتة (منتظمة)، من خلال **خطّ مستقيم مائل**، بهذا الشكل:

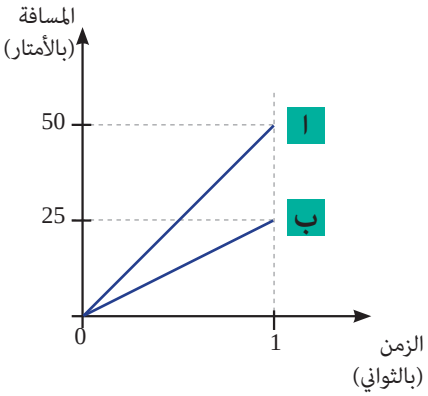


خطّ مستقيم

في هذه المرحلة سنتطرّق إلى الحركة على خط مستقيم فقط.

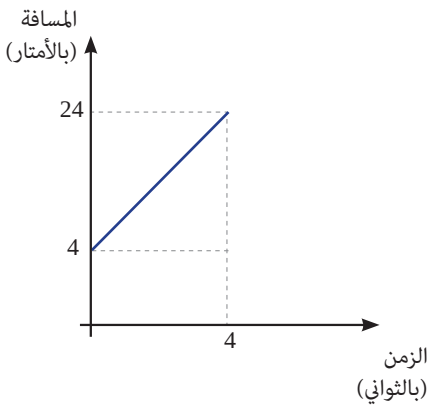
يصف الرسم البيانيّ التالي حركة السيّارتين أ و-ب. قارنوا بين سرعة السيّارتين.

1. أيّ من السيّارتين تتحرّك بسرعة أكبر؟
2. كيف يمكن معرفة ذلك؟
3. اعتمادًا على هذا الرسم البيانيّ، صيغوا قانونًا يحدّد العلاقة بين السرعة وميل الخطّ المستقيم.



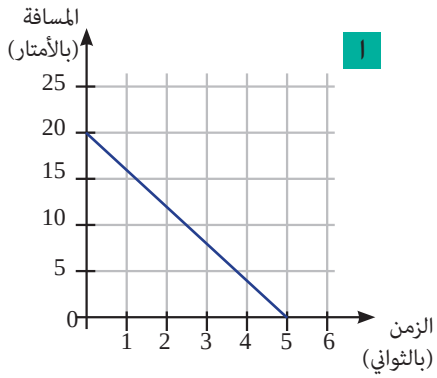
أمامكم رسم آخر يصف حركة راكب درّاجة هوائيّة.

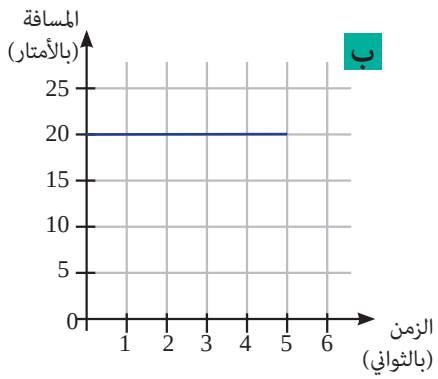
1. بماذا يختلف هذا الرسم البيانيّ عن السابق الّذي يصف حركة السيّارتين؟
2. في أيّ موقع بدأ الراكب حركته؟
3. ما عدد الأمتار الإجمالي الّذي قطعه؟
4. كم من الوقت استغرقت حركته؟
5. ماذا كانت سرعته؟



ميل الخطّ المستقيم في الرسم البيانيّ للحركة يمثّل سرعة حركة الجسم. كلّما كان ميل الخطّ أكبر كانت سرعة الجسم أعلى؛ وكلّما كان ميل الخطّ أصغر كانت السرعة أبطأ.

تصف الرسوم البيانيّة التالية الحركة على خط مستقيم للجسمين أ و-ب.





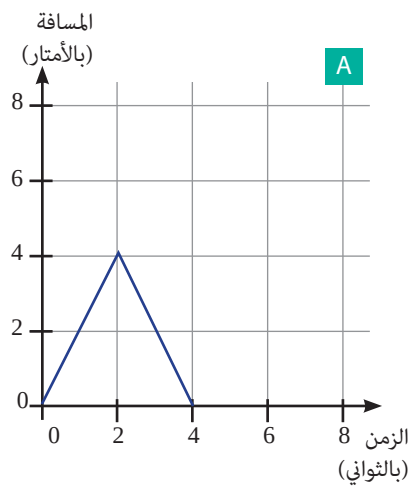
1. ما هو البعد بين الجسمين وبين نقطة الأصل عند بداية حركتهما؟
2. ما هو بعد الجسم أ عن نقطة الأصل بعد خمس ثواني من بداية حركته؟
3. ما هو بعد الجسم ب عن نقطة الأصل بعد خمس ثواني من بداية حركته؟
4. ماذا يمكن القول عن حركة هذين الجسمين؟
5. عمّموا استنتاجكم: ماذا يعني الخطّ المستقيم المتّجه للأسفل في الرسم البيانيّ للحركة؟ ماذا يعني الخطّ المستقيم الأفقيّ في الرسم البيانيّ للحركة؟

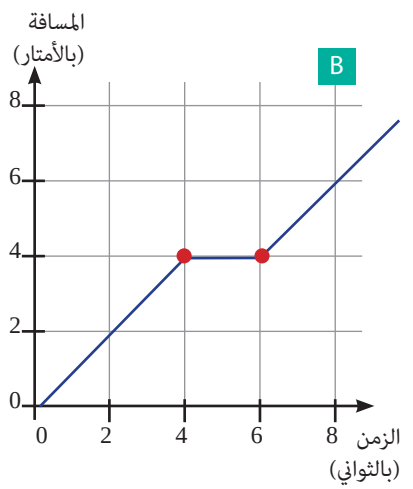
التمثيل البيانيّ لأنواع مختلفة من الحركة

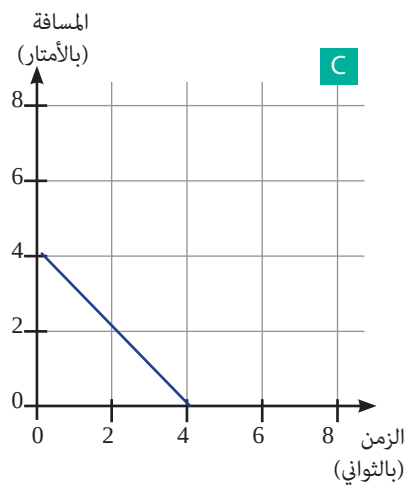
يمكن تمثيل كلّ حركة بواسطة رسوم بيانيّة، ويتمّ استخدام المحاور الأفقيّة لتحديد الزمن والمحاور العموديّة لتحديد المكان. كلّ نقطة في هيئة محاور من هذا النوع تكون ممثلّة بزمن معطًى وبتحديد موقعها من نقطة الانتساب.

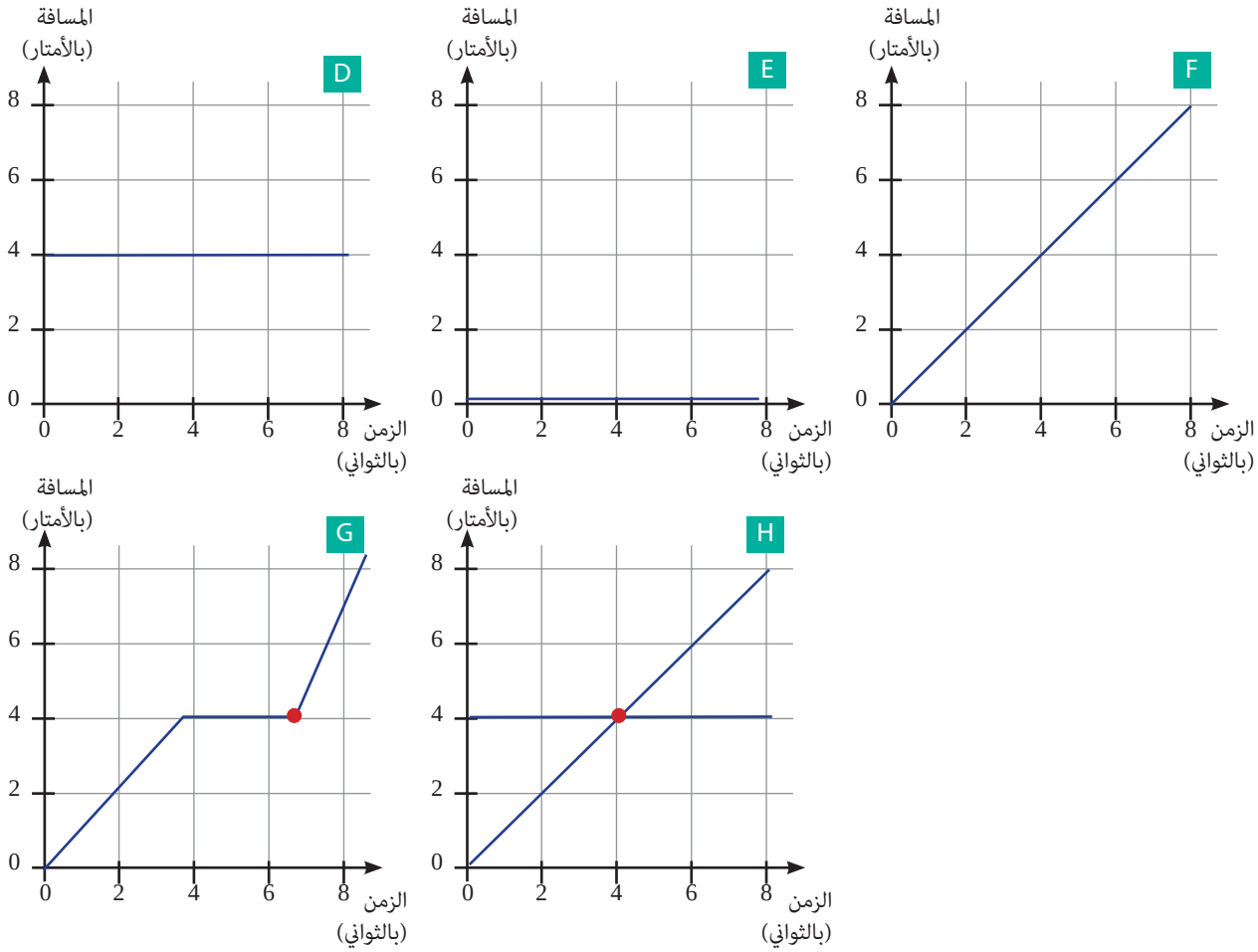
نقطة الانتساب ممثلة بالعددين (٠،٠). النقطة (٠،٠) في هيئة المحاور تسمّى أيضًا نقطة أصل المحاور. مثلًا: في النظام الّذي يُقاس فيه الزمن بالثواني والمسافة بالأمتار، تكون كلّ نقطة كما أسلفنا ممثّلة بقيمتين (المسافة والزمن). مثلا، تعني النقطة (2،4) أنه بعد ثانيتين سيكون الجسم على مسافة أربعة أمتار من نقطة الانتساب.

تأمّلوا الرسوم البيانيّة التالية الّتي تصف حركة أجسام مختلفة، وأجيبوا عن الأسئلة التالية:









أي رسم، أو رسوم، يبيّن (تبيّن) الحركة في الأوضاع التالية:

1. تبقى واقفًا مكانك.
2. تسير بشكل منتظم على شارع مستقيم.
3. تسير خطوتين للأمام وخطوتين للوراء.
4. تسير خطوة للأمام، تقف ثانيتين، وتواصل السير.
5. تسير في مركزٍ للّياقة البدنية على جهاز كهربائيّ للمشي.
6. تسير وتجرّ درّاجتك بجانبك، تتوقف لمدة ثلاث ثواني، ثمّ تركب درّاجتك وتتقدّم بسرعة أعلى من سرعة سيرك.
7. أنت على بعد أربعة أمتار من نقطة الأصل وتبقى مكانك.
8. أنت على بعد أربعة أمتار من نقطة الأصل وتبقى مكانك. صديقك موجود عند نقطة الأصل ويبدأ بالتقدّم باتّجاهك حتّى يقابلك، ثمّ يواصل سيره.

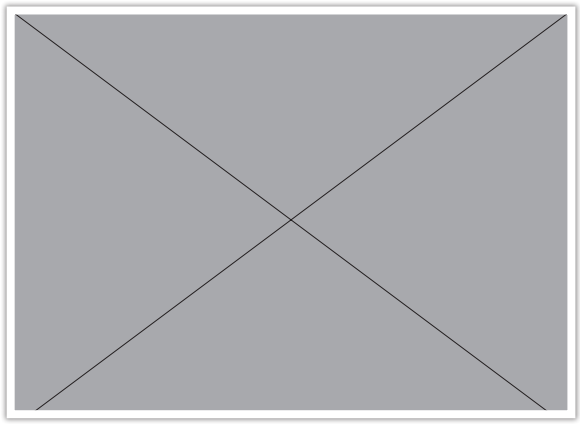
تلخيص

في هذا القسم تعلّمنا ما هي الحركة وما هي العوامل الثلاثة التي تؤثّر عليها: **السرعة والزمن والمسافة المقطوعة**. تعلّمنا أن المسافة المقطوعة والسرعة هما قيمتان نسبيّتان يتمّ قياسهما نسبة **لنقطة انتساب** ثابتة. يمكننا وصف الحركة عن طريق **الرسم البيانيّ للحركة**، والمقارنة بين أنواع الحركة المختلفة.

التأثيرات المتبادلة والقوى

كيف يمكن تحريك جسم ساكن، أو تغيير سرعة جسم متحرّك؟ ما الذي يسبّب حركة الجسم؟

تَمّ التقاط الصور التالية لأجسام متحرّكة. فسّروا ما الّذي حرّك كلّ واحد من الأجسام التالية: الزورق، عربة الأطفال، السيّارة، العربة المجرورة والطائرة.



يحتوي عالمنا على أجسام متنوّعة تغيّر مكانها وشكلها باستمرار. هذه التغييرات هي نتيجة عمليّات متبادلة بين الأجسام في الأنظمة والبيئات الّتي تشكّل حياتنا. تسمّى عمليات التبادل هذه **بالتأثيرات المتبادلة**.

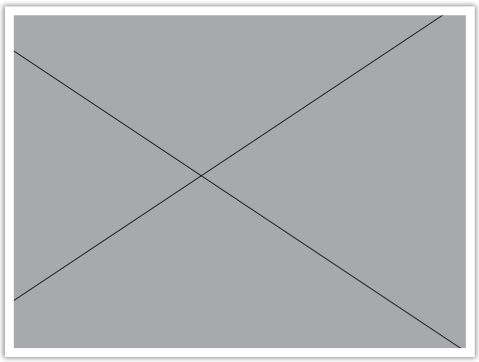
ما هي التأثيرات المتبادلة؟

التأثيرات المتبادلة بين الأجسام هي **عمليّة تبادليّة** فيما بينها، بمعنى أنّ الجسم المشارك في العمليّة يؤثّر بطريقة معيّنة على جسم آخر ويتأثّر منه.

تأمّلوا مرة أخرى الصور أعلاه الّتي تصف حالات مختلفة من الحركة والتأثيرات المتبادلة. ميّزوا الأجسام المشاركة في التأثيرات المتبادلة، صِفوها من خلال الإجابة على الأسئلة التالية:

1. ما هي الأجسام المشاركة في التأثيرات المتبادلة؟
2. ما هي التغييرات الّتي تحدث في كلّ واحد من الأجسام نتيجة اللّقاء بينها؟
3. هل تعود الأجسام إلى شكلها الأصليّ بعد اللقاء؟

تأمّلوا الأمثلة الإيضاحيّة التالية حول التأثيرات المتبادلة.



وسادة هوائيّة

حزام أمان

خوذة

أ. الهدف من الوسادة الهوائيّة وحزام الأمان والخوذة هو منع وقوع تأثيرات متبادلة أخرى. ما هي؟

ب. ما المشترك لهذه التأثيرات المتبادلة الثلاثة؟

ج. ما أهمّيّة وسائل الأمان هذه في حياتنا اليوميّة؟

سنتطرّق الآن لنتائج التأثيرات المتبادلة.

تأمّلوا الأمثلة التالية:

ركل الكرة

إطار مثقوب في الشارع

لعبة بولينج

لعبة بلياردو

أ. بين أيّة أجسام تطرأ تأثيرات متبادلة في كلّ نموذج من الأمثلة أعلاه؟

ب. في ثلاث حالات من حالات التأثيرات المتبادلة الأربع أعلاه، تكون النتيجة متشابهة. ما هي هذه الحالات، وما هي النتيجة؟

ج. ما هي التغييرات الّتي طرأت على الأجسام المشترِكة في التأثيرات المتبادلة؟

د. بماذا يختلف التأثير المتبادل في صورة الإطار المثقوب عن بقية الحالات؟

هـ. كيف يمكن زيادة التغييرات الّتي نتجت عن التأثيرات المتبادلة في كلّ واحدة من الحالات؟

و. ماذا كانت ستكون نتائج التأثيرات المتبادلة لو كانت الكُرات مصنوعة من الزجاج؟

نتائج التأثيرات المتبادلة

كما رأينا، وكما علّمَنا البحث، هناك ثلاث نتائج محتملة للتأثير المتبادل:

- تغيير في **شكل الأجسام** المشتركة في التأثير المتبادل – **تشويه**.
- تغيير في سرعة الأجسام، في اتّجاه حركتها أو في مكانها – **حركة**.
- تغيير في **شكل** الأجسام معًا **وحركتها**.

أعطوا أمثلة أخرى لتأثيرات متبادلة بين أجسام تعرفونها وتكون نتائجها إمّا:

أ. تغيير الشكل

ب. تغيير الحركة

القوّة

تعرّفنا على أنواع مختلفة من التأثيرات المتبادلة الّتي تحدث في ظروف مختلفة بين أجسام متلامسة، ورأينا النتائج الّتي قد تكون تغييرًا في الوضع، أو في شكل أو سرعة الأجسام المشتركة. العامل الّذي يسبّب التغييرات في شكل أو حركة الأجسام المشتركة في التأثيرات المتبادلة هو: **القوّة**.

بكلمات أخرى، هناك قوى تعمل بين الأجسام المتلامسة المشتركة في التأثيرات المتبادلة. يؤثر الجسم الأول بقوّة على الجسم الثاني، ونتيجة هذه القوة يتغيّر الجسمان. إذا لاحظنا تغييرا في حركة أو شكل هذين الجسمين، يمكننا الاستنتاج أن هناك قوى أثّرت عليهما.

القوّة هي العامل الّذي يسبّب تغييرات في حركة أو شكل الأجسام من خلال التأثيرات المتبادلة بينها.

التأثيرات المتبادلة والقوى

والآن، بعد أن عرّفنا مصطلح القوّة، بإمكاننا أن نصف التأثيرات المتبادلة بين الأجسام بواسطة تأثير القوى. تعلّمنا أنّ كلّ تأثير متبادل بين جسمين يكون متبادلاً، أي أنّ كلّ واحد من الجسمين يؤثّر على الجسم الثاني ويتأثّر منه. إذا استخدمنا مصطلحات القوى، يمكننا أن نقول إن الجسم أ يؤثر بقوة على الجسم ب، والجسم ب يؤثر بقوة على الجسم أ.

مثال:

في الصورة أدناه سيّارة واقفة في الشارع. بين السيّارة والشارع هناك تأثير متبادل. أي أنّ السيارة تؤثّر بقوّة على الشارع، وكردّ فعل يؤثّر الشارع بقوّة على السيّارة.

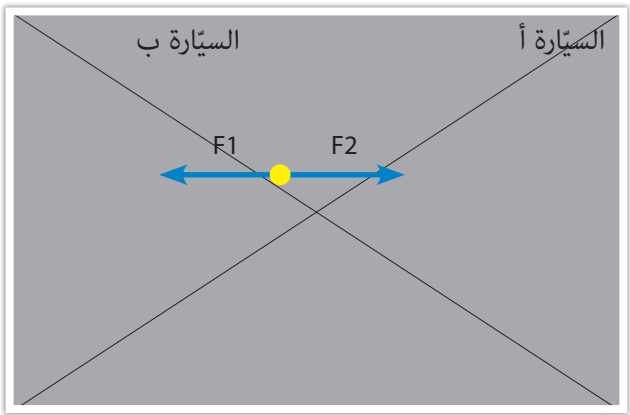
تأثيرات متبادلة بين سيّارة وشارع

في التأثير المتبادل بين السائق الجالس في السيّارة والسيّارة، يؤثّر السائق بقوّة على مقعد السيّارة، وكردّ فعل يؤثّر مقعد السيّارة بقوّة على السائق.

تأثيرات متبادلة بين السائق والسيّارة

1. عندما تكون السيارة متحرّكة ويقوم السائق بإدارة المِقوَد، تتحرّك السيّارة في خطٍّ دائريّ. أيُّ تأثيرٍ متبادل يسبّب دوران السيّارة؟ فكّروا وعلّلوا إجاباتكم.
   أ. بين السائق والمقود
   ب. بين المقود والعجلات
   ج. بين العجلات والشارع
   د. بين العجلات والمقود

2. في التأثير المتبادل خلال صدام بين سيّارتين متشابهتين (في الصورة)، تؤثّر السيّارة أ قوّة F_1 على السيّارة ب، وكردّ فعل تؤثّر السيّارة ب قوّة F_2 على السيّارة أ.
   أ. كيف نعرف أنّ هناك قوى أثّرت على السيّارتين؟
   ب. ما رأيكم في مقدار القوى الّذي أثّرته السيّارتان على بعضهما البعض؟ هل هي قوى متساوية أم مختلفة بالمقدار؟ علّلوا إجاباتكم.



تأثيرات متبادلة بين سيّارتين

القوى الّتي يؤثّرها جسم على جسم آخر – مبدأ الفعل وردّ الفعل

تأثيرات متبادلة بين الزورق والماء

كما ذكرنا، في التأثير المتبادل يشترك جسمان يؤثّر كلّ منهما بقوّة على الآخر. تسبّب القوى الّتي تؤثّر عليهما تغييرًا في حركتيهما أو شكليهما. أي أنه إذا غيّر جسم ما حركته فهذا يعني أنّ قوّة ما أثّرت عليه.
لنعُد إلى نموذج راكب الزورق الّذي قابلناه في بداية الفصل:
الراكب الجالس في الزورق (هو جزء منها) يشغّل قوة على الماء (بواسطة المجذاف). نتيجة ذلك يتحرّك الزورق ويتقدم إلى الأمام. ولكن قلنا إن الجسم يغيّر حركته فقط إذا أثّرت عليه قوّة. هل هناك قوة تؤثّر فعلًا على الزورق؟ ما الّذي يشغّل هذه القوّة؟

الاستنتاج هو أنه في التأثير المتبادل بين الماء والزورق، تؤثّر الماء بقوّة في الاتّجاه المعاكس لاتّجاه القوّة الّتي يؤثّرها الراكب بواسطة المجذاف. قوّة الماء هذه هي الّتي تسبّب تقدّم الزورق.

عندما نحاول التزلج بواسطة المزلاج (سكيتبورد) باتّجاه اليمين، فإنّ المزلاج يتّجه نحو اليسار. فسّروا السبب؟

المزلاج يتحرّك للأمام

بإمكاننا الاستنتاج أنّ القوى الّتي تؤثّر على جسمين في التأثير المتبادل هي متعاكسة بالاتّجاه.

أمثلة

مدفع يرتدّ للوراء كردّ فعل على إطلاق قذيفة للأمام

يدفع السبّاح الماء إلى الوراء وكردّ فعل يدفع الماء السبّاح للأمام

ماذا يمكن أن نقول عن مقدار القوى؟

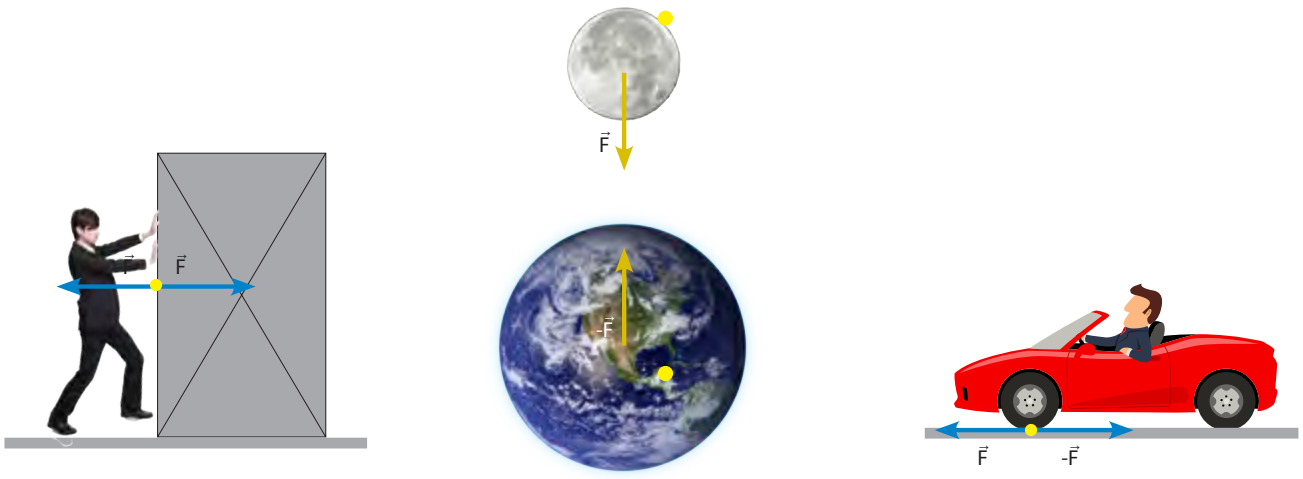
1. إذا شغّل الراكب قوة أكبر، ماذا سيحدث للزورق؟
2. ما الاستنتاج بالنسبة لقوّة ردّ الفعل الّتي يؤثّرها الماء على المجذاف؟
3. ماذا سيحدث للزورق إذا أثّر الراكب قوّة أقلّ؟ ماذا ستكون عندها قوّة الماء في رأيكم؟
4. صوغوا استنتاجًا عامًّا بالنسبة لقيمة القوى في التأثير المتبادل.

التأثيرات المتبادلة الناتجة عن التماس وغير التماس

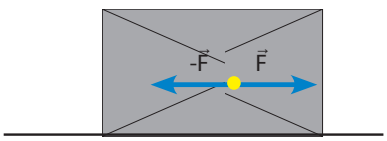
في كلّ تأثير متبادل ناتج عن **تماس، أو بطريقة أخرى**، بين جسمين تكون القوى المتبادلة بين الجسمين متساوية بالمقدار ومتعاكسة بالاتّجاه. أطلق نيوتن على هذا النوع من التأثير المتبادل اسم "**فعل وردّ فعل**". بمعنى أنّ **قوّة** الفعل الّتي يؤثّر بها جسم على جسم ثان، تكون مساوية لقوّة ردّ الفعل الّتي يؤثّر بها الجسم الثاني على الأوّل.

عندما ندفع ثلاّجة، عندما تسافر سيّارة، عندما نحرّك جسما على سكّة أو عندما تتجاذب الكرة الأرضيّة والأجسام من حولها - في كلّ هذه الحالات تتكوّن قوى فعل وردّ فعل متساوية بالمقدار ومتعاكسة بالاتجاه.

كذلك الأمر عندما تتولّد قوى في تأثيرات متبادلة عن بُعد، مثلا القوى المغناطيسيّة والقوى الكهربائيّة وقوى الجاذبيّة، تكون قوى الفعل وردّ الفعل متساوية بالمقدار ومتعاكسة بالاتجاه، حتى لو اختلفت كتلة الجسمين.



كذلك الأمر عندما تتولّد قوى في تأثيرات متبادلة عن بُعد، مثلا القوى المغناطيسيّة والقوى الكهربائيّة وقوى الجاذبيّة، تكون قوى الفعل وردّ الفعل متساوية بالمقدار ومتعاكسة بالاتّجاه، حتى لو اختلفت كتلة الجسمين.



كرتا سنوكير مختلفان بكتلتهما ، لكن يؤثّران الواحد على الأخر قوّة متساوية .

السيّارة الّتي كتلتها أقلّ من كتلة الشاحنة تؤثّر قوّة مساوية للقوّة الّتي تؤثّرها الشاحنة على السيّارة.

هذا المبدأ هو واحد من قوانين **نيوتن** الثلاثة ويُسمّى "**قانون الفعل وردّ الفعل**".

كاستنتاج من كلّ الأمثلة يمكن أن نصيغ **الفكرة العلميّة** التالية:

القوى الّتي يؤثّر بها جسمان على بعضهما البعض تكون متساوية بالمقدار ومتعاكسة بالاتّجاه.

السير **اسحاق نيوتن** كان فيزيائيًّا وعالم رياضيّات إنجليزيًّا، اعتبر من أبرز العلماء في كلّ العصور. في كتابه "الأصول الرياضيّة للفلسفة الطبيعيّة" الّذي نُشر عام 1687، وصف نيوتن قوّة الجاذبيّة وكذلك قوانين الحركة الثلاثة، ووضع أسس **المكانيكا الكلاسيكيّة**.

والآن انتبهوا للمثال التالي:

قطار يصطدم بسيّارة - هذا تأثير متبادل تؤثّر فيه قوى الفعل وردّ الفعل بين السيّارة والقطار. حسب مبدأ الفعل وردّ الفعل، فإنّ هذه القوى متساوية بمقدارها، ولكن ما هي النتيجة في الواقع؟

تصادم بين قطار وسيّارة

الإجابة أمامكم:

القوّة القادرة على تحطيم السيارة بالكاد تسبّب أيّ ضرر للقطار.

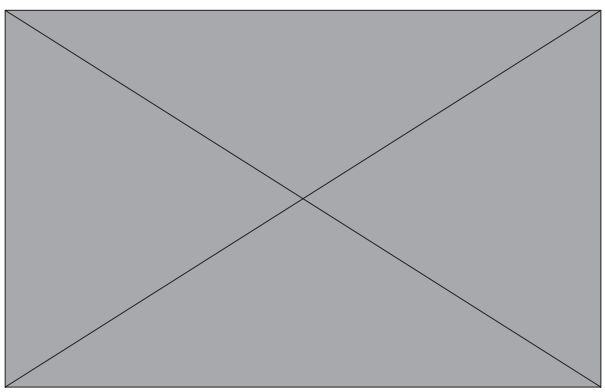
استنتاج

حتّى لو كانت قوى الفعل وردّ الفعل متساوية بالمقدار، إلّا أنّ نتائج تأثيرها – الأضرار أو التغييرات في شكل الأجسام – لا تكون بالضرورة متساوية. ما يحدد شدّة الضرر هو مقدار وقوّة مبنى كلّ واحد من الأجسام المشتركة في الاصطدام. كلّما كانت القوى الّتي يؤثّر بها جسم على جسم آخر أكبر، كان تأثيرها على نتائج عمليّة التأثير المتبادل أكبر.

لنتأمّل الأمثلة التالية للتأثيرات المتبادلة في الحيّز المروريّ.

السيّارة أ

السيّارة ب



السيّارة ج

السيّارة د

أ. صفوا الأجسام المشتركة في التأثيرات المتبادلة، واكتبوا كيف كانت حالتها قبل التأثير المتبادل؟
ب. بماذا تغيّرت حالتها نتيجة التأثير المتبادل؟
ج. ما هي العوامل، حسب رأيكم، الّتي تؤثّر على نتائج التأثير المتبادل؟

من الفهم إلى المصطلحات: مبدأ الفعل وردّ الفعل

الإنسان هو صاحب أصغر كتلة من بين كلّ الأجسام الّتي تتحرّك داخل الحيّز المروريّ، لذا فإنّ إمكانيّة صموده ضئيلة لدى حدوث تأثيرات متبادلة مع أجسام أخرى أكبر منه كتلةً. معنى هذا أنّ كلّ تأثير متبادل بين الإنسان وأجسام في الحيّز المروريّ يمكن أن تكون خطيرة جدًّا بالنسبة له، بغضّ النظر عن نوع التأثير المتبادل. أحيانا، يمكن لتأثير متبادل طفيف أن يسبّب إصابات بالغة للإنسان. ليس هناك حدّ أدنى لمقدار القوّة في التأثير المتبادل بين جسم الإنسان والحيّز المروريّ، الّذي يمكن أن نكون بأمان إذا كنّا تحته. كلّ تأثير متبادل بين الأجسام المتحرّكة أو الساكنة في الحيّز المروريّ تعتبر خطيرة بالنسبة لنا، لذا علينا أن نعمل جهدنا للتصرّف بشكل يجنّبنا مسبقًا جميع أنواع التأثيرات المتبادلة.

التأثيرات المتبادلة في حوادث سير بين عدّة مَرْكَبات

يمكن لكلّ واحد من الأجسام في الحيّز المروريّ أن يشترك في تأثيرات متبادلة متعدّدة ومختلفة في بيئته المحيطة في نفس الوقت، وفي بعض الأحيان لا يكون من الممكن توقّع النتائج. لا يمكن للجسم أن يكون بتأثير متبادل مع نفسه فقط. التأثير المتبادل يتمّ بين جسمين مختلفين. كلّ واحد من الجسمين المشتركين يمكن أن يشترك في نفس الوقت بتأثيرات متبادلة مع أجسام أخرى.

حادث سير بين عدّة مَرْكَبات

التأثير المتبادل في الحيّز المروريّ الّذي تشترك فيه على الأقلّ مَرْكَبة واحدة متحرّكة هو عبارة عن اصطدام. في كلّ حادث طرق تصطدم مَرْكَبة بمَرْكَبة أخرى أو بجسم ساكن أو بأحد المُشاة في الحيّز.

حادث سير بين عدّة مَرْكَبات، هو حادث يشهد سلسلة من الاصطدامات المتتالية بين عدّة مَرْكَبات نتيجة عدم تطبيق تعليمات المرور. سنتناول شرح الموضوع بالتفصيل في الفصل التالي.

في الصورة اليسرى حادث سير بين عدّة مَرْكَبات. بعض الحوادث من هذا النوع أدّت إلى وقوع ضحايا في الأرواح في موقع بعيد عن المكان الّذي بدأ فيه الحادث.

أ. كيف يمكن تفسير ذلك؟
ب. بماذا يختلف حادث متعدّد المَرْكَبات عن الصدام العاديّ؟
ج. ما الّذي سبّب وقوع حادث متعدّد المَرْكَبات وكيف كان بالإمكان منعه؟
د. هل وقعت كلّ التأثيرات المتبادلة في نفس الوقت؟ فسّروا.
هـ. حادث سير متعدّد المَرْكَبات هو تأثير متبادل بين عدد كبير من الأجسام. هل كلّ سيّارة من السيّارات موجودة في تأثير متبادل مع بقية السيّارات؟ كم سيّارة يمكن أن تشترك في تأثير متبادل واحد؟ فسّروا.
و. ماذا كان فعل التأثير المتبادل على كلّ واحد من الأجسام المشتركة به؟ فكّروا بمصطلحات "قبل" و"بعد"...

أسئلة للتفكير

تأمّلوا الصورة في الجهة اليسرى، وأجيبوا:

أ. أيّة تأثيرات متبادلة (ليست فيزيائيّة بالضرورة) موجودة بين سائق السيّارة الّذي في الصورة وبين بيئته المحيطة؟
ب. أيّة تأثيرات متبادلة تحدُث نتيجة التماس وعن أي بُعد؟
ج. ما الخطورة الكامنة في اشتراك السائق في عدّة تأثيرات متبادلة في نفس الوقت؟

التأثيرات المتبادلة التواصليّة في الحيّز المروريّ

بالإضافة للتأثيرات المتبادلة الجسديّة، هناك أنواع أخرى من التأثيرات المتبادلة الّتي تتمّ بين الناس. تنعكس هذه التأثيرات في الإشارات والرموز المختلفة الّتي تنظّم حركة السير في الحيّز المروريّ. **التأثير المتبادل التواصليّ** هو **نقل المعلومات** تساهم في التكيّف مع الحيّز المروريّ والتحذير من الأخطار الكامنة فيه، وذلك بهدف التأثير على الناس ليتصرّفوا بشكل ملائم لظروف الحيّز. من هذه الرموز مثلا: التصفير، استخدام الإشارات الجانبيّة (غمازات)، التواصل بالعين، علامات مثل اللافتات والإرشادات.

أعطوا عدّة أمثلة لحالات يكون فيها تأثير متبادل تواصليّ في الحيّز المروريّ، ويتمّ فيها نقل المعلومات.

التأثيرات المتبادلة التواصليّة أثناء السيّاقة مثل: التحدُّث في الهاتف، كتابة رسالة نصيّة أو حتّى الاستماع إلى موسيقى صاخبة، قد تُلهي السائق عن التركيز في مهمّة السياقة.

كلّ عمليّة تُلهي السائق عن التركيز في مهمّة السيّاقة تعتبر خطيرة. يؤدّي إلهاء السائقين وصرف انتباههم إلى حوالي 20% من مجمل حوادث الطرق.

الانشغال عن القيادة

أمامكم وصف لحادث طرق وقع في الشتاء.

"كان عليَّ قضاء بعض الشؤون في حيفا، فسألَتْني إن كنت أودّ أن تأتي لزيارتي عندما تُنهي أعمالها، لأنّي أسكن على بُعد عشر دقائق من حيفا. بلغت الساعة الحادية عشرة ليلًا، ولكنها لم تتصل بعد لتُعلمني ما الوضع. فأرسلت لها رسالة نصيّة للتأكّد من أنّ كلّ شيء على ما يرام، ولأسألها متى ستصل. أجابت وهي في الطريق بأنّها ستصل بعد حوالي نِصف ساعة، وأنّي لو شئتُ يمكننا أن نذهب لنأكل سوشي. بعد أن انتهينا من الوجبة المشتركة رافقتها حتّى سيّارتها، احتضنتها بدفء وودّعتها، وعادت لبيتها. كان الليل حالك الظلام وهطل مطر غزير، فقلقت عليها كثيرا. وبعد عشر دقائق لم أكفّ خلالها عن التفكير فيها، بعثت لها رسالة نصيّة – "أنا في انتظار لقائك مرة أخرى..."، وكنت أقصد كلّ كلمة. فكّرت أنها لدى قراءة الرسالة ستبتسم ابتسامة عريضة. وكيف لا!

مرت خمس دقائق، عشر دقائق، نصف ساعة ثم يوم كامل، ولم تردّ علي. بدا لي الأمر غريبا. فهي مربوطة بالمسنجر ولكنها لم تكتب لي شيئا. كتبت لها ولكنّها لم تردّ. قرّرت أنّي لن أكون الأوّل الّذي يتّصل. مضى أسبوع ولم أسمع منها شيئا، فغضبت منها جدا.

في يوم الخميس (بعد أسبوع بالضبط)، قرأت صحيفة معاريف، عدد يوم الجمعة الأخير. كان هناك خبر عن مصرع فتاة في العشرينيّات من العمر في حادث طرق لدى مغادرتها حيفا.

كانت هي.

جاء في الخبر أنّ المحققين في الحادث يعتقدون أنه وقع بسبب رسالة نصيّة كما يبدو ألهت السائقة عن التركيز في السياقة، فقطعت المفترق رغم الإشارة الضوئيّة الحمراء. صحيح أنّها كانت تقود ضمن السرعة القانونيّة، ولكنّها كانت أسرع من المسموح نظرًا لظروف الطريق. في رأي المحقّقين لم تكن السائقة قد ربطت حزام الأمان، الوسادة الهوائيّة انتفخت، غير أنّ السائقة لم تحاول أن توقف السيّارة. تضرّر الجانب اليساريّ من سيّارتها بسبب تصادمه مع القسم الأماميّ لشاحنة ثقيلة حاول سائقها التوقّف دون نجاح. دفعت الشاحنة السيّارة إلى مسافة 25 مترًا، وقذفتها عن الشارع. أصيب سائق الشاحنة بجروح طفيفة. وقع الحادث في الوقت الّذي بعثتُ لها فيه بالرسالة النصيّة، وكما يبدو قرأتها. لقد قُتلت في حادث الطرق، بسبب رسالتي أنا. كان هذا آخر شيء رأته في حياتها، وكلّي أمل أنّها على الأقلّ ابتسمت وأنّي أدفأت قلبها في لحظاتها الأخيرة".

اعتمادًا على التفاصيل الواردة في القطعة، أجيبوا عن الأسئلة التالية وعلّلوا كلّ إجابة.

1. في أيّة مرحلة من مراحل الحادث كان للمطر تأثير كبير على نتائج الحادث؟
2. لماذا لم يفلح سائق الشاحنة في كبح مركبته رغم كلّ محاولاته؟
3. لماذا لم تفرمل الشابة سيّارتها على الإطلاق؟
4. ما الّذي جعلها تتجاهل الإشارة الحمراء ولا تلاحظها؟
5. ما الأسباب (من أ-د) الّتي أدّت لمصرع الشابّة ولمجرّد إصابات طفيفة لسائق الشاحنة؟
   أ. أثّرت على سيّارة الشابّة قوّة أكبر من تلك الّتي أثّرت على الشاحنة.
   ب. طاقة سيّارتها كانت أكبر من طاقة الشاحنة.
   ج. لم تكن الشابّة مربوطة بحزام الأمان.
   د. اتّجاه القوّة الّذي أثّر عليها لم يكن في نفس اتّجاه حركتها.

6. سُئِل طلبة عن رأيهم في سبب مصرع الشابّة في الحادث، فكانت هذه إجاباتهم:
   i. الرسالة النصيّة الّتي بعثها لها صديقها.
   ii. قيامها بإرسال رسالة نصيّة أثناء السياقة.
   iii. سياقتها بسرعة عالية.
   iv. القوى الّتي أثّرت عليها في الصدام مع الشاحنة.
   v. عدم فرملة سائق الشاحنة شاحنته.
   vi. هطول المطر وظروف الرؤية الرديئة.
   vii. عدم ربطها حزام الأمان.
   أ. اختاروا الإجابة الصحيحة في رأيكم، وعلّلوا اختياركم.
   ب. اختاروا ثلاث إجابات غير صحيحة في رأيكم، وعلّلوا لماذا تعتقدون أنّها غير صحيحة.
7. ما رأيكم في أسلوب تصرّف وسياقة الشابة؟ اكتبوا حجاجًا يشمل ادّعاءات وردت في القصة.
8. القاضي الّذي حاكم سائق الشاحنة برّأ ذمته، وحكم بأنّ الشابّة هي المذنبة في الحادث. لو كنتم أنتم القضاة، بماذا كنتم ستحكمون، وعلى أيّة أدلّة كنتم ستستندون في حكمكم؟
9. في قراره جزم القاضي بأنّ السائقين غير ملزمين فقط بالسيّاقة حسب تعليمات المرور، بل حسب قوانين الفيزياء أيضًا. ماذا يقصد بذلك؟

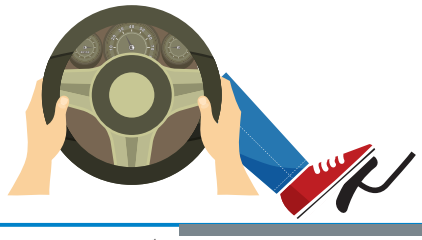
تحليل عملية التأثير المتبادل في الحيّز المروريّ

وصف الحالة

"غادر السيّد يوسف بيته إلى مكان عمله كعادته في كلّ صباح، مستقلاً سيّارته. تمرّ الطريق بالقرب من مدرسة. كانت الساعة متأخّرة، وخشي السيّد يوسف أن يتأخر. وفيما هو مركّز في قيادته وأفكاره، لاحظ السيد يوسف فجأة كرة تتدحرج إلى الشارع على بُعد 30 مترًا منه. دون أيّ تردّد فرمل السيّد يوسف سيّارته، رغم أنّه لم يتعرّض لأيّ خطر بسبب الكرة. خلّفت إطارات السيّارة علامات فرملة سوداء في الشارع...
الأمر الّذي حدث بعد ثوانٍ معدودة أكّد أنّ قرار السيد يوسف كان صائبًا..."

ما هو في رأيكم الشيء الّذي حدث وأكّد صحّة قرار السيّد يوسف؟

بلغة مصوّرة يمكننا وصف ما حدث كسلسلة من الأسباب والنتائج على محور زمنيّ، من لحظة استيعاب العين لهيئة الكرة وحتّى فرملة السيّارة.



استيعاب الحدث في العين | تشخيص وتفسير | تفكير واتّخاذ قرار بالتوقّف | تفعيل عضلات الرِّجل واليد

أكملوا في الجدول التالي وصف التأثيرات المتبادلة الّتي حدثت خلال كلّ العمليّة، سواء الجسديّة الناتجة عن تماسّ أو عن بُعد.

بين..	وبين	نوع التأثير المتبادل (نتيجة تماس/ عن بُعد)	نتائج التأثير المتبادل
السيّد يوسف	الكرة		
السيّد يوسف	دواسة الفرامل		
الفرامل	عجلات السيّارة		
عجلات السيّارة	الشارع		

1. ما هو التأثير المتبادل الّذي سبّب حدوث علامات الفرملة في الشارع؟
2. ما هو التأثير المتبادل الّذي سمح بفرملة السيّارة؟
3. فسّروا حسب الفكرة العلميّة لمبدأ الفعل وردّ الفعل، ما الّذي حدث خلال التأثير المتبادل وسبّب إبطاء سرعة سيّارة السيّد يوسف حتّى أدّى لتوقفها؟

التأثيرات المتبادلة الاجتماعيّة في الحيّز المروريّ

تحدُث التأثيرات المتبادلة أيضًا في البيئة الاجتماعيّة بين شخصين أو أكثر، مثلا: عمليّة المحادثة بين الناس، التعاون، المساعدة المتبادلة، الشجارات، العنف الجسديّ وغيرها. يشهد الحيّز المروريّ تأثيرات متبادلة اجتماعيّة عديدة متعلّقة بالأنماط السلوكيّة المختلفة للناس، والّتي تؤثّر على طريقة قيادتهم وسلوكهم.

أعطوا بضعة أمثلة على التأثيرات المتبادلة الاجتماعيّة الّتي تعرفونها من الحيّز المروريّ، واذكروا نتائجها.

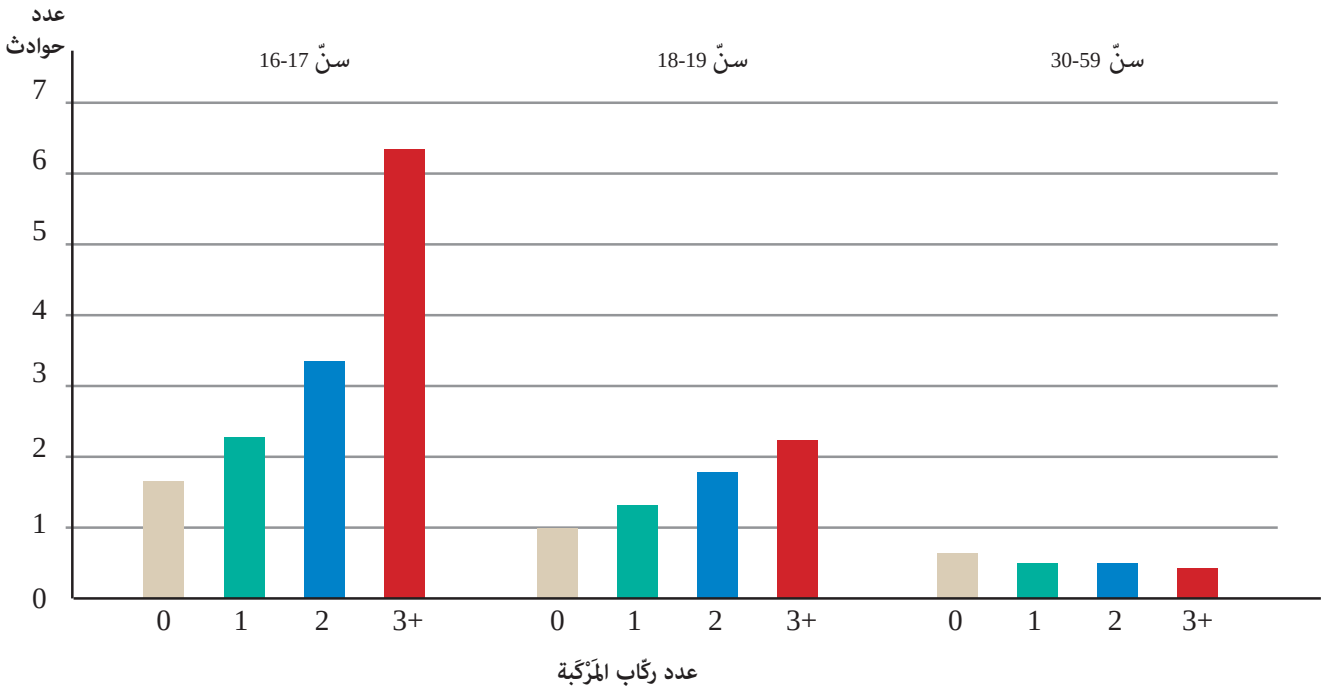
المجتمع والسيّاقة

تشير عدّة أبحاث أُجريت في العالم أنّ نقل ركّاب شباب، أعمارهم 20 سنة تقريبًا، في سيّارة يقودها سائق شاب، يزيد من احتمال التورّط في حادث طرق بشكل عامّ، وفي حوادث طرق قاتلة بشكل خاصّ. كما تبيّن أنّ عدد الركّاب وسنّهم وجنسهم تؤثّر جميعها على احتمال التورّط في حادث طرق. وتزداد الخطورة كلّما زاد عدد الركّاب الشباب في المَرْكَبة.

يصف الرسم البيانيّ التالي عدد حوادث الطرق حسب سنّ الركّاب وعددهم (ما عدا السائق)، في الولايات المتحدة عام 2003 (نسبة لـ 10 آلاف سفرية)

عدد حوادث الطرق حسب سنّ الركّاب وعددهم في الولايات المتحدة عام 2003

(نسبة لـ 10 آلاف سفرية)



المصدر: تورّط سائقين شباب في حوادث طرق: معطيات، توجّهات وأبحاث، طبعة 2011

تأليف وتحرير: د. تسيبي لوطن العالِمة الرئيسيّة لجمعية أور يروك وعينات جريمبرج، الباحثة في جمعيّة أور يروك

تأمّلوا رسم الأعمدة البيانيّة وأجيبوا عن الأسئلة التالية:

أ. صفوا بالكلمات المعطيات الممثّلة في الرسم البيانيّ.

ب. ما معنى صِفر ركّاب في السيّارة؟

ج. ما عدد الحوادث (نسبة إلى 10 آلاف سفرية) الّتي حدثت وتورّط فيها سائقون في سنّ 18-19 وكان عدد الركّاب ثلاثة وأكثر؟

د. مقارنة بعدد ركّاب السيّارة الّتي قادها أبناء 18-19، متّى كان عدد الحوادث الأكثر انخفاضًا؟

هـ. ماذا يمكن القول عن العلاقة بين عدد الركّاب وعدد الحوادث الّتي تورط فيها سائقون في سنّ 30-59؟

و. ما العلاقة بين المعطيات الممثّلة في الرسم البياني وبين التأثيرات المتبادلة في الحيّز؟

1. أيّة تأثيرات متبادلة تؤثّر على المعطيات الّتي تظهر في الرسم البيانيّ؟

2. ما العلاقة بين المعطيات في الرسم البيانيّ والتأثيرات المتبادلة الاجتماعيّة؟ اشرحوا.

من الفهم إلى المصطلحات: التأثيرات المتبادلة في الحيّز المروريّ

قدرة الناس على الاشتراك في عدّة تأثيرات متبادلة في نفس الوقت وإدارتها بشكل لائق، هي قدرة محدودة. لذا، يكون سلوكهم في حالات كهذه أقلّ بكثير من قدرتهم. ويمكن لقدرة الناس على اتّخاذ قرارات أن تتضرّر لدرجة أن تتعطّل تماما إذا تعرّضوا لتأثيرات متبادلة عديدة في نفس الوقت. وتكون النتيجة أن يواجه الناس صعوبة في أن يقرّروا ما الأهمّ والأصحّ فعله، وما الأقلّ أهمّيّة. التأثير المتبادل مع المعلومات المهمّة أمر صعب، خاصّة إذا كانت المعلومات كثيرة وتصل خلال مدّة زمنيّة قصيرة. إحدى النتائج للكمّ الهائل من المعلومات هي الميل الطبيعيّ لتجاهل تفاصيل مهمّة، الأمر الّذي قد يشوّش على عمليّة اتّخاذ القرار.

القوى والحركة

تعلّمنا أنّ هناك قوى تؤثّر على الأجسام المشترِكة في **التأثير المتبادل الناتج عن تماسّ**.

في كلّ يوم تقريبًا نقابل مصطلح "القوّة"، ولكن القوى نفسها غير مرئيّة، بل نستدلّ على وجودها من النتائج الّتي تتركها. يُتيح استخدام القوّة القيام بعمليّات مختلفة، مثل: الجذب، الدفع، الرفع، الضغط. التغيير الّذي يحدُث في الأجسام نتيجة تأثير القوى عليها متعلّق بخصائص تلك القوى.

1. يشمل الجدول التالي أمثلة على ظواهر من حياتكم اليوميّة الّتي تشهد تأثيرًا لقوى معيّنة. أكملوا الجدول - فصّلوا كل واحد من هذه الأمثلة، وصِفوا نتيجة تأثير القوّة فيه: هل تسبّب القوةُ الحركةَ، أم تُبطِئها أم تؤدّي لتغيير في الشكل.

الظاهرة	نتيجة تأثير القوى			تفاصيل ووصف
	تغيير الحركة		تغيير الشكل	
	تسرّع	تبطئ		
دفع عربة	→		→	يؤثّر شخص بقوة على عربة ويدفعها، نتيجة ذلك تتحرّك العربة ويحدُث تغيير في شكل أيدي الإنسان.
شدّ حبل				
حمل أثقال				
قفز على ترومبولين				
شدّ نوابض				
سباحة				

لعبة كرة قدم				
مَرْكَبة جرّ تجرّ سيّارة				
سيّارة تصطدم بعمود كهرباء				

2. تشمل الأمثلة الّتي فحصناها ظواهر تؤثّر عليها القوى نتيجة التّماسّ. هناك في الطبيعة ظواهر تؤثّر فيها القوى عن بُعد (دون تماس). اطرحوا أمثلة لظواهر تعرفونها من الحياة اليوميّة تؤثّر فيها قوى عن بُعد.

خصائص القوّة

تتميّز كلّ قوّة بخصائص ثلاث:

أ. **نقطة التأثير** – بإمكان القوّة أنْ تؤثّر في أماكن مختلفة من الجسم. تغيير مكان تأثير القوّة يمكن أن يغيّر طريقة تأثيرها على سلوك الجسم، حتّى دون تغيير مقدار القوّة. النقطة الّتي تؤثّر عليها القوّة تسمّى **نقطة التأثير**.

ب. **خطّ التأثير** – خطّ تأثير القوّة هو خطّ وهميّ يصف اتّجاه تأثير القوّة. عندما يكون **خطّ تأثيرِ** قوّةٍ **ثابتةٍ غير متغيّر، كذلك فإنّ نتائج تأثير القوّة على الجسم لا تتغيّر.** ولكن، **إذا غيّرنا خطّ تأثير القوّة**، ووجّهنا إلى زاوية معيّنة أو قلبناه، فعندها تتغيّر نتائج تأثير القوّة على الجسم. مثلًا، القوّة المحرّكة الّتي يكون خطّ تأثيرها في نفس اتّجاه حركة المَرْكَبة، ستؤدّي إلى انعطاف المَرْكَبة إذا غيّرنا اتجاهها.

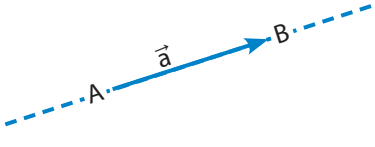
ج. **قيمة القوّة – أيّ مقدارها. كلّما كَبُر مقدار القوّة** كانت التغييرات في الجسم أكبر، وبالعكس.

تمثيل القوى

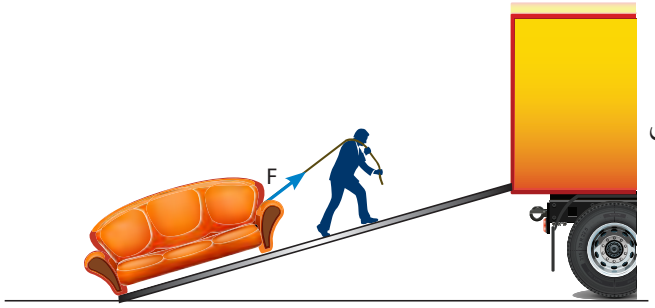
القوّة هي مقدار فيزيائيّ له قيمة واتّجاه. للمقادير الفيزيائيّة اتّجاهات تُسمّى **متَّجِهات**. من هنا، يجري وصف القوّة بواسطة أسهم، ويشير اتّجاه السهم إلى اتّجاه القوّة، وطول السهم إلى مقدارها أو شدّتها. يُشار إلى القوّة بهذا الشكل: F

أمثلة

1. يمثّل اتّجاه السهم في الصورة منحى تأثير القوّة على طول خطّ التأثير الوهميّ (المقطع). اتّجاه القوّة من النقطة A إلى النقطة B. النقطة A هي نقطة تأثير القوّة، ويمثّل طول السهم قيمة القوّة (أي مقدارها).

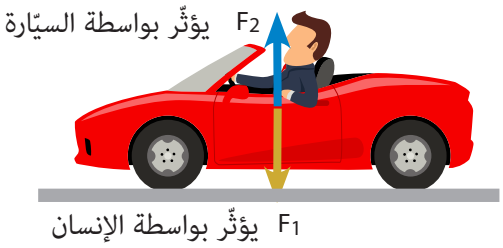


2. الرجل الّذي في الصورة يجرّ صندوقًا بقوّة F.
يشير السهم الأزرق إلى اتّجاه القوّة الّتي يؤثّرها الرجل على الصندوق، ويشير طول السهم إلى مقدار القوّة.



القوى في الرسوم البيانيّة - مخطّط القوى

بإمكاننا الآن الإشارة للتأثيرات المتبادلة بلغة القوى بواسطة مخطّط القوى. يتمّ تمثيل القوى في مخطّط القوى. يشير اتّجاه الأسهم لاتّجاه القوى، ويشير طولها إلى مقدار القوى. في هذا المخطّط رسمة لراكب جالس على مقعد سيّارة.

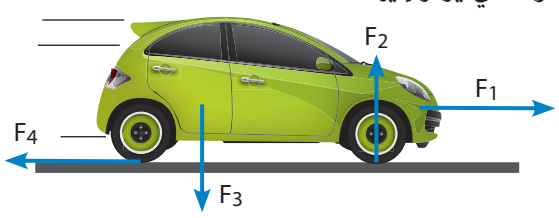


في هذه الحالة يتمّ التأثير بقوّتين بين الراكب والمقعد. القوّة الّتي يؤثّر بها الراكب على المقعد يشار إليها بالرمز F_1، والقوّة الّتي يؤثّر بها المقعد على الراكب يشار إليها بالرمز F_2.
السهمان اللّذان يمثّلان كلتا القوّتين متساويان في الطول. من هنا نستنتج أنّ كلتي القوّتين متساويتان بالمقدار ومتعاكستان بالاتّجاه.
في التأثير المتبادل للاصطدام الظاهر في المخطّط، تؤثّر السيّارة أ بقوّة F_1 على السيّارة ب، وكردّ فعل تؤثّر السيّارة ب بقوّة F_2 على السيّارة أ.

- ما الّذي يدلّ على تأثير قوى بين السيّارتين؟

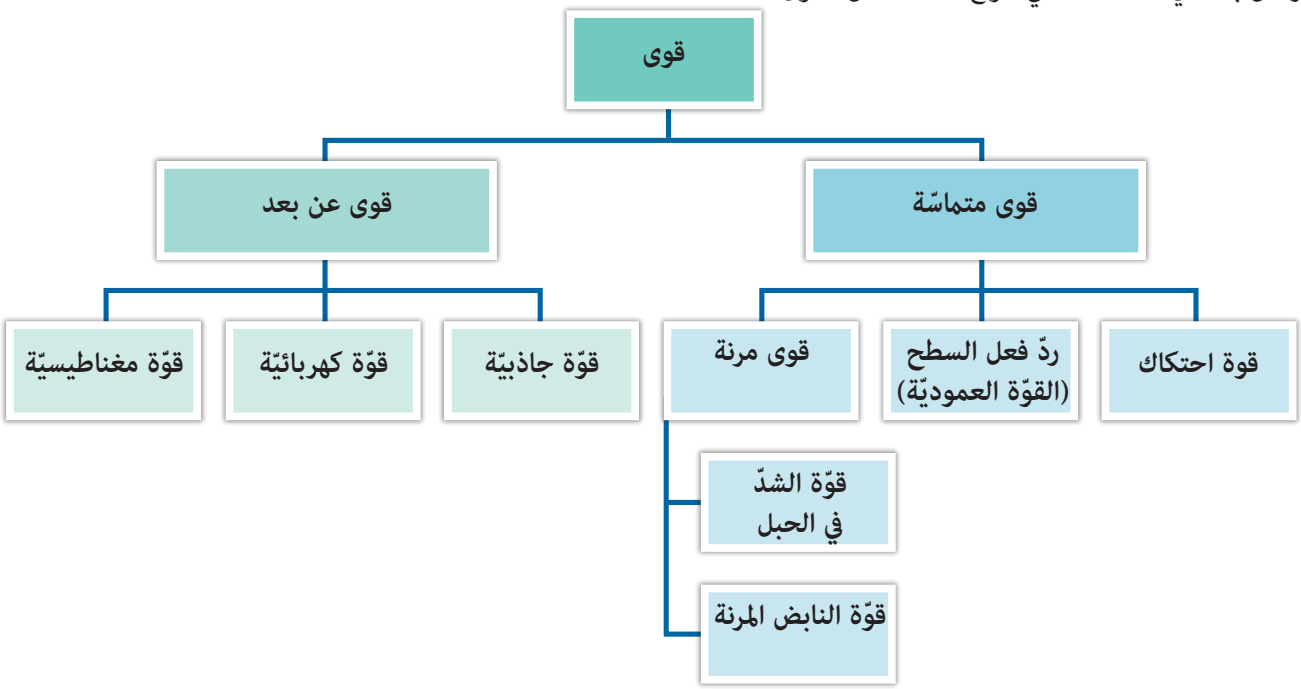
في المخطّط التالي يتمّ تطبيق أربع قوى على السيّارة. قوّة محرّكة، قوّة فرملة، قوّة ردّ فعل الشارع ووزن السيّارة.

أ. ميّزوا القوى حسب أرقامها، وسجّلوا بجانب كلّ رقم اسم القوّة الّتي يرمز إليها.
ب. سجّلوا بجانب كلّ قوّة ما الّذي يطبّق هذه القوّة على السيّارة.
ج. ماذا سيحدث للسيّارة، حسب رأيكم، إذا زال تأثير إحدى هذه القوى.



أنواع القوى

نصادف في الطبيعة وفي حياتنا اليومية أنواعا مختلفة من القوى. يمكن تقسيم مجمل القوى إلى مجموعتين: القوى المتماسّة والقوى الّتي تؤثّر عن بُعد. في المخطّط التالي أنواع مختلفة من القوى.

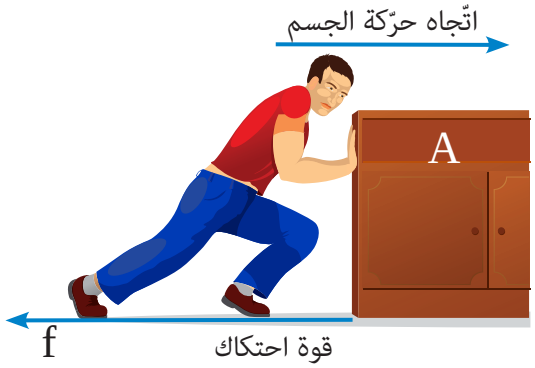


أنواع القوى الّتي تؤثّر في الحيّز المروريّ

أ. قوّة الاحتكاك

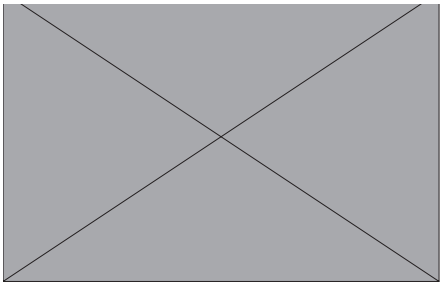
قوة الاحتكاك هي عبارة عن قوة ناتجة عن تماس، وهي تتطوّر أثناء التأثيرالمتبادل بين جسمين لدى تحريك، أو محاولة تحريك، جسم على الجسم الآخر. تتكوّن قوّة الاحتكاك بين سطوح التماس والأجسام، ويكون اتّجاه تأثيرها دائما بالاتّجاه المعاكس لاتّجاه الحركة.

إذا تحرّك الجسم A على سطح باتّجاه اليمين، تتكوّن قوّة احتكاك f بين الجسم والسطح باتّجاه اليسار (انظروا المخطّط). وتعيق هذه القوّة حركة الجسم.

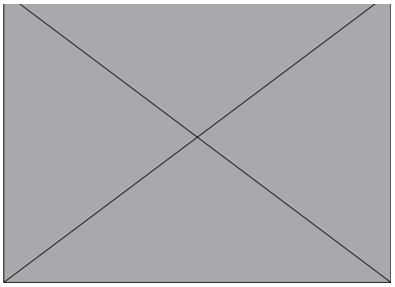


قوّة الاحتكاك في الحيّز المروريّ

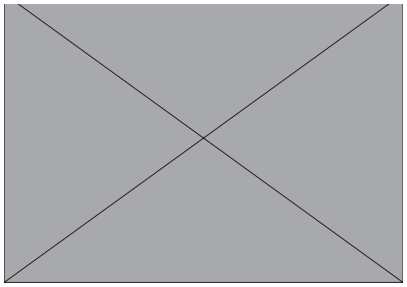
هل سألتم أنفسكم ما القوّة الّتي تحرّك كلّ الأجسام الّتي تتحرّك في الحيّز المروريّ، سواء البشر والسيّارات وراكبو الدرّاجات الهوائيّة؟



حركة الدرّاجات الهوائيّة



حركة مشاة

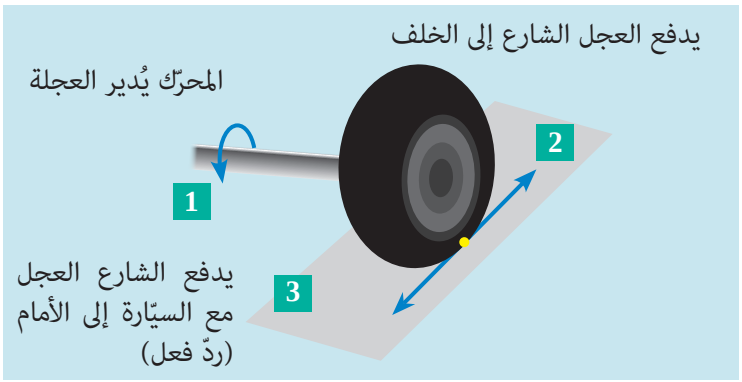


حركة سيّارات

كيف يتقدّمون ويتحرّكون؟

قوّة الاحتكاك هي الّتي تُتيح حركة المرْكَبات وسير الناس في الطريق. دون قوّة الاحتكاك لانزلقت الأجسام فوق بعضها البعض. بمعنى، ما كان بمقدورنا أن نمشي أو حتى نقف، وما كان بالإمكان السيطرة على اتّجاهات حركة السيّارة أو إيقافها.

تتحرّك السيّارة أو أيّة مَرْكَبة ذات عجلات بنتيجة تأثير القوّة المحرّكة الناجمة عن التأثير المتبادل للاحتكاك بين العجلات والشارع. يتمّ هذا التأثير المتبادل على أساس مبدأ الفعل وردّ الفعل. في نقطة التماس مع الشارع، تؤثّر العجلات بقوّة على الشارع باتّجاه الخلف، وكردّ فعل يؤثّر الشارع بقوّة احتكاك على العجلات في الاتّجاه المعاكس. انظروا الشرح في المخطّط التالي.



السير هو أمر ممكن نتيجة التأثيرات المتبادلة للاحتكاك بين القدمين والطريق. تؤثّر القدمان بقوّة على الشارع باتّجاه الخلف، وكردّ فعل تؤثّر الطريق بقوّة احتكاك في الاتّجاه المعاكس لاتّجاه دفع القدمين، أي إلى الأمام. هذا هو سرّ حركتنا. هكذا نتحرّك. عندما يكون هناك احتكاك يسهل التقدّم، وعندما يكون السطح أملس يصعب جدًّا التقدّم.

عندما نقود الدرّاجة الهوائيّة فإنّنا نؤثّر بقوّة على الدوّاسات، وتنتقل هذه القوّة بواسطة السلسلة إلى العجلات الخلفيّة، فتسبّب دوران العجل، ونتيجة ذلك تتحرّك الدراجة إلى الأمام. دون الاحتكاك مع الشارع لما تحرّكت الدرّاجة.

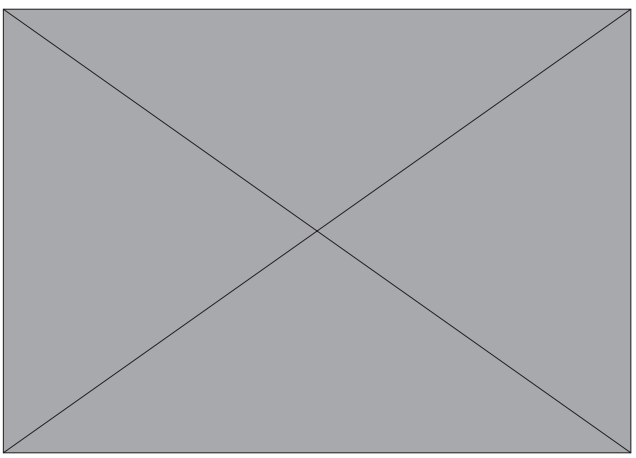
يشبه انزلاق السيّارات على الشوارع المبتلّة عمليّة التزلّج على الجليد، لأنّه يحدُث على طبقة الماء الّتي تفصل العجل عن الشارع. هدف الشقوق في العجل هو منع الانزلاق على طبقة الماء. يتجمّع الماء في هذه الشقوق ثمّ يتمّ قذفه إلى الجوانب.
نتيجة تأثير قوّة الاحتكاك في الاتّجاه المعاكس لاتّجاه الحركة، يحصل تباطؤ في حركة الجسم.

لتحسين حركتهم ينتعل لاعبو كرة القدم أحذية خاصّة ذات نتوءات، وكذلك يفعل المتزلّجون على الجليد. اشرحوا العلاقة بين هذه الوسائل وقوّة الاحتكاك، وكيف تساهم في تحسين الحركة؟

ب. قوّة الجاذبيّة

تتكوّن **قوّة الجاذبيّة** في التأثير المتبادل بين كلّ كتلتين في الكون. يتمّ تحديد مقدار هذه القوّة وتأثيرها حسب الكتل المشتركة في التأثير المتبادل، وحسب البعد بينها. قوّة الجاذبيّة هي القوّة الرئيسة الّتي تؤثّر بها الأجرام السماويّة على بعضها البعض وعلى الأجسام الموجودة على سطحها أو بالقرب منها. يكون تأثير قوّة الجاذبيّة دائمًا باتّجاه مركز الجُرم السماويّ. يصطلح على تسمّية قوّة الجاذبيّة المتبادلة بين جسم ما والكرة الأرضيّة باسم **وزن الجسم**.

قوّة الجاذبيّة هي القوّة الّتي تحافظ على التصاق المرْكَبات بالشوارع. إذا فقدت المرْكَبات التصاقها بالشارع، فقد تتعرّض للسقوط الحرّ بتأثير قوّة الجاذبيّة.
قوّة الجاذبيّة هي الّتي تعيق حركتنا في المرتفعات، وتسهّل عليها في المنحدرات. قوّة الجاذبية موجّهة إلى مركز الكرة الأرضيّة. أثناء الحركة على شارع غير مستوٍ أو ذي منعطفات جانبيّة، يمكن أن تؤدّي قوة الجاذبيّة في حالات معيّنة إلى انقلاب السيّارة.

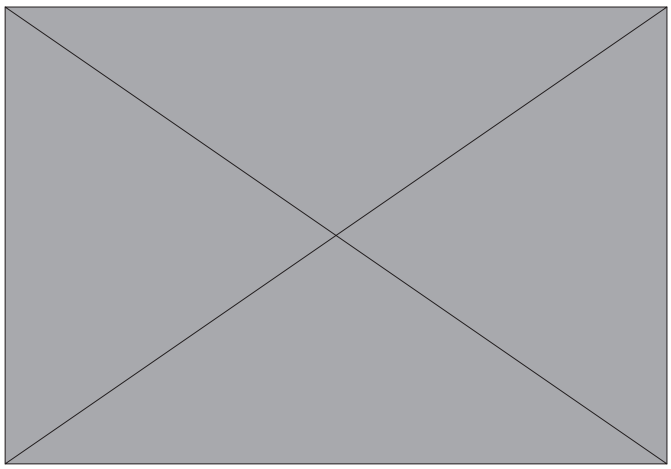


ميرو ستمنوفيتش. صربيا ومنتغيرو

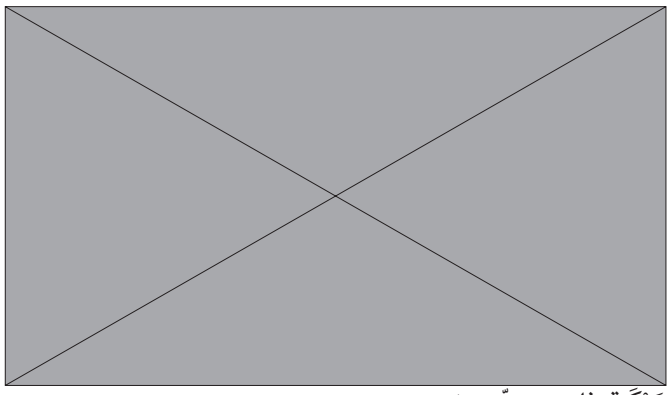
ج. قوّة المرونة

قوّة المرونة هي القوّة الّتي تُعيد المادّة إلى شكلها وأبعادها الأصليّة بعد زوال القوى الخارجيّة الّتي أثّرت عليها وغيّرت شكلها. لنأخذ مثالا النابض (زنبرك). عندما تؤثّر عليه قوّة خارجيّة فهو يتمدّد أو يتقلّص، ونتيجة ذلك تتكوّن فيه قوّة مرونة. عندما يزول تأثير القوّة الخارجيّة عليه، تُعيده قوّة المرونة هذه إلى شكله الأصليّ.

يتمّ في كلّ المرْكَبات تثبيت ممتصّ للصدمات، مصنوع من نوابض تتقلّص عندما تؤثّر عليها قوّة ناتجة عن قوى عموديّة. تؤثّر هذه القوى على عجلات المرْكَبة أثناء السفر على شارع وعِر. تعود النوابض إلى شكلها الأصليّ فور زوال تأثير هذه القوى. بهذه الطريقة تمنع النوابض الارتجاجات الّتي يشعر بها الركّاب أثناء السفر. ممتصّ الصدمات في السيّارة مصنوع من موادّ مرنة، تُتيح تطوّر قوى مرنة تؤدّي إلى تقليل حدّة الضربة في حال وقوع صدام.



جاي يو. الصين



مَرْكَبة ذات مصدّ مرن

محصّلة القوى

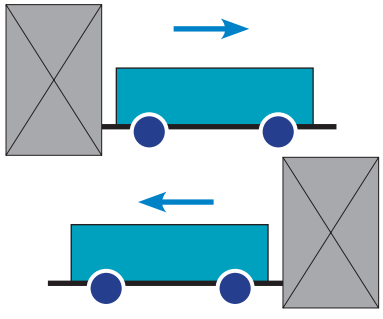
تعلّمنا أنه بإمكان الجسم أن يشترك في عدّة تأثيرات متبادلة في نفس الوقت، ويمكن أن تؤثر عليه قوّة واحدة أو عدّة قوى تكون نتاج التأثيرات المتبادلة المختلفة الّتي يشترك فيها. كلّ التأثيرات المتبادلة الّتي يشارك فيها الجسم، وكلّ القوى الّتي تؤثّر عليه نتيجة ذلك، هي الّتي تغيّر حالة أو سرعة الجسم.

يمكن استبدال كلّ القوى الّتي تؤثّر على الجسم بقوّة واحدة تُسمّى محصّلة القوى، وهي تعادل مجموع كلّ القوى المؤثّرة على جسم معيّن. نخصّص هذا الفصل لإيجاد محصّلة القوى العموديّة والأفقيّة الّتي تؤثّر على طول خطوط التأثير المتوازية.

مثال:

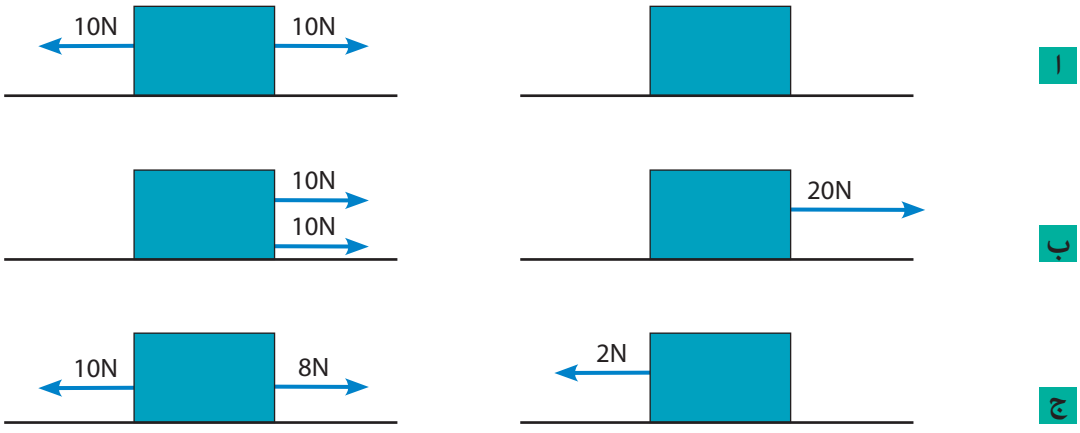
عندما يؤثّر إنسان بقوّة أفقيّة على عربة باتّجاه اليمين تتحرّك العربة باتّجاه اليمين.

عندما يؤثّر الإنسان بنفس القوّة على العربة باتّجاه اليسار تتحرّك العربة باتّجاه اليسار.



عندما تؤثّر قوّتان متساويتان بالمقدار في نفس الوقت، تكون محصّلة القوى صفرًا، لذا لا تتحرّك العربة من مكانها.

تأمّلوا الأمثلة التالية. ما هو مقدار محصّلة القوى وما اتّجاهها في كلّ واحد من الأمثلة التالية؟



تلخيص:

عندما **تؤثّر قوتان متساويتان بالمقدار** ومتعاكستان بالاتّجاه على جسم معيّن تكون محصّلة هاتين القوّتين هي الصفر. في هذه الحالة لا تتغيّر حالة الجسم ولا حركته.

إذا **اختلفت القوّتان بالمقدار**، تكون محصّلة القوّتين حينها مساوية للفرق بين القوّتين، ويكون اتّجاه محصّلة القوى هو اتّجاه القوّة الأكبر من بين القوّتين.

تتغيّر سرعة أو شكل الجسم فقط إذا كانت **محصّلة القوى** الّتي **تؤثّر عليه لا تساوي صفرًا.**

اتّزان القوى

يتولّد **اتزان القوى** عندما تؤثّر قوى مختلفة في نفس الوقت وفي اتّجاهات مختلفة على جسم معيّن، وتكافئ هذه القوى بعضها البعض، أي تبطل مفعول بعضها البعض، وتكون النتيجة عدم حصول تغيير في حالة الجسم.

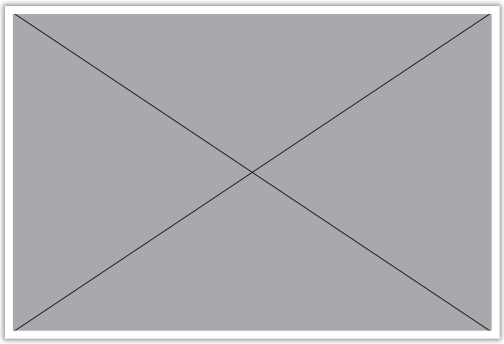
لدى جلوسكم في مقاعدكم تؤثّر عليكم الكرة الأرضيّة بقوّة الجذب باتّجاه الأسفل، وتؤثّر المقاعد عليكم بقوّة باتّجاه الأعلى.

إذا تمّ سحب المقعد فجأةً من تحتكم، ستشعرون بتأثير **قوّة غير متّزنة**، بسبب زوال القوّة الّتي أثّرت عليكم باتّجاه الأعلى، وستكون النتيجة تحرّككم باتّجاه الأسفل، أي السقوط.

إذا أثّرت عليكم فجأةً، ولسبب ما، قوّة أكبر من القوّة الّتي تؤثّرون أنتم بها عليه، ستشعرون بتأثير قوّة غير متّزنة باتّجاه الأعلى. شعوركم هذا يشبه ما يشعر به رجال الفضاء لدى إقلاع الصاروخ بهم إلى الفضاء الخارجيّ.

مثال آخر على الاتّزان وعدم الاتّزان بين القوى هو شدّ الحبل.

شدّ الحبل هو تأثير متبادل بين فرقتين تجذب كلّ واحدة الحبل من أحد طرفيه. الفرقة الفائزة هي تلك الّتي تنجح في جرّ الفرقة المنافسة باتّجاهها، لأنها أثّرت عليها بقوّة أكبر.



شدّ الحبل

فكّروا في نتائج التأثير المتبادل في الحالات التالية:

- الفرقتان تؤثّران بقوى متساوية.
- إحدى الفرقتين تترك الحبل فجأةً.
- ينقطع الحبل من الوسط.
- يُستبدل الحبل بحبل مطّاطي.

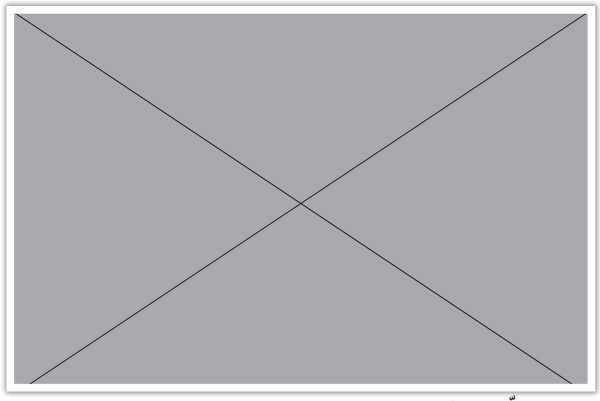
كما ذكرنا، تتغيّر سرعة أو شكل الجسم فقط إذا أثّرت عليه قوّة، أي إذا اشترك في تأثير متبادل أو كانت محصّلة القوى المؤثّرة عليه لا تساوي صفرًا. لا يمكن للجسم أن يحرّك نفسه بواسطة قوّة داخليّة، بمعنى، ليس بمقدورنا أن نرفع أنفسنا.
تعلّمنا من الأمثلة أنّه عندما تؤثّر قوى متساوية بالمقدار ومتعاكسة بالاتّجاه، أي إذا كانت محصّلة القوى المؤثّرة على الجسم تساوي صفرًا – فلن نلاحظ أي تغيير في حالة الجسم. سيستمر الجسم في حركته ولن تتغير سرعته. هذا الوضع يسمّى **الاستمراريّة**.

مبدأ الاستمراريّة

كلّ نظام أو جسم له ميل طبيعيّ للاستمرار في حالته. إذا كان الجسم ساكنًا، يميل للاستمرار في سكونه، وإذا كان متحرّكًا، يميل للاستمرار في حركته بنفس السرعة والاتجاه. حتّى متّى؟ حتّى تؤثّر عليه قوّة خارجيّة تمنعه من الاستمرار على حالته. هذا ما نسمّيه بالاستمراريّة.
يجزم **مبدأ الاستمراريّة** بأنّه إذا لم تؤثّر أيّة قوّة على جسم ما، أو إذا كانت محصّلة القوى المؤثّرة عليه تساوي صفرًا، تبقى سرعته ثابتة. بمعنى، كلّ نظام وجسم يميل للاستمرار بنفس الحال الّتي كان عليها، فإذا كان ساكنًا يبقى على سكونه، وإذا كان متحرّكا يواصل التحرّك بخطّ مستقيم وبسرعة ثابتة.

أمثلة

1. عندما تتزلّج على لوح التزلّج (سكيتبورد) تبقى سرعتك منتظمة حتّى يؤدّي الهواء أو الاحتكاك مع الشارع إلى تخفيف سرعتك حتّى تتوقّف. إذا توقّف لوح التزلّج فجأةً، يُحتمل أن تقع عنه باتّجاه الأمام، لأنّ جسمك يستمرّ في التحرّك بنفس السرعة والاتّجاه الّذي تحرّكت به قبل أن تتوقّف.



لوح التزلّج (سكيتبورد)

2. عندما تتوقّف السيّارة الّتي تسافر فيها بشكل فجائيّ، فإنّك وكلّ ما بداخل السيّارة ستستمرّون بالتحرّك بنفس سرعة السيّارة الّتي كانت قبل كبحها. ستتوقف حركتكم فقط إذا أثّرت عليكم قوّة خارجيّة تؤدّي إلى توقّفكم.

الاستمراريّة مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بخاصيّة أخرى من خصائص الأجسام، هي الكتلة. للكتلة تعريفات ومعانٍ مختلفة، سنختار منها التعريف الّذي يعتبر الكتلة كمّيّة المادّة الموجودة في الجسم. يتمّ قياس الكتلة بوحدة الكيلوغرام أو مشتقّاته: الغرام (واحد من ألف كيلوغرام)، أو الطنّ (1000 كيلوغرام). للأجسام ذات الكتل الكبيرة قدرة أكبر على مقاومة أيّ تغيير في حركتها. بمعنى، أنّه لتغيير حركة جسم كتلته كبيرة نحتاج قوّة أكبر مما يحتاجه تغيير حركة جسم كتلته أصغر. لذا، فإنّ قدرة الأجسام ذات الكتلة الكبيرة على الاستمراريّة هي أكبر من قدرة الأجسام ذات الكتلة الصغيرة.

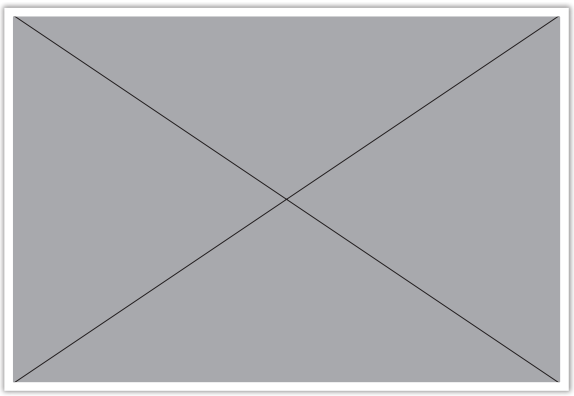
مثال: يحتاج تحريك شاحنة إلى قوّة أكبر مما يحتاجه تحريك سيّارة، ويحتاج تحريك سيّارة إلى قوّة أكبر مما يحتاجه تحريك درّاجة هوائيّة. وحسب نفس المبدأ، يحتاج إيقاف شاحنة إلى قوّة أكبر من القوّة الّتي يحتاجها إيقاف سيّارة خاصّة أو دراجة هوائيّة.

تذكّروا: الاستمراريّة ليست قوّة بل صفة من صفات كتلة الجسم. لوقف الاستمراريّة هناك حاجة إلى تشغيل قوّة.

مثال: السيّارات المتصادمة في حديقة الملاهي

يشعر ركّاب السيّارات المتصادمة في حديقة الملاهي بقوى متبادلة تتولّد أثناء التأثير المتبادل بين سيّاراتهم وبين أجسام أخرى. هذا النوع من اللهو يرتكز على مبدأ الفعل وردّ الفعل.

عندما تتصادم السيّارات يشعر الركّاب بتغيير في سرعتهم ويشعرون بميزة الاستمراريّة لديهم. فعندما تتوقّف السيّارات أثناء الصدام، يستمرّ جسم الراكب في حركته (بنفس السرعة والاتّجاه) الّتي كان عليها قبل الصدام. كتلة الراكب تؤثّر هي أيضًا على ميزة الاستمراريّة الخاصّة به. مع أنّ الراكب يستمرّ في حركته بنفس السرعة، إلّا أنّنا نلاحظ أنّه كلّما كبرت كتلته احتاج إلى قوّة أكبر لإيقافه. يسهل إيقاف حركة طفل، ويصعُب إيقاف رجل بالغ وسمين.



سيّارات متصادمة في حديقة الملاهي "لونا بارك"

سيارات تتصادم في اللونا بارك

هذا أيضًا السبب في إلزام ركّاب السيّارات المتصادمة بربط حزام الأمان. يؤثّر الحزام بقوّة معاكسة على الجسم ويمنع استمراريّته. لولا حزام الأمان لاستمرت حركة الجسم حتّى يرتطم بهيكل السيّارة الّتي توقّفت ويتعرّض لأذى.

يستمرّ الجسم في حالته (إمّا السكون التامّ أو الحركة في خطّ مستقيم بسرعة ثابتة) ما لم تؤثّر عليه قوّة تغيّر حالته، أو إذا كانت محصّلة القوى المؤثّرة عليه تساوي صفرًا.

إذا كانت محصّلة القوى لا تساوي صفرًا، تؤدّي القوّة المؤثّرة على الجسم إلى تغييرات في سرعته أو في اتّجاه حركته، حسب اتّجاه تأثير القوّة.

ممّا تعلّمناه حتّى الآن يمكننا استخلاص الفكرة العلميّة التالية:

القوّة الّتي تؤثّر على جسم تغيّر حركته.

قوى داخليّة وخارجيّة

الجسم عاجز عن تحريك ذاته بقواه الداخليّة. القوّة الّتي تحرّكه يجب أن تكون **خارجيّة** ناتجة عن تأثير متبادل مع جسم آخر في بيئته. مثلا، نحن عاجزون عن رفع أنفسنا من خلال جذب شعر رأسنا والتغلّب على قوّة الجاذبيّة. كذلك لن ننجح في تحريك السيّارة إذا دفعناها بقوّة كبيرة جدا ونحن بداخلها. فعندما نجلس داخل السيّارة نكون جزءا من نظام السيّارة، لذا فكلّ قوّة نمارسها تكون جزءا من قوّة السيّارة الذاتيّة. لا يمكن تحريك أو تغيير حالة أيّ جسم أو نظام بالقوّة الداخليّة، بل فقط بالقوى الخارجيّة.

اشتهر البارون الألماني كارل **فريدريك فون مونشهاوزن** بتأليف القصص الوهميّة عن بطولاته. وقد روى في إحدى قصصه كيف أشرف على الموت غرقا في مستنقع بينما كان راكبا جواده، وكيف نجا عندما جذب شعر رأسه إلى الأعلى، وتمكّن بذلك من رفع نفسه وحصانه معًا.

البارون مونشهاوزن

لماذا يستحيل هذا، في رأيكم؟

القوّة المؤثّرة على حركة جسم هي قوّة خارجيّة تؤثّرها عليه عامل أو عوامل أخرى في بيئته المحيطة.

"المغامرات العظيمة للبارون **مونشهاوزن**" رود أريدخ 1785. ترجمه من الألمانيّة

مهمّة للتعرّف إلى القوى في التصادم ونتائج تأثيرها

أمامكم تقرير نُشر في صحيفة "هآرتس". اقرؤوا التقرير ثمّ أجيبوا عن الأسئلة التي تليه.

عشرة مصابين في صدام بين حافلة وقطار بالقرب من نيتسانيم

نقلت قوى الإسعاف عشرة مصابين من مكان الحادث، أصيبوا جميعهم بإصابات طفيفة. لم يحتج أي من ركاب القطار إلى علاج طبيّ. تقوم الشرطة بالتحقيق في ملابسات الحادث.

(ينير يجنا، هآرتس، 2010/6/22)

أصيب عشرة أشخاص إصابات طفيفة في صدام بين قطار وحافلة بعد ظهر يوم الجمعة، بالقرب من مفترق نيتسانيم عند مدخل موقع الكرافيلات نيتسان. مع وصول التقارير الأولى أُعلن عن وقوع حادث متعدّد المصابين، وتمّ إرسال أعداد كبيرة من قوى إسعاف نجمة داود الحمراء، الإطفائيّة، الشرطة واتّحاد الإنقاذ.

مع وصول القوّات إلى الموقع تبيّن وجود عشرة مصابين فقط، جميعهم ركّاب الحافلة الّتي انقلبت جرّاء الاصطدام. عالجت قوى الإسعاف المصابين ونقلتهم لمستشفى برزيلاي في أشكلون، وتقوم قوى الشرطة بالتحقيق في ملابسات الحادث. وتشهد المنطقة أزمة سير حادّة على أثر الصدام.

وأفاد افريمي بورجس من "اتّحاد الإنقاذ" أنّ هناك "عددا من المصابين بإصابات طفيفة، وأن الحافلة انقلبت بعد اصطدامها بقطار. ولم يُعثَر للآن على مصابين بإصابات بالغة". كما ذكر أنه مع وصول القوات الأولى إلى الموقع، أُلغي الأمر بوصول المزيد من قوى الإسعاف.

ونقلت مصادر في الشرطة أنّ سائق الحافلة خرج من بلدة نيتسان، وقطع حاجز سكّة الحديد الّذي كان كما يبدو مرفوعًا. وكانت النتيجة اصطدام القطار بالجانب الخلفيّ من الحافلة، ممّا أدّى لانقلابها. وتقوم الشرطة بفحص وجود عُطلٍ في الحاجز، علما أنّه بمحاذاة الحاجز هناك مراقِب، وظيفته الإنذار إذا تعطّل الحاجز.

1. يصف التقرير والصورة نتائج الاصطدام بين القطار والحافلة.
   أ. ماذا يعني الاصطدام؟
   ب. ما هي القوى الّتي تؤثّر في الاصطدام بين قطار وحافلة؟ ماذا تعرفون عن هذه القوى؟
2. ما هي نتائج الاصطدام المذكور؟ اشرحوا النتيجة بواسطة الفكرة العلميّة "القوّة الّتي تؤثّر على جسم تغيّر حركته".
3. لدى وصول القوات إلى الموقع تبيّن وجود عشرة مصابين فقط، جميعهم ركاب الحافلة الّتي انقلبت. لم يحتج أيٌّ من ركاب القطار لعلاج طبيّ. تعلّمنا أنّه في التأثير المتبادل يؤثّر جسمان على بعضهما البعض بقوّتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستين بالاتّجاه. إذن، كيف أصيب رُكّاب الحافلة بينما لم يُصَب ركاب القطار؟ اشرحوا.
4. في الفقرة الأخيرة من التقرير جاء ما يلي: " ونقلت مصادر في الشرطة أنّ سائق الحافلة خرج من بلدة نيتسان، وقطع حاجز سكّة الحديد الذي كان كما يبدو مرفوعًا. وكانت النتيجة اصطدام القطار بالجانب الخلفيّ من الحافلة، ممّا أدّى لانقلابها. وتقوم الشرطة بفحص وجود عُطلٍ في الحاجز، علما أنّه بمحاذاة الحاجز هناك مراقِب، وظيفته الإنذار إذا تعطّل الحاجز".
   أ. هل كان لوجود مراقِب عند الحاجز أن يمنع الحادث؟ كيف؟
   ب. عبّروا عن رأيكم: هل من الضروري أن يتواجد مراقب عند كلّ حاجز قطار؟ صوغوا فقرة حجاج تشمل ادعاءكم أو موقفكم من الموضوع، وأعطوا تعليلين اثنين على الأقل. بإمكانكم إعطاء المزيد من الأمثلة لشرح موقفكم.

خلاصة الأفكار العلميّة الّتي تعلّمناها حتّى الآن هي كما يلي:

1. في التأثير المتبادل يؤثّر جسمان على بعضهما البعض بقوّتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستين بالاتّجاه.
2. القوّة الّتي تؤثّر على جسم تغيّر حركته و/أو شكله.

تأمّلوا الصورة واشرحوا مضمونها على أساس الفكرتين أعلاه.

من الفهم إلى المصطلحات - القوى

الحركة في الحيّز المروري، سواء كانت سرعتها عالية أم منخفضة، هي نتيجة لتأثيرات قوى مختلفة. يمكن أن يشعر الناس المتواجدون داخل مركباتهم بهذه القوى عندما تطرأ تغييرات على سرعتهم. كثيرا ما تكون هذه القوى أكبر بكثير، أحيانا بمئة مرّة، من قدرة الجسم البشريّ على التحمّل، ممّا قد يُسفر عن إصابات بالغة أو يؤدّي حتّى إلى الموت. الاستخدام الفعّال لوسائل الأمان الملائمة، يمكنه أن يقلّل إلى حد كبير من محصّلة القوى الّتي تؤثّر على الإنسان الموجود بداخل مَرْكَبة وعلى احتمال تعرّضه للإصابة.

التسارع – عالم التغييرات

قليلة هي الأشياء في العالم الّتي تبقى ساكنة بلا تغيير، فالتغييرات تحدث حولنا باستمرار سواء شعرنا بها أم لم نشعر. الأماكن الّتي نتواجد فيها تتغيّر طول الوقت، الزمن يمضي، حالة الجسم تتغيّر وكذلك اتّجاهات حركتنا وسرعتنا. يسمّى التغيير في السرعة والحركة "**تسارعًا**".

ما هو التسارع؟

تعلّمنا أنّ القوى الّتي تؤثّر على الجسم تغيّر حركته. إذا كانت محصّلة القوى المؤثّرة على الجسم تساوي صفرًا، يستمر الجسم في حركته ولا يغيّر سرعته: إذا كان ساكنًا يستمرّ في سكونه وإذا كان متحرّكا يستمرّ في حركته بسرعة ثابتة. إذا كانت محصّلة القوى على الجسم مختلفة عن صفر، يغيّر الجسم حركته ويتحرّك بسرعة مختلفة. تتجلّى التغييرات في حركة الجسم في مقدار السرعة واتّجاهها. الحركة بسرعة متغيّرة هي حركة في تسارع.

تسارع الجسم هو **وتيرة التغيير** في سرعة حركته.

هناك ثلاث حالات من التسارع:

أ. التسارع الموجب – عندما تكون محصّلة **القوى المؤثّرة** على الجسم في **اتّجاه حركته**.

ب. التسارع السالب – عندما تكون محصّلة **القوى المؤثّرة على الجسم معاكسة لاتّجاه حركته**.

ج. التسارع يساوي صفرًا – عندما تكون محصّلة **القوى تساوي صفرًا**.

فكّروا:

- في أيّ من الحالات الثلاث تزيد سرعة الحركة؟
- في أيّ من الحالات تتباطأ السرعة؟
- في أيّ حالة تبقى السرعة بلا تغيير؟

صفوا عمليّة الفرملة من خلال استخدام مصطلحات: القوّة، التسارع والسرعة، وأيضا بواسطة الفكرة العلميّة "القوّة الّتي تؤثّر على جسم تغيّر حركته".

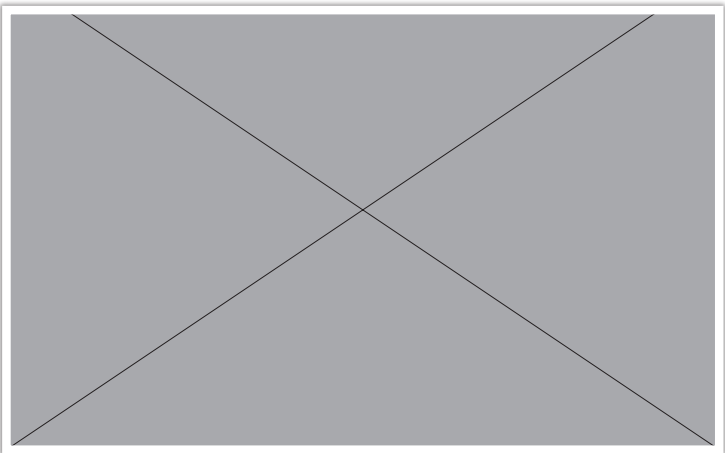
كما ذكرنا سابقا، تنتج التغييرات في السرعة عن تأثير القوى على الأجسام. إذا أثّرت قوّة متساوية في المقدار على أجسام ذات كتل مختلفة، تكون نتيجة تأثيره مختلفة أيضا. كلّما صغرت كتلة الجسم زاد تأثير القوّة عليه، فيتحرّك بتسارع أكبر. مقدار التسارع متعلّق بمقدار القوّة الّتي تؤثّر على الجسم وبكتلة الجسم أيضا.

مثال:

الشخص القادر على التأثير بقوّة على سيّارته الخاصّة ودفعها وتحريكها، لن يستطيع تحريك شاحنة من مكانها إذا مارس نفس القوّة.

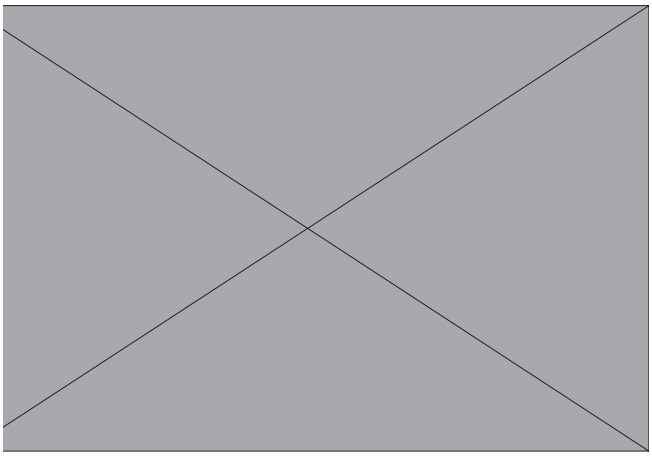
أمامكم بضعة أمثلة عن التغييرات في حركة أجسام في حالات مختلفة.

لاعب كرة القاعدة يركض ويتزلّج على سطح الملعب ويتوقّف عند نقطة القاعدة. تتباطأ سرعته حتى يتوقّف تمامًا. ولأن سرعته تتغيّر، نقول إنّ حركته في تسارع.



انفصال عجلات الطائرة عن الأرض، هي حركة متسارعة. بعد 20 ثانية من الإقلاع تصل سرعة الطائرة إلى 300 كم/ساعة. انطلاق الطائرة هي حركة في تسارع.

تهبط مركبة الفضاء وتفتح مظلّات الهبوط، فتقلّ سرعتها حتّى تتوقّف. تهبط المرْكَبة بحركة متسارعة.



تنطلق سيّارة السباق من وضع السكون التامّ، وتصل سرعتها خلال وقت قصير جدا إلى 200 كم/ساعة. تزيد سرعتها مع الوقت، لذا نقول إنّ حركتها في تسارع.

التسارع في الحيّز المروريّ

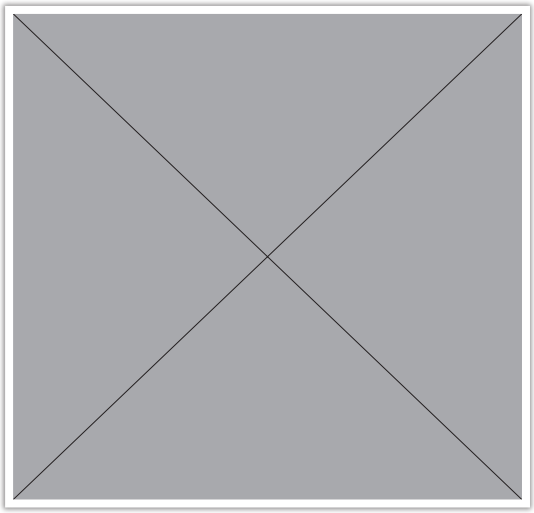
تشهد حركة المَرْكَبات في الحيّز المروريّ تسارعًا في حالات عديدة، مثلًا: عندما تنطلق المَرْكَبة، أو عندما تتجاوز مَرْكَبات أخرى أو تعمل فراملها وتتوقّف. كما تشهد المَرْكَبات تسارعًا عند تغيير اتّجاه سفرها، مثلًا: في المنعطفات، ونقول إنّها تتحرّك بحركة متسارعة حتّى لو لم يُشر عدّاد السرعة إلى أيّ تغيير في السرعة.

ثلاثة عوامل لتسارع المركبة:

في كلّ مَرْكَبة ثلاثة عوامل تسبّب التسارع:

- **دوّاسة الوقود**

يزيد الضغط على دوّاسة الوقود من تدفّق الوقود للمحرّك ومن وتيرة دوران المحرّك، وبذلك تزيد من سرعة المركبة.



دواسة الوقود (إلى اليمين) ودواسة الفرامل

- **دوّاسة الفرامل**

يؤدّي الضغط على دوّاسة الفرامل بواسطة جهاز الفرملة للالتصاق بقوّة بمحاور العجلات لإعاقة حركة دورانها، وبالتالي تبطئ المركبة سرعتها وتتوقّف.

- **المِقْوَد**

عندما ندير المقود فإنّنا نغيّر اتّجاه القوّة الّتي تؤثّر على العجلات الأماميّة وبالتالي على المَرْكَبة كلّها. تؤدّي هذه القوة إلى تغيير في اتّجاه حركة المَرْكَبة، ويعتبر هذا التغيير تسارعًا.

مِقوَد السيّارة

كيف نقيس التسارع؟

في المخطّط سيّارتان تتنافسان. تبدأ كلتاهما من حالة السكون التامّ عند خطّ البداية، ثمّ تزيدان السرعة وتصلان إلى 60 كم/ساعة.

تصل إحداهما إلى هذه السرعة خلال ثانيتين، بينما تحتاج الأخرى إلى 12 ثانية. أيٌّ من السيّارتين يعتبر تسارعها أكبر؟

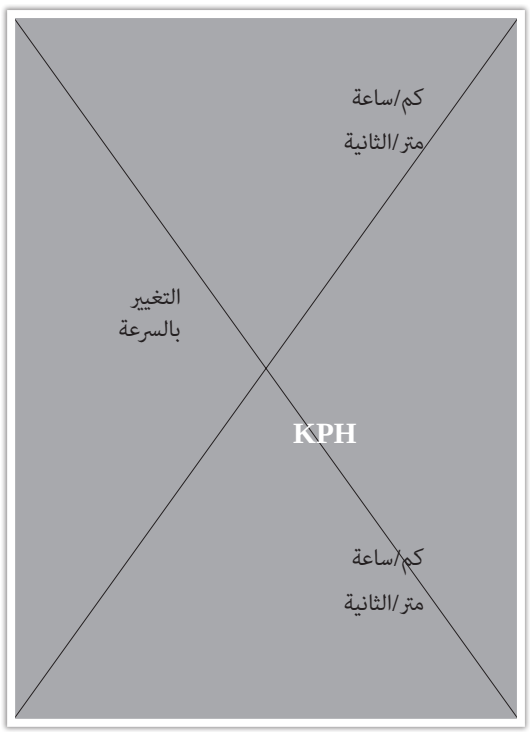
يتمّ تعريف التسارع على أنّه وتيرة تغيير السرعة مع الزمن. بمعنى، هناك عاملان يحدّدان مقدار التسارع: التغيير في السرعة والمدّة الزمنيّة الّتي يستغرقها هذا التغيير. يتمّ قياس التسارع من خلال إيجاد النسبة بين التغيير بالسرعة والمدة الزمنية.

$$\text{التسارع} = \frac{\text{التغيير بالسرعة}}{\text{التغيير بالزمن}}$$

على هذا الأساس يتبيّن أنّ تسارعي السيّارتين في المخطّط هما كما يلي:

تسارع السيّارة الأولى: 30 **كم/الثانية**، وتسارع الثانية: 5 **كم/الثانية**.

في كلّ ثانية زادت السيّارة الأولى سرعتها بـ 30 كم/ساعة، بينما زادت السيّارة الأخرى سرعتها بـ 5 كم/ساعة فقط.



مثال: في كلّ سيّارة هناك جهاز لفحص السرعة. في بداية العدّ أشار العداد إلى 20 كم/ساعة، أو بوحدة أخرى 5.6 متر/الثانية. بعد أربع ثوانٍ أشار العداد إلى 60 كم/ساعة، والّتي هي 16.7 متر/الثانية. ما هو مقدار تسارع السيّارة؟

الحساب:

التغيير في السرعة بوحدة متر/الثانية هو

16.7 - 5.6 = 11.1

التغيير في الزمن هو أربع ثوانٍ

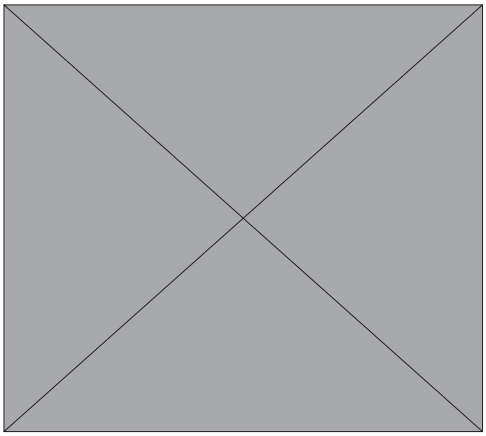
لذا، فإنّ مقدار التسارع هو

2.8 = 4 / 11.1 متر/الثانية^2 (تربيع)

عندما نقيس السرعة بالأمتار في الثانية والزمن بالثواني، فإنّ وحدة التسارع تكون مترا في الثانية في الثانية. هذه هي الوحدة المتعارف عليها للتسارع.

1. ما هو تسارع سيّارة تصل من سرعة صفر متر/ثانية إلى سرعة 20 مترًا/ثانية في مدّة 10 ثوانٍ؟
2. في الجدول التالي معطيات حول مقدار سرعة راكب درّاجة هوائيّة تمّ تسجيلها في فترات زمنيّة منتظمة.
   أ. كيف نحسب تسارع راكب الدرّاجة حسب المعطيات في الجدول؟
   ب. هل تسارع راكب الدرّاجة ثابت؟ علّلوا.
   ج. احسبوا تسارع راكب الدرّاجة.

السرعة (متر/ الثانية)	الزمن (بالثواني)
0	0
2	1
4	2
6	3
8	4
10	5



التباطؤ - حركة في تسارع

ما هي التباطؤ؟

التباطؤ هو عمليّة إبطاء في السرعة. خلال عمليّة التباطؤ يطرأ تغيير على السرعة، نتيجة تأثير قوى معيّنة على الجسم، بعد الضغط على الفرامل، مثلًا، ممّا يؤدّي إلى تباطؤ في السرعة. ويعني هذا أنّ الحركة في تسارع. كلّما كان الجسم ذا كتلة أكبر وسرعة أكبر، يكون من الأصعب وقفه، أي أنّ فرملته ووقْفه يحتاج قوّةً أكبر. مثلا، إيقاف شاحنة ثقيلة يحتاج قوّة أكبر من إيقاف سيّارة عائليّة تسافر بنفس السرعة.

- صفوا عمليّة التباطؤ من خلال استخدام المصطلحات التالية: قوّة، تسارع وسرعة، وباستخدام الفكرة العلميّة "القوّة الّتي تؤثّر على جسم تغيّر سرعته".

ما هو التوقّف؟

التباطؤ هي عمليّة إبطاءٍ في السرعة. عندما تنتهي عمليّة إبطاء سرعة جسم معيّن، ويصل الجسم إلى وضع السكون التامّ، تسمّى هذه العملية "**توقفًا**". أي أنّ التوقّف هو عمليّة تباطؤ يصل الجسم في نهايتها إلى وضع السكون التامّ (سرعة صفر).

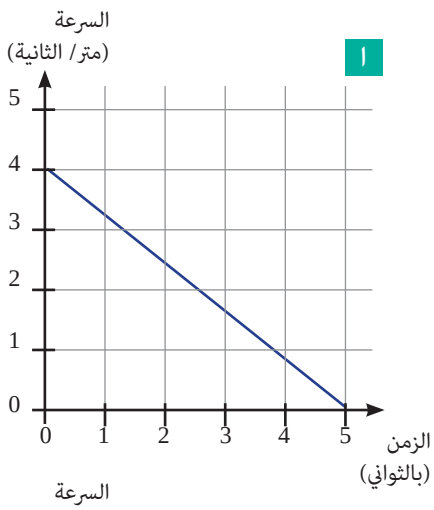
البيئة التعليميّة

أدخلوا البيئة التعليميّة "**التفكير في الحركة**" إلى فعّاليّة "**تمرينات في التباطؤ**".
في هذه المحاكاة ستجرّبون حالات مختلفة تتطلب تباطؤ السرعة بظروف مختلفة وسرعات مختلفة ومسالك متنوّعة، وستفحصون تأثير عوامل مختلفة على عمليّة التباطؤ. في كلّ مرّة تتباطئ فيها المرْكَبة، سيظهر على الشاشة جدول تلخيصيّ يشمل معطيات حول: زمن ردّ فعلكم، مسافة الفرملة ومسافة التوقف. تقيّدوا بالتعليمات في أوراق المهمّة.
* ادخلوا البيئة التعليميّة "التفكير في الحركة" حسب التوجيهات المفصّلة في صفحة ٩.

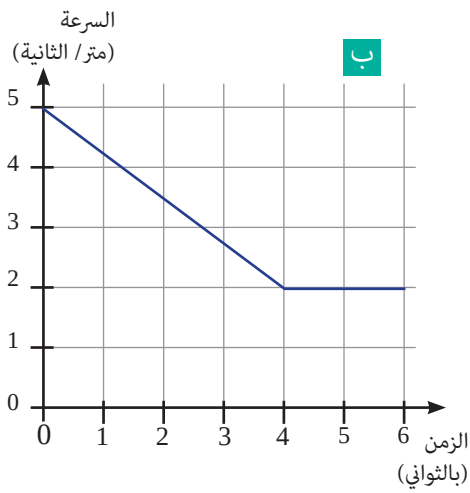
تمثيل عمليّة التباطؤ في الرسوم البيانيّة

تأمّلوا الرسوم البيانية التالية (أ، ب، ج، د) ثم أجيبوا عن الأسئلة:

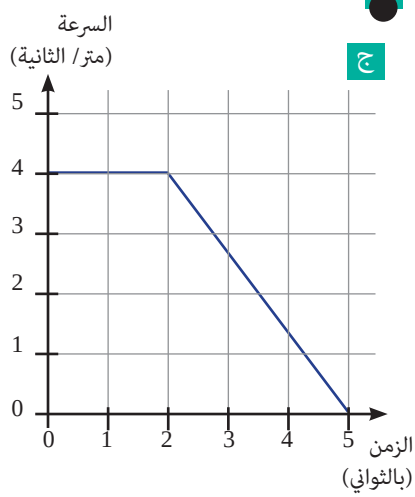
ا



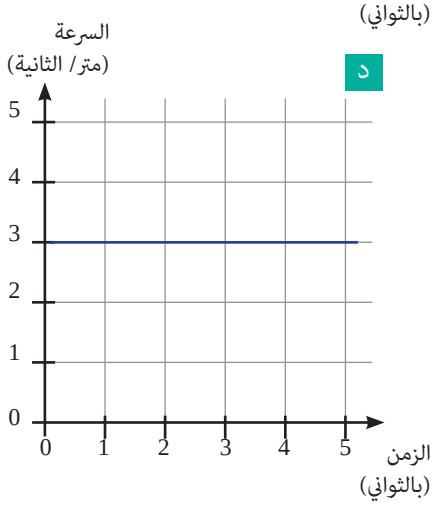
ب



ج



د

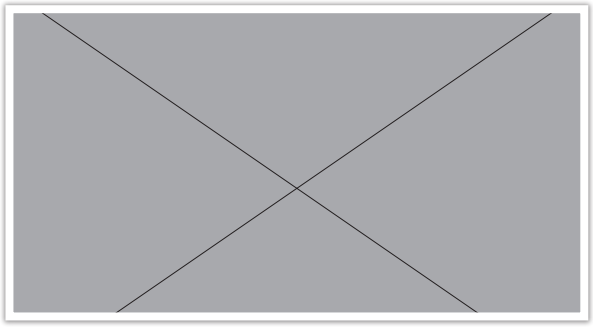


أ. أيّ من الرسوم البيانيّة يصف عمليّة التباطؤ؟
ب. أيّ منها يصف عمليّة توقّف؟
ج. أيّ منها يصف أقصر عمليّة تباطؤ؟
د. أيّ منها يصف أعلى سرعة؟
هـ. ما الفرق في الحركة بين الرسم أ والرسم ب؟

ما هي قوى التباطؤ؟

قوّة التباطؤ هي كلّ قوّة تؤثّر بعكس اتّجاه حركة الجسم. هناك نوعان من القوى الطبيعيّة الّتي تؤثّر كقوّة تباطؤ على جسم متحرّك، هما: قوّة الجاذبية وقوّة الاحتكاك.

- عندما يقوم جسم معيّن بتسلّق منحدر، فإنّه يخضع لقوّة الجاذبية الّتي تؤدّي إلى تباطؤ حركته.
- هناك نوعان من قوّة الاحتكاك: القوّة الّتي تؤثّر بين كلّ جسم متحرّك والهواء الّذي يتحرّك فيه الجسم؛ والقوّة الّتي تؤثّر بين الجسم والطريق الّتي يتحرّك عليها.
- قوى الاحتكاك الداخليّة الّتي تتولّد في جهاز الفرملة في المرْكَبة، تشكّل هي أيضا قوى تباطؤ.



هبوط طائرة

كلّ جسم متحرّك يُنتج بشكل طبيعيّ تأثيرًا متبادلًا احتكاكيًّا مع الهواء الّذي يمرّ عبره. قوّة الاحتكاك مع الهواء لا تكفي لكبح المركبات في الحيّز المروريّ. تستخدم سيّارات السباق أو الطائرات لدى هبوطها في بعض الأحيان مظلّات الفرملة، وذلك لاستغلال الاحتكاك بالهواء بهدف فرملة المرْكَبة.

كلّ سيّارة مزوّدة بجهاز فرملة داخليّ. يؤثّر الجهاز بقوّة على محاور دوران العجلات، للمساعدة في عمليّة إبطاء سرعة السيّارة. القوى الّتي يتمّ استغلالها لهذا الهدف في جهاز الفرملة في السيّارة، هي عادة قوى الاحتكاك.

الفرملة في الحيّز المروريّ

حادث مروّع في طبريّة: ثمانية من أفراد العائلة لقوا حتفهم

وقع الليلةَ حادث طرق مروّع في طبريّة، راحت ضحيّته عائلة بأكملها. الأهل وستّة من أبنائهم، قتلوا في طريقهم إلى طبريّة على أثر فقدان سيّارة نقل صغيرة سيطرتها على الشارع بسبب مشاكل في الفرامل، ممّا أدّى لانقلابها واشتعالها. أسفر الحادث عن مقتل أفراد العائلة ما عدا ابنة واحدة فقط في السابعة من عمرها تمّ نقلها للمستشفى.

وقعت ليلة الثلاثاء مأساة رهيبة في طبريّة. عائلة بأكملها، الأهل وستة من أبنائهم، لقوا حتفهم في طريقهم إلى طبرية بعد أن فقدوا السيطرة على سيّارة نقل صغيرة كانت تقلّهم. انقلبت السيّارة ووقعت في الوادي المجاور، وتدحرجت عشرات الأمتار حتّى توقّفت واشتعلت فيها النيران. نجت ابنة واحدة فقط من الحريق.

وقع الحادث العصيب في حوالي الساعة الواحدة والنصف بعد منتصف الليل، على طريق مناحم بيغين – الشارع المنحدر من مفترق بوريا باتّجاه مدينة طبريّة. فقد الأب السيطرة على السيارة من نوع ميتسوبيشي بسبب مشاكل في المكبح، واصطدم بحاجز الأمان، ثمّ تدهور إلى وادٍ مجاورٍ حتّى اندلعت النيران في السيّارة".

يثير الحادث الرهيب في الطريق إلى طبريّة أسئلة مثل، هل كان بالإمكان منع الحادث، أو على الأقلّ التخفيف من حدّة نتائجه القاتلة؟

الإحساس بعدم وجود مكبح في شارع شديد الانحدار هو كابوس يخشى منه كلّ السائقين تقريبا. ولأنّ هذا الاحتمال يشغل بال الكثيرين، فمن الممكن الاستعداد له واتّباع خطوات عمليّة محدّدة في حال التعرّض بالفعل لوضع مخيف كهذا. في حالات الطوارئ الّتي تواجه السيّارات، يجب التصرّف بحزم وبتفكير هادئ بهدف إبطاء المركبة.

ما العمل إذا تعطّل جهاز الكبح؟

(إعداد: "يرحون اوطو"، يوئيل شفارتس، ٢٣,٠٥,١٢)

توصيّات للسائقين

تمالَك نفسك وسيطر على انفعالاتك

لا شكّ أنّ وضعًا كهذا مرعب جدًّا، ولكن من المهمّ أن نتذكّر أنّ هناك خطوات عمليّة بديلة يمكن اتّباعها لفرملة السيّارة وإيقافها دون ضرر.

- **استخدام فرامل اليد (هاند-بريك)**
- **خفض الغيار بواسطة مبدّل السرعة (الجير)**
- **إيجاد مناطق مرتفعة أو مسالك ملاذ وخروج**

يمكن لكلّ مرتفَع، ولو كان صغيرًا جدًّا، أن يبطئ حركة السيّارة بشكل ملموس. يمكن أحيانا إيجاد مسلك ملاذ وخروج على أحد طرفي الشارع مخصّص بالتحديد لهذا الغرض. عندما تنعدم قوى الاحتكاك كقوّة فرملة، تكون قوّة الجاذبيّة هي القوّة الطبيعيّة الوحيدة المساعِدة في فرملة المرْكَبة. تشكّل قوّة الجاذبيّة قوّة فرملة فقط لدى القيادة لأماكن مرتفعة من الشارع.

- **الاحتكاك بحاجز الأمان**

تشكّل قوّة الاحتكاك قوّة فرملة. صحيح أنّ الاحتكاك بحاجز الأمان المصنوع من الإسمنت أو المعدن، سيسبّب بطبيعة الحال ضررًا للسيّارة، ولكن قوّة الاحتكاك ستؤدّي أيضًا لإبطاء السرعة. يجب اتّخاذ هذه الخطوة على أساس التحكّم التامّ والحرص الشديد على أن تكون السيّارة موازية للحاجز قدر الإمكان، كي لا يتحوّل الاحتكاك إلى صدام.

حاجز أمان

- **استخدام هوامش الشارع لتخفيف السرعة**

في حال عدم وجود حاجز أمان يمكن استخدام هوامش الطريق. تكون قوّة الاحتكاك الّتي تنتج أثناء السفر على هوامش الشارع أكبر من الّتي تنتج على سطح الشارع، الأمر الّذي يتيح إبطاء السرعة. من المهمّ أن يتمّ الانتقال للهوامش بحذر شديد وبالتدريج، ويجب الامتناع عن إدارة المِقوَد بشكل حادّ. وتبقى الطريقة الأمثل لحفظ سلامة الفرامل هو التأكّد من سلامتها قبل السفر، استخدامها بالشكل الصحيح ومعالجة المرْكَبة بشكل دوري وفحصها.

العامل البشريّ في عمليّة الفرملة والتوقّف

يحتاج تغيير السرعة زمنًا معيّنًا، وليس بالإمكان وقف جسم متحرّك بشكل فوريّ. تتمّ **عمليّة وقف مركبة** ما على مرحلتين: **مرحلة اتّخاذ القرار** بفرملة المرْكَبة، وهو قرار متعلّق بالإنسان ومهاراته ووضعه، **ومرحلة الفرملة**، وهي عمليّة تكنولوجيّة تتأثّر من جهاز الفرملة.

زمن ردّ الفعل

تشهد الحركة في الحيّز المروريّ حالات مختلفة تفرض على مستعملي الطريق التجاوب بطرق شتّى، واتّخاذ قرارات واتّباع تغييرات تتعلّق بحركتهم. من هذه التغييرات مثلا: إبطاء السرعة والتوقّف، الإسراع، الانعطاف وغيرها. تحتاج كلّ واحدة من هذه العمليّات إلى وقت لتنفيذها.

الوقت الّذي يمرّ من لحظة تشخيص الوضع الّذي يفرض ردّ الفعل وحتّى لحظة تنفيذ القرار يسمّى "زمن ردّ الفعل".

معدّل زمن ردّ الفعل للإنسان هو ثانية واحدة، وهو متعلّق بوضع السائق وقدراته، سنّه، حواسّه، ردود فعله، حركات جسمه، قدرته على الرؤية والتركيز، مهاراته وقدرته على السيطرة على السيّارة في حالات مفاجئة. زمن ردّ الفعل يتأثّر أيضًا بعوامل خارجيّة مثل: الملل وعدم التغيير – مثلًا، السفر الطويل أو السفر في طريق ممتد وغير متغيّر، كالطريق لإيلات.

- **حالة الطقس وظروف الرؤية** – الطقس الخمسينيّ، المطر، إبهار أضواء السيارات الأخرى، الظلمة، التدفئة المبالغ بها في السيّارة.
- **الضجّة، الاستماع لموسيقى صاخبة.**
- **الانشغال عن القيادة** - الانشغال بعدة أعمال في آن واحد مثل الحديث بالهاتف، كتابة الرسائل النصيّة، رفع غرض، العناية بالأولاد في المركبة وغيرها.
- **التعب.**
- استعمال **المخدّرات، الكحول والأدوية.**

خلال زمن ردّ الفعل تستمر المرْكَبة في حركتها بانتظام. تُسمّى المسافة الّتي تقطعها خلال هذه المدّة الزمنيّة باسم "**مسافة ردّ الفعل**"، أو باسمها الآخر "**مسافة فقدان السيطرة**".

لماذا تعتبر التسمية الثانية ملائمة للتعبير عن مسافة ردّ الفعل، حسب رأيكم؟

"مسافة فقدان السيطرة" هي المسافة الّتي نقطعها دون أن نقوم بأيّة خطوة لفرملة المرْكَبة أو لمنع الخطر. تساوي هذه المسافة نتيجة ضرب زمن ردّ الفعل في سرعة الحركة.

زمن ردّ الفعل بالنسبة للسائقين هو الزمن الّذي تقطع فيه السيّارة مسافة معيّنة دون أن تكون لهم سيطرة عليها. لا يمكن منع وقوع حادث خلال مدّة زمنيّة تكون أقصر من زمن ردّ فعلنا.

انظروا المثال التالي:

قطّة تندفع بشكل فجائيّ نحو الشارع، وتكون على بُعد مترين من سيارة تتقدم بسرعة ٥٠ كم/ساعة.

إذا كان زمن رد فعل السائق ثانية واحدة، ستواصل السيارة تقدمها بسرعة 50 كم/ساعة (حوالي 13.8 متر/الثانية) وتقطع مسافة

13.8 متر = 1 ثانية × 14 متر/الثانية، قبل أن يبدأ السائق بكبح سيارته.

بمعنى، إنّ مصير القطّة محتوم، لأنّ المسافة بين القطّة والسيّارة أصغر من "مسافة فقدان السيطرة"، وليس بمقدور السائق تجنّب الصدام حتّى لو أراد ذلك!

يعتبر كلّ جزء من الثانية في زمن ردّ الفعل مصيريًّا بالنسبة لأمان مستعملي الطريق، وخاصّة في الحالات الّتي تكون فيها السرعة عالية. أثبتت الأبحاث أنّ تقصير زمن ردّ الفعل ولو بأعشار الثانية يمكنه أن يقلّل من الحوادث الناجمة عن عدم الحفاظ على مسافة لدى حوالي ٩٠٪ من السائقين... كلّما قَصُر زمن ردّ الفعل كنّا جميعًا بأمان أكبر.

جدول مسافة فقدان السيطرة

في زمن "ردّ فعل" ومقداره ثانية واحدة

سرعة السيارة (كم/ساعة)	المسافة الّتي نقطعها بالثانية الواحدة (متر)
20	5.5
30	8.3
40	11.1
50	13.8
60	16.6
70	19.4
80	22.2
90	25
100	27.7
110	30.5

أجيبوا عن الأسئلة التالية اعتمادًا على المعطيات الواردة في الجدول:

1. ما العلاقة بين السرعة ومسافة فقدان السيطرة، علمًا أنّ زمن ردّ الفعل هو ثانية واحدة؟

2. تتقدّم سيّارة بسرعة 80 كم/ساعة. يلاحظ السائق أحد المشاة وهو يهبط عن الرصيف ويبدأ بعبور الشارع على بعد 60 مترا منه. إذا كان زمن ردّ فعل السائق 1.5 ثانية، هل يمكنه تجنّب الاصطدام بعابر الطريق؟

3. إذا كان السائق تحت تأثير الكحول، يمتدّ زمن ردّ فعله ليصل إلى ثلاث ثوان. هل يمكنه؟

عندها تجنّب الاصطدام بعابر الطريق؟

يبدأ توقّف المرْكَبة بعمليّة الفرملة حتّى تصل إلى الوقوف التامّ، وهو ما يسمّى "**عمليّة التوقّف**". تشمل عمليّة التوقّف مرحلتين: مرحلة ردّ الفعل ومرحلة الفرملة. خلال هذه العمليّة تواصل المرْكَبة حركتها وتقطع مسافة تسمّى "**مسافة التوقّف**".

مسافة التوقّف = مسافة ردّ الفعل + مسافة الفرملة

مسافة ردّ الفعل متعلّقة تمامًا بالسائق – بقدرته البيولوجيّة وبشخصيّة وكذلك بسرعة قيادته. أمّا مسافة الفرملة فمتعلّقة بالتكنولوجيا – بجهاز الفرملة في السيّارة وبقدرته على تطوير قوى الفرملة، كما أنّها متعلّقة بظروف الطريق، عجلات السيّارة، سلامة الفرامل وغيرها.

مهمّة

أمامكم جدول لمسافات توقّف (تذكّروا أنّ زمن ردّ الفعل هو ثانية واحدة)

سرعة السيّارة (كيلومتر/الساعة)	مسافة التوقّف (متر)
20	2
30	5
40	9
50	14
60	20
70	27
80	36
90	46
100	56
110	68

أجيبوا عن الأسئلة التالية اعتمادًا على معطيات الجدول أعلاه:

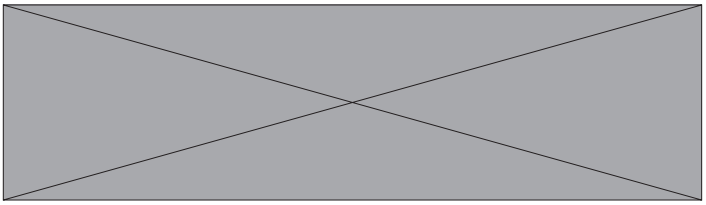
أ. ما هي مسافة توقّف سيّارة تتقدّم بسرعة 80 كم/ساعة إذا كان زمن ردّ فعل السائق هو ثانية واحدة؟

ب. ما العلاقة بين سرعة الحركة ومسافة التوقّف؟

ج. هل تؤدّي مضاعفة السرعة مرّتين إلى مضاعفة مسافة التوقّف مرّتين؟ أعطوا أمثلة.

د. ما العلاقة بين نسبة السرعات ونسبة مسافات التوقّف؟

الرسائل النصيّة أثناء القيادة قاتلة



زوروا موقع السلطة الوطنية للأمان على الطرقات، http://www.youtube.com/rsa

شاهدوا الفيلم القصير: 'כשמסמסים לא נוהגים' ورابطه التالي:
http://www.youtube.com/user/LearnToSayLo/RSA

مهمّة:

1. ترد في الفيلم عبارة: "عندما تكتبين رسالة نصيّة، فأنت لا تكونين حقًّا بالسيارة" – ما القصد من العبارة؟
2. عندما يكون السائق/ة مشغولا/ة بكتابة رسالة نصيّة أو بالتحدّث بالهاتف،
   أ. على أيّة عوامل تتعلّق بالسائق يؤثّر هذا الأمر؟
   ب. على أيّة عوامل تتعلّق بحركة المرْكَبة يؤثّر هذا الأمر؟
3. ما هي المخاطر الّتي يمكن أن تنتج عن ذلك؟
4. فسروا كيف تتأثّر العوامل الّتي ذكرتموها، وكيف يمكن أن يؤثّر هذا على حركة السيّارة وعلى المخاطر الناتجة عن ذلك؟
5. هل يمكن ربط الشعار "وقت المِسِجات لا تسوقوا سيّارات!" بالفكرة العلميّة "القوّة الّتي تؤثّر على جسم تغيّر حركته"؟ اشرحوا!
6. الطفل الراكب في السيّارة معرّض للخطر لأنّ أمّه تستعمل الهاتف الخليويّ أثناء قيادتها السيّارة، ولكن السيّارة مزوّدة بوسائل وقاية لحمايته.
   أ. اذكروا وسائل الوقاية هذه وكيف تساهم في حماية أمن الطفل.
   ب. ما العلاقة بين التعليمات حول ربط حزام الأمان وبين الفكرة العلميّة "القوّة الّتي تؤثّر على جسم تغيّر حركته"؟ اشرحوا علاقة ذلك بحالة الطفل.

المعنى الفيزيائيّ لزمن ردّ الفعل في تحليل حوادث الطرق

سنحلّل فيما يلي بعض الحالات لتوضيح المعنى المركّب لزمن ردّ الفعل وتأثيره على وقوع حوادث.

"السيّد يوسف هو سائق في الثالثة والسبعين من العمر. اصطدم جانبيًّا بمرْكَبة أخرى خرجت من طريق جانبيّة وتقاطعت مع مساره. وقع الحادث في ساعات الظهيرة وبظروف رؤية جيّدة. ادّعى السيّد يوسف أنّه اقترب من المفترق بحذر شديد جدًّا لأنّه مرّ في السابق بحالات كادت تنتهي بحادث في هذا المفترق. زاد الشعور بالخطر المحتمل من حالة التأهب والاحتراس لدى السيّد يوسف، فتوخّى الحذر الشديد لدى اقترابه من المفترق. ساق السيّد يوسف سيّارته بسرعة 54 كم/ساعة، أي أقلّ من السرعة المسموح بها قانونيًّا في هذا المقطع من الشارع، وهو ما أكّده المحقّق في حوادث الطرق. ادّعى السيّد يوسف أن إحدى الخطوات التي اتّخذها لمزيد من الحذر كانت وضع قدمه على دواسة المكبح استعدادا لاحتمال استخدامها. قبل المفترق بـ 30 مترًا لاحظ خروج المرْكَبة الّتي قطعت مساره، فضغط على دوّاسة الفرامل ومع ذلك وقع الصدام. ما مدى مسؤوليّة السيّد يوسف عن وقوع الحادث؟

على افتراض أنّ المعطيات صحيحة، سنقيّم فيما يلي زمن ردّ الفعل الملائم لحالة السيّد يوسف: زمن ردّ الفعل النموذجيّ للسائق في حالة مشابهة هو 1.5 ثانية. ولكن، الظروف الخاصة تستوجب تغييرا في تعريف "زمن ردّ الفعل النموذجيّ".

أوّلا، حالة التأهبّ وتوقّع الحادث لهما أثر كبير على تقصير زمن ردّ الفعل. بما أنّ السيّد يوسف كان واعيًا للخطر، فإنّ هذا قصّر زمن ردّ فعله إلى 1.0-1.1 ثانية.

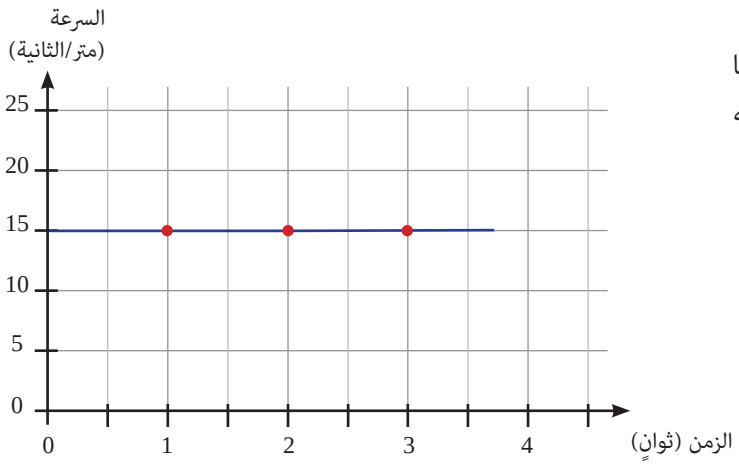
ثانيًا، كان السيّد يوسف يضع قدمه على دوّاسة الفرامل استعدادا لاحتمال وقوع الحادث. وتستغرق عمليّة وضع القدم على الدوّاسة حوالي 0.2 ثانية في حالة وقوع حادث غير متوقّع. إذا أنقصنا هذه المدّة الزمنيّة نحصل على زمن ردّ فعل يساوي 0.9 - 1.0 ثانية.

ثالثًا، عُمر السيّد يوسف 73 عامًا. يُطيل السنّ زمنَ ردّ الفعل بمعدّل 0.8 – 1.0 ثانية. بمعنى، بتأثير السنّ يزيد زمن ردّ الفعل ليصبح 2.0 ثانية بالتقريب.

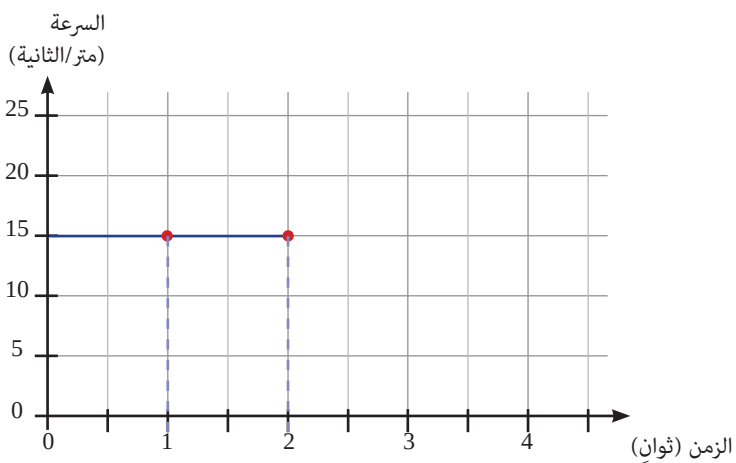
لنحاول وصف الحادث بالدّقة الممكنة اعتمادًا على المعطيات الّتي أمامنا. لهذا الهدف سنصمّم رسما بيانيًّا لحركة السيّد يوسف وسرعته.

المرحلة الأولى

ساق السيّد يوسف قبل الاصطدام بسرعة منتظمة مقدارها 15 مترًا في كلّ ثانية (54 كم/ الساعة). لو استمر في حركته لحصلنا على الرسم البيانيّ التالي:



حركة السائق ممثّلة في الرسم البيانيّ بخطّ مستقيم أفقيّ في نظام محاول يصف السرعة والزمن. المساحة المحصورة بين محور السرعة ومحور الزمن هي المسافة الّتي قطعها السائق. يمكن حساب المسافات الّتي قطعها السيّد يوسف في كلّ مدّة زمنيّة من حركته. مثلًا، في الثانية الأولى قطع 15 مترًا، خلال ثانيتين قطع 30 مترًا وهلمّ جرّا.



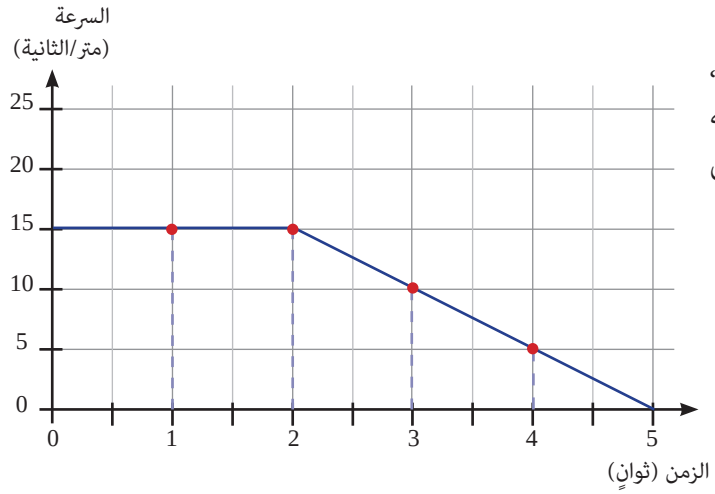
حركة السيّد يوسف في هذه المرحلة تتمّ بخطّ مستقيم وانتظام، أي دون تغيير في السرعة.

فجأة يلاحظ السيّد يوسف خطرًا! يفكّر في كيفيّة الردّ ويقرّر فرملة السيّارة. حسب المعطيات، تمضي ثانيتان من الوقت دون أن يسيطر على السرعة، ثمّ فجأة يتغيّر الرسم البيانيّ وتتوقّف الحركة.

المرحلة الثانية

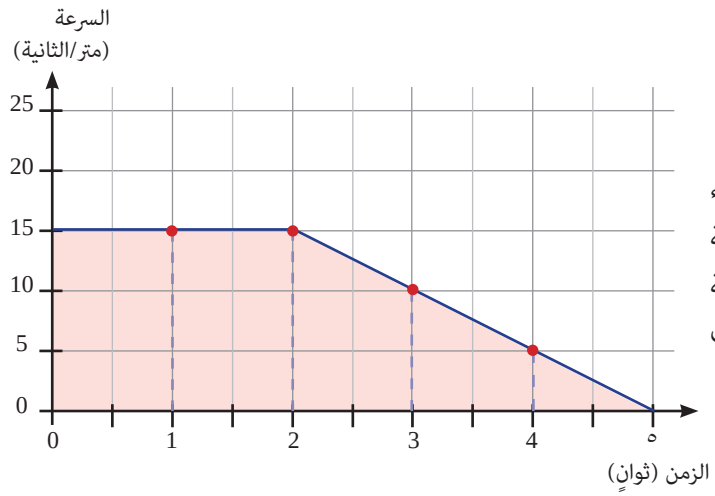
فقط بعد ثانيتين من ملاحظة السيّارة الّتي اعترضت طريقه، تبدأ بعمليّة إبطاء السرعة. خلال هاتين الثانيتين واصلت سيّارته التقدّم دون تغيير في سرعتها، ثمّ بدأت عمليّة التباطؤ حتّى التوقّف المفترَض.

انخفضت سرعة السيّد يوسف من 15 متر/ثانية إلى صفر متر/ثانية، أي حتّى التوقّف التامّ، كما يبدو الأمر في الرسم التالي:



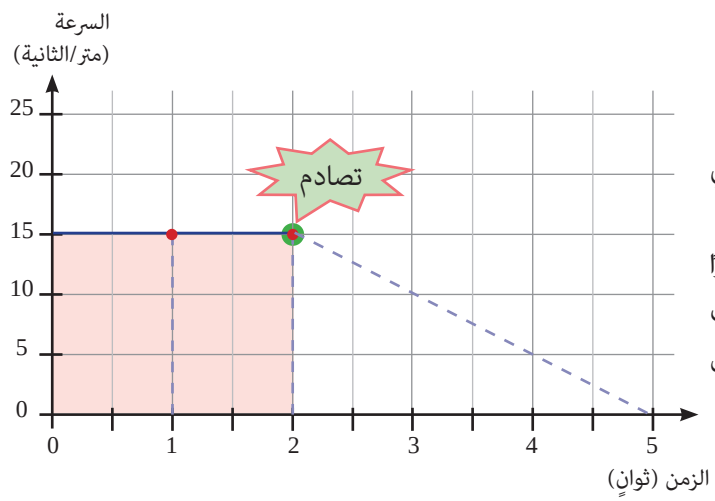
يتحرّك السيّد يوسف بحركة متباطئة حتّى توقّفه.

ما المسافة الّتي قطعها حتّى التوقّف المفترض؟ دون اللجوء لعمليّة حسابيّة، يمكننا معرفة الجواب من الرسم البيانيّ. المسافة المقطوعة ممثّلة في الرسم الّذي اخترناه، بواسطة المساحة المحصورة بين المنحنى ومحور الزمن. يمثّل كلّ أربعة مربّعات مسافة عشرة أمتار.



إذا قمنا بعدّ المربّعات وأجزاء المربّعات نصل إلى حوالي 21 مربعًا تمثّل 50 مترًا تقريبًا.

ولكن... حسب الإفادات، كان السيّد يوسف على مسافة 30 مترًا من المفترق الّذي وقع فيه الحادث. بمعنى، حسب المعطيات كان الحادث محتومًا، ووقع قبل أن يبدأ بفرملة سيّارته، خلال زمن ردّ فعله.



1. هل كان بالإمكان منع الحادث وكيف؟
2. هل تعتقدون أنّ السيّد يوسف مذنب في التسبّب بالحادث؟ اشرحوا ادّعاءكم وأعطوا ثلاثة تعليلات على الأقلّ.

البيئة التعليمية

بعد أن تمرّنتم على مسافات الفرملة ومسافات التوقّف، ادخلوا مرّة أخرى إلى البيئة التعليميّة "**التفكير في الحركة**"* وهناك اضغطوا على فعّاليّة "**تمرينات في الفرملة**".

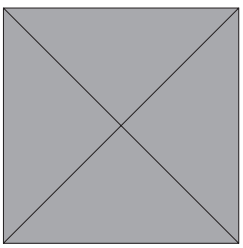
جرّبوا حالات مختلفة تستوجب الفرملة أثناء السفر بظروف مختلفة وسرعات مختلفة ومسالك متنوّعة، وافحصوا بالذات تأثير أزمنة ردّ الفعل المختلفة على عمليّة الفرملة والتوقّف. تقيّدوا بالتعليمات في أوراق المهمّة.

* ادخلوا البيئة التعليميّة "التفكير في الحركة" حسب التوجيهات المفصّلة في صفحة ٩.

من الفهم إلى المصطلحات

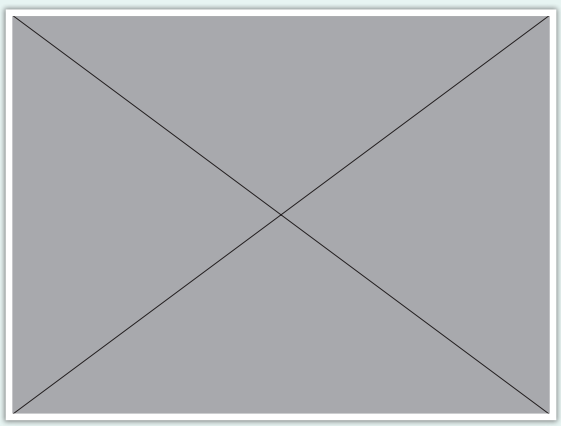
التسارع هو المسبِّب الرئيسيّ لمصرع الناس في الحوادث. خلافًا لما يعتقده كثيرون، الجسم ليس مكوّنًا من قالب واحد متماسك، بل مركّب من أعضاء مختلفة، ولكل عضو كتلة مختلفة. تتسارع الكتل المختلفة بدرجات متفاوتة بتأثير من القوة ذاتها. بإمكان التغييرات الفجائيّة والحادّة في وضع الحركة أن تسبّب تغييرات كبيرة في السرعة، لدرجة قد تفصل أعضاء الجسم عن بعضها البعض. هذا ما يحدث أثناء الحادث. المدّة الزمنيّة الّتي يستغرقها انفصال الأعضاء المختلفة قد تكون أقصر من المدة الزمنية الّتي تحتاجها أجهزة الوقاية للردّ.

الحركة الدائريّة



تناولنا حتّى الآن موضوع حركة الأجسام الّتي تتحرّك بخطّ مستقيم، وتسمّى حركة مستقيمة. ولكن في الحيّز المروريّ لا يتحرّك مستعملو الطرق بخطّ مستقيم دائمًا. سنخصّص هذا الفصل لدراسة الحركة الّتي لا تتمّ بخطّ مستقيم.

انتبه! أمامك حركة دائريّة



قصّة طفولة فيزيائيّ أمريكيّ

"أسكن على بُعد 15 دقيقة سفر من ديزني لاند، لذا يستغرب أبناء أسرتي وأصدقائي أنيّ لم أتردد على الموقع الذي يعتبر قمة المتعة ومملكة الأطفال الساحرة. الحقيقة أن ديزني لاند لم تكن أبدًا سببًا للمتعة بالنسبة لي. العكس هو الصحيح، كانت بالنسبة لي تجربة مفزعة. عندما كنت طفلًا أجلستني أمي في عربة صغيرة مُصمّمة على شكل صاروخ، ودارت بسرعة حول عمود كانت مربوطة به بواسطة كابل قويّ، ثم ارتفعت في الهواء. كنت متأكّدا أنّني مُقبل على الموت. شعرت بقوة جبّارة تحاول قذفي من العربة. لم أصدّق أنّ الأحزمة الّتي

ربطتني بالمقعد ستنقذني من هذه القوّة الفظيعة. صرخت بكل ما أوتيت من قوّة كي تسمعني أمي وتأتي لإنقاذي وتخرجني من مصيدة الموت. ولكنّي فوجئت بأنها ظنّت أنيّ مستمتع تمامًا، وأنّ صراخي ما هو إلا تعبير عن المتعة العارمة. كانت أمي تبدو لي لا مبالية تمامًا إزاء الخطر الرهيب المحدق بي. معلوماتي بالفيزياء حينها لم تكن كافية لأفهم أنّ أميّ لم تدرك أو تشعر بالقوّة الهائلة الّتي شعرت بها.

فهمي آنذاك للحركة الدائرية كان في بعضه صحيحا وفي بعضها الآخر خاطئًا. أوّلا، أخطأت في الاعتقاد بأنّ الحركة الدائريّة تُنتج قوّة تؤثّر من مركز الدائرة إلى الخارج وتدفعني في ذلك الاتجاه. وكنت محقًّا في أنّه بلا تأثير القوّة لا يمكن أن تكون هناك حركة دائريّة.

عندما تعمّقت في فهم الموضوع بعد سنوات، اكتشفت فجأة الحقيقة الفيزيائيّة أنّه أثناء الحركة الدائريّة لا توجد أيّة قوّة تؤثّر من محور الدائرة باتّجاه الخارج. وفهمت أنّ ميل كلّ جسم للاستمرار في حركته، كان هو أصل الموضوع. قد يظنّ من يدور أنّ قوّة "مجهولة" تحاول قذفه إلى خارج الدائرة، وهو إحساس خاطئ لا يتوافق مع الواقع الفيزيائيّ. والحقيقة أنّه ليس كلّ ما نشعر به يكون بالضرورة واقعا فيزيائيًّا".

لفهم صحّة هذا الادّعاء، علينا أن نفهم ما هي الحركة الدائريّة وما أسبابها.

ما هي أسباب الحركة الدائريّة؟

الحركة الدائريّة هي كلّ حركة لا تتمّ بخطّ مستقيم، ولا نعني بالضرورة الحركة في مسار دائريّ تمامًا، مثل لعبة الدوامة. تكون الحركة الدائريّة في تعرّجات الطريق. يشعر من جرب هذه الحركة بوجود "قوّة مجهولة" كبيرة جدًّا تدفعه بالاتّجاه المعاكس لاتّجاه المنعطف. بمعنى، إذا كان المنعطف باتّجاه اليسار تدفعه "القوّة المجهولة" باتّجاه اليمين.

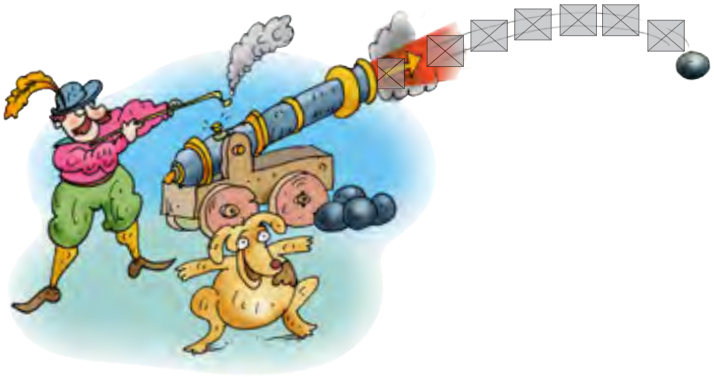
هل هذه القوّة موجودة فعلًا في الحركة الدائريّة؟

الغريب في الأمر أنّ الإجابة هي - كلا. إذن، كيف تتكون الحركة الدائريّة؟
تعلّمنا أنّ الجسم يغيّر حركته فقط إذا أثّرت عليه قوّة ما. بمعنى، كلّ جسم يستمرّ في حركته بخطّ مستقيم وبسرعة منتظمة إلا إذا أثّرت عليه قوّة وأجبرته على تغيير حالته. القوّة الّتي تؤثّر في نفس اتّجاه الحركة تؤدّي إلى زيادة مقدار السرعة، والقوّة الّتي تؤثّر بعكس اتّجاه الحركة تؤدّي لإبطاء السرعة.
لفهم كيفيّة تشكّل الحركة الدائريّة دعونا نتأمّل مسار حركة كرة السلّة بعد قذفها إلى السلّة.

حركة الكرة: كرة السلّة

1. ما شكل مسار الكرة؟
2. لماذا لا تتحرّك الكرة بخطّ مستقيم؟
3. أيّة قوى تؤثّر على الكرة أثناء حركتها في الهواء، بعد تركها اليد، وما هو مصدرها؟

4. ما وجه الشبه بين حركة السيّارة أثناء الانعطاف وحركة الكرة في طريقها للسلّة؟
5. صفوا في رسم توضيحيّ اتّجاهات القوى الّتي تؤثّر على السيّارة في المنعطف وعلى كرة السلّة في مسارها.
6. حاولوا أن تشرحوا حسب هذا المثال كيف تنتج الحركة الدائريّة في الانعطاف.
7. أمامكم صورة مدفع. يطلق المدفع قذيفة في الاتّجاه المشار إليه بالسهم الأحمر.

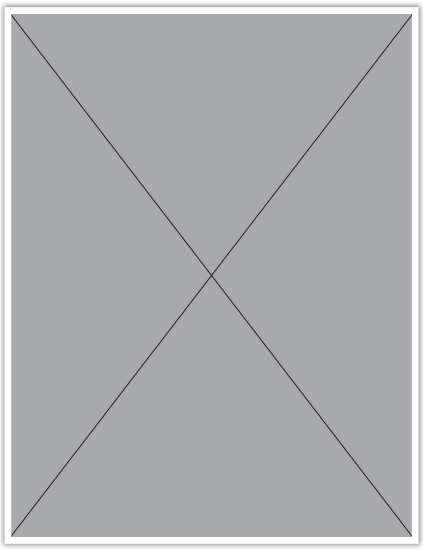


أ. هل تعتقدون أنّ القذيفة ستتحرّك بخطّ مستقيم؟ بمسار آخر؟
ب. ارسموا في الدفتر مسار حركة القذيفة من لحظة إطلاقها من فوّهة المدفع وحتّى سقوطها على الأرض.
ج. اشرحوا المسار الّذي رسمتموه: أيّة قوّة تؤثّر على القذيفة أثناء تقدّمها، وما هو اتّجاه هذه القوّة؟
د. ما نتيجة تأثير هذه القوة؟
هـ. تعلّمنا أنّ حركة الجسم تتغيّر إذا أثّرت عليه قوّة. ما هي القوى الّتي تؤثّر على القذيفة أثناء تقدّمها وما هي اتّجاهات تأثيرها؟
و. إذا أطلق المدفع القذيفة في الفضاء الخارجي، هل يكون مسار حركة القذيفة كما رسمتموه أعلاه؟ فسروا وارسموا المسار الذي تعتقدون أن القذيفة ستتقدّم فيه بالفضاء الخارجي، إذا تجاهلنا قوة الجاذبية.

8. حاولوا أن تفسروا حسب هذا المثال كيفية تكوّن الحركة الدائرية.

إذا أطلق المدفع القذيفة في الفضاء الخارجيّ، هل يكون مسار حركة القذيفة كما رسمتموه أعلاه؟ اشرحوا وارسموا المسار الّذي تعتقدون أنّ القذيفة ستتحرّك فيه في الفضاء الخارجيّ، إذا تجاهلنا قوّة الجاذبيّة.
حاولوا أن تشرحوا حسب هذا المثال كيفيّة تكوّن الحركة الدائريّة.

داود وجالوت والحركة الدائريّة

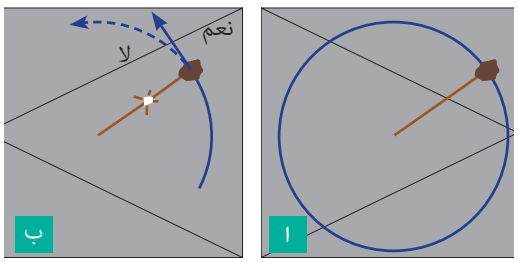


كلّنا يعرف قصّة الكتاب المقدّس عن حجر المقلاع في معركة داود وجالوت. لنفكّر معًا كيف أطلق داود حجر المقلاع لتصيب مباشرةً جبهة الجبّار جالوت.
وضع داود الحجر في كفّ المقلاع، وأمسك بيده بشريطي المقلاع. في هذه المرحلة كان الشريطان متراخيَيْن والحجر ساكنًا. بدأ داود بالتدريج يدير الشريطين، فتحرّك الحجر بحركة دائريّة فوق رأسه. تمطّط الشريطان وبدأ الحجر يدور. كلّما بذل داود جهدًا أكبر في شدّ الشريطين، زادت سرعة الحجر.

لاحظوا:

- أيّة قوّة أثّرت على حجر المقلاع ومن شغّل هذه القوّة؟
- هل كان بإمكان داود السيطرة على سرعة دوران الحجر؟ كيف؟

انجذب الحجر باتّجاه داود نتيجة شدّ الشريطين، وأدّى جذب الشريطين بقوّة أكبر إلى زيادة سرعة دوران المقلاع. انتبهوا أنّ اتّجاه جذب المقلاع هو باتّجاه تأثير القوّة الّتي تمّ تأثّيرها عليه، أي في اتّجاه داود، وليس في الاتّجاه المعاكس. لو أنّ داود لم يبذل قوّة بواسطة الشريطين باتّجاه كفّ يده، لما تكوّنت حركة المقلاع الدائريّة.

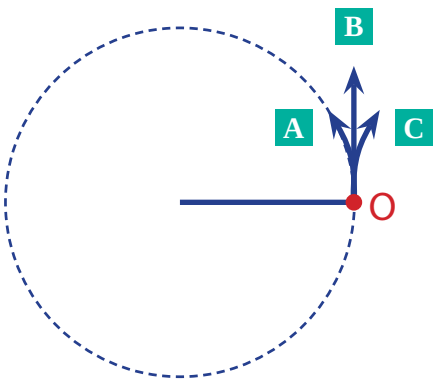


كيف أطلق داود حجر المقلاع؟

في الوقت والظرف الملائمين لإحساس داود بأنّ الحجر سيصيب النقطة الّتي أرادها، أفلت قبضته على أحد الشريطين، وانطلق الحجر في الاتّجاه الّذي أراده.

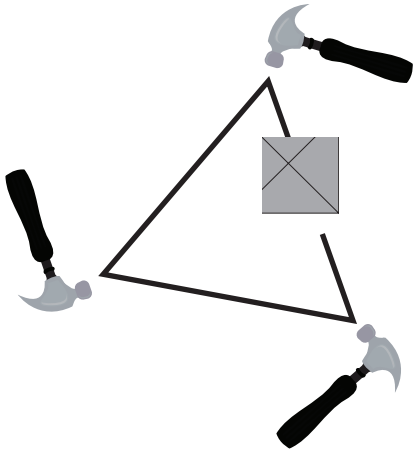
أسئلة للنقاش

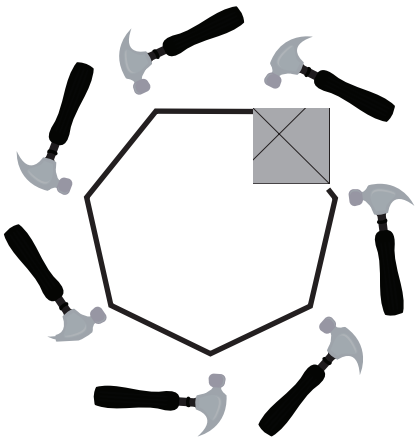
1. كيف زاد داود سرعة الحجر؟
2. كيف عرف داود ما هو الظرف الملائم لإطلاق الحجر؟
3. في أيّ اتّجاه أثّرت القوّة الّتي سبّبت دوران الحجر؟
4. في أيّ واحد من هذه الاتّجاهات (A، B أو C) تحرّك الحجر في اللحظة الّتي أطلقه فيها داود؟ علّلوا اختياركم؟
   أ. واصل الدوران
   ب. انطلق في اتّجاه C – بحركة دائريّة لليمين
   ج. في اتّجاه A – بحركة دائريّة لليسار
   د. في اتّجاه **B** – إلى الأمام، بحركة مستقيمة



5. حسب الفكرة العلميّة "القوّة الّتي تؤثّر على جسم معيّن تغيّر حركته"، ما هدف القوّة الّتي يطبّقها الشريطان على الحجر؟
   أ. تغيير اتجاه الحركة
   ب. تغيير وتيرة الدوران
   ج. لتغيير سرعة الدوران
   د. كلّ الإجابات صحيحة
6. لحظة أطلق داود الحجر، أيّة قوّة زال تأثيرها على الحجر؟
   أ. قوة الجاذبيّة
   ب. القوّة الّتي يؤثّرها الشريطان عليه
   ج. القوّة الدائريّة
   د. قوّة الحركة

7. يصف الرسم التوضيحيّ التالي مسار حركة على شكل مثلّث ومسار حركة على شكل سباعيّ (أي ذي سبعة أضلاع). لتبسيط الأمور، سنفترض أنّ حركة الكرة على المسارين تتمّ دون احتكاك. تجري المحاولة لتحريك الكرة بشكل متواصل دون توقّف على طول المسارين بواسطة ضربات المطرقة. كيف يتمّ ذلك؟ فكّروا وأجيبوا عن الأسئلة التالية:





أ. كم ضربة مطرقة لازمة لتحريك الكرة بمسار المثلث؟

ب. كم ضربة مطرقة لازمة لتحريك الكرة الشكل السباعي؟

ج. لو كان أمامكم مسار ذو 12 ضلعًا، كم ضربة مطرقة ستلزم لتحريك الكرة على طول المسار؟ كم ضربة ستلزم لإتمام مسار من 20 ضلعًا؟ مئة ضلع؟

د. ماذا يشبه المسار الّذي له عدد كبير جدًّا من الأضلاع؟ كم عدد الضربات اللازمة وما هو اتّجاهها، لتحريك الكرة في هذا المسار؟

هـ. تأمّلوا اتّجاه حركة الكرة واتّجاه ضربات المطرقتين في الرسم. هل تعتقدون أنّ ضربات المطرقة تتمّ في نفس اتّجاه حركة الكرة؟

و. ما هو الاتّجاه العامّ لضربات المطرقتين؟

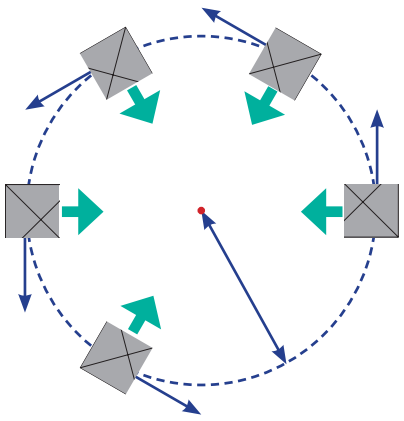
ز. ما هي نتيجة تأثير كلّ ضربة؟

ح. ما وجه الشبه بين تأثير ضربة المطرقة وتأثير الشريطين في مقلاع داود؟

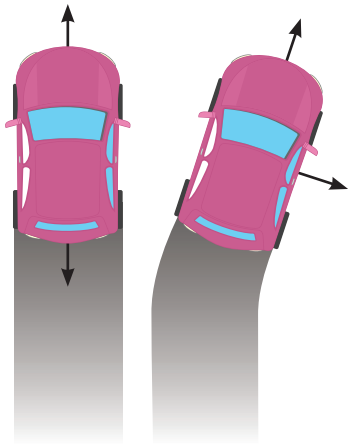
ط. هل تستطيع الكرة أن تغيّر اتّجاه حركتها دون ضربات المطرقة؟

8. إلى ماذا ترمز اتّجاهات الأسهم الزرقاء والخضراء الّتي في الرسم التوضيحيّ إلى اليسار؟

9. يصف الرسم التوضيحيّ التالي كرة تتحرّك في مسار دائريّ. ما العلاقة بين اتّجاه حركة الكرة في كلّ نقطة ونقطة واتّجاه القوى الّتي تؤثّر عليها؟

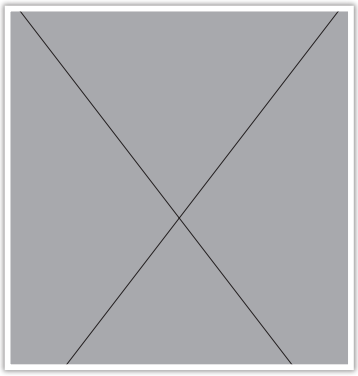


10. يصف الرسم التالي سيّارة تتحرّك مرّةً بشكل مستقيم، ومرّة بشكل دائريّ عندما يدير السائق المقود باتّجاه اليمين.



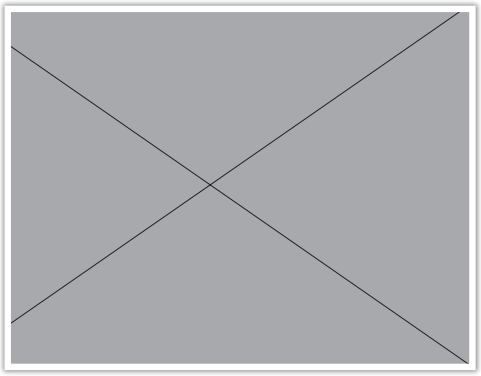
- أيٌّ من الأسهم يمثّل اتّجاه الحركة وأيّها يمثّل اتّجاه القوّة؟
- ما نوع القوّة الّتي تحرّك السيّارة بشكل دائريّ، وأين تنتج هذه القوّة؟
- ما هو اتّجاه تأثير هذه القوّة مقارنة باتّجاه حركة السيّارة؟

تذكّروا! الحركة الدائريّة لا تنتج دون تأثير قوّة



أدّت القوّة التي أثّرها داود بواسطة شريطِ المقلاع على الحجر، إلى تحريكِ الحجر بشكل دائريّ.

تؤدّي قوّة الاحتكاك بين إطارات السيّارة والشارع إلى دوران السيّارة.



تؤدّي قوّة الجاذبيّة بين الكرة الأرضيّة والقمر إلى دوران القمر حول الأرض.

تعلّمنا، أنّ الجسم يحتفظ **باستماريّة حالته** عندما تكون محصّلة القوى المؤثّرة عليه مساوية للصفر. في هذه الحالة لا تتغيّر حركة الجسم، بمعنى أنّ الجسم يواصل حركته بسرعة ثابتة وبخطّ مستقيم. إذا أثّرت قوّة إضافيّة على جسم يشهد استماريّة في حركته، فإنّها تؤدّي إلى تغيير في سرعته. بما أنّ السرعة هي قيمة مُتَّجِهة (ذات اتّجاه وقيمة) فمن الممكن أن تحصل تغييرات في قيمة (مقدار) السرعة وكذلك في اتّجاهها. **القوى** الّتي تؤثّر في **نفس محور** الحركة تكبّر أو تصغّر **مقدار** السرعة. القوى الّتي **لا تؤثّر في نفس محور الحركة** تؤدّي لتغييرات في **اتجّاه** السرعة، أي في اتّجاه الحركة.

عمليًا، الدوران هو تغيير في اتّجاه سرعة الجسم، نتيجة تأثير محصّلة القوى المؤثّرة عليه باتّجاه عموديّ. عندما يزول تأثير القوّة على

الجسم، يتوقّف الجسم عن الدوران ويتحرّك باستمراريّة بخطّ مستقيم. هذه القوّة تسمّى قوّة الجاذبيّة المركزيّة.

- عندما أفلت داود الشريطين من يده، فإنّه أوقف عمليًّا تأثير القوّة على الحجر، فواصل الحجر حركته في خطّ مستقيم.
- إذا زال تأثير قوّة الجذب بين الكرة الأرضيّة والقمر، سيستمر القمر في حركته في خطّ مستقيم إلى الفضاء الخارجيّ.
- إذا زال تأثير الاحتكاك بين إطارات السيّارة والشارع، ستستمر السيّارة حركتها في خطّ مستقيم.

الانعطاف في الحيّز المروريّ

السيّارات ومستعملو الطريق الآخرون الّذين يتحرّكون بحركة دائريّة في الحيّز المروريّ غير مربوطين بخيط إلى مركز الدائرة، كما لا يتمّ ضربهم بمطرقة لكي يدوروا. إذن، ما القوّة الّتي تسبّب دورانهم أو انعطافهم في الشارع؟

هل الاحتكاك هو سبب انعطاف السيّارة؟

فهمنا أنّ الاحتكاك هو القوّة الّتي تحرّك السيّارة إلى الأمام في خطّ مستقيم. هل يمكن أن تكون هذه نفس القوّة الّتي تسبّب الانعطاف؟

للإجابة عن هذا السؤال، سنجرّب الحركة الدائريّة بواسطة تمرين المحاكاة: "**الحركة الدائريّة**".

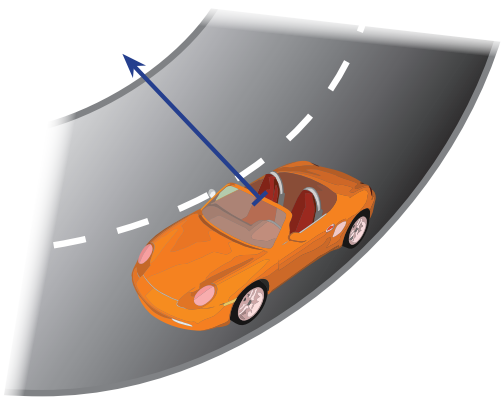
البيئة التعليميّة

ادخلوا البيئة التعليميّة* "**التفكير في الحركة**" إلى فعّاليّة "**الحركة الدائريّة**".

في هذا المسار ستتمرّنون على الحركة في مسار دائريّ في طرق بظروف مختلفة. خلال الدوران وفي المنعطفات ستلاحظون تأثير الخصائص الفيزيائيّة للشارع والمَرْكَبات على إمكانيّة إتمام الدوران والانعطاف بنجاح. تقيّدوا بالتعليمات الّتي في أوراق المهمة.

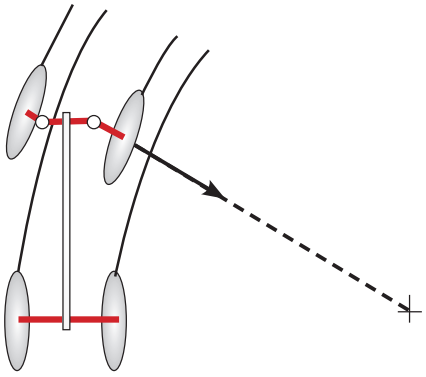
* ادخلوا البيئة التعليميّة "التفكير في الحركة" حسب التوجيهات المفصّلة في صفحة 9.

كما تعلّمنا، ينتج الدوران عن تأثير **قوّة الجاذبيّة المركزيّة** الّتي يكون اتّجاهها نحو مركز دوران الحركة. تمنع قوّة الجاذبيّة المركزيّة من السيّارة الاستمرار في حركتها، وتغيّر اتّجاهها. يمكن أن تكون قوّة الجاذبيّة المركزيّة كلّ قوّة لا تؤثّر في نفس اتّجاه الحركة. طالما أنّ السيّارة تتحرّك بشكل دائريّ، فهي تكون خاضعة لتأثير قوّة من هذا النوع. في لحظة زوال هذه القوّة تعود السيّارة لتستمرّ في حركتها المستقيمة.



قوّة الجاذبيّة المركزيّة هي القوّة الّتي تؤثّر باتّجاه مركز الدائرة. أصل الكلمة من اللاتينية 'centrum' مركز، و 'petere' يطمح إلى.

لتحريك السيّارة بشكل دائريّ يستخدم السائق المقود. يقوم المقود بتوجيه الإطارات في اتّجاه مختلف عن اتّجاه حركة السيّارة، مثلًا: إذا أدار السائق المقود إلى اليمين تتّجه إطارات السيارة إلى اليمين، فيتغير اتّجاه الحركة تبعًا لذلك. نتيجةً لدوران المقود تنتج قوّة جاذبيّة مركزيّة تؤدّي إلى دوران السيّارة.



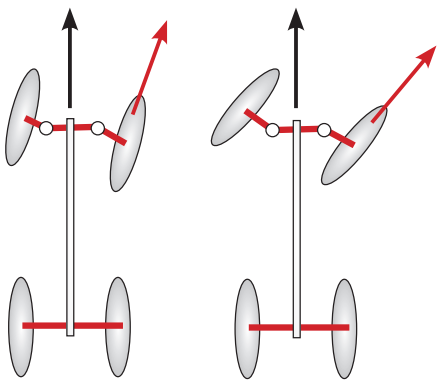
كيف؟

تنتج القوّة الجاذبيّة المركزيّة الّتي تؤدّي لانعطاف السيّارة

تأمّلوا حالة الإطارات عندما تنعطف السيّارة إلى اليمين. لاحظوا وضع الإطارات الأماميّة.

يمثّل **السهم الأسود** اتّجاه حركة السيّارة

يمثّل **السهم الأحمر** اتّجاه القوة المحرِّكة



يظهر من تأمّل هذين السهمين أنّ القوّة المحرِّكة لا تؤثّر في نفس اتّجاه الحركة. القوّة المؤثّرة على الإطارات تؤثّر على حركة السيّارة بِشَكلين في ذات الوقت: جزء من القوّة يحرّك السيّارة إلى الأمام والجزء الثاني يؤثّر عليها باتّجاه عموديّ ويسبّب انعطافها. يؤثّر هذا الجزء من القوّة كقوّة جاذبيّة مركزيّة، أي أنّه القوّة الّتي تسبّب الانعطاف.

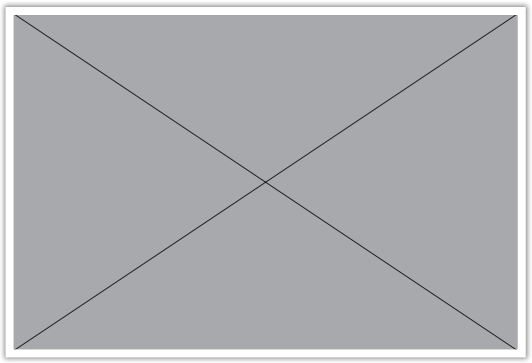
بما أن القوة المحرِّكة ناتجة عن قوة الاحتكاك، فيمكننا الاستنتاج بأن جزءًا من قوة الاحتكاك هو الذي أدّى للانعطاف. إذا زال الاحتكاك لا يمكن للسيّارة الانعطاف في الشارع.

أسئلة للتفكير

1. أحيانا يصعب أو يستحيل الانعطاف في الشارع
   أ. أعطوا أمثلة على ذلك من تجربتكم.
   ب. ما هي العوامل الّتي يمكن أن تؤثّر على انعطاف السيّارة؟
2. في الصورتين أمامكم سيّارتان تنعطفان.
   أ. ما القوى الّتي تؤثّر على السيّارتين؟ ارسموا في دفاتركم مخطّط قوى يصف القوى الّتي تؤثّر على كلٍّ من السيّارتين ويبيّن اتّجاه هذه القوى، ثم سجّلوا أيّ جسم يؤثّر كلّ واحدة من هذه القوى.
   ب. ماذا سيحدث إذا توقفت قوّة الاحتكاك بين عجلات السيّارة والشارع؟

سيّارتان في منعطف

3. في الصورة التالية سيّارة تعجز عن الانعطاف.
   أ. ماذا يحدُث للسيّارة؟
   ب. ما السبب الّذي يمنعها من الانعطاف؟
   ج. اشرحوا لماذا تعجز السيّارة عن الانعطاف. اعتمدوا على الأفكار العلميّة الّتي تعلّمتموها حتّى الآن.



سيّارة تنزلق في المنعطف

ما هي محدوديّة قوّة الاحتكاك في المنعطف؟

تعلّمنا أنّ قوّة الاحتكاك هي العامل المسبِّب لانعطاف السيّارة. يسبّب دوران المقود والإطارات في أن تؤثّر قوّة الاحتكاك في اتّجاه مختلف عن اتّجاه حركة السيّارة، وبذلك يؤدّي لانعطافها. كلّما زادت سرعة السيّارة وكبُرت كتلتها، زادت قوّة الاحتكاك اللازمة لانعطافها. قوّة الاحتكاك اللازمة لانعطاف شاحنة أكبر من تلك اللازمة لتحريك سيّارة عائليّة تتقدّم بنفس السرعة.

ولكن هناك مشكلة: من خصائص قوّة الاحتكاك أنّ قيمتها **محدودة**. بإمكان هذه القوّة أن تكبر ولكن إلى حدّ معيّن هو القيمة القصوى. القيمة القصوى متعلّقة بجودة الإطارات وسطح الشارع الّذي تتحرّك عليه السيّارة.

عدم كفاية قوّة الاحتكاك لحفظ الحركة الدائريّة مماثل لعجز شريط مقلاع داود عن الاستمرار في حفظ دوران الحجر، أو عدم كفاية قوّة الجاذبيّة بين الأرض والقمر لحفظ دوران القمر حول الأرض.

الإحساس الّذي ينتاب الناس أثناء الانعطاف

الآن، وبعد أن تعلّمنا كيف تتولّد الحركة الدائريّة، لنعود إلى قصة الفيزيائيّ الأمريكيّ الّذي أحسّ بقوّة غامضة تدفعه أثناء الدوران.

كيف يمكن تفسير إحساسه؟

يكمن الشرح في فهم العلاقة بين مبدأ الاستمراريّة والحركة الدائرية.

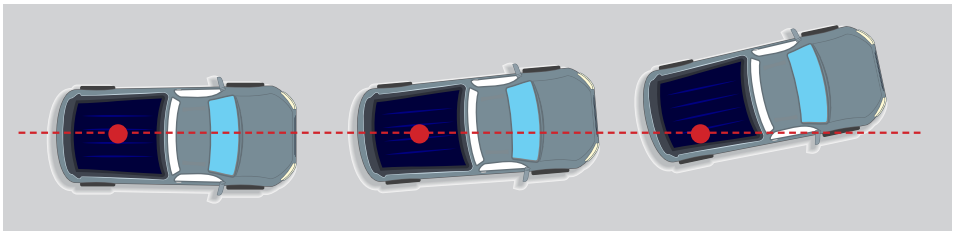
ما العلاقة بين الاستمراريّة وإحساسنا أثناء الدوران؟

كما ذكرنا، الاستمراريّة هي ميل الجسم لمقاومة كلّ تغيير في حالة حركته. الأجسام الّتي تتحرّك بحركة دائريّة تغيّر باستمرار حركتها بتأثير **قوّة الجاذبيّة المركزيّة.**

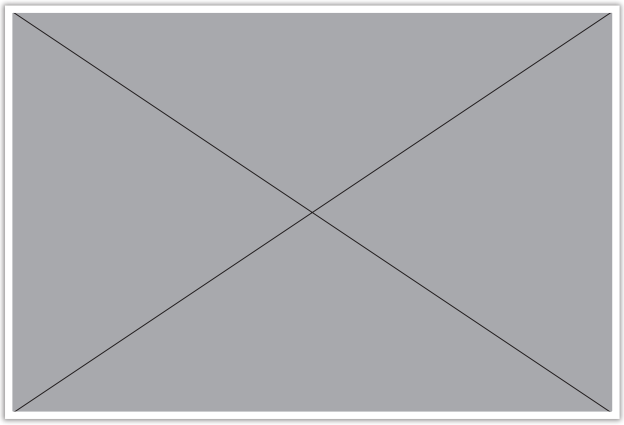
في كلّ لحظة ولحظة خلال الحركة الدائريّة يتجلّى الميل الطبيعيّ للجسم للاستمرار في حركة مستقيمة. تمامًا كما هو حال السيّارة الّتي تدور ولكنّها تميل للاستمرار بشكل مستقيم لولا القوّة الّتي تؤثّر عليها، كذلك جسم الراكب فيها يميل أيضا للاستمرار في حركة مستقيمة أثناء دوران السيّارة.

لنرى ما هي نتيجة هذا الوضع.

لنتأمّل حالة راكب غير مربوط بحزام أمان، يجلس في مركز سيّارة تقوم بالانعطاف. كما هو حال كلّ جسم، يميل هذا الراكب أيضًا للاستمرار في حركة مستقيمة وثابتة حتّى أثناء دوران السيّارة. ما يحدث هو أن الراكب يلتصق بباب السيّارة من الداخل، كما يظهر في المخطّط التالي.



عندما تنعطف السيّارة ويستمرّ الراكب في حركته بخطّ مستقيم، يبدو لمن يتواجد داخل السيّارة أنّه لا يبقى في مكانه في مركز السيّارة بل يتحرّك إلى أحد أبوابها الداخليّة. عندما يصطدم بباب السيّارة، فإنّ الباب يؤثّر عليه قوّة باتّجاه الدائرة، هي عبارة عن قوّة جاذبيّة مركزيّة، تمنعه من الاستمرار في حركته المستقيمة وتؤدّي لدورانه مع مسار السيّارة.



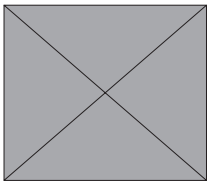
يعتقد كثيرون بوجود قوّة تدفع الراكب بالاتّجاه المعاكس لاتّجاه الدائرة. بل هناك من أطلق على هذه الظاهرة اسم "القوّة النابذة"، أي **القوّة الطاردة من المركز. والواقع أنّ هذا خطأ شائع. ليست هناك قوّة كهذه!** كلّ ما هناك هو فقط ميل الراكب للاستمرار في حركته بخطّ مستقيم أثناء انعطاف السيّارة.

في لعبة الدوّامة الّتي في الصورة تم تثبيت كلّ الأولاد بجدار اللعبة، وهم يشعرون بالقوّة الّتي يؤثّرها عليهم الجدار إذ يمنعهم من الاستمرار في حركتهم بخط مستقيم، ويؤدّي لدورانهم.

ماذا سيحدث للأولاد إذا أزيل الجدار فجأةً؟

فكّروا وأجيبوا:

1. اعتمادا على الأفكار العلميّة الّتي تعلّمتموها، ما هو الشرح العلميّ لظاهرة ومقولة "أنّ السيّارة لم تنجح في "التغلّب" على المنعطف"، وما الظروف الّتي تؤدّي إلى ذلك؟



2. ماذا يحدُث للسيّارة الّتي تفشل في الانعطاف؟
3. أين يمكن أن تتواجد السيّارة إذا فشلت في الانعطاف؟
4. تأمّلوا الإشارة المروريّة الّتي في الصورة.
   أ. ممّا تحذِّر الإشارة المروريّة التالية، وما علاقة ذلك بقوّة الاحتكاك؟
   ب. في أيّة ظروف يفشل السائق في تجنّب الخطر الّذي تحذّر منه الإشارة؟

فقدان السيطرة في المنعطف

أحد أكثر حوادث الطرق شيوعًا هو ما ينتج عن فقدان السيطرة وانعدام إمكانيّة الانعطاف عندما تتقدّم المرْكَبة بسرعة عالية.

متغيّرات الطريق الّتي تؤثّر على الحركة الدائريّة هي:

- طبيعة الطريق (سطح الطريق، الرطوبة، الجفاف وغيرها)
- السرعة أثناء بدء الانعطاف
- نصف قطر الانعطاف
- نوع الإطارات ومدى تماسّ المركبة مع الشارع

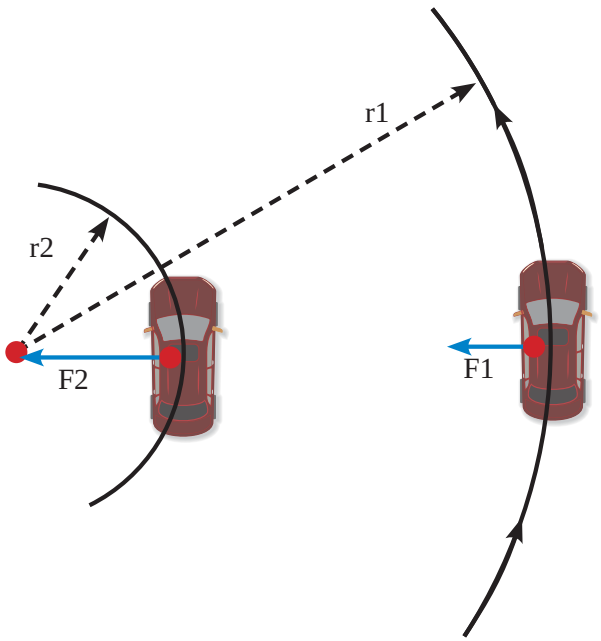
سنتناول بشيء من التفصيل بعض هذه العوامل.

فقدان السيطرة في المنعطف

نصف قطر الانعطاف

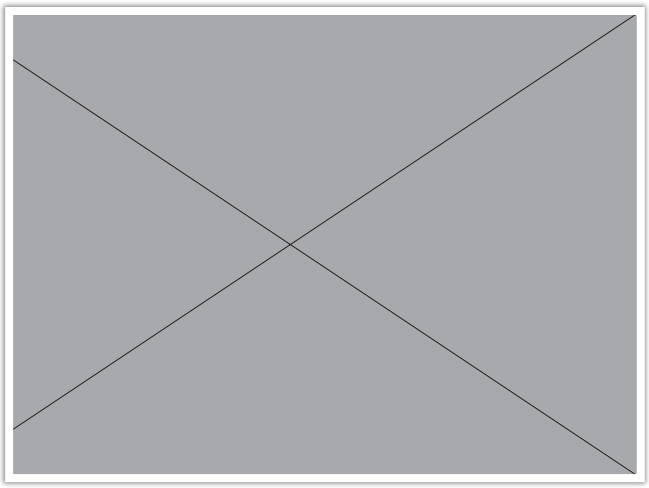
كلّما صغر نصف قُطر الانعطاف احتاج إتمام الانعطاف في المنعطف الحادّ إلى قوّة جاذبيّة مركزيّة أكبر. إذا صغُر نصف قطر المنعطف (منعطف حادّ) كبرت القوّة اللازمة لإحداث تغيير كبير في اتّجاه الحركة. وبالعكس، كلّما كبر نِصف قُطر المنعطف صغرت قوّة الجاذبيّة المركزيّة الضروريّة لإتمام الانعطاف. إذا لم تكن الإطارات سليمة، يصعب على السيّارة المناورة والانعطاف في المنعطفات الحادّة، بينما يقلّ تأثير هذا الأمر في المنعطفات الأقلّ حدّة.

اشرحوا العلاقة بين نوعيّة الإطارات ومدى تآكلها وقوّة الجاذبيّة المركزيّة وقدرة السيّارة على الانعطاف.



سطح الشارع

يؤثّر سطح الشارع على قوى احتكاك الإطارات مع الشارع. عندما يكون الشارع رطبًا، أو موحلاً أو مغطّى بمادّة معيّنة، تكون قوى الاحتكاك الّتي تنتج بين العجل والشارع ضئيلة. نتيجة ذلك من الممكن أن تنزلق المرْكَبة على الشارع، وتتضرّر قدرتها على الفرملة والتسارع. في حالة من هذا النوع هناك احتمال أن يفقد السائق السيطرة على مَرْكَبته.



جودة الإطارات

قوّة الاحتكاك بين الإطارات وبين الشارع متعلّقة بنوع الإطارات ونوع سطح الشارع. كما تعلّمنا، قوّة الاحتكاك هي الّتي تؤدّي لانعطاف السيّارة. فيما يلي المعايير الّتي تحدّد نوع الإطارات:

- عمق الحُزوز على الإطار
- مدى تآكل الإطار
- مدى نفخ الإطار
- مدى مرونة المطاط الّذي صُنع منه الإطار
- مدى ملاءمة الإطار للمركبة ولِوَزنها

يؤثّر عدم الحرص على نوعيّة الإطارات وحالتها بشكل سلبيّ على إمكانية التحكّم بالسيارة وبثباتها. الإطارات غير السليمة لا تتيح الانعطاف بالشكل الصحيح، خاصّة في السرعات العالية.

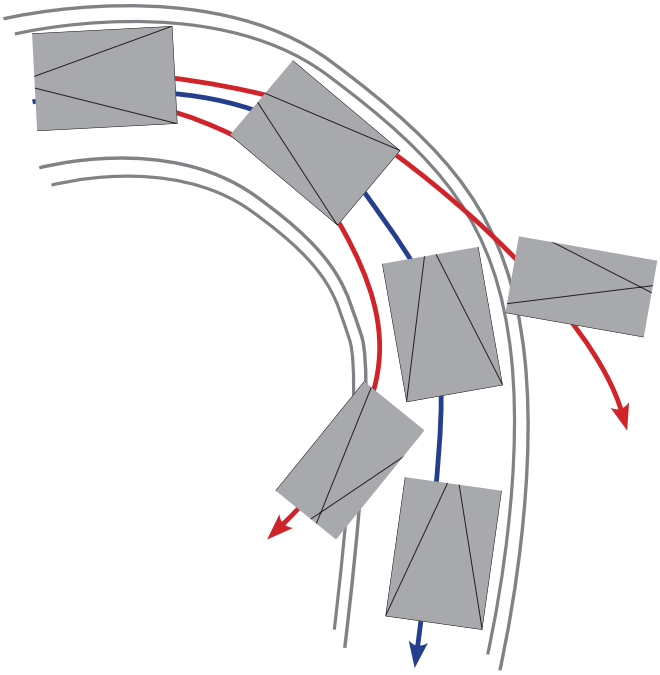
فكّروا: ما هي العلاقة بين جودة الإطارات ومدى تلفها وقوّة الجاذبيّة المركزيّة وقدرة المرْكَبة على الانعطاف؟

سرعة الانعطاف

سيارات سباق في منعطف

قدرة السائق على الانعطاف بدقّة متعلّقة بقدرته على ملائمة سرعة مركبته للظروف في المنعطف. أنتم ومعظم السائقين ستفشلون بالتأكيد في امتحان سياقة سيّارة سباق تدخل منعطفات حادّة بسرعات عالية جدًّا. ستجدون أنفسكم بلا شكّ خارج مسار السباق داخل كومة قشّ أو إطارات وُضعت خصّيصًا لهذا الهدف. السبب هو عدم تجربتكم في ملاءمة سرعة السيارة لظروف المنعطف. قدرة سائقي السباق على ملاءمة السرعة المطلوبة للمنعطف هي سر فوزهم في مسارات السباق، كما أنّهم يعرفون كيف يأخذون بالحسبان النواحي المحيطة والمتعلّقة بالسباق، مثل مدى قربهم من السائقين الآخرين، ظروف الطقس، مواصفات مركبتهم ومحدوديّاتها وكذلك كبر الجائزة الّتي يمكن أن يفوزوا بها.

تحدّد قوانين الفيزياء السرعة العظمى للحركة الدائريّة، وهي السرعة الّتي لا يمكن تجاوزها. بمعنى، لكلّ منعطف سرعة عظمى ملائمة له. إذا تجاوزت المرْكَبة هذه السرعة فمن الممكن أن تنحرف عن مسارها.



السرعة الحرجة في المنعطف

أثناء السفر على شارع مسطح وأفقيّ تسبّب قوّة الاحتكاك بين إطارات السيّارة والشارع انعطاف المرْكَبة. تحتاج المرْكَبة إلى قوّة كبيرة للانعطاف بسرعة كبيرة على منعطف نصف قُطره صغير. ولكن، كما أسلفنا، قوّة الاحتكاك لها قيمة محدودة. فعندما تكون قوّة الاحتكاك القصوى مختلفة عن القوّة الملائمة للانعطاف على الطريق، لن تتمكن السيّارة من الانعطاف، وتكون النتيجة أحد أمرين:

- إمّا أن تنحرف السيّارة عن الشارع من جهته الخارجيّة
- إمّا أن تنحرف السيّارة عن الشارع من جهته الداخليّة

فكّروا وأجيبوا:

في أيّة ظروف تؤدّي قوّة الاحتكاك لإحدى العمليّات التالية؟ أشيروا للإجابة الصحيحة واشرحوا اختياركم:

أ. تنزلق السيّارة عن الشارع من جهته الخارجيّة، إذا كانت قوّة الاحتكاك أكبر / أصغر من المطلوب، لأنّ....

ب. تنزلق السيّارة عن الشارع من جهته الداخليّة، إذا كانت قوّة الاحتكاك ملائمة/ أكبر / أصغر من المطلوب، لأنّ....

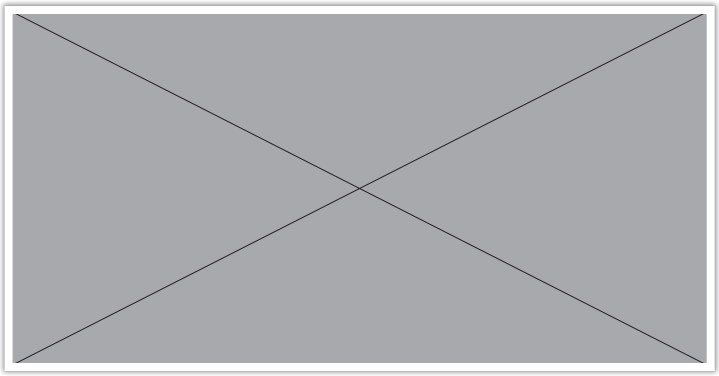
ج. تنعطف السيّارة كما يجب إذا كانت قوّة الاحتكاك ملائمة/أكبر/أصغر من المطلوب، لأنّ...

أعلى سرعة ممكنة للقيام بالانعطاف دون التسبّب بانقلاب المرْكَبة، تُسمّى السرعة الحَرِجة للانعطاف. السرعة الحرجة متعلّقة بدرجة كبيرة جدًّا بالاحتكاك بين الإطار والشارع وكذلك بِنصف قُطر المنعطف.

- إذا كانت سرعة المرْكَبة أصغر من السرعة الحرجة، يكون بإمكان المرْكَبة أن تنعطف بسهولة في الشارع.
- إذا كانت سرعة المرْكَبة مساوية للسرعة الحرجة، تبدأ المرْكَبة بفقدان تماسّها مع الشارع، ويعجز السائق عن فرملة المرْكَبة أو السيطرة على اتّجاهات حركته.
- إذا كانت سرعة المرْكَبة أعلى من السرعة الحرجة، عندها تنحرف المرْكَبة عن مسارها وتنزل إلى الهامش الخارجيّ، وتنقلب إلى الجهة الخارجيّة للمنعطف..

أسئلة

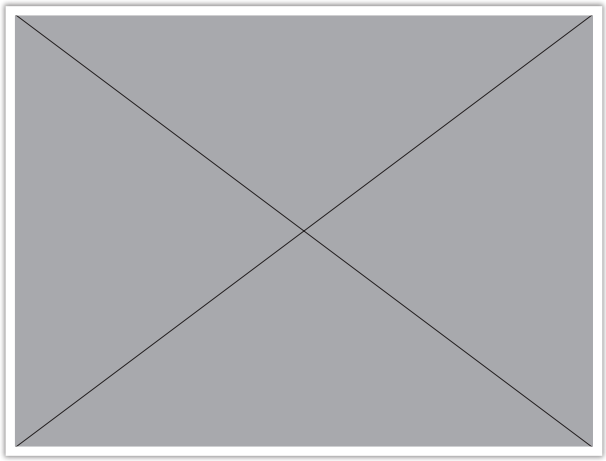
1. قبل كلّ منعطف أو منحنى في الشارع هناك إشارة مرور تحذّر السائقين منه. ما هي المخاطر الّتي يمكن أن تعترض السائق في المنعطفات؟ فكّروا في أكبر عدد من المخاطر وسجّلوها.



2. ماذا حدث، في رأيكم، للدرّاجة الناريّة الّتي في الصورة؟ انتبهوا إلى علامات الانزلاق الّتي تركها العَجلان على الشارع، وفسّروا ماذا حدث، اعتمادًا على الأفكار العلميّة الّتي تعلّمتموها.

الثبات

هل أنتم مستعدّون للركوب في مَرْكَبة محمّلة بحمولة كالّتي في الصورتين التاليتين؟
ما المشكلة الّتي ستعترض راكب الدرّاجة الهوائيّة لو حاول ركوبها؟



أسئلة للنقاش

1. ما المشترك بين الحالتين؟
2. ما الخطر في ركوب السيّارة والدرّاجة أعلاه؟
3. هل يمكن قيادة أو توجيه مركبة في وضع كهذا؟
4. ماذا يمكن أن يحدث للمركبة في حالة كهذه في المنعطف؟

حمولة زائدة

تعبّر الحالتان عن ظاهرة شحن حمولات زائدة على المركبات.

تكون **الحمولة زائدة** إذا كانت المركبة محمَّلة بحمولة وزنها أكبر من المسموح حسب تعليمات المنتِج، ويكون توزيع الوزن على العجلات بشكل يعرّض إمكانيّة التحكّم بالمرْكَبة للخطر.

يتوزّع وزن المركبة والحمولة الّتي تشحنها على كلّ العجلات، ونتيجة ذلك تؤثّر قوى الفعل وردّ الفعل بين العجلات والشارع في نقاط التماس بينها. كلّما كانت الحمولة أثقل كانت القوى المؤثّرة أكبر.

كلّما كانت القوى المؤثّرة على العجلات الأماميّة أكبر، صار من الأصعب إدارة مقود السيّارة، لأنّ قوّة الاحتكاك بين العجلات والشارع تزيد. وبالعكس، كلّما كانت هذه القوى أصغر، سهُلت إدارة المقود. ولكن إذا صغرت قوّة الاحتكاك، يمكننا أن نفقد القدرة على الانعطاف. في حالات متطرِّفة عندما تنفصل العجلات الأماميّة عن الشارع، نفقد تمامًا القدرة على السيطرة على المرْكَبة وعلى اتّجاهات حركتها.

لتوضيح الأمر دعونا نتأمّل الحالة التالية:

الوزن الإجماليّ للنظام الّذي نراه في الصورة موزّع على أرجل الحمار الأماميّتين والخلفيّتين وعلى عجلات العربة.

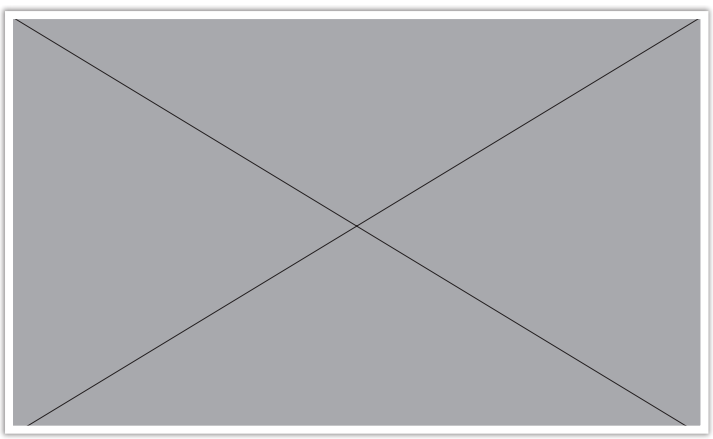
1. على أيّ منها تؤثّر القوّة الأكبر؟
2. ما هي القوّة الّتي تؤثّر في نقاط التماس بين رِجلي الحمار الأماميتين والطريق؟
3. ما وجه الشبه بين هذه الحالة وبين حمولة مركبة مركّزة في القسم الخلفي منها؟
4. هل يمكن السيطرة على اتّجاهات مركبة في وضع كهذا؟ فسّروا لماذا.

الحمولة الزائدة هي العامل المباشر الّذي يؤثّر على السفر على الطرقات. يطبّق وزن الحمولة قوّة كبيرة على الإطارات، ممّا يصعّب السيطرة على المرْكَبة ويخلق صعوبات في توجيه المرْكَبة وفرملتها. كما تسبّب الحمولة الزائدة هبوط الشوارع وتكوّن الحفر. الحفاظ على سلامة الطرق هو أحد أهمّ شروط الأمان على الطرقات.

حدّدت وزارة المواصلات أنّ: "**المرْكَبة الّتي تشحن حمولة زائدة تشكّل خطر الموت بشكل واضح وملموس**".

جاء هذا الموقف على أثر تزايد حوادث الطرق الّتي تورّط فيها سائقو شاحنات فقدوا السيطرة على مركباتهم. وقد توصّلت الجهات المسؤولة عن تطبيق القانون إلى الاستنتاج بأنّ هذه الشاحنات كانت محمّلة بحمولات زائدة، الأمر الّذي أعجز السائقين عن تجنّب وقوع الحوادث. تقرّر إزاء هذه النتائج زيادة تطبيق أحكام القانون المتعلّقة بالحمولة الزائدة على الشاحنات. ضمن هذه الأحكام، تمّ منح الشرطة صلاحيّة التحفّظ على المرْكَبة الّتي تنقل حمولة زائدة.

كيف يمكن أن تؤدّي الحمولة الزائدة إلى حوادث؟ اشرحوا.



الحمولة الزائدة ليست مشكلة سائقي الشاحنات فحسب، بل مشكلة كلّ من يحاول أن ينقل بسيّارته حمولة أثقل من الوزن الّذي تستطيع حمله.

تؤثّر الحمولة الزائدة على إمكانيّة السيطرة على المرْكَبة، وإمكانيّة السيطرة مرتبطة **بثبات** المرْكَبة.

البيئة التعليمية

أدخلوا البيئة التعليميّة* "**التفكير في الحركة**"، إلى فعّاليّة "**تمرينات على الثبات**".

في هذا المسار ستتمرّنون على قيادة مَرْكَبة تنقل حمولة زائدة في طريق مليء بالتحديات. عليكم الحفاظ على ثبات المرْكَبة والوصول إلى نقطة النهاية دون الانقلاب ودون فقدان كلّ الحمولة. لأجل ذلك، عليكم أن تلائموا قيادتكم إلى حجم الحمولة المشحونة على مركبتكم ووزنها وموضعها. تقيّدوا بالتعليمات الّتي في أوراق المهمّة.

* ادخلوا البيئة التعليميّة "التفكير في الحركة" حسب التوجيهات المفصّلة في صفحة 9.

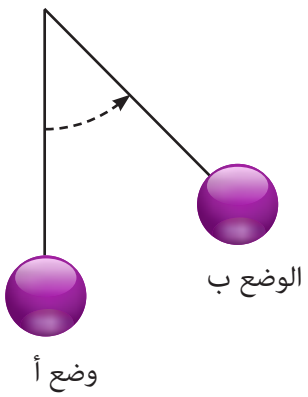
ما هو الثبات؟

من الناحية العمليّة، الثبات هو القدرة على السيطرة على حركة المرْكَبة في كلّ ظروف السفر على الطريق: في الحركة السريعة، أو الدائريّة، أثناء مناورات غير متوقّعة في محاولة لتجنّب حادثة أو صدام وغيرها. السيطرة على الحركة تعني القدرة على الفرملة أو الإسراع أو الحفاظ على اتّجاهات حركة المرْكَبة. ثبات المرْكَبة يتيح للسائق التصرّف كما يجب على الشارع، وعندما يفقد ثباته للحظة في حالات الطوارئ يمكّنه ثبات المرْكَبة من العودة للسيطرة عليها.

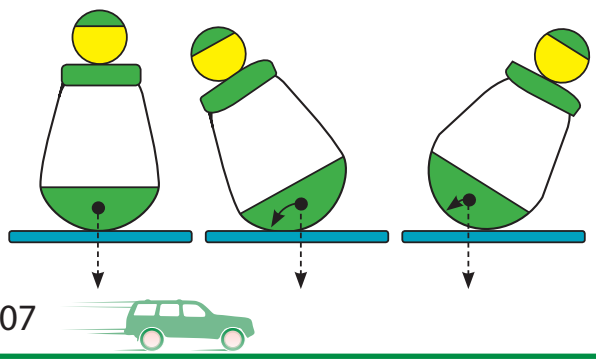
أمّا إذا كانت المرْكَبة غير ثابتة، فلا يمكنه عندها السيطرة على اتّجاهات حركتها وسرعتها، وفي حالة عدم الثبات التام يمكن للمَرْكَبة أن تنقلب. لذا من المتبّع تعريف الثبات، ككلمة معاكسة للانقلاب. درجة كبيرة من الثبات تعني تضاؤل احتمال الانقلاب، ودرجة منخفضة من الثبات تعني زيادة احتمال الانقلاب. من ناحية السيطرة على المركبة، يعني الثبات ملاءمة الأعمال الّتي يقوم بها السائق مع حركة المرْكَبة. من الناحية الفيزيائيّة، يعني الثبات ميل الجسم أو النظام للحفاظ على نفس الوضع (أي الموقع والسرعة)، والعودة إليه بشكل طبيعيّ في كلّ مرّة تجري محاولة تغييره. نعني بالميل الطبيعيّ وجود قوى خارجيّة تؤثّر على الجسم فتعيده لوضعه الثابت.

مثال:

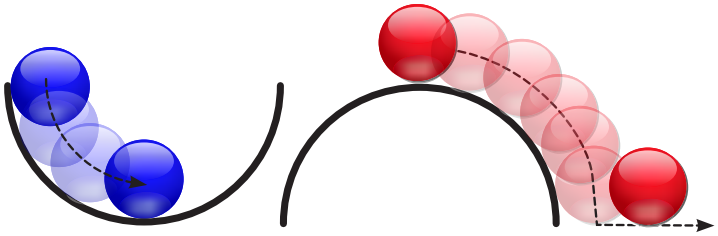
البندول المعلّق على خيط موجود في وضع ثابت عند نقطته الأدنى (وضع أ). عندما نغيّر وضعه (إلى الوضع ب) يعود إلى وضعه السابق (وضع أ). في النقطة الأدنى له يكون البندول ثابتا، أي موجودًا في وضع ثابت.



اللعبة البلاستيكيّة (Bobo doll) الّتي تقف دائمًا على قاعدتها، هي مثال لنظام موجود في وضع ثابت.



بنّورة في أسفل وعاء مقعّر هي مثال لوضع ثابت، هذا خلافا لوضعها لو كانت على قمة مسطّح محدّب، حينها تكون في وضع غير ثابت.
إذا أزحنا البنّورة من أسفل الوعاء المقعّر وتركناها، ستعود إلى وضعها الأوّليّ.



ثبات المَرْكَبة

المَرْكَبة الثابتة هي المرْكَبة الّتي يكون تماسّ دائم بين إطاراتها والشارع في كلّ الظروف، حتّى عندما تؤثّر عليها قوى خارجيّة.
تعتبر السيّارة الساكنة أو المتحرّكة الّتي تحافظ كلّ إطاراتها على تماسّ مع الشارع، سيّارة ثابتة. تمامًا كما يحدُث مع البنّورة الّتي تعود لقعر الوعاء، كذلك تعود السيّارة الثابتة إلى حالة التماسّ بين إطاراتها والشارع، بعد أن تكون الإطارات عن انفصلت عن الشارع بتأثير قوى خارجيّة.
انقلاب المرْكَبة هو مثال للانحراف عن الوضع الثابت، والانتقال لوضع لا تتوفّر فيه القوى اللازمة لإعادة السيّارة لوضعها الثابت.
فقدان الثبات يعني انعدام القدرة على الحفاظ على الوضع الأصليّ أو العودة إليه.

العوامل المؤثّرة على ثبات المرْكَبة

هناك عدّة قوى تؤثّر على ثبات الأجسام أثناء حركتها، وهي:

- قوّة الجاذبيّة – وزن المرْكَبة والحمولة الّتي تحملها.
- قوّة الجاذبيّة المركزيّة الّتي تنتج أثناء الانعطاف.
- القوى الّتي تنتج نتيجة ميل الطريق.
- القوى الّتي تؤثرها الرياح القويّة.

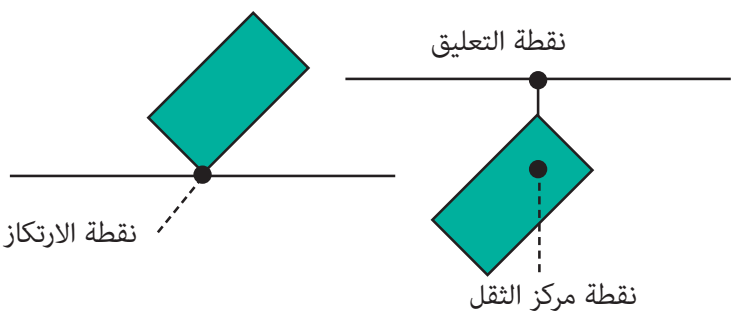
تعريف مصطلح "مركز الثِقَل"

لكلّ جسم مركز ثِقَل.

مركز ثقل الجسم هو النقطة الّتي من الممكن أن نتطرّق إليها كأنّ كلّ وزن الجسم معطى بها .

مركز ثقل الجسم هو النقطة الّتي تعبّر عن وزن الجسم كلّه. بمعنى أنّه إذا دعمنا هذه النقطة أو علّقنا الجسم بها، فسيقف ثابتًا دون أن يسقط أو يدور. يمكن لهذه النقطة التواجد خارج الجسم أو داخله.
يحافظ الجسم على التوازن الثابت فقط إذا كان مركز ثقله تحت نقطة الارتكاز أو **نقطة التعليق**.

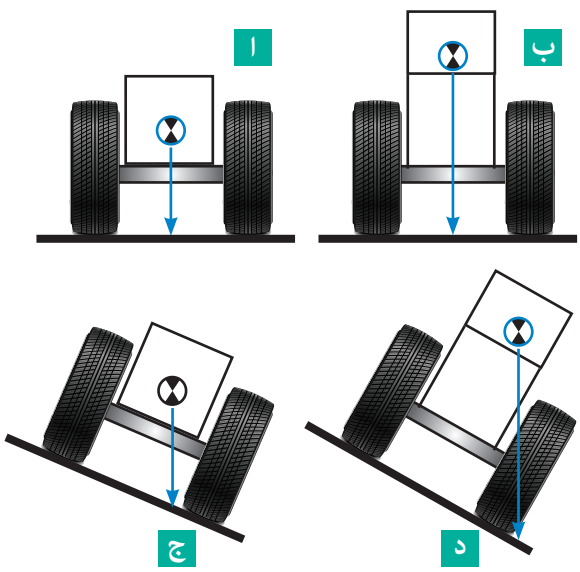
لهذا السبب لا يمكن إيقاف مستطيل على أحد رؤوسه الأربعة، ولكن يمكن تعليقه من أحد رؤوسه، لأنّ مركز ثقله عندها يكون تحت نقطة التعليق.



يسهل أحيانًا الحديث عن تأثير القوى الخارجيّة على مركز ثقل الجسم بدل الحديث عن تأثير القوى على جسم ملموس ذي حجم وشكل.

وزن الجسم هو القوّة الّتي تؤثّر بين الكرة الأرضيّة والجسم. تؤثّر هذه القوّة دائمًا بين مركز ثقل الجسم ومركز ثقل الكرة الأرضيّة. بمعنى، الخطّ المستقيم الّذي يربط بين كِلا مركزَي الثقل هو خطّ تأثير وزن الجسم واتّجاهه. اتّجاه الوزن يكون دائمًا عموديًّا على الكرة الأرضيّة، ويسمّى "خطّ التأثير على مركز الثقل".

لكلّ جسم مساحة يرتكز عليها تسمّى "مساحة قاعدة الارتكاز". مساحة قاعدة ارتكاز السيّارة هي المساحة المحصورة بين عجلاتها الأربعة. مساحة قاعدة ارتكاز الانسان أثناء وقوفه أو مشيه هي المساحة الّتي بين قدميه. مساحة قاعدة ارتكاز برج بيزا هي مساحة القاعدة الّتي يقع عليها البرج.



يصل المخطّط التالي مَرْكَبة مع نقطة مركز ثقلها وخطّ تأثير وزنها. نقاط ارتكاز المركبة موجودة في المساحة الّتي بين العجلين. عندما نشحن حمولة على السطح (الحالة ب)، ترتفع نقطة مركز الثقل، ولكن خطّ التأثير يستمر في العبور داخل مساحة قاعدة الارتكاز. أمّا عندما تميل المرْكَبة (الحالتين ج، د) فإنّ خطّ تأثير ثقلها يغيّر مكانه نسبةً لنقاط الارتكاز، فيتكوّن وضع من عدم الثبات. متى تنقلب المركبة؟ عندما يخرج خطّ التأثير عن حدود مساحة قاعدة ارتكاز المركبة.

ما علاقة كلّ ذلك بالثبات؟

يبقى الجسم ثابتا إذا كانت نقطة مركز ثقله فوق حدود مساحة قاعدة ارتكازه، أو عندما يمرّ "خطّ تأثير مركز ثقله" عبر مساحة قاعدة ارتكاز الجسم.

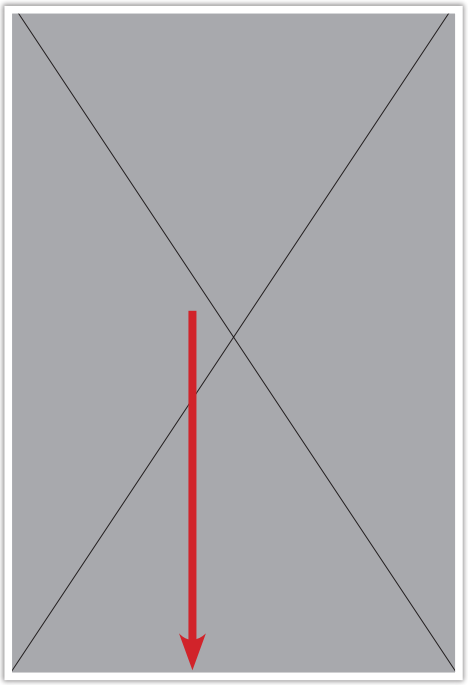
يمكن لقوى خارجيّة أن تغيّر موقع نقطة مركز الثقل.

إذا خرجت نقطة مركز الثقل عن حدود مساحة قاعدة الارتكاز، يفقد عندها الجسم أو المركبة ثباتهما وينقلبان.

متى سيسقط برج بيزا ولماذا لم يسقط حتّى الآن؟

عندما نرسم خطّ تأثير ثقل البرج (خطّ الثقل) نرى أنّه لا يزال يمرّ عبر مساحة قاعدة ارتكاز البرج. هذا هو السبب في عدم سقوط البرج حتّى الآن. كلّما زاد ميلان البرج، زاد اقتراب خطّ تأثير ثقله من طرف مساحة قاعدة الارتكاز. عندما يتجاوز الخطّ حدود هذه المساحة، سينهار البرج. لذا، يتمّ تثبيت البرج من خلال توسيع قاعدته وخفض مركز ثقله من خلال إضافة حمولة ثقيلة في المنطقة القريبة من قاعدته.

مصطلح "**وزن الجسم**" معادل لمصطلح "**مركز الثقل**".

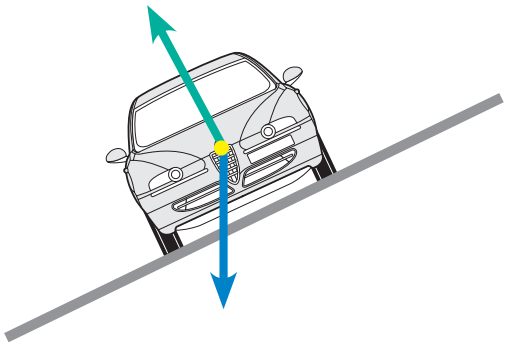


برج بيزا، إيطاليا

ما علاقة كلّ ذلك بالحيّز المروريّ؟

شيء شبيه يمكن أن يحدُث أيضًا للمرْكَبات في الحيّز المروريّ.

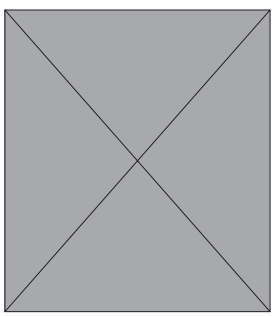
في سيّارات الجيب، مثلًا، تكون نقطة مركز الثقل مرتفعة جدًّا. وبما أنّ هذه السيّارات تسافر في مناطق وعرة ذات ميول حادّة، وتتقدّم إلى الأمام والخلف وإلى الجانبين، فهي تكون معرّضة لفقدان ثباتها والانقلاب في أحيان متقاربة.



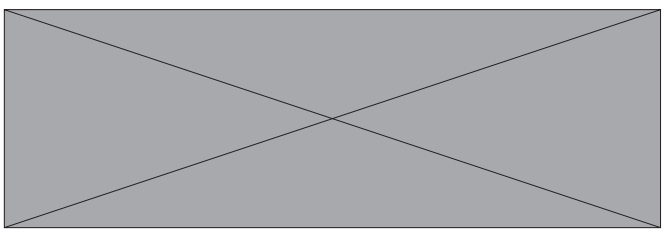
مثال آخر، عندما تقف سيّارة على سطح شارع أفقيّ، يمرّ خطّ تأثير ثقلها عبر مساحة قاعدة ارتكازها، لذا فهي تحافظ على ثباتها. أمّا عندما تكون على سطح طريق مائل، فيمكن لخطّ التأثير أن يخرج عن حدود قاعدة الارتكاز، الأمر الّذي يسبّب انقلاب السيّارة.

بإمكان هبوب رياح جانبيّة قويّة أيضًا أن تغيّر موقع نقطة مركز الثقل (بالنسبة لسطح الأرض)، وعندها قد يخرج خطّ تأثير الوزن عن حدود مساحة القاعدة فتنقلب السيّارة.

هناك إشارات مرور تحذّر السائقين من هبوب رياح جانبيّة يمكنها أن تهدّد ثبات مركبتهم.



في المنعطفات أيضًا يمكن أن يتغيّر موقع نقطة الثقل، وذلك نتيجة



القوى المؤثّرة على المرْكَبات أثناء الانعطاف. عندما تخرج نقطة مركز الثقل من مكانها فوق مساحة قاعدة ارتكاز السيّارة، يفقد العجلان الأماميّان تماسّهما مع الشارع، عندها ينتقل كلّ ثقل السيّارة إلى العجلين الخلفيّين. عندما تخرج نقطة مركز الثقل إلى أبعد من ذلك – تنقلب السيارة.

للخلاصة، من المهمّ أن نتذكّر!

- يمكن لقوى خارجيّة أن تغيّر موقع مركز الثقل.
- إذا خرج خط تأثير مركز الثقل عن حدود قاعدة ارتكاز الجسم أو المركبة، يفقد الجسم أو المركبة ثباتهما وينقلبان.
- تخرج القوى المؤثّرة في المنعطف نقطة مركز الثقل إلى خارج المنعطف. إذا خرج خط تأثير مركز الثقل عن حدود قاعدة الارتكاز، تنقلب المركبة.
- تؤثّر الحمولة الزائدة أو التغيير في شكل المَرْكَبة على مركز الثقل، ممّا يفقدها ثباتها.
- القوى الخارجيّة الّتي تؤثّر على السيّارة لا تحدّد التغييرات في سرعتها فحسب، بل تحدّد أيضًا مدى ثباتها.

القوى في المنعطف، الثبات والانقلاب

المرْكَبة الثابتة هي المرْكَبة الّتي يتوّزع وزنها بشكل صحيح بين عجلاتها، على نحو يتيح السيطرة عليها. في الحيّز المروريّ تنشأ أوضاع خطيرة يفقد فيها السائقون القدرة على السيطرة على مركباتهم نتيجة توزيع غير متجانس بين العجلات.

الأوضاع الّتي لا يكون فيها توزيع وزن المركبة متجانسًا بين العجلات، هي:

- الانعطاف
- الكبح
- الإسراع

الثبات وقت الانعطاف

كما تعلّمنا، تنتج الحركة الدائريّة عن قوّة الجاذبيّة المركزيّة الّتي تؤثّر على المرْكَبة في اتّجاه مختلف عن اتّجاهها. تؤثّر هذه القوّة على أحد جانبيِ المرْكَبة وتؤدّي لانعطافها.

1. تأمّلوا صورة التراكتور غير الثابت في المنعطف، وأجيبوا عن الأسئلة التالية:

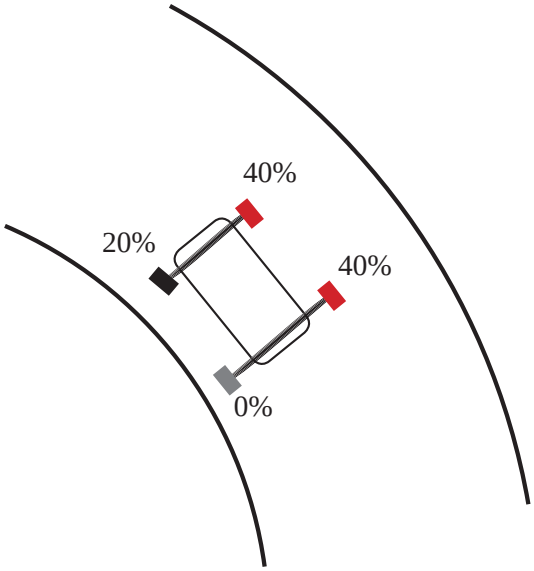
أ. هل التراكتور ينعطف على جانبه الأيسر أم الأيمن؟

ب. أيّ عجلات تتحمل ثِقَل التراكتور؟

ج. ما هي في رأيكم الأسباب الّتي أدّت لانقلاب التراكتور؟

د. هل يمكن التحكّم باتّجاه التراكتور في وضع كهذا؟

2. يوضّح المخطّط التالي بالنسب المئويّة توزيع وزن المرْكَبة على العجلات أثناء انعطافها لجهة اليسار.



أ. أيّ عجلات تتحمّل معظم وزن المرْكَبة؟

ب. أيّ عجل قد يكون فقد تماسّه مع الشارع؟ علّلوا.

ج. إلى أيّ اتّجاه ستنقلب المرْكَبة؟ لليمين أم لليسار؟

د. ما هو السبب المنطقيّ للانقلاب في هذه الحالة؟

3. تأمّلوا السيّارة الّتي في الصورة وهي في حقل تجريبيّ لفحص ثبات المرْكَبات أثناء الانعطاف:

اشرحوا:

أ. ماذا يمكن أن يكون الهدف من التجربة الّتي تشير إليها الصورة؟

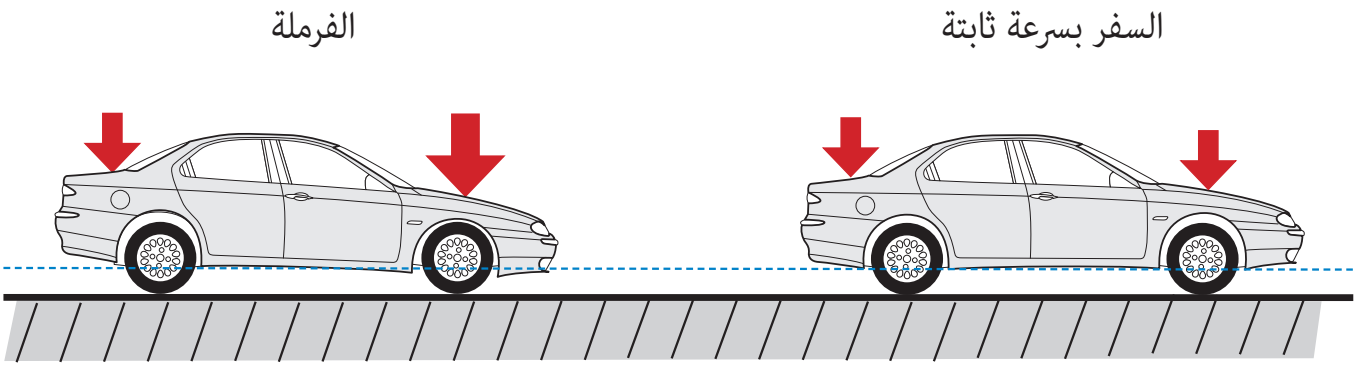
ب. ما المقادير الفيزيائيّة الّتي يتمّ فحصها؟

ج. ما هو تأثير هذه المقادير؟

الثبات خلال الفرملة

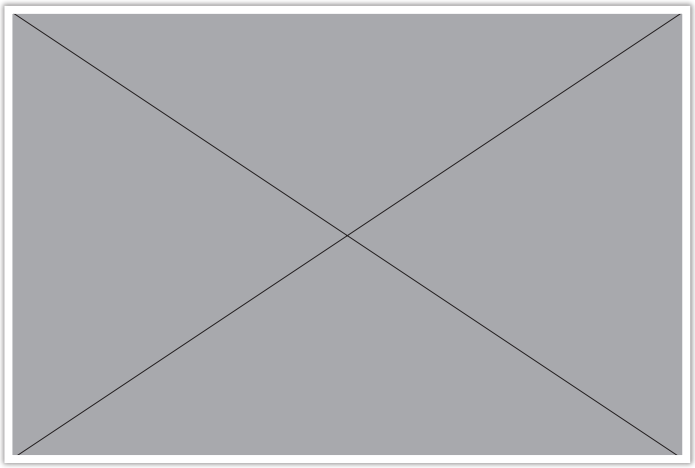
عمليّة الفرملة هي عمليّة إبطاء. عندما يكون الإبطاء مخطّطًا، فلا يصعب عندها الفرملة والتحكم بالمرْكَبة. ولكن، إذا كانت الفرملة فجائيّة وسريعة جدًّا، فقد تحدُث مشاكل تعيق التحكّم بالمركبة.

أثناء عمليّة الفرملة ينتقل وزن المَرْكَبة إلى قسمها الأماميّ، كما نرى في المخطّط التالي، أي يتوقّف التوزيع المتجانس للوزن بين العجلات. بالتالي، تتحمّل العجلات الأماميّة حملًا أكبر من العجلات الخلفيّة. تحدُث هذه العمليّة بسبب مبدأ استمراريّة السيّارة.



في مَرْكَبة ثنائيّة العجلات تؤدّي ظاهرة انتقال الوزن أثناء عمليّة الفرملة إلى فقدان العجل الخلفيّ تماسّه مع الأرض، وينتقل كلّ وزن الدرّاجة الناريّة والراكب إلى العجل الأماميّ. في حالات حادّة يمكن أن يُقذَف الراكب إلى الشارع من فوق مقود درّاجته.

فقدان بعض العجلات تماسّها مع الشارع، يؤدّي بالراكب إلى فقدان السيطرة على مَرْكَبته.



نقل الوزن في مَرْكَبة ثنائيّة العجلات

الثبات خلال الإسراع

في الصورة سيّارة ذات دفع خلفيّ، قادرة على الإسراع بقوّة كبيرة جدًّا. كما نرى، فَقَدَ عَجَلا السيّارة الأماميّان تماسّهما مع الشارع.

1. هل يمكن قيادة السيّارة أو توجيهها في هذا الوضع؟
2. ما سبب حدوث وضع كهذا؟

نقل الوزن في سيّارة تزيد سرعتها

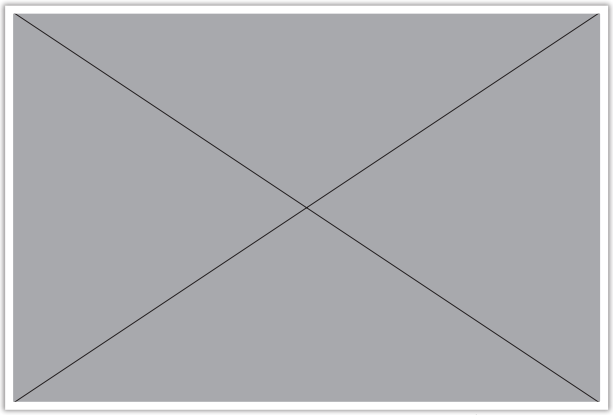
في الصورة سيّارة سباق، يفترَض أن تبقى ثابتة بسرعة 300 كم/ساعة.

1. كيف يخدم تصميم شكل السيّارة ثباتها وأمانها؟

سيّارة سباق

2. لا تستطيع حافلة ذات طابقين المناورة على الطريق مثل سيّارة السباق اشرحوا لماذا.

3. كيف يؤثّر تواجد معظم الركّاب في الطابق الثانيّ على ثبات الحافلة ذات الطابقين؟



حافلة ذات طابقين

تقوم السيّارة السوداء الّتي في الصورة بتجربة الانعطاف بسرعات عالية.

4. ما هو اتّجاه المنعطف في الشارع؟ وإلى أيّ اتّجاه يتمّ توجيه عجلات السيّارة؟ هل الاتّجاهان متماثلان؟

5. كيف يحدث في رأيكم وضع كهذا؟

6. ماذا سيحدث إذا تجدّد التّماس بين العجلين الأماميين والشارع؟ لماذا يفقد السائقون سيطرتهم على السيّارة في حالة كهذه؟

سيّارة بإنعطاف

تقوم السيّارة الحمراء الّتي في الصورة بتجربة انعطاف.

7. إلى أيّ اتّجاه، لليمين أم اليسار، يحاول سائق السيّارة أن ينعطف؟

8. أيّ عجلات كانت الأولى الّتي فقدت تماسّها مع الشارع، تلك الّتي من الجهة الداخليّة أم الخارجيّة للمنعطف؟ اشرحوا إجاباتكم!

سيّارة بإنعطاف

9. يكثر في التقارير الصحافيّة التطرّق لحوادث طرق بسبب فقدان السيطرة على المَرْكَبة. اعتمدوا على المادّة الّتي تعلّمتموه واشرحوا في أيّة ظروف يفقد السائق سيطرته على المَرْكَبة، وكيف يمكنه تجنّب أوضاع كهذه.

أنظمة تكنولوجيّة لحفظ الثبات

كيف تتمّ مواجهة فقدان ثبات المَرْكَبة؟
إحدى الوسائل للتغلّب على فقدان الثبات هو تركيب نظام تكنولوجيّ للتحكّم بالثبات.

نظام الثبات الإلكترونيّ

يُعتبر نظام التحكّم بالثبات، ويُسمّى بالإنجليزيّة (Electronic Stability Program - ESP)، النظام الأكثر تقدّمًا في مجال أجهزة الأمان الإيجابية في السيّارة الحديثة. يساهم النظام في حفظ ثبات السيّارة في كلّ الحالات، سواء تغيّر بسبب ظروف الطريق أو بسبب أخطاء السائق. يبدأ النظام عمله في كلّ وضع تنحرف فيه المَرْكَبة عن مسارها خلافا لتوجيه السائق، أو في حالة تشخيص حالة انزلاق أو فقدان سيطرة. يقوم النظام بتثبيت تماس السيّارة مع الشارع من خلال إبطاء عمل المحرّك وتشغيل الفرامل في عجلات السيّارة حسب الحاجة بشكل منفصل، وذلك دون أن يضغط السائق على دوّاسة الفرامل. يمكّن هذا النظام السائقَ من تجنّب مخاطر القيادة أو العقبات على الطريق، وبالتالي تحول دون وقوع حادث.

يتمّ اتّباع طريقة أخرى للحفاظ على ثبات المَرْكَبة، وذلك بواسطة ملاءمة وزن الحمولة للمَرْكَبة.

تكنولوجيا متقدّمة لضبط الأحكام المتعلّقة بالوزن

باتت تكنولوجيا الوزن أثناء القيادة Weigh-in-Motion أو باختصار(WIM Systems)، أمرًا معروفًا ويتمّ تطبيقها منذ سنوات. حسب هذه التكنولوجيا، لا يضطّر سائقو الشاحنات للتوقّف لفحص وزن حمولتهم، بل يكون عليهم السفر في مسار خاصّ يتمّ خلاله تحديد الشاحنة ووزنها بشكل أوتوماتيكيّ. يتمّ تحديد الوزن بواسطة مستشعرات الوزن الكامنة في البنية التحتيّة للشارع، وتقوم هذه بنقل إشارة كهربائيّة حسب العِبء وتغيير شكل الإطارات الناجم عن الضغط الّذي تؤثّره على سطح الشارع. على بُعد مسافة ملائمة من نقطة الوزن تقوم السلطات بتطبيق القانون بتوقيف كلّ شاحنة تكون عليها حمولة زائدة عن الوزن المسموح به، ولا يُسمح لها بمتابعة طريقها.

1. لماذا يميل سائقو الشاحنات إلى تحميل حمولات زائدة على شاحناتهم؟
2. إلى أيّة نتائج متعلّقة بثبات المَرْكَبة وأمانها تؤدّي القيادة مع حمولة زائدة؟
3. يمكن لطريقة توزيع الحمولة على سطح الشاحنات أن تؤثّر على ثباتها. أيّ تأثير هذا؟
4. ما هي حسنات طريقة فحص الوزن أثناء الحركة؟

الفصل الثالث

الطاقة والتصادمات
في الحيّز المروريّ

ما هي الطاقة؟

الطاقة هي صفة تميّز كلّ أنواع الأنظمة بغضّ النظر عن حجمها، وهي الّتي تمكّنها من الوجود والعمل والتغيير. الميزة في أيّة نظام هي عامل متغيّر له قيمة عدديّة، يمكن قياسها وحسابها وتحديد مقدارها بطريقة مباشرة أو من خلال التجربة، أمّا الطاقة فلا يمكن قياسها بشكل مباشر، بل يمكن حساب الطاقة الكامنة في كلّ نظام ونظام.

تتجلّى الطاقة بأشكال مختلفة، أهمّها التي تظهر في الحركة. تتجلّى الطاقة في الحياة اليوميّة، مثلاً: في المواصلات، أو في تحريك الماكينات الصناعية وغيرها. وتعتبر طاقة الجسم المتحرّك أكبر من طاقة الجسم الساكِن.

رمي كرة حديديّة

سبق أن تعلّمنا أنّ القوّة ضروريّة لتغيير حركة جسم معيّن، من هنا فإنّ أيّ تغيير في سرعة الجسم يتمّ فقط نتيجة تأثير قوّة عليه. يسبّب هذا التغيير في السرعة تغييرا أيضًا في طاقة الجسم. إذا أمسكنا، مثلاً، بكرة حديديّة ثم قذفناها بقوّة – هي قوة الذراع في هذه الحالة – سنرى أنّ الكرة تنطلق بسرعة معيّنة ثمّ تكتسب طاقة أكبر ممّا كانت لديها عندما كانت ساكنة.

أنواع الطاقة

تأمّلوا الصور التالية، وأجيبوا: ما هي الطاقة المخزونة في كلّ حالة من الحالات الّتي أمامكم؟

1

2

3

4

5

6

يتم تصنيف الطاقة إلى نوعين: الطاقة الحركيّة والطاقة الكامنة.

- **طاقة الحركة** هي الطاقة الّتي تَنتج عن حركة الأجسام. هذه الطاقة موجودة في كلّ نظام فيه أجسام متحرّكة ذات كتلة، بغض النظر عن حجمها. تنتقل الطاقة من جسم إلى آخر بواسطة التصادم فيما بينهما. تكمن أهمّيّة طاقة الحركة في كونها قابلة للاستعمال الفوريّ، فعلى سبيل المثال يمكن استخدام طاقة الهواء الحركيّة في تحريك الطواحين الهوائيّة وإنتاج الكهرباء.

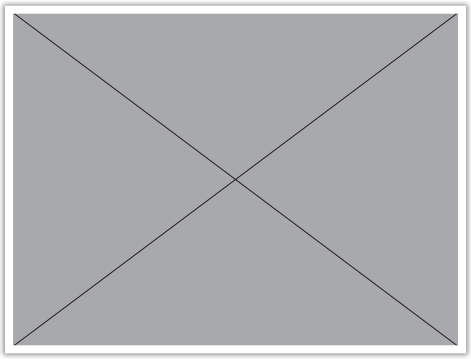
- **الطاقة الكامنة** هي الطاقة المخزونة في الأجسام المختلفة. وهي غير قابلة للاستعمال الفوريّ، بل لا بد من عمليّة معيّنة يتمّ خلالها تحويلها إلى طاقة حركيّة قابلة للاستعمال. هناك عدّة أشكال من الطاقة الكامنة، منها: الطاقة الكيميائيّة المخزونة في الموادّ المشتعلة أو الغذاء، الطاقة الكهربائيّة في البطاريّات، الطاقة النوويّة في الذرّة وطاقة الثقل الوضعيّة (وتسمّى أيضًا طاقة الارتفاع).

الأشكال المختلفة للطاقة الكامنة

- **الطاقة الكامنة الكيميائيّة** هي طاقة مخزونة في **الموادّ العضويّة**، وهي أحد أشكال الطاقة الأساسيّة في الخلايا الحيّة. هذه الطاقة مختزنة في الأربطة الكيميائيّة الّتي بين جسيمات المادّة، وهي تتحرّر لتتحوّل إلى طاقة قابلة للاستعمال، من خلال عمليّة كيميائيّة، مثل الطاقة المنبعثة عن احتراق الموادّ المشتعلة.

فوّهات لمضخّات وقود

- **الطاقة الكامنة المرنة** هي طاقة يكتسبها الجسم نتيجة تغييرات مرنة في شكله. المرونة هي الصفة الّتي تسمح للجسم بتغيير شكله الأصليّ ثمّ العودة إليه دون تشويه أو كسور.


شبكة كهرباء

- **الطاقة الكامنة الكهربائيّة** هي الطاقة المختزنة في الشحنات الكهربائيّة الموجودة في حقل كهربائيّ. الطاقة الكهربائيّة هي أكثر أشكال الطاقة قابليّةً لاستعمال الإنسان. تنتقل الطاقة الكهربائيّة من خلال التيّار الكهربائيّ، أو الإشعاع، كالأمواج، دون الحاجة إلى وسيط مادي. تُرافق الطاقة الكهربائيّة الّتي تنتقل من مكان لآخر ظواهر مغناطيسيّة، لذا يُدرج على تسمية الطاقة والظواهر المرافقة لها باسم واحد – الطاقة الكهرومغناطيسيّة. يتمّ استعمال الطاقة الكامنة الكهربائيّة لتشغيل الأجهزة الكهربائيّة في المنزل.

- **طاقة الثقل الوضعيّة** (طاقة الارتفاع): هي الطاقة الّتي يختزنها الجسم نتيجة حدوث تغيير في ارتفاعه.

مادّة عضويّة – هي تركيب يحتوي بالأساس على ذرّات الكربون والهيدروجين المرتبطة ببعضها البعض. الموادّ العضويّة هي موادّ تنتجها أجسام حيّة أو أصلها من الكائن الحيّ – مثل: السكّر، اللحم، الخشب، الإسفلت وغيرها؛ أو تلك الّتي ينتجها الإنسان (مثل البلاستيك).

ما المشترك لكلّ الأجسام الّتي تختزن طاقة كامنة؟

يتمّ اختزان الطاقة الكامنة عندما تؤثّر على الجسم قوى في اتّجاه معاكس لاتّجاه القوى الّتي تؤثّر عليه في محيطه. يتمّ اختزان طاقة الثقل الوضعيّة عندما يتمّ تحريك جسم بعكس اتّجاه قوّة الجاذبيّة، أمّا الطاقة الكامنة المرنة فتختزن عندما تؤثّر قوّة على جسم مرن بعكس ميل القوّة الّتي تعيده لشكله الأصليّ، أمّا الطاقة الكامنة الكهربائيّة فتُختزن عندما يتمّ تحريك الشحنة الكهربائيّة بعكس اتّجاه القوّة الّتي تؤثّر عليه في محيطه.

طاقة الثقل الوضعيّة (طاقة الارتفاع):

بين كلّ الأجسام ذات الكتلة هناك "تجاذب متبادل". يسمّى هذا النوع من التأثير المتبادل باسم الجاذبيّة. يمكن الشعور بهذه الجاذبيّة داخل ما يسمّى "حقل الجاذبيّة"، وهي البيئة المحيطة بالأجسام. لكلّ جسم حقل جاذبيّة خاصّ به، وللأجسام ذات الكتل الكبيرة، مثل الكرة الأرضية، هناك حقول جاذبيّة قويّة على نحو خاصّ.

للجسم الخاضع لتأثير حقل جاذبيّة معيّن، هناك طاقة كامنة تسمّى أيضا طاقة الثقل الوضعيّة. هذا النوع من الطاقة الكامنة للجسم متعلّق بوزن الجسم وبكتلته وبقوّة حقل الجاذبيّة المحيط به. كلّما كانت الكتلة أكبر، كانت طاقة الثقل الوضعيّة أكبر. طاقة الثقل الوضعيّة الخاصّة بجسم معيّن متعلّقة بارتفاعه النسبيّ (H)، أي أنّه كلّما كان الارتفاع النسبيّ أعلى كانت الطاقة أكبر.

مثلاً، عندما يقف متزلّج على ارتفاع ثلاثة أمتار فوق سطح الثلج، فإنّه يختزن كمّيّة طاقة كامنة أكبر بثلاثة أضعاف من كمّيّة الطاقة الّتي ستكون لديه عندما يهبط إلى ارتفاع متر واحد عن سطح الثلج.

متزلّج على الجليد

كيف يتمّ حساب كمّيّة طاقة الثقل الوضعيّة

كما ذكرنا، هناك عاملان يؤثّران على كمّيّة طاقة الثقل الوضعيّة: وزن الجسم وارتفاعه النسبيّ. إذن، يتمّ حساب طاقة الثقل الوضعيّة من خلال عمليّة ضرب وزن الجسم في ارتفاعه، بحيث يكون وزن الجسم هو نتيجة عمليّة ضرب كتلة الجسم (M) في شدّة قوّة الجاذبيّة (g) الخاصّة بحقل جاذبيّة الجسم.

طاقة وضع الجسم = ارتفاع الجسم × وزنه.

وبلغة الرموز:

$$E_h = W \cdot H = m \cdot g \cdot H$$

W = وزن الجسم بوحدة نيوتن

M = كتلة الجسم بوحدة الكيلوغرام

g = شدّة قوّة الجاذبيّة. (في الكرة الأرضيّة تعادل g = 10 N/Kg

H = ارتفاع الجسم بوحدة المتر

E = كميّة الطاقة بوحدة جول

أو كما يعبّر عنها الفيزيائيّون: **التغييرات في طاقة ارتفاع** الجسم نابعة من **التغييرات في ارتفاعه**.

$$\Delta E_h = m \cdot g \cdot \Delta H$$

يرمز الحرف اليونانيّ دلتا Δ إلى كلمة تغيير. ويمثّل الرمز ΔH التغيير في الارتفاع.

ارتفاع نسبيّ: الارتفاع بالنسبة لنقطة الصفر الّتي تمّ تحديدها . بالامكان تحديد نقطة الصفر بشكل حرّ.

وحدة قياس الطاقة

وحدة قياس الطاقة هي **الجول**.

تعريف: 1 جول هي كمّيّة الطاقة الكامنة في جسم كتلته 100 جرام (0.1 كيلوغرام) وارتفاعه هو متر واحد.

تعادل وحدة الطاقة الواحدة (جول واحد) كمّيّة الطاقة في جسم كتلته كيلوغرام واحد (مثلاً، لتر ماء) يسقط من على ارتفاع عشرة سنتمترات، أو جسم كتلته مئة جرام (مثلاً، رزمة زبدة) يسقط من على ارتفاع متر واحد.

طاقة الحركة

كما ذكرنا، طاقة الأجسام المتحرّكة تسمّى طاقة الحركة. كلّما كبرت كتلة الجسم وتحرّك بسرعة أعلى، كبرت طاقة حركته. إذا اصطدم جسم سريع بجسم أبطأ منه، يقوم الجسم السريع بنقل طاقته إلى الجسم البطيء، ونتيجة ذلك تنخفض سرعة الجسم المصطِدم وتزيد سرعة الجسم الآخر.

كيف يتمّ حساب كمّيّة طاقة الحركة؟

طاقة الحركة للجسم متعلّقة بسرعته وكتلته ويتمّ حسابها على أساس المعادلة التالية:

$$\text{الطاقة الحركيّة} = \frac{\text{الكتلة} \times \text{السرعة}^2}{2}$$

أو بلغة الرموز:

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

M = كتلة الجسم بالكيلوغرام

V = سرعة الجسم بوحدة المتر/الثانية

E = كمّيّة الطاقة بوحدة جول

هناك تأثير كبير لعامل السرعة عند حساب الطاقة الحركيّة، وهو يظهر في المعادلة بقيمته التربيعيّة. أيّ تغيير طفيف في السرعة يؤدّي إلى تغيير كبير جدًّا في طاقة الحركة الّتي ينقلها الجسم المتحرّك.

تستخدم وحدة **الجول** لقياس كلّ أنواع الطاقة (وليس فقط لقياس طاقة الارتفاع).

أشكال طاقة الحركة

- **طاقة الريح**

الريح هي حركة الهواء، لذا فإنّ طاقة الريح هي عمليًّا طاقة حركة تحملها جزيئات الهواء. يمكن استغلال هذه الطاقة لإنتاج طاقة كهربائيّة.

طواحين هوائيّة لتوليد الطاقة الكهربائيّة

- **طاقة حركة الماء**

طاقة الماء هي طاقة التيّار المائيّ. يمكن استغلال هذه الطاقة لإدارة عجلات ماكينات مختلفة وتحريكها.

تحريك عجل بواسطة استخدام طاقة الماء

- **طاقة الصوت**

ينتج الصوت عن اهتزازات. يسبّب الصوت ذبذبات دوريّة في جسيمات المادّة الّتي يدخل الصوت من خلالها. تؤدّي حركة الجسيمات إلى تغيير الضغط في المادّة، مثلا: تؤدّي تغييرات الضغط الناتجة عن انتشار الصوت في الهواء، إلى اهتزاز جلدة طبلة الأذن. تفسّر الأذن هذه الاهتزازات على أنّها إشارات كهربائيّة، ثمّ يترجمها المخ إلى نغمة (أي صوت مسموع). عندما تقوم طائرة نفّاثة تحلّق فوقنا بالانخفاض، نشعر بوضوح بطاقة الصوت النابعة من ضجّة المحرّكات. إذ إنّ هذه الطاقة تسبّب اهتزاز كلّ البيئة المحيطة، ويمكنها أن تؤدّي إلى كسر أجسام معيّنة.

"الصرخة"، لوحة ادفارت مونك

تحوّلات الطاقة

عندما يرتفع قطار الملاهي عن الأرض فإنّه يكتسب طاقة وضع كامنة. إذا تمّ إفلات القطار، تتحرّر الطاقة الكامنة فيه، وتتحوّل إلى طاقة حركيّة.

يبدأ القطار حركته بالتحرّك إلى الأسفل على طول المسار، وكلّما قلّ ارتفاعه قلّت طاقته الكامنة (طاقة الثقل الوضعيّة أو طاقة الارتفاع). أثناء هبوطه تزداد سرعته وتكبر طاقة الحركه. أي أنه كلّما فقد القطار من طاقة ارتفاعه، يكتسب بدلا عنها طاقة حركيّة. هذه العمليّة تسمّى تحوّل الطاقة، وحسبها – تتحوّل طاقة الارتفاع إلى طاقة حركيّة.

تتحوّل طاقة الضوء النابعة من الشمس إلى طاقة حراريّة تختزن في السخّانات الشمسيّة، ويمكنها أن تتحوّل أيضًا إلى طاقة كهربائيّة تختزنها الخلايا الشمسيّة كتلك الّتي في الآلة الحاسبة الشمسيّة مثلاً. في المحرّكات الكهربائيّة تتحوّل الطاقة الكهرومغناطيسيّة إلى طاقة ميكانيكيّة حركيّة، وتتحوّل الطاقة الميكانيكيّة المخزونة في شلّالات الماء إلى طاقة كهرومغناطيسيّة في محطّات توليد الطاقة الكهرُمائيّة؛ وتتحوّل الطاقة الكيمائيّة المخزونة في البطاريّة إلى طاقة كهرومغناطيسيّة.

إذن، بإمكان الطاقة أن تنتقل من جسم إلى آخر أو أن تتحوّل من شكل إلى آخر. عمليّات انتقال الطاقة هذه تسمّى **تحوّلات الطاقة**.

مخطّط تحوّلات وانتقال الطاقة

يمكن وصف عمليّات تحوّلات الطاقة بواسطة مخطّط المستطيلات بدل الشرح الكلامي. في مخطّط كهذا، يمثّل كلّ مستطيل شكلًا واحدًا من أشكال الطاقة، ويصف السهم تحوّل الطاقة أو انتقالها. مثلًا، عندما ينطلق سهم من قوس ويصيب جرسا، تحدث تحوّلات الطاقة التالية: تتحوّل الطاقة المرنة في وتر القوس إلى طاقة حركيّة (حركة) للسهم، وتتحوّل هذه إلى طاقة صوت لحظة إصابة السهم للجرس. يمكن وصف ذلك بواسطة مخطّط المستطيلات التالي:

أغلبيّة تحوّلات الطاقة تكون من طاقة كامنة مخزونة (بأشكالها المختلفة) إلى طاقة حركيّة.

- أعطوا مثالاً لنظام يتحوّل فيه شكل معيّن من الطاقة الكامنة إلى طاقة حركة.
- صفوا بواسطة مخطّط المستطيلات تحوّلات الطاقة الّتي تحدُث لدى صعود سيّارة مرتفعًا جبليًّا.

تحوّلات الطاقة في قطار الملاهي

ركّاب في قطار هوائيّ

هل سألتم أنفسكم مرّة عن سبب عدم وجود محرّك في قطار الملاهي؟ معظم ركّاب القطار لا يعرفون هذه الحقيقة؟ ولكن يتبيّن أنّه ليس كلّ المَرْكَبات بحاجة لمُحرّك لكي تتحرّك، ومع هذا فهي بحاجة إلى طاقة معيّنة لكي تقدر على الحركة.

يبدأ قطار الملاهي حركته من مكان مرتفع. القطارات الكبيرة مثلا تبدأ حركتها على ارتفاع يقارب المئة متر، تصل إليه بواسطة محرّك كهربائيّ. ومن هناك تبدأ المتعة.

الطاقة الكهربائيّة الّتي تمّ بذلها لرفع القطار إلى الأعلى لم تتبدّد، بل استعملت لتغيير ارتفاع القطار. تغيير ارتفاع قطار الملاهي هو أحد أشكال تخزين الطاقة الكامنة.

لماذا تُوصَف بالطاقة "الكامنة"؟

تعبّر الطاقة الكامنة عن نوع من القدرة الّتي تمّ اكتسابها في السابق ومعدّة للاستعمال المستقبلي. هذه الطاقة الكامنة في القطار ستظهر لاحقًا على شكل اكتساب حركة سريعة أثناء الهبوط، الأمر الّذي يسبّب المتعة لدى الركّاب. سيواصل القطار حركته بواسطة هذه الطاقة، وسيمرّ بسرعة بمنعطفات ومسارات لولبيّة حتّى تنفذ هذه الطاقة.

1. هل يمكن بالفعل أن تنفذ طاقة القطار؟ فسّروا ما الّذي يحدث عندما يقطع القطار مساره.
2. صفوا بلغة الطاقة وبواسطة مخطّط المستطيلات سلسلة تحوّلات الطاقة الّتي تحدث أثناء حركة القطار.

في بداية الحركة، اكتسب القطار كمّيّة معيّنة من الطاقة الكامنة. لدى هبوطه تتحوّل الطاقة الكامنة إلى طاقة حركيّة، ولدى ارتفاعه تحدث العمليّة العكسية أي تتحوّل طاقة الحركة إلى طاقة كامنة. في جميع الأحوال تبقى لدى القطار نفس كمّيّة الطاقة الّتي كانت له في بداية حركته: كلّما زادت سرعة القطار قلّ ارتفاعه، وبالعكس - كلّما زاد ارتفاعه انخفضت سرعته. تنقسم كمّيّة الطاقة الأوّليّة في القطار إلى طاقة حركة وكامنة. وتبقى كمّيّة الطاقة الكليّة للقطار ثابتة لا تتغير، وتعادل مجموع الطاقة الحركيّة والكامنة في كلّ لحظة ولحظة، وتساوي كمّيّة الطاقة الأوّليّة الّتي كانت للقطار في بداية المشوار. تبقى كمّيّة الطاقة هذه ثابتة ولا يمكن للقطار أبدًا أن يكتسب أثناء حركته طاقة أكبر ممّا كانت له في البداية، بغضّ النظر عن طول السكّة أو شكلها، سواء تخلّلتها مرتفعات، منحدرات، منعطفات أو خط مستقيم. في جميع الأحوال يتمّ حفظ الطاقة الأوليّة، ويتمّ طول الوقت وبلا انقطاع تحوّل الطاقة من كامنة إلى حركيّة وبالعكس.

هل ينطبق هذا الشرط دائمًا على كل نظام؟

قانون حفظ الطاقة

إذا تركنا كرة تسقط بشكل حرّ من ارتفاع متر واحد، سترتطم بالأرض وتعود إلى ارتفاع 80 سنتمترًا. أي أنّ طاقة ارتفاع الكرة في نهاية العمليّة تكون أصغر من طاقة الارتفاع الّتي كانت لها قبل بداية السقوط. لماذا؟

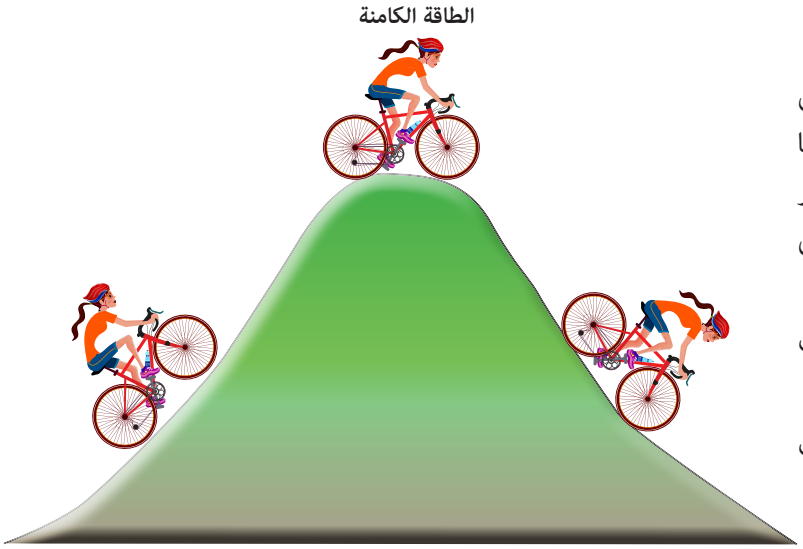
هل تفنى الطاقة؟ ماذا حدث لكمّيّة الطاقة؟

لا تفنى الطاقة أثناء عمليّات تحوّلها، كما أنّها لا تنتج من العدم. إنّها تتحوّل لأشكال أخرى أو تنتقل من جسم إلى آخر بشكل يُبقي على الكمّيّة الكليّة للطاقة ثابتة لا تتغيّر. هذا القانون يسمّى قانون حفظ الطاقة.

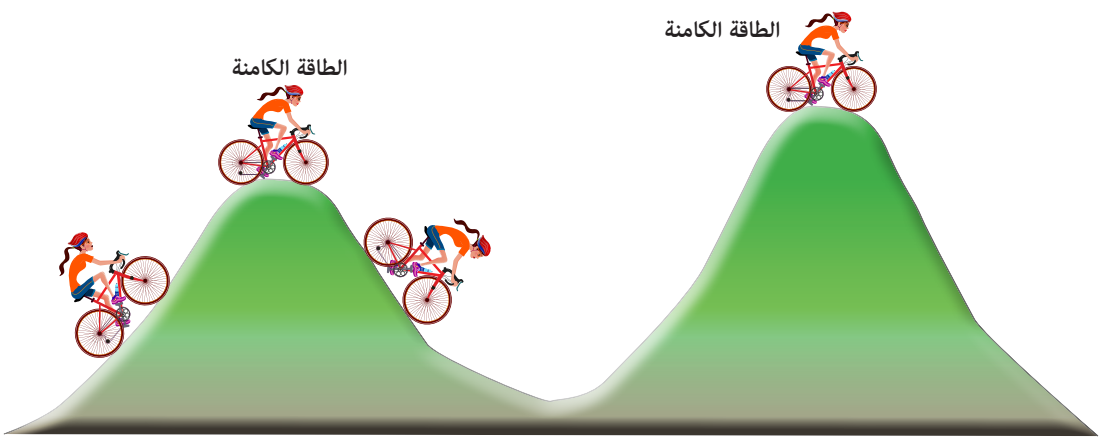
حسب قانون حفظ الطاقة:

في النظام المغلق، لا يمكن للطاقة أن تزيد أو تفنى في العمليّات المختلفة. يمكنها فقط أن تغيّر شكلها. يتمّ حفظ كمّيّة الطاقة الكليّة في النظام وتبقى ثابتة.

مثال – تسلّق الجبال:



1. عندما يتسلّق راكب درّاجة هوائيّة إلى أعلى التلّة، فإنّه يبذل طاقة مصدرها عضلاته. عندما يهبط المنحدر، فهو يحرّر هذه الطاقة. ما هي تحوّلات الطاقة الّتي تحدُث في هذه العمليّة؟
2. ما هو مصدر الطاقة الّتي يبذلها راكب الدرّاجة؟
3. في أيّة نقطة على طول المسار يبلغ الراكب أعلى سرعة له؟
4. في أيّة نقطة يبلغ أبطأ سرعة له؟ ما هي قيمة سرعته عند هذه النقطة؟
5. ما القصد بالقول "طاقة راكب الدرّاجة تُحفَظ على طول مسار حركته على التلّة"؟
6. هل في رأيكم سينجح راكب الدرّاجة في الوصول إلى قمّة التلّة الثانية، كما يظهر في الرسم 2، دون تحريك بدالات الدرّاجة؟ اشرحوا.

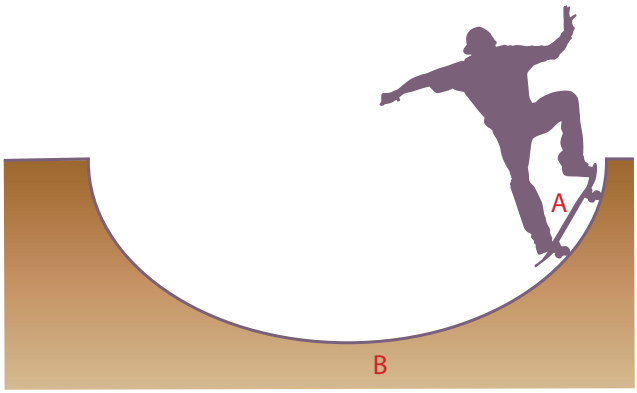


الاحتكاك كعمليّة تحوّلٍ للطاقة

نعلم من حياتنا اليوميّة أن درجة حرارة الأجسام ترتفع لدى احتكاكها ببعضها البعض. هذا الارتفاع في درجة الحرارة نابع من الارتفاع في كمّيّة طاقة الحركة لدى جسيمات المادّة التي تكوّن الأجسام، ويُطلق على هذه الطاقة اسم الطاقة الداخليّة. عمليًّا، الاحتكاك هو عمليّة تتحوّل خلالها الطاقة الخارجيّة إلى طاقة داخليّة، لذا في كلّ عمليّة تشهد ارتفاعًا في درجة الحرارة، تقلّ الطاقة الخارجيّة وتزيد الطاقة الداخليّة.

هل تتناقض ظاهرة الاحتكاك مع قانون حفظ الطاقة؟ اشرحوا.

متزلّج سكيتبورد



يتزلّج راكب السكيتبورد على سطح مقعّر وخاضع لتأثيرات الاحتكاك.

أثناء التزلّج تتحوّل طاقة الارتفاع إلى طاقة حركة، وتعود هذه لتتحول إلى طاقة ارتفاع. في نهاية كلّ حركة يصل المتزلّج إلى نقطة ارتفاع أقلّ من ارتفاعه الأوّلي.

1. ما نوع الطاقة الّتي كانت لدى متزلج السكيتبورد في بداية المسار (عند أعلى نقطة)؟
2. ما أنواع الطاقة الموجودة لدى المتزلّج في الوضع A في الصورة؟
3. ما أنواع الطاقة الموجودة لدى المتزلّج في أسفل المسار (عند النقطة B الأكثر انخفاضًا)؟
4. هل سيواصل المتزلّج تزلّجه دون توقّف ودون بذل جهد طول الوقت؟ اشرحوا.
5. هل يتناقض هذا المثال مع قانون حفظ الطاقة؟ علّلوا واشرحوا.

الأفكار العلميّة الّتي نستنتجها مما تعلّمناه حتّى الآن هي ما يلي:

هناك أنواع مختلفة من الطاقة. تنتقل الطاقة باستمرار من جسم لآخر، وتتحوّل من نوع إلى آخر.

يتمّ حفظ كمّيّة الطاقة الكليّة في نظام معزول (قانون حفظ الطاقة).

الطاقة في الحيّز المروريّ

أنواع الطاقة الشائعة في الحيّز المروريّ

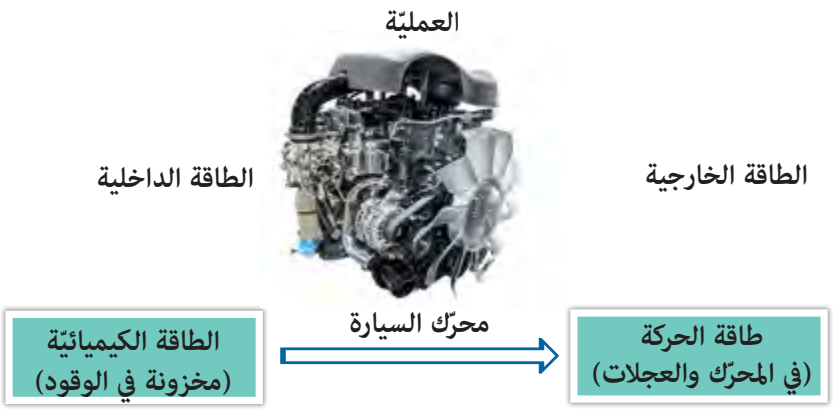
يشتمل الحيّز المروريّ، كما سبق أن تعلّمنا، على أنظمة ساكنة، أي لأجسام ساكنة لا تتحرّك، وأنظمة ديناميكيّة أي لأجسام متحرّكة.
تكون الطاقة في الأنظمة الساكنة عادةً من نوع **الطاقة الكامنة**، بينما تكون الطاقة في الأنظمة الديناميكيّة من نوع **طاقة الحركة** وتسمّى معًا **الطاقة** الميكانيكيّة للنظام.
هذان هما شكلا الطاقة القابلة للاستعمال الّتي سخّرها الإنسان لتحريك الأنظمة التكنولوجية، وذلك قبل أن يبدأ باستعمال الطاقة الكهربائيّة، وهذان أيضا هما الشكلان الأساسيّان للطاقة في الحيّز المروريّ. معظم عمليّات تحوّلات الطاقة تتمّ من طاقة كامنة مخزونة (بكل أشكالها) إلى طاقة حركة.

1. ما هي الأشكال الأخرى للطاقة الّتي تعرفونها في الحيّز المروري؟ فصّلوا وأعطوا أمثلة.
2. أيّة تحوّلات طاقة تمّت في العمليّة الّتي في الصورة؟

حادث بين عدة سيارات

وصف تحوّلات الطاقة في عمل السيّارة

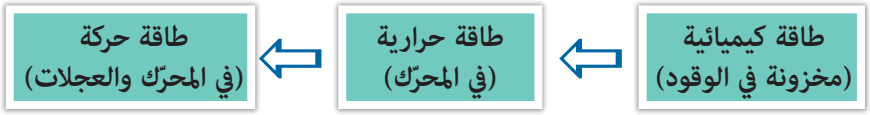
إذا اعتبرنا السيّارة نظامًا يقوم بعمليّة معيّنة، يمكننا عندها أن نصف تحوّلات الطاقة فيها بواسطة مخطّط يعرض نوع الطاقة الداخلة إلى المنظومة وعمليّة التحوّل ونوع الطاقة الخارجة منها.



- ملاحظة: عندما تتحرّك السيّارة على طريق غير مستوٍ يتحوّل جزء من طاقة الحركة أيضًا إلى طاقة كامنة (طاقة ارتفاع).

ميكانيكا: فرع من الفيزياء يبحث في تأثير القوى على أنظمة تحتوي على أجسام متحرّكة أو ساكنة. تنقسم الميكانيكا إلى قسمين: الستتيكا - أنظمة الأجسام الساكنة، الديناميكيّة – أنظمة الأجسام المتحرّكة.

يمكن **وصف تحوّلات الطاقة في عمليّة حركة السيارة** على النحو التالي:
الطاقة الداخليّة هي الطاقة الكامنة الكيميائيّة المخزونة في الموادّ المشتعلة.
في المحرّك تتحوّل الطاقة الكيميائيّة المخزونة في الوقود إلى طاقة حراريّة، وهذه تتحوّل إلى طاقة حركة تتجلّى في حركة داخليّة في المحرّك.
بواسطة نظام ناقلات تتحوّل الطاقة الداخليّة إلى طاقة حركة خارجيّة للعجلات والسيّارة.
أو انظر المخطط التالي:



الفرملة كعمليّة تحوّل للطاقة

الفرملة هي إحدى أهمّ عمليّات تحوّل الطاقة في الحيّز المروريّ. في عمليّة الفرملة تتحوّل طاقة الحركة إلى أشكال أخرى من الطاقة. أثناء عمليّة الفرملة تنخفض السرعة ممّا يعني يقلّل من طاقة حركة الجسم. بمعنى، أنّ الفرملة هي عمليّة تنخفض خلالها كمّيّة طاقة حركة الأجسام. تعلّمنا أنّ قانون حفظ الطاقة يعني أنّ الطاقة لا يمكن أن تفنى، وأنّ طاقة حركة المَرْكَبة تنتقل وتتحوّل إلى أشكال أخرى من الطاقة. إذن، إلى أين ولمن انتقلت الطاقة الّتي فقدها الجسم؟

إذا كانت قوّة الفرملة مصدرها قوّة الجاذبيّة، تتحوّل طاقة حركة الجسم إلى طاقة ارتفاع. وإذا كانت قوّة الفرملة مصدرها الاحتكاك بالهواء، فتتحوّل عندها الطاقة إلى طاقة حركة الهواء فيُخلي مكانه للجسم المتحرّك. أمّا إذا كانت قوّة الفرملة هي قوّة الاحتكاك الّتي نتجت من نظام الفرامل، فإنّ طاقة حركة السيّارة تتحوّل عندها إلى طاقة داخليّة لجسيمات المادّة في كلّ أجزاء الفرامل، ممّا يؤدّي إلى ارتفاع درجة حرارتها بشكل ملحوظ.

البيئة التعليميّة

في المحاكاة "**التمرّن على الفرملة** تناولتم موضوع الفرملة كعمليّة لتخفيض السرعة. كرّروا هذه المحاكاة مجدّدًا وابحثوا في موضوع عمليّة الفرملة بوصفها عمليّة تحوّل للطاقة. انتبهوا للعلاقة بين السرعة والطاقة ومسافتيِ الفرملة والتوقّف.

كيف يعمل نظام الفرامل؟

يعمل نظام الفرامل بواسطة الضغط على دوّاسة الفرامل. تؤدّي هذه العمليّة إلى التصاق بطانات الإسبست بأسطوانة معدنيّة مربوطة بمحاور العجلات. لكلّ عجل فرامل خاصّة به.

فرامل سيّارة

نظام ناقلات: نظام (لعجلات مسنّنة) يستخدم لنقل الطاقة الميكانيكيّة.
هناك أنظمة ناقلات للحركة، وأنظمة أخرى لتحويل الحركة الدورانيّة إلى حركة بخطّ مستقيم. في مَرْكَبة ذات غيار يدويّ، وظيفة هذه النظام هو نقل الحركة من المحرّك إلى العجلات.

أثناء استخدام الفرامل، يتولّد احتكاك بين محاور العجلات وبين بطانات الضغط الملتصقة بها. في هذه المرحلة تتحوّل طاقة الحركة لمحاور العجلات إلى طاقة حرارية للفرامل. كما ذكرنا، في هذه العمليّة ترتفع درجة حرارة كلّ نظام الفرامل بشكل ملحوظ. إذا تمّت عمليّة الفرملة بسرعات كبيرة، وتحوّلت كمّيّات كبيرة من الطاقة إلى طاقة حرارية، فإن ارتفاع درجة الحرارة يمكن أن يضرّ بفاعليّة نظام الفرامل ويوقف عملها.

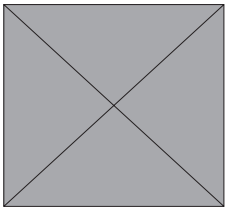
إذا تّم الضغط بقوّة على دوّاسة الفرامل، تكفّ العجلات عن الدوران، بينما تواصل المركبة حركتها وتنزلق على مسطح الشارع حتى تتوقّف تمامًا. يترك هذا النوع من الانزلاق آثار إطارات على الشارع، لأنّ طبقة المطّاط تنسلخ عن الأطر وتتمرّغ على الشارع طيلة مدّة الانزلاق. آثار الانزلاق هي من الحقائق المهمّة الّتي يلجأ إليها المحقّقون في حوادث الطرق لمعرفة أسباب الحادث.

الانزلاق هو وضع خطر يفقد فيه السائق سيطرته على اتّجاه المرْكَبة. لهذا السبب، تمّ تطوير أنظمة فرامل خاصّة لمنع الانزلاق أثناء الفرملة.

فكّروا وأجيبوا عن الأسئلة التالية:

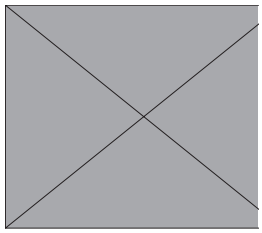
1. صفوا عمليّة الفرملة بلغة الطاقة.
2. إلى ماذا تشير آثار الفرملة المستقيمة والطويلة؟ إلى ماذا تشير آثار الفرملة الطويلة والقصيرة؟
3. إلى ماذا تشير آثار الفرملة الملتوية؟
4. إلى ماذا يشير عدم وجود آثار فرملة في حادث طرق؟ لماذا من المحتمل، في حادث من هذا النوع، أن تكون النتائج عصيبة؟

ترجمة إشارات المرور إلى لغة الطاقة:



احذروا! طاقة كامنة!

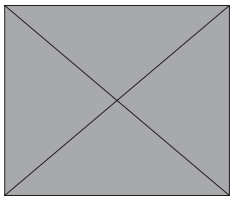
- من أيّ شيء تحذّر إشارة المرور هذه وما علاقتها بالطاقة الكامنة؟
- لمن تابعة الطاقة الكامنة التي تحذّر منها الإشارة؟



حافظ على طاقة الحركة!

حافظ على درجة ملائمة من طاقة الحركة بحيث تخفّف أو تمنع الضرر إذا اصطدمت بشيء.

- ما العلاقة بين السرعة والطاقة؟



احذروا! تحوّلات حادة من طاقة الحركة إلى الطاقة الكامنة!

- اشرحوا الظاهرة، ولماذا يجب التحذير منها؟

ألوان الإشارة الضوئيّة بلغة الطاقة

اللون الأحمر - ابق في مستوى الطاقة الكامنة.

اللون الأصفر – استعدّ لتحويل الطاقة الكامنة في مركبتك إلى طاقة حركة.

اللون الأخضر – حوّل الطاقة الكامنة في مركبتك إلى طاقة حركة.

كمّيّة طاقة حركة المرْكَبات في الحيّز المروريّ هي في معظم الحالات مصدر النتائج الكارثية لحوادث الطرق وسببُها.
سنأتي على تفصيل ذلك لاحقًا.

التصادمات في الحيّز المروريّ

التصادم هو تأثير متبادل بين جسمين يؤثّران بقوى شديدة على بعضهما البعض في مدّة زمنيّة قصيرة. نتيجة ذلك يحدث تغيير في سرعة الجسمين (تسارع) المتصادمين وفي شكليهما (تشويه). تحدث غالبيّة حالات التصادم في الحيّز المروريّ خلال مدّة زمنيّة قصيرة جدًّا. ويصعب أحيانًا لدى تأمّل حجم الأضرار الّتي نجمت عن التصادم، التصديق بأنّها وقعت خلال ثوانٍ أو حتّى أعشار الثانية.

تنتقل الطاقة أثناء التصادم، وتتحوّل إلى أشكال أخرى. تتعلّق نتائج التصادم بالقوى المؤثّرة وبكمّيّة طاقة الحركة للمرْكَبات المتصادمة. كما تتعلّق كمّيّة الطاقة بحجم المرْكَبات وبسرعتها. إذا لم يطرأ في أعقاب التصادم أيّ تشويه على شكل الأجسام واستمرّت بحركتها بشكل منفصل، نقول عندها إنّها حافظت على طاقة الحركة. أمّا إذا تغيّر شكل الجسم أثناء التصادم، فيعني هذا أنّ جزءا من طاقة الحركة تحوّل إلى طاقة حراريّة وطاقة مرونة.

في التصادمات الّتي تستغرق وقتًا قصيرًا يواصل الجسمان المتصادمان في التحرّك بشكل منفصل عن بعضهما البعض، مباشرةً بعد التصادم، ويمكنهما التحرّك في نفس الاتّجاه أو في اتّجاهات متعاكسة. في التصادم الّذي يستغرق وقتًا أطول، تلتصق الأجسام ببعضها البعض، وتستمرّ على هذه الحالة أيضا بعد الاصطدام.

هناك ثلاثة أنواع أساسيّة من التصادمات في الحيّز المروري:

- التصادم المرن تمامًا
- التصادم غير المرن
- التصادم غير المرن تمامًا

التصادم المرن تمامًا هو التصادم الّذي يتمّ فيه حفظ طاقة الحركة. بمعنى، أنّ طاقة الحركة الكليّة للأجسام قبل التصادم تكون مساوية لطاقة الحركة بعد التصادم، ويكون هذا هو شكل الطاقة الوحيد قبل التصادم وبعده. في هذا التصادم تحافظ الأجسام المتصادمة على شكلها الأصلي ولا تتشوّه.

أفضل مثال للتعبير عن التصادم المرن، هو تصادم كُرتين في لعبة البلياردو. إذ تتصادم الكرتان ثمّ تنفصلان وتستمرّان في حركتيهما بشكل منفصل بعد الصدام، ودون أيّ تشويه في شكليهما.

هذا النوع من التصادمات لا يشبه أبدا ما يحدث من تصادمات في الحيّز المروريّ، بل نجده في مدينة الملاهي بين السيّارات المتصادمة.

تصادم كرات في البلياردو. تصادم مرن

التصادم غير المرن هو التصادم الّذي يتحوّل فيه جزء من طاقة الحركة إلى أشكال أخرى من الطاقة خلال التصادم. أثناء كلّ تصادم بين أجسام كبيرة الحجم يتحوّل جزء كبير من الطاقة إلى طاقة داخليّة في مادّة الأجسام المتصادمة، كما يتحوّل إلى أشكال أخرى من الطاقة. المثال الواضح للتصادم غير المرن هو التصادم بين كرتين من المعجونة، الّذي يؤدّي لالتصاقهما واستمرارهما في التحرّك معًا.
تصف الصورة تصادمًا غير مرن، يصطدم فيه قطار بسيّارة، "يلتصق بها" ويجرّها معه خلال التصادم مسافةً كبيرة حتّى التوقّف التامّ.

التصادم غير المرن

التصادم غير المرن تمامًا هو التصادم الّذي تغيّر فيه الأجسام شكلها، وتفقد كلّ طاقة الحركة. في هذا النوع من التصادم تلتصق الأجسام ببعضها البعض وتتوقّف عن الحركة تمامًا بعده. المثال الّذي يعبّر عن التصادم غير المرن تمامًا هو سهم ينطلق من قوس، فيصيب الهدف ويلازم مكانه.
التصادم الّذي في الصورة هو تصادم غير مرن تماما، إذ تبقى كلتا المركبتين ملتصقتان وبلا حراك، بعد التصادم مباشرةً.

التصادم غير المرن تمامًا

تذكّروا: التصادمات في الحيّز المروريّ هي عبارة عن تأثيرات متبادلة تتمّ أحيانًا في غضون وقت قصير جدًّا، وتنتج فيها قوى شديدة جدًّا بين الأجسام المتصادمة. تمرّ الطاقة الكبيرة في هذه التصادمات بعمليّات تحوّل وتنتقل من شكل إلى آخر. قد يتعرّض أشخاص لإصابات بليغة خلال التصادمات، وذلك نتيجة كمّيّات الطاقة الكبيرة. بهدف منع أو تقليل حدّة الأضرار الّتي قد تلحق بالبشر بسبب وقوع تصادم، يتمّ استخدام وسائل تكنولوجيّة ،مثل: حزام الأمان، الوسادة الهوائيّة أو الخوذة الواقية.

كيف تساهم هذه الوسائل في الحدّ من أضرار الإصابة أثناء وقوع تصادم؟

البيئة التعليميّة

ادخلوا البيئة التعليميّة* "**التفكير في الحركة**"، وهناك اختاروا فعّاليّة "**مسار التصادمات**".

في هذه المحاكاة ستجرّبون التصادم مع مَرْكَبات أخرى أو أجسام ساكنة وستفحصون كيف تؤثّر متغيّرات مختلفة، مثل: السرعة أثناء التصادم، كتلة الأجسام المتصادمة وصفات المرونة الخاصّة بها، على نتائج التصادم ودرجة خطورة هذه النتائج. تظهر نتائج التصادم في جدول يتضمّن درجة الضرر الّذي لحق بالإنسان في الحادثة، والضرر الّذي تعرّضت له المرْكَبة، والقوّة القصوى الّتي أثّرت على الأجسام خلال التصادم. تقيّدوا بالتعليمات الواردة في أوراق المهمّة.

* ادخلوا البيئة التعليميّة "التفكير في الحركة" حسب التوجيهات المفصّلة في ص 9.

التصادم كعمليّة تحوّل للطاقة

أمامكم مثالان لحوادث تقع في الحيّز المروريّ. اقرؤوا تفاصيل الحالة و/أو تأمّلوا الصور المرفقة، ثم أجيبوا عن الأسئلة التالية بالنسبة لكلّ حالة من الحالات.

1. ما هي العمليّة الّتي تحدُث في هذه الحادثة؟
2. ما هي الطاقات المشتركة في هذه العمليّة؟
   أ. ما هي الطاقة الأوّلية في العمليّة؟
   ب. ما هي الطاقة الّتي تنتج في نهاية العمليّة؟
3. صفوا الحادثة كعمليّة تحوّل للطاقة بواسطة مخطّط المستطيلات.
   سجّلوا تحت كلّ مستطيل اسم الجسم الّذي يحمل الطاقة.

4. هل تحوّلت الطاقة أثناء هذه العمليّة إلى شكل آخر من الطاقة، أم انتقلت من جسم إلى آخر؟ اشرحوا!
5. ما هي العوامل الّتي أثّرت على الطاقة في الحادثة؟
6. كيف أثّرت الطاقة في الحادثة على نتائجها؟ فسّروا من خلال استخدام مبدأ تحوّل الطاقة وقانون حفظ الطاقة.

مثال ١ – تصادم

إفادة قدّمها في المحكمة شاهد عيان على حادث طرق:

"اندفعت السيارة إلى مفترق الطرق في حين تجاهل سائقها الإشارة الضوئيّة والإشارات المروريّة الّتي نُصبت فيه. لقد ساق بسرعة أكبر بكثير من سرعة 50 كم/ساعة المسموح بها حسب القانون. أعرف هذا لأنّه قطع المفترق الّذي يبلغ عرضه نحو 100 متر خلال 5 ثوانٍ. لقد اصطدم بالجهة الأماميّة للشاحنة الّتي كانت قد بدأت الانعطاف يسارًا. لم يحاول السائق أبدًا أن يفرمل السيّارة، فارتفعت حوالي عشرة أمتار في الهواء. النتيجة أنّ الركّاب الّذين كانوا على ما يبدو غير مربوطين بحزام الأمان طاروا منها وكذلك أجزاء أخرى من السيّارة. انقلبت السيّارة فهبطت على سقفها، وواصلت الانزلاق على سطح الشارع وقد بدأ ينبعث منها نار ودخان. خلال انزلاقها اصطدمت بسيارتين أخريين وقفتا عند الإشارة الضوئيّة، ثم اشتعلت. لم يكن هناك أيّ أمل لنجاة أحد من الحادث".

مثال 2: حادث تصادم بين سيّارات واقفة عند الإشارة الضوئيّة

إفادة رائدة...

كنت أسافر باتّجاه الشمال، وعندما اقتربت من مفترق الطرق لاحظت الإشارة الضوئيّة الحمراء. أبطأت سرعتي حتّى توقّفت خلف سيّارتين.

أثناء وقوفي عند الإشارة الضوئيّة نظرت في المرآة ورأيت سيارة أخرى واقفة خلفي. فجأة ظهرت في المرآة سيارة سوداء تتقدّم بسرعة كبيرة نحونا. وما كدت أفكّر في أنّ هذا السائق يعرّض للخطر السيّارة الواقفة خلفي، حتّى سمعت دويّ اصطدام، وشعرت بضربة قويّة. وقبل أن أفهم ما حدث وجدت نفسي أتقدّم إلى الأمام... السيّارة السوداء اصطدمت بالسيّارة الّتي خلفي، فتقدّمت هذه إلى الأمام واصطدمت بسيّارتي.

لا أعرف كم من الوقت مضى (بالتأكيد أعشار الثانية) إلى أن فهمت أنّ عليّ أن أُفرمل سيّارتي، وهذا ما فعلته. عندها فهمت، أنّه لحسن حظي، تبدّلت الإشارة الضوئيّة الى اللون الأخضر فتقدّمت السيّارات الّتي كانت أمامي، وهذا ما أنقذني من تصادم آخر، فلولا ذلك لاصطدمت بالسيّارة الّتي كانت أمامي.

مهمّة للطلاب – العلاقة بين الطاقة أثناء التصادم ونتائجه

راجعوا الفصل عن القوى والحركة، صفحة 75، واقرؤوا المقالة بعنوان:

10 مصابين في تصادم حافلة وقطار قرب نتسانيم. سنناقش الحادث المذكور في المقالة من الجوانب المتعلّقة بالطاقة.

مهمّات:

تصف المقالة والصور نتائج تصادم بين قطار وحافلة.

أ. صفوا انتقال الطاقة وتحوّلاتها في التصادم المذكور في المقالة.

ب. هل ستختلف نتائج الحادث لو اختلفت سرعة القطار؟ بأيّة طريقة؟

ج. اشرحوا كيف يؤثّر عامل السرعة على الطاقة وعلى القوى المؤثّرة في التصادمات، وبالتالي على نتائج التصادم. استخدموا في تفسيركم الأفكار العلميّة التالية:

- القوّة المؤثّرة على جسم تغيّر حركته.
- هناك أنواع مختلفة من الطاقة. تنتقل الطاقة باستمرار من جسم لآخر، وتتحوّل من شكل لآخر.
- يتمّ حفظ كمّيّة الطاقة الكليّة في نظام معزول (قانون حفظ الطاقة).

تصادم حافلة ركاب وسيارة بالقرب من نيتسانيم 22.6.2012

الطاقة كمادّة للتفكير

عندما تتقدّم السيّارة بسرعة معيّنة تكون لها طاقة حركيّة، وعندما تصطدم بجسم آخر ينتقل جزء من طاقتها إليه. حسب المعادلة المتّبعة لحساب كمّيّة طاقة الحركة، تؤدّي زيادة السرعة بضعفين إلى زيادة كمّيّة طاقة الحركة بأربعة أضعاف.

إذا قامت سيّارة كتلتها ألف كيلوغرام وسرعتها 100 كم/ساعة بالاصطدام بحائط، فإن نتيجة التصادم تكون مكافئة لنتائج سقوط حرّ لسيّارة من الطابق الـ 11 لبناية متعدّدة الطوابق، على اعتبار أنّ ارتفاع كلّ طابق هو أربعة أمتار. أمّا إذا تقدّمت سيّارة بسرعة 50 كم/ساعة واصطدمت بنفس الحائط، فتكون نتيجة التصادم عندها مكافئة لنتائج سقوط حرّ لسيّارة من الطابق الثالث للبناية. بمعنى، أنّ طاقة السيّارة الموجودة على ارتفاع 11 طابقًا مماثلة لطاقة السيّارة الّتي تتقدّم بسرعة 100 كم/ساعة، وعليه فدرجة الضرر من التصادم بالحائط مكافئة لدرجة الضرر من السقوط.

تمرين – كمّيّة الطاقة والعوامل المؤثّرة عليها.

تأملوا الجدول التالي:

جدول مقارنة بين الطاقة الحركيّة والكامنة

السرعة بوحدة كم/ساعة (كيلومتر في الساعة)	السرعة بوحدة م/ث (متر في الثانية)	كمّيّة طاقة الحركة بوحدة جول	مكافئ للسقوط من... بوحدة المتر	عدد الطوابق بالتقريب
20	5.6	18،000	1.8	1
40	11.1	72،000	7.2	2
60	16.7	162،000	16.2	4
80	22.2	288،000	28.8	7
100	27.7	450،000	45.0	11
120	33.3	648،000	64.8	16
140	38.9	882،000	88.2	22
160	44.4	1،152،000	115.2	28

أجيبوا عن الأسئلة وأكملوا الفراغ حسب المعطيات الواردة في الجدول:

1. ما هي كميّة الطاقة لسيّارة تتقدّم بسرعة 100 كم/ساعة؟
2. هذه الكمّيّة من الطاقة تكافئ سقوط سيّارة من الطابق الـ_____؟
3. كمّيّة الطاقة لسيّارة تتقدّم بسرعة 80 كم/ساعة تكافئ السقوط من الطابق الـ_____؛ وبسرعة 40 كم/ساعة تكافئ السقوط من الطابق الـ _____.
4. إذا ضاعفنا سرعة القيادة مرّتين، بِكم مرّة ستتضاعف كمّيّة طاقة الحركة؟ وبكم مرّة سيتضاعف ارتفاع السقوط عن طوابق البناية؟
5. حسب معطيات الجدول، هل صحيح أنّ مضاعفة السرعة تضاعف كمّيّة الطاقة في التصادم؟
6. هل توافقون على أنّ تغييرًا صغيرًا في السرعة لا يؤثّر بشكل ملموس على نتائج التصادم؟ علّلوا إجاباتكم اعتمادًا على معطيات جدول المقارنة.

السرعة قاتلة

تشير الأبحاث العِلمية* إلى أنّ السرعة تؤثّر على الأمان في الطرق بشكلين:
الأول، احتمال التورّط في حادث، أي أن هناك **علاقة بين السرعة وبين نسبة الحوادث**.
والثاني، **شدّة خطورة الحادث**، أيّ شدّة الإصابة في الحادث.
كشفت نتائج البحوث أنّ السرعة ليست السبب الرئيسيّ في وقوع حوادث الطرق، ولكنّها ذات تأثير حاسم على شدّة خطورة النتائج.

مهمّة: الحياة متعلّقة بسرعتك

في دعاية السلطة الوطنيّة للأمان على الطرق، جاء: "**كلّما أنقصت كم/ساعة من سرعتك، زدت احتمال بقاء المُشاة على قيد الحياة**".

لماذا؟

"الحياة متعلّقة بسرعتك"

ادخلوا موقع السلطة الوطنيّة للأمان على الطرق. اختاروا الفيلم القصير "الحياة متعلّقة بسرعتك" وشاهدوه.

1. فسّروا عنوان الفيلم في سياق مضمونه.
2. الآن، اضغطوا على الرمز الأيمن في أعلى الشاشة: "الحياة متعلّقة بسرعتك"، أو ادخلوا مباشرة للعنوان التالي: http://www.rsa.gov.il/mishtamaheyderech/nhageirechev/mehirut/Pages/default.aspx.

اقرؤوا المعلومات المعروضة أمامكم في هذه الصفحة وأجيبوا:

* المصدر: **السرعة – العوامل، المخاطر وطرق المواجهة**، السلطة الوطنيّة للأمان على الطرقات 2010.

3. في الفقرة الأولى جاء ما يلي: "يزيد احتمال التورّط في حادثة كلّما زادت السرعة (على افتراض أنّ بقيّة العوامل متساوية؛ وكلّما زادت السرعة كانت الإصابة الجسديّة والضرر بسبب الحادث أشدّ خطورة".

أ. ما المعنى الفيزيائيّ لتغيير السرعة (الإسراع أو الإبطاء) وما الّذي يؤدّي إلى ذلك؟

ب. حسب القطعة، ما هي انعكاسات ذلك على قيادة المرْكَبات وركوبها؟

ج. فسّروا، اعتمادًا على الأفكار العلميّة الّتي تعلّمتموها، لماذا:

1. كلّما زادت السرعة، زاد احتمال التورّط في حادث؟
2. كلّما زادت السرعة، اشتدّت خطورة الإصابة الجسديّة والضرر بسبب الحادث؟

للتذكير، الأفكار الّتي تعلّمناها هي التالية:

- القوّة الّتي تؤثّر على جسم تغيّر حركته (أو، التغيير في حركة الجسم ينتج عن قوّة تؤثّر عليه).
- هناك أنواع مختلفة من الطاقة. تنتقل الطاقة باستمرار من جسم إلى جسم آخر، وتتحوّل من نوع إلى آخر.

4. لماذا ذُكر الافتراض بأنّ بقيّة العوامل (ما عدا الزيادة في السرعة) تبقى متساوية؟ ما هي الفكرة العلميّة المرتبطة بذلك؟ (مبدأ فصل المتغيّرات – مرتبط بموضوع ماهيّة العِلم. بإمكان المعلّمين الّذين يركّزون على هذه المواضيع أثناء التدريس أن يتوسّعوا في شرح هذا الموضوع. بالإمكان أيضا التنازل عن هذا السؤال، أو مناقشته فقط في الصفّ وليس في إطار ورقة العمل)

5. أ. ما العوامل الأخرى الّتي تؤثّر على احتمال التورّط في حادث؟ عدّدوا خمسة عوامل أخرى على الأقلّ.

ب. اختاروا اثنين من العوامل الّتي ذكرتموها، وفسّروا كيف يمكن لكلّ عامل أن يسبّب وقوع حادث، أو يزيد احتمال وقوعه. ادعموا تفسيركم بالأفكار العلمية.

6. جاء في نهاية قطعة المعلومات أنّ "السلطة الوطنيّة للأمان على الطرق تعمل عل تغيير سلوك السائقين وإبطاء السرعة في الطرق داخل البلدات وخارجها بواسطة فعّاليّات مختلفة في مجالات التوعية، التربية والتأهيل، التشريع، البُنى التحتيّة وتطبيق القانون".

اقترحوا فعّاليّة في أحد المجالات المذكورة (توعية، تربية، تشريع وبُنى تحتيّة) واشرحوا كيف يمكنها أن تساهم في إبطاء السرعة، وبالتالي في منع وقوع حوادث.

7. الآن، فسّروا الشعار في الفيلم القصير: "كلّما أنقصت كم/ساعة من سرعتك، زدت احتمال بقاء المُشاة على قيد الحياة".

اربطوا في تفسيركم بين الشعار وبين الأفكار العلميّة الّتي تعلّمتموها، واستخدموا مصطلحات من القائمة التالية: السرعة، الطاقة، طاقة الحركة، الفرملة، مسافة الفرملة، مسافة التوقّف، القوّة، السرعة.

8. تم مؤخّرًا تغيير القانون في دولة إسرائيل بحسبه زادت السرعة المسموح بها في الشوارع السريعة من 90 كم/ساعة إلى 100 كم/ساعة وحتى 110 كم/ساعة.

أ. اكتبوا تعليلَيْن اثنين يؤيّدان التغيير في القانون وتعليلين لا يؤيّدان.

ب. هل يُعتبر هذا قرارًا حكيمًا في رأيكم؟ صوغوا فقرة حجاج لتوضيح رأيكم.

9. لنفترض أنّكم أعضاء في لجنة بلدية لمنع حوادث الطرق، وكُلّفتم بإدارة حملة لإبطاء السرعة في شوارع مدينتكم. اقترحوا شعارات للحملة وصمّموا ملصَقًا أو منشورًا لتوزيعه بين أهالي المدينة.

من الفهم إلى المصطلحات

الطاقة هي سبب كلّ حدث وتغيير في الطبيعة وفي الحيّز المروريّ. دون طاقة يصبح عالمنا ساكنًا وجامدًا. كلّما كانت الطاقة في حدثٍ ما أكبر، قويت التأثيرات المتبادلة المرتبطة بهذا الحدث.

تكون الطاقة الكليّة في كلّ تأثير متبادل مساوية لمجموع الطاقات الّتي حملها كلّ جسم من الأجسام المشتركة قبل التأثير المتبادل. كلّ جسم متحرّك يحمل معه طاقة حركة وينقلها أثناء تصادمه مع أجسام أخرى.

كل تغيير صغير في سرعة الأجسام المتصادمة يؤدّي إلى تغيير كبير في طاقة حركتها ويؤثّر على نتائج تصادمها ببعضها البعض. حتّى عندما لا تكون سرعة الجسم عالية، فإنّ كمّيّة طاقة الحركة الّتي يكتسبها ذلك الجسم أثناء حركته يمكنها أن تسبّب ضررًا كبيرًا له أو لأيّ جسم آخر يتصادم معه. حتّى عندما تتحرّك المرْكَبات بسرعة بطيئة، تكون طاقتها كافية للتسبّب بضرر كبير.

في التصادم بين سيّارة وأحد المشاة تنتقل طاقة السيّارة أو جزء منها إلى جسم الإنسان، وتكون كمّيّة الطاقة هذه كبيرة جدًّا لدرجة يمكن أن تؤدّي إلى تحطيم جسم الإنسان.

ليس كلّ الأجسام في الحيّز المروريّ قابلة لامتصاص كمّيّات كبيرة من الطاقة. جسم الإنسان محدود جدًّا من ناحية قدرته على أن يمتصّ الطاقة دون التعرّض لأذى، لذا البشر هم الأكثر عرضةً للإصابة في الحيّز المروريّ، وتكفي عشرات الجولات من الطاقة لتسبّب لهم إصابات بليغة. كمّيّة طاقة تعادل 10 جولات، الّتي تنتقل خلال التصادم، يمكنها أن تسبّب أذًى محدودًا للمرْكَبة، ولكنه قد يلحق أذًى أكبر بجسم الإنسان يمكن أن يصل إلى درجة الموت. في بعض التصادمات في الحيّز المروريّ تكون كمّيّات الطاقة أكبر بآلاف المرّات. هذا هو جوهر الخطر المحدّق بنا في الحيّز المروريّ.

ماذا يحدُث لجسم الإنسان أثناء التصادم؟

إذا سبق أن مررتم بحادث طرق واصطدمتم بسيّارة أخرى أو بجسم ساكن، فلا بدّ أنّكم تعرفون إلى أي مدى تكون هذه التجربة مخيفة، حتى لو وقع التصادم بسرعة بطيئة. الارتطام، الزعزعة، الضجّة، الخوف والعجز، كلّها تخلق ردّ فعل عاطفيًّا حادًّا يرافق كلّ إنسان مرّ بتجربة من هذا النوع لمدة زمنيّة طويلة. الخروج من هذه التجربة يكون عادة بطيئا، وقد يصعب على المرء العودة لروتين حياته الطبيعيّ لفترة طويلة. وهناك البعض من بالغي الحساسيّة الّذين قد يؤثّر ردّ فعلهم على سلوكهم وعلى كلّ مسيرة حياتهم طوال العمر.

قصّة وفاة الأميرة ديانا:

في شهر آب من عام 1997 قُتلت الأميرة البريطانيّة ديانا في حادث طرق. كانت ديانا متزوّجة في السابق من وليّ العهد البريطانيّ، الأمير تشارلز، ابن الملكة اليزابيث. وكانت الأميرة ديانا محبوبة من الشعب البريطانيّ الّذي استقبل نبأ وفاتها بصدمة عميقة لدرجة أنّ كلّ البلاد غرقت في الحزن الشديد. وسرعان ما انتشرت الشائعات بشأن ملابسات موتها. كما أثار هذا الحادث اهتمام الكثير من المحقّقين الّذين بحثوا في أدقّ تفاصيله.

في 30 آب 1997 في الساعة 00:30 قُتلت الأميرة ديانا في حادث طرق خطير. وقع الحادث عندما اصطدمت السيارة الفاخرة والآمنة التي استقلّتها الأميرة بعمود اسمنت بداخل نفق مروريّ على مدخل العاصمة الفرنسية باريس. كان السائق الشخصيّ للأميرة يقود السيّارة، وكان معهما راكبان آخران. كما ذكرنا، تمّ التحقيق في تفاصيل الحادث وفيما يلي موجزها:

كانت الأميرة تقضي وقتها في ملهى ليليّ في باريس. وقد تركت الفندق مع حارسها وسائقها الشخصيّين ورجل آخر. في الفحوصات الّتي أجريت لهم بعد الوفاة، تبيّن أنّ جميعهم كانوا تحت تأثير الكحول، كما عُثر في دم السائق على آثار لأدوية نفسيّة ومهدّئة. لدى خروجهم من الفندق كان في انتظارهم مصوّرون على درّاجات ناريّة، من الذين لم يكفّوا عن مراقبة وتوثيق وتصوير كلّ تحرّك في تحرّكات الأميرة طيلة حياتها. وقد أمر الحارس الشخصيّ للأمير السائق بالفرار من المصوّرين. فزاد السائق سرعة السيّارة للهرب من المصورين الّذين تبعوهم، فدخل النفق حيث تبلغ السرعة القصوى المسموحة 50 كم/ساعة، ولكن كانت سرعته 110 كم/ساعة. عند مدخل النفق اصطدمت سيارة الأميرة بأحد جانبيْ سيّارة شحن كانت أمامها. نتيجة الاصطدام فَقَدَ السائق السيطرة على السيّارة، وانحرف بحدّة إلى جهة اليسار واصطدم عندها بعمود إسمنت يشكّل دعامةلسقف النفق. وقد تهشّمت السيّارة على العمود، والجزء السفليّ منها تهشّم تقريبًا بشكل كليّ. السائق والراكب الّذي كانب بجانبه قتلا على الفور. وقد تبيّنت علامات إصابة في الرأس. أمّا الراكب الّذي جلس إلى جانب الأميرة في المقعد الخلفيّ، فقد كان مصابًا وينزف دمًا، أمّا الاميرة فقد عثر عليها وهي على أرضيّة السيّارة مع نزيف دم بسيط من أنفها، ودون أية آثار لإصابات خارجيّة.

لم يكن أيٌّ من الركّاب، بمن فيهم السائق، مربوطين بحزام الأمان، ولم يتمّ العثور على أيّ آثار فرملة على الشارع. أثناء الحادث انتفخت كلّ وسائد الأمان ووجدت لاحقًا بعد أن خلت من الهواء.

السؤال الّذي أثار اهتمام الكثيرين كان: كيف لم تنجح وسائد الأمان في السيّارة المتطوّرة في منع موت الركّاب؟ علما أنّ دور الوسائد هو الانتفاخ لمنع وقوع إصابات. الإجابة الحاسمة التي توصّل لها المحقّقون في الحادث، كانت أن الأميرة قُتلت قبل أن تُفتَح الوسائد.

قُتلت الأميرة قبل أن تُفتح وسائد الأمان وقبل أن تتهشّم السيّارة. **ما الّذي سبّب موت الأميرة في مدّة زمنيّة قصيرة؟**

لفهم نتائج الحادث الخطير علينا أوّلاً أن نتعلّم ماذا يحدث لجسم الإنسان وقت الصدام، وما هي أسس عمل وسائل الأمان المختلفة. وسنعود لاحقًا لقصة الحادث لنحلّل ما الذي حدث وسبّب النتائج الوخيمة.

جسم الإنسان خلال التصادم

ما قد يبدو لنا كتصادم واحد هو بالفعل حادث تتخلّله أربعة تصادمات مختلفة:

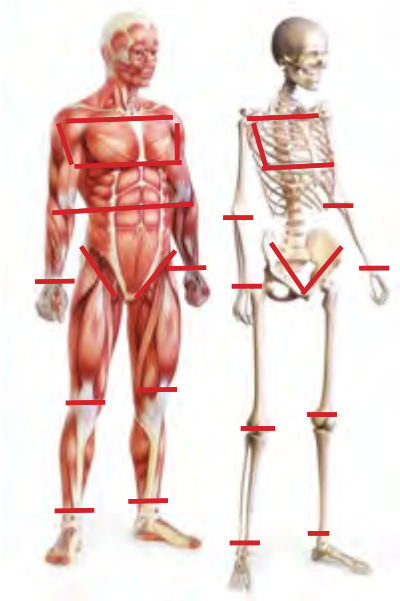
أ. **التصادم الأوّل يقع بين السيّارة وجسم متحرّك أو ساكن** موجود خارج السيّارة. في هذا الصدام تنتقل الطاقة بشكل يسبّب تغييرات كبيرة في سرعة الأجسام المتصادمة. أي أنّه يطرأ تسارع كبير على المرْكَبة وركّابها أثناء حركة الاستمراريّة إلى الأمام، وقد تكون نتائج ذلك تفكّك أعضاء الجسم المختلفة لدرجة انفصال فقرات العمود الفقريّ العنقيّ عن الجمجمة، حتى إذا كان حزام الأمان مربوطًا. قد تلحق بالمركبة أضرار مختلفة مثل، الاعوجاج، التهشّم، التكسر والتحطّم. في الحالات الّتي لا يكون فيها الركّاب مربوطين بحزام الأمان، يُحتمل وقوع إصابات جرّاء الاصطدام بالشارع نفسه عندما يقذَفون إلى خارج السيّارة.

ب. **التصادم الثانيّ يحدث نتيجة حركة الركّاب** إلى الخلف على أثر التصادم الأوّل، وهو ناتج عن إصابة الركّاب بأجسام ساكنة مختلفة داخل المركبة، بما فيها المقاعد، زجاج النوافذ، حزام الأمان أو وسائل أمان أخرى، ويستمرّ التصادم حتّى الوصول إلى حالة السكون. كما يحدث أثناء الحركة إلى الخلف تسارع كبير، يمكن أن يؤدّي إلى إصابات بالغة جدًّا، خاصة في العمود الفقريّ العنقيّ.

ج. التصادم الثالث هو **التصادم بين جسم الإنسان وبين أجسام غير مثبّتة** في هيكل السيّارة، ولأنّها غير مثبتّه فإنّها تستمرّ في حركتها داخل السيّارة، بنفس السرعة الّتي كانت عليها قبل التصادم، من هذه الأجسام: ركّاب آخرون غير مربوطين بالحزام أو أجزاء من أمتعة مختلفة متواجدة داخل السيّارة. تكون إصابة الركّاب غير المربوطين بالحزام، أصعب من تلك الّتي يتعرّض لها الركّاب المربوطون بالحزام.

صورة أشعّة سينيّة – عظام الجمجمة والعمود الفقريّ لدى الإنسان

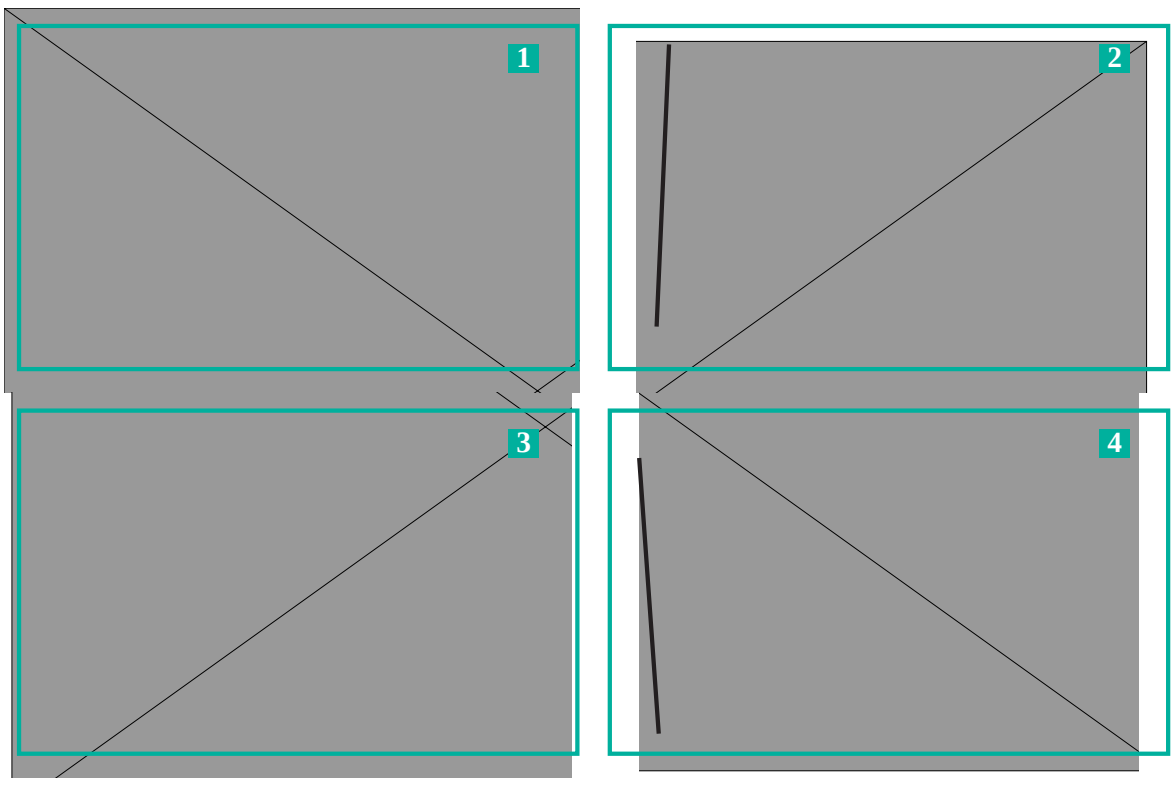
د. التصادم الرابع هو **تصادم داخليّ**، ويتمّ بين الأعضاء الداخليّة لجسم الإنسان وبين بعضها البعض. من أخطر هذه التصادمات مثلا، التصادم بين الأنسجة الصلبة والليّنة، ومن ذلك مثلا، تصادم أضلاع القفص الصدري بالرئتين، عظام الجمجمة بالمخ وعظام الأطراف بالأنسجة العضليّة، وهي تصادمات قد تنتهي بموت الراكب.



جسم الإنسان ليس قالبًا واحدًا، بل هو مكوّن من عدّة أجزاء ذات كتل مختلفة. من عدّة نواحٍ يشبه جسم الإنسان نظام لكتل مختلفة، محاور، نوابض ورافعات كلّها مرتبطة ببعضها البعض. خلال التصادمات تتحرّك كل أعضاء الجسم بتسارعات مختلفة، بما فيها سوائل الجسم، وذلك بتأثير القوى الناجمة عن التصادم. ويمكن للتسارعات المختلفة لكلّ عضو، أن تسبّب تفكّك الجسم. في المخطّط التالي يمكن أن نرى الأعضاء المختلفة التي تكوّن الجسم البشريّ من المنظور الفيزيائيّ، وفيه يظهر كل عضو بكتلة مختلفة، ويتحرّك بتسارع مختلف خلال التصادم، ونتيجة ذلك يمكنه الانفصال عن أعضاء أخرى وأن يُلحق بها الضرر.

مهمّة – الإنسان أثناء التصادم

يصف المخطّط التالي أربع حالات لتصادم جبهيّ ارتطمت خلاله سيّارات متشابهة وذات نفس السرعة، بحائط. في إحدى الحالات كان الركّاب والسائق غير مربوطين بحزام الأمان، في الحالة الثانية كان السائق مربوطا ولم يكن معه ركّاب في السيارة، وفي الثالثة كان السائق مربوطا أمّا الركّاب فغير مربوطين، وفي الحالة الرابعة والأخيرة كان السائق والركّاب مربوطين.



1. صفوا ما الذي يحدث للسائق والركّاب في كلّ حادث من الحوادث الأربعة.
2. لماذا بقي الزجاج الأمامي للسيارة سليمًا في الحادثين ٢ و٤؟
3. لماذا كُسر الزجاج الأماميّ في الحادثين 1 وَ 3، ومن تسبّب في كسره في كلٍّ من الحالتين؟
4. لماذا كان الضرر الخارجيّ الّذي لحق بالسيّارة، ما عدا الزجاج الأماميّ، مشابهًا في الحوادث كافّةً؟
5. هل الهدف من مطالبة الركّاب بربط حزام الأمان هو حماية أرواحهم هم فقط؟ اشرحوا!

ما دور حزام الأمان وكيف يمكنه إنقاذ حياتنا؟

يعتبر حزام الأمان منقذًا للأرواح، والمئات من آلاف الناس في أنحاء العالم مدينون له بحياتهم. يمنع حزام الأمان تعرّض ركّاب المركبة للإصابة بسبب الأجزاء الأخرى المتحرّكة داخل المركبة أثناء التصادم، كما يمنع قذفهم إلى خارج السيارة أثناء الحادث. دور الحزام أيضًا أن يمنع أو يخفّف من شدّة خطورة الإصابة بين جسم الإنسان وبين الأمتعة الداخليّة الّتي في السيّارة أثناء التصادم. يتيح حزام الأمان النموذجيّ للركّاب التحرّك بحريّة عندما يتمّ جذب الحزام بشكل بطيء، وهو ينغلق إذا تمّ جذبه فجأةً وبسرعة، كما يكون الحال لدى التوقّف الفجائيّ أو التصادم.

ربط حزام الأمان

كيف يعمل حزام الأمان؟

يعتمد عمل الحزام على مبدأ الاستمراريّة. كما تعلّمنا، الاستمراريّة هي ميل كلّ جسم للاستمرار في حركته حتّى تؤثّر عليه قوّة ما وتمنعه من ذلك. كلّ الأجسام الموجودة داخل سيّارةٍ تتقدّم بسرعة معيّنة (مثلًا، السائق، الركّاب، الأمتعة، الحمولة الّتي تحملها السيّارة وكلّ الأجهزة المثبّتة فيها)، كلّها تتحرك بنفس سرعة السيارة. بما أنّ كلّ هذه الأجسام تتحرّك بنفس السرعة فهي تبدو للركّاب وكأنّها ثابتة في مكانها بلا حراك. عندما تتوقّف السيارة فجأةً، أو تصطدم بجسم ما، تستمر كلّ الأجسام الّتي داخل السيّارة في حركتها بنفس السرعة، إلى أن تؤثّر عليها قوّة ما تؤدّي إلى إبطاء سرعتها حتّى تتوقّف تمامًا. بما أنّ كتل الأجسام داخل المركبة مختلفة عن بعضها البعض، تكون هناك حاجة لقوى مختلفة لوقف كلّ واحد من هذه الأجسام. ويعني هذا أنّ إبطاء سرعة كلّ من هذه الأجسام يتمّ بوتيرة مختلفة.

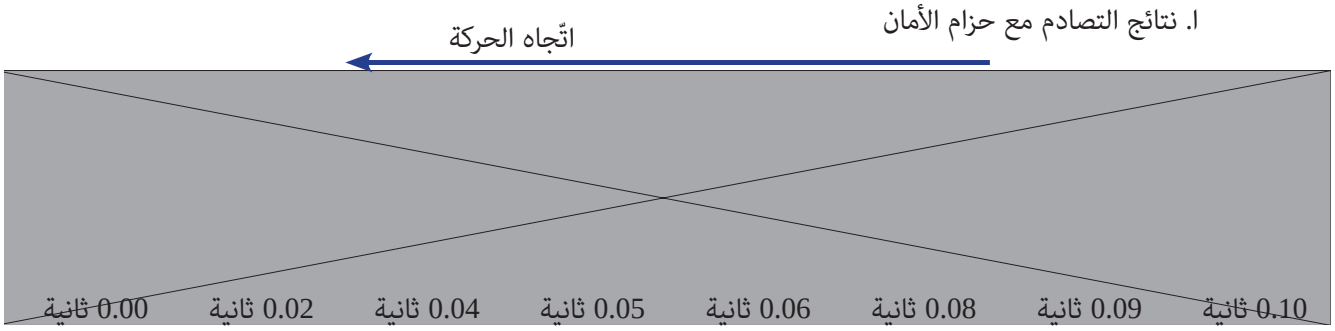
بما أنّ وتيرة إبطاء سرعة الأجسام مختلفة، يستمرّ بعض الأجسام داخل السيّارة بالتحرّك بسرعات مختلفة ممّا يسفر عن تصادمها ببعضها البعض. جزء من هذه الأجسام قد يُقذَف إلى خارج المركبة، فلا يتوقّف إلى أن يصطدم بالأرض أو يصيب جسما آخر خارج السيّارة. قد يتعرّض ركّاب المرْكَبة أنفسهم لنفس المصير إذا لم يكونوا مربوطين بحزام الأمان، فيُقذفوا إلى خارج المرْكَبة. حزام الأمان هو الّذي يؤثّر علينا، نحن الركّاب، القوّة اللازمة لتوقّفنا ومنع تعرّضنا للأذى. لولا حزام الأمان، فإنّ الجسم سيتوقّف فقط عند ارتطامه بمسند الرأس في المقاعد الأماميّة أو بالنافذة الأماميّة للسيّارة، وهو اصطدام يمكن أن يؤدّي إلى الموت.

كيف يمكن فحص جدوى أحزمة الأمان؟

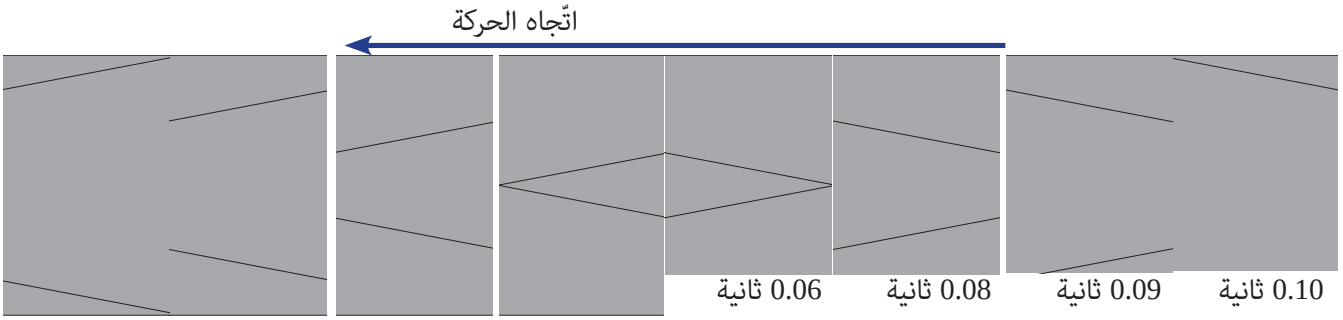
يتمّ استخدام الدمى خلال تجارب الأمان لفحص النتائج الّتي يمكن أن يسفر عنها التصادم. يمكن لتوثيق الحدث وتصويره خلال فترات زمنيّة قصيرة للغاية، أن يقدّم لنا المعلومات اللازمة بالنسبة لكيفيّة تصميم وسائل وقاية مجدية.

أمامكم مجموعة من الصور الّتي تصف تصادمين وقعا في ظروف مماثلة. في أحدهما كانت الدمية مربوطة بحزام أمان، وفي الصدام الثانيّ لم تكن مربوطة. الفوارق الزمنيّة بين الصور هي بمئات الميلي من الثانية.

ا. نتائج التصادم مع حزام الأمان



ب. نتائج التصادم بلا حزام الأمان



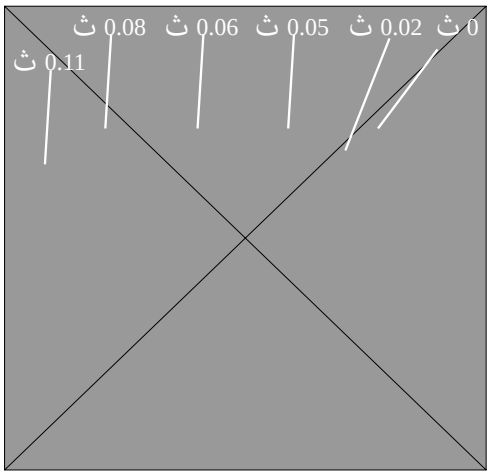
أسئلة:

1. ما هي المدّة الزمنيّة الّتي يستغرقها وقوع الحادثين في الرسمتين؟
2. هل تلاحظون صدامين مختلفين للدمية غير المربوطة بالحزام (رسمة ب)؟ اذكروهما.
3. كم من الوقت يمضي منذ بدء الصدام إلى حين يشغّل حزام الأمان أكبر قوّة له على الدمية؟ علّلوا الإجابة.
4. في أي اتّجاه تؤثّر القوّة التي يؤثّرها الحزام على الراكبة؟ ما هي نتائج تأثير هذه القوّة؟
5. لماذا تصطدم الدمية غير المربوطة بزجاج النافذة الأماميّة للسيّارة؟ اشرحوا بواسطة استخدام المصطلحات والأفكار العلميّة الّتي تعلّمتموها.

نتائج تجربة تصادم في المختبر

أمامكم تحليل لنتائج تصادم جبهيّ أُجري في مختبر، ارتطمت خلاله سيّارة بحائط. وقع الحادث خلال 0.2 ثانية. نعم، هذا هو معدّل الوقت الّذي يحدُث خلاله التصادم. يتناول التحليل التالي نتائج تصادم السيارة الّتي كان سائقها وركّابها غير مربوطين بأحزمة الأمان.

فيما يلي المعطيات:



حالة جسم السائق في أزمنة مختلفة خلال التصادم

الوقت من بدء التصادم (بالثواني)	ماذا يحدث؟
0.026	ممتصّ الصدمات الأمامي (طمبون) في السيارة يعوجّ
0.044	يرتّطم السائق بعجلة القيادة
0.050	القوى الّتي تؤثّر على السيّارة تكون في أوجها
0.075	يصطدم رأس السائق بزجاج السيّارة الأماميّ
0.100	من المرجّح أن يكون السائق قد فارق الحياة
0.110	غطاء المحرّك تهشّم، الركّاب الجالسون في الخلف يرتطمون بالسائق وبالزجاج الأماميّ للسيّارة وبالجزء الأماميّ لكابينة السائق.
0.150	انتهت عمليّة تهشّم السيّارة
0.200	كلّ الحركات توقّفت

ملاحظة: انتبهوا أن المعطيات في الجدول تتطرّق إلى ركّاب غير مربوطين بأحزمة أمان ولا تمّ تزويد المركبة بوسادات هوائيّة. الوسادة الهوائيّة مبرمجة للعمل مع أحزمة الأمان. من المفترض أن تنتفخ الوسادة فقط بعد مرور ٣٥ ألف ملي من الثانية منذ لحظة وقوع الصدام. من المفترض أن تمنع الإصابة وكبح جسم السائق أو الراكب فقط بعد ٤٠ ألف ملي من الثانية من لحظة وقوع الصدام. في الحالات الّتي لا يكون فيها الركّاب مربوطين بأحزمة الأمان، يتمّ احتكاكهم بالوسادة الهوائيّة أثناء انتفاخها ممّا يعرّض حياتهم للخطر أو حتّى للموت، وذلك في أعقاب تحرير الوسادة بضغط عال وفتحها بسرعة تقارب الـ 200 كم/ساعة.

أسئلة:

اعتمادًا على المعطيات التي في الجدول وعلى الصور المتسلسلة للتصادم (إلى اليسار)، فكّروا وأجيبوا عن الأسئلة التالية، وعلّلوا إجاباتكم.

1. زمن ردّ الفعل المتوسّط لدى الإنسان هو ٠٫٥ ثانية. هل بإمكان سائق المركبة في الحادث التجريبيّ المذكور أن يفعل شيئا لتجنّب نتائج التصادم؟ فسّروا.

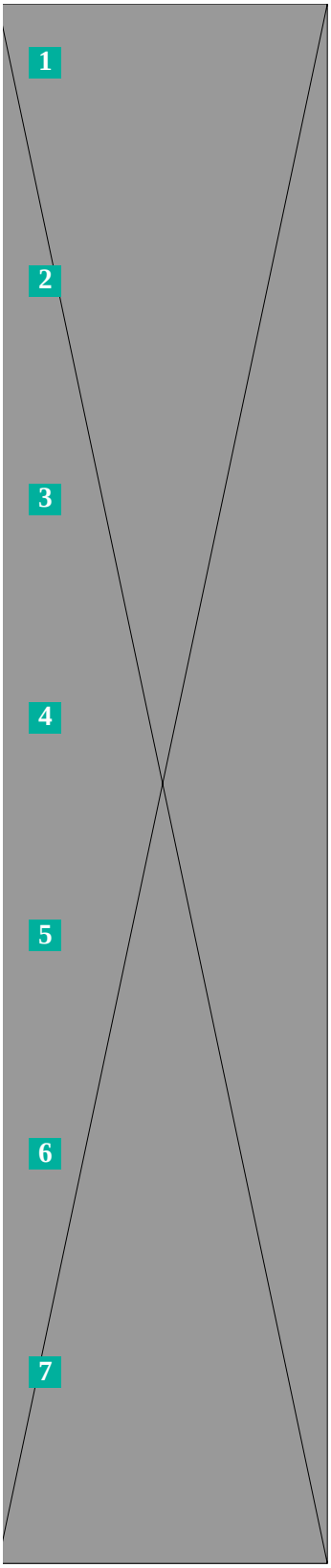
2. لكل حزام أمان زمن ردّ فعل تكنولوجيّ خاصّ به. ما هو زمن ردّ الفعل اللازم لحزام الأمان لمنع إصابة السائق؟

3. لماذا ارتطم ركّاب المقاعد الخلفيّة الّذين لم يكونوا مربوطين بأحزمة الأمان، بالسائق؟

4. هناك من يرى أنّ حزام الأمان يمنع السائق من التزحزح ويبقيه ثابتًا مكانه. ماذا تُعلّمنا الصور؟ لماذا يحدث هذا؟

5. الكثير من الأهالي يحملون أولادهم الصغار على أيديهم داخل السيّارة، ويعتقدون أنهم بذلك قادرون على منع تعرّضهم لإصابة في حال وقوع حادث. ماذا تقولون لهؤلاء الأهل، وكيف تقنعونهم بأنّ هذه الطريقة لا يمكنها إنقاذ أولادهم؟ ادعموا إجاباتكم بالمعلومات المتوفّرة في الجدول في الصفحة السابقة، واعتمدوا على معطيات ومبادئ عِلمية أخرى تعلّمتموها.

6. في الولايات المتّحدة الأمريكيّة قُتل 600 ولد وأُصيب أكثر من 7000 في حوادث طرق، لأنّ أهلهم لم يهتموا بربطهم بأحزمة الأمان في المقاعد الخلفية. وفي حالات كثيرة، أدّى الأولاد الّذين لم يكونوا مربوطين في المقعد الخلفيّ، إلى وفاة أهلهم الّذين جلسوا في المقاعد الأماميّة. استعملوا الصور (إلى اليسار) ومعطيات التجربة الواردة في الجدول، وصوغوا فقرة حجاج لإقناع الأهالي بأهمّيّة حزام الأمان.

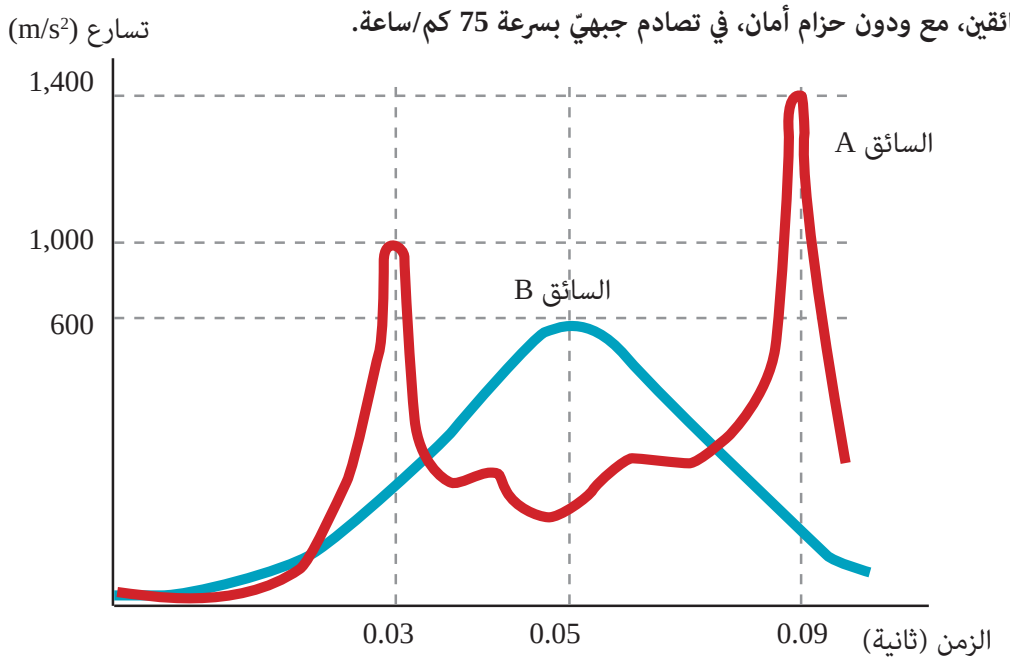


والآن، بعد أن تعلّمنا عمّا يحدث لجسم الإنسان أثناء الصدام وعن أهمّيّة عمل حزام الأمان وأسلوبه، **نعود لقصّة الحادث الّذي قُتلت فيه الأميرة ديانا.**

اعتمدوا على المعلومات الّتي اكتسبتموها وعلى قصّة الحادث وأجيبوا عن الأسئلة التالية:

1. اعتمادًا على المعطى الّذي يشير إلى أنّ جثّة الأميرة ديانا كانت بلا إصابات خارجيّة، أيٌّ من الصدامات الثلاثة (انظروا صفحة 140) يمكن أن يكون الصدام الّذي أدّى لموتها؟
2. أيّ تأثير كان للاصطدام بسيّارة الشحن على وقوع الحادث؟ تطرّقوا في تفسيركم إلى القوى المؤثّرة، واذكروا الفكرة العلميّة التي لها علاقة بذلك وما هي هذه العلاقة.
3. ما الملابسات الاجتماعيّة والسلوكيّة الّتي أثّرت على وقوع الحادث وعلى نتائجه، وبأيّ طريقة أثّرت على ذلك؟
4. التسارع الأقصى الّذي يمكن لجسم الإنسان احتماله هو 700 متر للثانية/ في الثانية. يصف الرسم البيانيّ تسارعات مختلفة في مدّة زمنيّة معيّنة لدميتين تمثّلان سائقين في تجربة تصادم جبهيّ بسرعة 75 كم/ساعة. إحدى الدميتين مربوطة بحزام أمان (الخطّ البيانيّ B) والثانية بلا حزام (الخطّ البيانيّ A).

تسارعات سائقين، مع ودون حزام أمان، في تصادم جبهيّ بسرعة 75 كم/ساعة.



تأمّلوا الخطّين البيانيّين وقارنوا بين الحالتين:

أ. عبّئوا الجدول حسب المعطيات الواردة في الرسم البياني.

المعيار	السائق A (دون حزام أمان)	السائق B (مع حزام أمان)
المدّة الزمنيّة الإجماليّة الّتي يستغرقها الحادث		
عدد التصادمات الّتي تؤدّي لخطر الموت		
التسارع الأقصى لجسم السائق		
شدّة الاصطدام		
تأثير حزام الأمان على السائق		

ب. ما هي نقاط الاختلاف بين التصادم دون ربط حزام الأمان والتصادم مع ربط الحزام؟

ج. في الخطّ البيانيّ B يمكننا أن نرى أنّ شدّة التصادم كانت أعلى من شدّة التصادم الأولى. ماذا يمكن أن يكون سبب ذلك؟

د. في أيّ مدّة زمنيّة خلال التصادم متوقّع أن تكون الدمية A في خطر كبير على حياتها؟ اشرحوا إجاباتكم.

5. حسب المعطيات، اصطدمت سيّارة الأميرة ديانا بعمود إسمنت بسرعة 110 كم/ساعة.

أ. صفوا تحوّلات الطاقة أثناء التصادم.

ب. من امتصّ معظم الطاقة خلال التصادم؟ فسّروا إجابتكم.

ج. هل وقعت نتيجة مختلفة لو كانت سرعة السيّارة أقلّ؟

4. بافتراض أنّ زمن ردّ الفعل التكنولوجيّ للوسادات الهوائيّة هو حوالي 0.04 من الثانية، هل بإمكان الوسادات أن توفّر الحماية اللازمة لركّاب السيّارة في جميع الأحوال؟ علّلوا إجاباتكم.

من الفهم إلى المصطلحات: حزام الأمان

في زمن وقوع الاصطدام، تكون وتيرة تباطؤ الأجسام المتحرّكة داخل السيّارة مختلفة. فهي تتحرّك بسرعات مختلفة وتصطدم ببعضها البعض. بعضها يمكن أن يُقذَف إلى خارج السيّارة ويتوقّف فقط لدى اصطدامه بالأرض أو عندما يرتطم بجسم آخر خارج السيّارة. بهذه الطريقة أيضا يتعرّض ركّاب السيّارة في حال لم يكونوا مربوطين بأحزمة الأمان، وفي حالات عديدة يمكن أن يُقذَفوا بقوّة إلى خارج السيّارة. حزام الأمان هو الّذي يؤثّر علينا، نحن الركّاب، القوّة الّتي توقفنا وتمنعنا من التعرّض لإصابة أو الانقذاف إلى خارج السيّارة. حزام الأمان يسبّب تباطؤ الراكب المربوط حتّى قبل وقوع الاصطدام، إذا قام السائق بفرملة السيّارة. بهذا الشكل تتمّ إطالة مسار التباطؤ لدى الركّاب، ممّا يجعل تأثير التسارع عليهم أثناء الاصطدام أقلّ منه إذا لم يكونوا مربوطين بالحزام. لولا حزام الأمان ستتوقّف أجسامنا أثناء ارتطام الرأس بمساند المقاعد الّتي أمامنا، أو بزجاج النافذة الأماميّة للسيّارة، ممّا قد يسبّب موتنا.

أجهزة الأمان

الهدف من أجهزة الأمان في الحيّز المروريّ هو التخفيف من خطر التعرّض لإصابات في حوادث مثل الاصطدامات. أحد أجهزة الأمان في الحيّز المروريّ هو جدار الأمان وله وظيفتان: منع المركبة من الانحراف عن مسار حركتها للمسار المعاكس أو الانحدار عن الشارع، وتقليص حدّة إصابة الركّاب.

كما تعلّمنا، أثناء التصادم تحدث تغييرات هائلة في السرعة وتنشأ تسارعات كبيرة. التسارع الكبير هو أحد الأسباب الرئيسيّة لموت الناس في الحوادث. يتعلّق حجم الضرر الّذي قد يتعرّض له الناس بحجم التسارع، فكلّما كان التسارع أصغر، كانت درجة الضرر أقلّ. الهدف الأساسيّ من جدار الأمان هو إطالة مدّة التصادم وتقليل التسارع.

تتعلّق شدّة إصابة البشر أثناء التصادم بكمّيّة الطاقة الّتي يمكن لأجسامهم امتصاصها. أثناء التصادم بين المركبات وبين جهاز الأمان، ينتقل جزء من طاقة حركة السيارة إلى جهاز الأمان فيمتصّه. نتيجة ذلك تقلّ كمّيّة الطاقة الّتي يمكن أن تصيب أجسام المتورّطين بالحادث، ويقلّ حجم الضرر الّذي قد يتعرّضون له، ممّا ينقذ أرواح الكثيرين.

هناك انواع مختلفة من جدران الأمان، فهناك الحديثة والقديمة. أمّا الجدران القديمة فمصنوعة من الفولاذ أو الإسمنت المصبوب على امتداد الطريق. جدار الفولاذ غير قويّ بما فيه الكفاية وهو لا يمنع انحراف المرْكَبة عن مسارها للمسار المعاكس؛ أمّا جدار الإسمنت فيعتبر قاسيًا جدًّا ومن شأنه أن يمنع انحراف المرْكَبة للمسار المعاكس، ولكن بسبب مبناه الصلب لا يساهم في تقليل حدّة الإصابة الّتي قد يتعرّض لها ركّاب المرْكَبة أثناء الاصطدام به.

التقليل من حدّة الإصابة المتسبّبة للركّاب ممكن من خلال استخدام جدران الأمان الحديثة، المبنيّة من نظام جدار أعمدة وقضبان مرنة معرّضة للانكسار إذا اصطدمت بها مرْكَبة. تسمّى هذه الجدران باسم "ممتصّة للطاقة".

جدار أمان مصنوع من الإسمنت

أجهزة أمان ممتصّة للطاقة

يتمّ تركيب أجهزة الأمان الممتصّة للطاقة أمام أجسام صلبة على كِلا جانبيِ الشارع، مثل العمدان وجدران الأمان المتواجدة من وراء هوامش الطريق، أو قد يتمّ تركيبها على الجدران الفاصلة الصلبة (بين المسارات)، ووظيفتها فرملة المرْكَبة الّتي تنحرف عن طريقها إلى حين توقّفها التام.

تركيب أجهزة أمان ممتصّة للطاقة في الطريق هي إحدى الطرق لتكثيف أمان الإنسان من الإصابة. لدى تصادم مركبة بحاجز صلب، جزء فقط من طاقتها الحركيّة ينتقل للحاجز، ولذا فإن معظم الضرر يلحق بالمركبة نفسها. أمّا لدى الاصطدام بجهاز ممتصّ للطاقة، فإنّ معظم الطاقة تنتقل للجهاز، وفقط جزء صغير منها يصيب المركبة وركّابها. بذلك، تقلّل هذه الأجهزة من الخطر الّذي قد يلحق بالركّاب، وبامتصاصها كلّ طاقة الحركة فإنّها تؤدّي إلى توقّف المرْكَبة.

جدار ممتصّ للطاقة مُعدّ للشوارع داخل المدينة، ملائم لسرعات تتراوح بين ٥٠-٩٠ كم/ساعة.

1. لماذا في رأيكم يعتبر الكبح البطيء والمعتدل أفضل من الكبح الحادّ والقصير؟ فسّروا بمصطلحات متعلّقة بالطاقة.
2. اذكروا أجهزة أمان أخرى قابلة للاستعمال في الحيّز المروريّ. ما المشترك بين كلّ أجهزة الأمان في الحيّز المروريّ؟

جدار أمام ممتصّ للطاقة

ما الفكرة العلميّة من وراء جهاز الأمان "لامتصاص الطاقة"؟

يتمّ تركيب أجهزة امتصاص الطاقة بالأساس في مواقع الفصل بين المسارات وعند الخروج من مفترقات الجسور في الطرق السريعة. دور هذه الأجهزة تمكين المرْكَبة الّتي انحرفت عن مسارها من الاصطدام بها، ثم امتصاص معظم طاقة المركبة وبذلك التسبّب في إبطاء سرعتها تدريجيًّا. وظيفة جدار الأمان الأساسيّة هي إطالة مدّة التصادم. جدار الأمان الممتصّ للطاقة مبنيّ من عدّة وحدات قابلة للتهشّم ومرتبطة ببعضها البعض. تنتقل الطاقة إلى الجدار أثناء الاصطدام به، وتنتقل من وحدة إلى أخرى وتؤدّي إلى تهشّمها بشكل مُتتالٍ. بهذه الطريقة تكون التغييرات في طاقة المركبة وفي اتّجاه حركتها أقلّ حدةً وتكون مدّة الاصطدام أطول. هناك من يدّعي أنّه في الثلاثين سنة الأخيرة كانت منشآت امتصاص الطاقة هذه مسؤولة عن إنقاذ أرواح الكثيرين، أكثر من أحزمة الأمان.

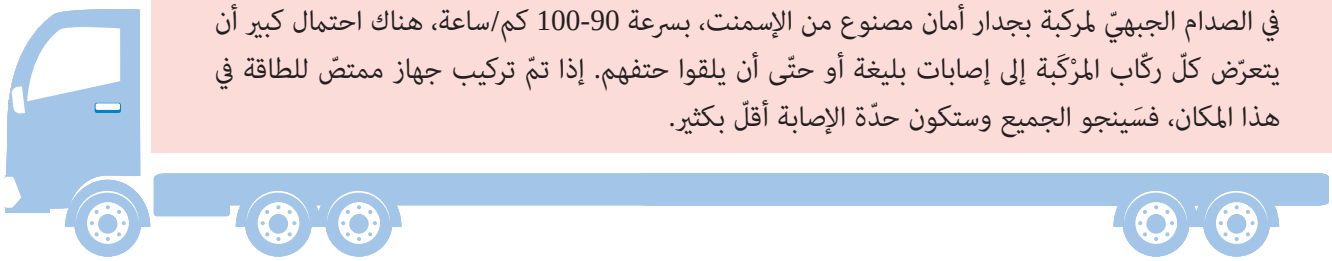
جدار ممتصّ للطاقة مُعدّ للشوارع السريعة، ملائم لسرعات تتراوح بين 60-120 كم/ساعة.

تتمّ ملاءمة كلّ جهاز ممتصّ للطاقة لسرعة السفر في الشارع، ولكتلة المركبات الّتي يهدف لحماية أمنها. الحوادث الّتي تشمل اصطدامات بجدران الأمان، والّتي تنتهي عادةً بقتلى وجرحى، يمكنها أن تتحوّل إلى حوادث تسفر عن إصابات طفيفة أو لا تسفر عن أية إصابات بتاتًا، إذا اشتمل الجدار على أجهزة ممتصّة للطاقة.

تلخيص:

ليس من شأن الأجهزة الممتصّة للطاقة أن تمنع حوادث الطرق، ولكن يمكنها بالتأكيد أن تغير نتائجها النهائيّة من ناحية خطورة الحوادث وتقليص عدد المصابين.

لتبسيط معنى تركيب "ممتص للطاقة"، بلا علاقة بنوعيّة الجهاز وكتلة المرْكَبة المصطدِمة، يمكننا القول، إنّه في الصدام الجبهيّ لمركبة بجدار أمان مصنوع من الإسمنت، بسرعة 90-100 كم/ساعة، هناك احتمال كبير أن يتعرّض كلّ ركّاب المرْكَبة إلى إصابات بليغة أو حتّى أن يلقوا حتفهم. إذا تمّ تركيب جهاز ممتصّ للطاقة في هذا المكان، فسَينجو الجميع وستكون حدّة الإصابة أقلّ بكثير.



الفصل الرابع

درهم وقاية
خير من قنطار علاج

الإنسان في الحيّز المروريّ

منذ فجر الإنسانيّة كان على الإنسان أن يتحرّك في بيئته لتوفير احتياجاته، وتحديدًا الصيد للحصول على الغذاء. كانت حركة الإنسان في الحيّز الّذي تواجد فيه ملائمة لحجم جسده وقدراته، وكان يستخدم في ذلك قوّة عضلاته وطاقة جسمه. في هذه المراحل من تطوّره تبلورت قدرته على الحركة وكذلك قدراته الجسديّة والذهنيّة ومنها، زمن ردّ الفعل، القدرة على قياس الزمن، المسافة والسرعة، القدرة على تمييز الحركة، إدراك المخاطر والمقدرة على اتّخاذ القرارات.

في مراحل متأخّرة تعلّم الإنسان استخدام قوّة وطاقة الحيوانات الّتي دجّنها وسخّرها لحاجاته، الأمر الذي مكّنه من التحرّك بسرعة ولمسافات أطول. ولكن قدرة الإنسان نفسه على الحركة بقيت كما هي.

استمرّ الإنسان على هذا المنوال آلاف السنين، حتى بدأ يستخدم النار وقوّة البخار لتحريك مركباته. وبفضل اختراع محرّك البخار، سيّارة البخار والقطار، ازدادت سرعته وكبُر حجم مركباته، ولكن قدراته الجسديّة الذاتيّة بقيت كما هي.

أتاح استغلال مصادر الطاقة، مثل الوقود والكهرباء، إمكانيّة تطوير المرْكَبات كما نعرفها اليوم، فهي مركبات سريعة جدًّا، وتُستخدم في أهداف متنوّعة، كما تمّ بناء بنية تحتيّة من شوارع وجسور وسكك حديدية، لتمكين هذه المركبات من التحرّك بكامل سرعتها.

تتحرّك المركبات اليوم بسرعة تفوق سرعة الإنسان الطبيعية بـ 20-40 ضعفًا. ولكنّ القدرات الطبيعيّة للإنسان بقيت كما هي – ملائمة لحركة الإنسان، الصيّاد.

يقع معظم الحالات الخطرة الّتي يتورّط فيها الإنسان بسبب الفجوة ما بين قدرات الإنسان وبين سرعة المرْكَبات الّتي يستخدمها. مع غياب القدرات الجسدية، تبقى لدى الإنسان القدرة على التفكير والمعرفة كوسيلة تمكّنه من البقاء في المسالك المعقّدة للحركة على الطرق.

كل حادث هو عبارة عن فشل. الفجوة بين قدرات الإنسان وبين أداء المرْكَبات الّتي يستخدمها هي السبب الرئيسيّ لفشل العامل البشريّ في الحيّز المروريّ.

لافتة دعائية من تصميم شارون أورنيك، طالبة في الصف الثاني عشر في ثانويّة رابين في كريات يام (2014).
حازت على الجائزة الأولى في مسابقة للافتات بادرت إليها جمعية "أور يروك" لمكافحة حوادث الطرق.

من الفهم إلى المصطلحات

لم يُخلق البشر مع قدرات على الحركة بسرعات كبيرة كالّتي تتحرّك بها السيارات في الزمن الحديث، كما أنّهم لم يكتسبوا بمرور الزمن قدرةً من هذا النوع. زمن ردّ الفعل المطلوب من الإنسان غير ملائم لوتيرة التطوّرات في الحيّز المروريّ. المدّة الزمنيّة الّتي تستغرقها الأحداث هي أقصر من قدرة الإنسان الطبيعيّة على الردّ عليها، لذلك، فهو يعجز عن تجنّب وقوع حالات خطرة أو التراجع عن قرارات خاطئة اتّخذها. ترافق القيادة عمليّة مستمرّة من اتّخاذ القرارات، وحده التفكير والفهم المسبق لماهيّة الحيّز الّذي يتحرّك في إطاره الإنسان يمكنهما مساعدته على اتّخاذ قرارات صائبة وتجنّب الحالات الخطرة. يعجز قسم صغير من مستخدمي الطريق عن اتّخاذ قرارات صائبة، فيعرّض نفسه والجزء الأكبر من مستخدمي الطريق الآخرين للخطر.

في هذه الوحدة التعليميّة تناولنا موضوع ماهيّة الحركة والقوى الّتي تؤثّر على المرْكَبة وطاقة المرْكَبة، كما شرحنا موضوعَي الفرملة والتسارع. تعلّمنا ما معنى الثبات والانعطاف، وماذا يحدث أثناء التصادمات. تعرّفنا على الأفكار العلميّة وراء كلّ الظواهر في الحيّز المروريّ، والّتي تساعدنا في فهم الأوضاع المختلفة فيه وشرحها.

في التمارين التالية سنحاول تحليل عدّة حوادث وسنستفسر لماذا وقعت كما وقعت، وكيف كان من الممكن منعها. سنعتمد في هذه المهمّة على الإدراكات العلميّة الّتي اكتسبناها خلال الدراسة. اقرؤوا بتمعّن كلّ التفاصيل المتعلّقة بكلّ حادث، وجِدوا العوامل الّتي أثّرت على وقوعه وعلى نتائجه وفكّروا كيف كان من الممكن منعه...

جيكسو - أسلوب تعليمي تعاوني

مهمّة تعاونيّة للطلاب بطريقة جيكسو:
العنصر البشريّ في الحيّز المروريّ - تحليلٌ لحوادث

المرحلة الأولى - في المجموعة الأمّ

في كلّ يوم تقع في البلاد والعالم حوادث طرق كثيرة. من المتعارف عليه اعتبار كلّ حادثة نوعًا من الفشل.
فكّروا في حوادث الطرق المتكرّرة في البلاد وفسّروا ما هي أسباب الفشل حسب رأيكم. اعتمدوا في إجابتكم على المعلومات والإدراكات الّتي اكتسبتموها خلال الدراسة. سجّلوا قائمة باستنتاجاتكم.

المرحلة الثانية - في الصف

- اعرضوا أمام الصف استنتاجاتكم الرئيسيّة.
- أضيفوا إلى قائمتكم الاستنتاجات الّتي عرضَتها المجموعات الأخرى.

المرحلة الثالثة - في فرقة التخصّص

- اقرؤوا عن الحادث، ناقشوه وأجيبوا عن الأسئلة الواردة في ورقة المهمّة.
- فكّروا وقرّروا كيف ستعلّمون زملاءكم في المجموعة الأمّ عن أسباب وقوع الحادث ومعانيه.

المرحلة الرابعة - في المجموعة الأمّ

- على كلّ طالب أن يعرض باختصار الحادث الّذي تخصّص فيه بمجموعة التخصّص.
- ناقشوا معًا وأجيبوا عن الأسئلة الواردة في المهمّة العامّة. عليكم التطرّق في إجاباتكم إلى المعلومات الّتي اكتسبها كلّ منكم في مجموعات التخصّص الّتي شارك فيها.

أسئلة:

1. ناقشوا بشكل تعاونيّ كلّ الحوادث حسب النقاط التالية:
   أ. ميّزوا أنماط سلوكيّة خاطئة في الحادث، واذكروا مَن الذي ارتكب الخطأ من المشتركين في الحادث.
   ب. ماذا كانت نتيجة الحادث؟
   ج. ما نمط السلوك البديل الّذي تقترحونه؟
   سجّلوا استنتاجاتكم في الجدول التالي:

	حادث 1	حادث 2	حادث 3	حادث 4	حادث 5
أنماط سلوكيّة خاطئة للمشتركين في الحادث					
نتيجة الحادث					
نمط السلوك البديل					

استعينوا بالمعلومات الواردة في الجدول وأجيبوا عن الأسئلة التالية:

2. هل هناك أنماط سلوكيّة خاطئة مشتركة لكلّ الحوادث؟
3. اختاروا ثلاثة أنماط سلوكيّة خاطئة نجحتم في تمييزها، وفسّروا بأيّة طريقة ساهمت هذه الأنماط في وقوع الحادث والتسبّب بنتائجه؟
4. أيٌّ من المفاهيم الّتي اكتسبتموها خلال الدراسة يفتقدها المتورّطون في الحوادث، أو لم يطبّقها السائقون، وكان من شأنها منع الحادث؟
5. في أعقاب تحليل الحوادث، واعتمادًا على الأفكار العلميّة الّتي تعلّمتموها، صوغوا عدّة مبادئ وقائيّة، يمكنها في رأيكم أن تساهم في تعزيز الأمان في الحيّز المروريّ. فسّروا أهمّيّة كلّ مبدأ واكتبوا ماذا يتطلّب من مستخدم الطريق.
6. أعدّوا عملًا جماعيًّا لعرضه أمام الصفّ. يمكن أن يكون هذا العمل ملصَقا إعلانيًّا أو عرضًا تقديميًّا يلخّص نتائجكم وإدراكاتكم العملية والوقائيّة. على العمل أن يشمل ما يلي:
   أ. تلخيص أنماط السلوك الخاطئة الّتي يمكنها أن تسبّب وقوع حوادث.
   ب. أنماط السلوك الواجب اتّباعها لمنع وقوع الحوادث.
   ج. مبادئ الوقاية الّتي يمكن أن تساهم في تعزيز الأمان في الحيّز المروريّ.

الحالة الأولى: الصديقة هي السبب...*

ملخّص الحادث

وقع حادث الطرق الّذي أسفر عن وقوع قتيل وإصابة اثنين بحالة خطرة، في ساعة متأخِّرة من الليل بالقرب من بلدة بنيامينا. وقع الحادث حوالي الساعة الثانية بعد منتصف الليل في شارع ذي مسارين، مستقيم وسليم، وتتوفّر فيه الإضاءة ومجال الرؤية الجيّد. وقع الحادث عند مدخل منطقة بلدية لذا فالسرعة المسموحة هي 50 كم/ساعة. المركبة الّتي حاولت تجاوز المرْكَبة الّتي أمامها انحرفت عن مسارها، وقطعت المسار المعاكس، ثمّ نزلت إلى هامش الطريق واصطدمت بشجرة على جانب الشارع بقوّة كبيرة. قوات الإسعاف الّتي وصلت المكان عثرت على المحرّك على بُعد عدّة أمتار من المرْكَبة، كما وُجد هيكل السيّارة مهشّمًا وملتفًّا حول جذع الشجرة.

يجري الحديث عن ثلاث مركبات كانت تقلّ مجموعة من الأصدقاء كانوا قد خرجوا من ملهى ليلي في حيفا متّجهين لبيوتهم. في مقطع الشارع بين پرديس حنا وبنيامينا سافر الأصدقاء الثلاثة في قافلة. ساق عمر السيّارة الأولى، وحسام الثانية وجلال الثالثة. لم يتمّ الكشف عن آثار كحول لدى السائق وأصدقائه، كما أفاد الشباب بأنّ السائق لم يشرب في تلك الليلة.

إعادة تمثيل الحادث

من إعادة تمثيل الحادث يمكن أن نفهم أنّه وقع على هذا النحو:

المرحلة الأولى: اقتربت السيّارة المتورّطة بالحادث أكثر من اللازم من السيّارة الّتي حاولت تجاوزها، ثم انحرفت بحدّة نحو اليسار، وفقدت السيطرة وانعطفت بعكس اتّجاه الساعة.

المرحلة الثانية: سائق السيّارة حاول تصحيح مساره فوجّه المقود إلى اليمين بقوّة، ولكنّه انعطف يمينا بحدّة مع اتّجاه الساعة، ثم حاول مرة أخرى تصحيح نفسه، وانحرف بحدّة إلى اليسار. في غضون ذلك قطع المسار المعاكس، ونزل إلى هامش الطريق، وعندما انحرف بحدّة إلى اليسار اصطدم باب السيّارة الأيمن الخلفيّ بقوّة هائلة بالشجرة الّتي كانت على طرف الشارع.

المرحلة الثالثة: علِقت السيّارة بالشجرة وكان مركز ثقلها إلى يسار الشجرة، وبدأت تلفّ حول الشجرة في الاتّجاه المعاكس للاتّجاه السابق، أي إلى اليمين مع اتّجاه الساعة، حتّى توقّفت تمامًا في الجهة الثانية من الشجرة.

المرحلة الرابعة: طار محرّك السيّارة في الاتّجاه الّذي اصطدمت فيه السيّارة بالشجرة، وسقط على مسافة 11 مترًا من الشجرة.

المرحلة الخامسة: توقّفت السيّارة بعد دورانها حول الشجرة، طار السائق إلى المقاعد الخلفيّة، ومن هناك انتشلته قوات الإسعاف.

الشهادات

قال حسام، أحد السائقين الثلاثة، في إفادته:

"على طول الطريق كنت السائق الثانيّ في القافلة إلى أن تجاوزني جلال وأصبح هو الثاني بعد عمر. كنت أسوق بسرعة 60-70 كم/ساعة وقد تجاوزني بسرعة أعلى بكثير، حوالي 100 كم/ساعة. رأيته يقترب جدًّا من سيارة عمر..."

كافة تفاصيل الحوادث والأسماء الواردة فيها خيالية.

وقال سامر، أحد الركّاب في سيارة جلال، والّذي أُصيب بجراح بالغة في الحادث:

"جلست في المقعد الخلفيّ لسيّارة جلال. وكان جلال يسوق بسرعة، لا أذكر ماذا كانت سرعته. تجاوز جلال إحدى السيّارات (عرفت لاحقا أنّها كانت لحسام)، ثمّ رأيت جلال يلتصق جدًّا بالسيّارة الّتي كانت أمامه، وفجأة بدأ التجاوز بشكل حادّ، ويبدو أنّه فقد السيطرة، فحاول أن يصحّح مساره بقوّة إلى اليمين ثمّ بقوّة إلى اليسار حتّى اصطدمنا بشجرة. لا أذكر ماذا حدث بعدها... أستطيع فقط أن أقول لك إنّ جلال تخانق في الملهى مع صديقته الّتي لم ترغب في الركوب معه، فكان عصبيًّا ومسرِعًا نحوها..."

أسئلة للنقاش

1. كيف وقع الحادث؟
2. ما الّذي سبّب انحراف السيّارة عن مسارها؟
3. لماذا فقد السائق السيطرة على السيّارة؟
4. ماذا نتعلّم من آثار انزلاق الإطارات على الشارع؟
5. ماذا نتعلّم من المكان الّذي عُثر فيه على المحرّك؟
6. ماذا نتعلّم من حقيقة أنّ السيّارة دارت دورة كاملة تقريبا حول الشجرة الّتي اصطدمت بها؟
7. لماذا كانت نتائج الحادث خطيرة؟
8. ماذا نتعلّم من شهادات ركّاب السيّارة عن ملابسات الحادث؟
9. ما هي في رأيكم النتائج المهمّة الّتي يجب أن يستنتجها الركّاب الّذين بقوا على قيد الحياة؟

أسئلة للتفكير

1. كيف ساهم التصاق السائق بالسيّارة الّتي أمامه، في وقوع الحادث؟
2. كيف ساهم الانحراف السريع عن المسار والنزول إلى الهوامش، في وقوع الحادث؟
3. ما العلاقة بين الوضع العاطفيّ للسائق ووقوع الحادث؟
4. لماذا في رأيكم لم يتدخّل الركّاب ولم يعطوا السائق ملاحظات حول طريقة قيادته؟
5. هل يمكنكم تفسير العنوان الذي تم إعطاؤه لهذه الحالة؟ ما علاقة الأمر بالصديقة؟
6. كيف كان بالإمكان تجنّب وقوع الحادث؟

الحالة الثانية: السيّارة الحمراء

ملخّص الحادث

أوقفت السيّدة حنان سيّارتها على الرصيف. وعندما عادت إليها لاحظت أنّ سيّارتها قد سُحقت بين شاحنة وعمود كهربائيّ. اصطدمت الشاحنة بالسيّارة الواقفة بسرعة غير عالية بعد أن حاول سائقها تجنّب الاصطدام بأولاد ركضوا فجأة نحو الشارع.

الشهادات

شهادة السيّدة حنان صاحبة السيّارة الحمراء

"أوقفت سيارتي الحمراء في شارع هرتسل في حوالي الساعة 14:00، وذهبت للتسوّق في المتجر المجاور. عندما عدت في الساعة 15:45 لاحظت وجود شرطة في كلّ مكان، ورأيت أن الشارع قد أغلق أمام حركة السير. رأيت عن بعد شاحنة كانت كما يبدو متورّطة في حادثة ما. أوقفتني شرطيّة وسألتني من أنا وماذا أفعل في المكان. أجبتها أنيّ أوقفت سيّارتي في الشارع، فسألتني أيّ نوع سيّارتي. وعندما قلت لها إنّ سيّارتي حمراء أخذتني معها وأرتني مشهدا لن أنساه. كانت السيّارة مسحوقة بين شاحنة وعمود كهربائيّ كبير. أدركت سريعًا أنيّ لن أعود لاستخدام السيّارة أبدًا".

شهادة سائقة شاهدة عيان على الحادث

"شاهدت الحادث عندما كنت أُوقف سيّارتي. أثناء عودتي للوراء مرّت بي شاحنة. كان السائق، حسب رأيي، يسوق بسرعة عالية، أعلى من المسموح، وغير متناسبة مع ظروف السفر في هذا الشارع".

شهادة سائق الشاحنة

"كنت أسوق في شارع هرتسل، ولاحظت أولادًا مجتمعين على رصيف خلف طابور من السيّارات الواقفة على طول الشارع. لاحظت أيضًا سيّارة حمراء كانت واقفة بشكل بارز على بُعد نِصف متر من الرصيف، بالقرب من موقع تجمّع الأولاد. عندما بدأت أتجاوز بحذر السيّارة الواقفة، ركضت بنت بشكل مفاجئ باتّجاه المسار الّذي سافرت فيه. ولتجنّب الاصطدام بالبنت وجّهت المقود بقوّة، ولسوء الحظّ اصطدمت بالسيّارة الواقفة".

شهادة محقّق الشرطة

"شوهدت في موقع الحادث شاحنة وقد تعرّضت جبهتها الأماميّة إلى ضرر طفيف. أمّا السيّارة الحمراء فقد لحق ضرر كبير جدا بجبهتها الأماميّة وجانبها الخلفيّ. يبدو أنّ الضرر الّذي لحق بالجبهة الأماميّة كان بسبب الشاحنة، والضرّر في القسم الخلفيّ كان بسبب عمود الكهرباء. لم يتمّ العثور على آثار فرملة على الطريق (آثار سوداء تتركها إطارات السيّارة أثناء انزلاقها على الشارع عند القيام بفرملة طارئ). يدلّ عدم وجود آثار فرملة على أنّ سائق الشاحنة لم يحاول أبدًا أن يفرمل الشاحنة قبل اصطدامه بالسيّارة الحمراء. تبيّن من الفحص الأوّلي عدم وقوع إصابات في الحادث، وأنّه وقع بسبب اصطدام الشاحنة بالسيّارة الواقفة. قمنا على الفور بإغلاق الشارع أمام حركة السير واستدعينا قوّات إضافيّة من الشرطة.

"سرعة الشاحنة كانت كما ظهرت في عدّاد السرعة 40 كم/ساعة، ومن المرجّح الافتراض أنّ هذه كانت سرعتها أثناء وقوع الحادث. لحسن الحظّ كانت الشاحنة دون حمولة وبلغت كتلتها 2000 كيلوغرام فقط. لو كانت الشاحنة محمّلة بحمولة لكانت النتائج أشدّ خطورة".

أسئلة للنقاش

1. كيف فسّر السائق سبب إدارته للمقود بشكل فجائيّ؟
2. كيف حدّد الشرطيّ سرعة الشاحنة قبل الاصطدام بالسيّارة الحمراء؟
3. ما السبب الّذي جعل شاهدة العيان تستنتج أنّ الشاحنة كانت تتقدّم بسرعة أعلى من سرعتها الحقيقيّة؟
4. لماذا تضرّرت السيّارة الحمراء من الأمام والخلف؟ ما الّذي سبّب الضرر في كلّ جانب من جانبَي السيّارة؟
5. لماذا كان حجم الضرر متشابهًا في كِلا الجانبين؟ اشرحوا بواسطة الأفكار العلميّة الّتي تعلّمتموها.
6. كيف شرح الشرطيّ أنّ نتائج الحادث كانت من الممكن أن تكون أخطر؟ هل هو محقّ في تفسيره؟ اشرحوا لماذا.
7. لماذا لم يتمّ العثور على آثار فرملة على الطريق؟ اشرحوا ذلك.
8. هل هذا من نوع الحوادث الّذي لا متّهمين فيه؟

أسئلة للتفكير

1. ما هي مسؤوليّة السيّدة حنان عن وقوع الحادث؟
2. كيف كان بالإمكان تجنّب وقوع الحادث؟

الحالة الثالثة: حالة ياسمين

ملخّص الحادث

في يوم صيفيّ خرجت سائقة شابّة من بيتها لزيارة أصدقاء لها يسكنون في مكان غير بعيد عن بيتها. كانت السائقة مربوطة بحزام الأمان وسافرت على شارع وعر. فجأة فقدت السيطرة على السيّارة، نزلت إلى هامش الطريق، ثمّ عادت إلى الشارع واستمرّت في السفر حتّى الطرف الثانيّ من الشارع إلى أن اصطدمت بعمود كهرباء. نتيجة الاصطدام بالعمود التفّت السيّارة حوله وسُحقت تمامًا، أمّا السائقة فعلقت بداخلها. أصيبت السائقة إصابة بالغة، ولكنّها نجحت في الخروج من السيارة بقواها الذاتيّة ونُقلت إلى المستشفى. بعد عشرين يوما خرجت السائقة من المستشفى، وبعد حوالي ثلاثة أشهر استردّت عافيتها تمامًا.

الشهادات

شهادة السائقة

"في صيف ٢٠٠٨ سافرت على شارع وعر في طريقي لزيارة بعض الأصدقاء. فجأةً، ودون أيّ إنذار، وجدت سيّارتي وقد سُحقت وتهشّمت حول عمود كهرباء انتصب على طرف الشارع. أدّى الاصطدام بالعمود إلى التفاف السيارة حوله. بعد جهود كبيرة تمكّنتُ من تخليص نفسي من حُطام السيّارة. كان جسمي عالقًا بين عجلة المقود الّذي خرج من مكانه وضغط عليّ من الأمام وبين مسند الظهر المكسور للمقعد الّذي جلست عليه. ولأنيّ كنت محصورة بين المقود وبين مسند الرأس لم يصطدم رأسي بسقف السيّارة المتهشّم. انقلبت السيّارة على جانبها، باتّجاه الأعلى، وكان بإمكاني رؤية السماء من خلالها. بما تبقى لي من قوّة تلمّست طريقي بين الشظايا وخرجت من النافذة الخلفيّة. لاحقًا قال لي من شهد الحادثة أنّني لسبب ما فقدت السيطرة على السيّارة، فبدأت تتحرّك بحركات سريعة ذات اليمين وذات اليسار حتى اصطدمَت بعمود كهرباء والتفّت حوله. أعتقد أنّني للحظة نزلت إلى هامش الشارع الوعر الّذي سافرت عليه، لأنّني تجنّبت السفر على المطبّات، وعندها فقدت السيطرة على السيّارة".

شهادة المُنقذين

"عندما وصلنا إلى السيّارة المحطّمة وجدنا السائقة تحاول تخليص نفسها منها، وقد تحرَّرت من حزام الأمان، وكان مقعد السائق مائلا إلى الخلف. لحسن حظّها، كانت مربوطة بحزام الأمان، الأمر الّذي منع اصطدامها بالنافذة الأماميّة للسيّارة. بفضل حزام الأمان لم تُصَب بأذى من المقود ومن مسند الرأس اللّذيْن علقت بينهما".

شهادة الطبيب في غرفة الطوارئ

«وصلت ياسمين إلى المستشفى بعد إصابتها في حادث طرق. تمّ تشخيص كسور في ستة أضلاع، تحرُّك في فقرات العمود الفقريّ، جروح في الوجه، ثقوب في الرئات وكسر في الكاحل.

بعد عشرة أيّام من المكوث في المستشفى وعشرة أيّام استشفاء، غادرت ياسمين المستشفى إلى بيتها. مضت ثلاثة أشهر حتّى تعافت تمامًا واستعادت قواها".

أمامكم صور من الحادث:

أسئلة للنقاش

1. لماذا فقدت ياسمين السيطرة على سيّارتها؟
2. لماذا كانت نتائج الاصطدام، حسب رأيكم، بالغة الخطورة لهذا الحدّ؟
3. لماذا قال المنقذون أنّه من حسن حظّ ياسمين أنّ مسند الظهر كان مائلًا للخلف؟
4. كيف أنقذ حزام الأمان حياة ياسمين؟ فسّروا بواسطة الأفكار العلميّة الّتي تعلّمتموها.

أسئلة للتفكير

1. ما هي في رأيكم الاستنتاجات المهمّة الّتي على ياسمين استنتاجها من التجربة العصيبة الّتي مرّت بها؟
2. كيف كان بالإمكان تجنّب الحادث أو التخفيف من خطورة نتائجه؟

الحالة الرابعة: حادث مروّع في طريق العودة من إيلات

ملخّص الحادث

كان محسن سلامة وأفراد عائلته في طريق العودة إلى بيتهم من إجازة في إيلات. انتهت الإجازة بكارثة، فقد انقلبت السيّارة الّتي استقلّوها لسبب غير واضح على شارع 40، بين تلّ السبع ومفترق چورال. الأهل والأخوات الثلاث اللّواتي تبلغ أعمارهنّ شهرين، 6 أعوام وَ 13 عامًا، أصيبوا إصابات طفيفة ونقلوا بإسعاف نجمة داود الحمراء إلى مستشفى سوروكا في بئر السبع. أمّا الابن محسن، ابن التاسعة من العمر، فقد طار من السيّارة وارتطم رأسه بصخرة وقُتل على الفور. الأب الّذي ساق السيّارة، فَقَدَ السيطرة لسبب غير واضح، وانحرف عن الشارع حتّى اصطدم بصخرة منصوبة على طرف الشارع. تعرّضت السيّارة إلى ضرر كبير وطارت أجزاء كثيرة منها إلى مسافة عشرات الأمتار. حقائب سفر، عربة طفل، وأغراض شخصيّة أخرى للعائلة، كانت منتثرة في موقع الحادث.

الشهادات

شهادة محقق في الحوادث

"حسب التحقيق الأوّلي هناك عدّة تخمينات بالنسبة للسبب الّذي أدّى لانقلاب السيّارة. الشارع الّذي سافرت فيه السيّارة هو شارع جديد، ذو مسارين لكلّ اتّجاه، ومجال الرؤية فيه جيّد. حسب رأيي، الأب الّذي ساق السيّارة نام أو أنه التفت إلى الخلف حيث جلس الأولاد أو أنه انشغل بهاتفه الخليويّ، مما سبّب نزول السيّارة إلى حافة الطريق وقاد بالتالي إلى انقلابها.

"حسب تقديري، الولد الّذي لقي حتفه طار من السيّارة لأنّه لم يكن مربوطًا بحزام الأمان. حسب رأيي، أخواته أيضا لم يكنّ مربوطات بالحزام.

"من حقيقة أن أجزاء السيارة كانت مبعثرة على مساحة واسعة بعيدًا من موقع الحادث، يمكن الاستنتاج أنّه في لحظة الاصطدام كانت سرعة السيّارة عالية، ولم يحاول السائق أن يفرمل سيّارته على الإطلاق".

شهادة إحدى البنات

"جلسنا نحن الأربعة في المقعد الخلفيّ ولم نكن مربوطين بالحزام. وقف محسن بين المقعدين الأماميّين. كانت الطريق ممتعة، أكلنا وغنّينا، عربدنا ولعبنا فطلب أهلنا منا الهدوء والكفّ عن الضجيج. حاولت أختي أن تخطف مني الحلوى الّتي كنت آكلها، فتخانقنا. نظر أبي إلينا من خلال المرآة، وغضب منا وطلب أن نكفّ عن الخناق. في نفس اللحظة انقلبت السيّارة، وتدحرجنا بداخلها، ثم سمعت دويًّا قويًّا ولا أذكر ما حدث بعدها".

شهادة الطبيب في غرفة الطوارئ

"وصل إلى مستشفى سوروكا أب وأم وبناتهما الثلاث بعد إصابتهم في حادث طرق. عانت البنات من خدوش في أعقاب انقلاب سيّارة العائلة. خضعت البنات للعلاج في قسم الجراحة في المستشفى. أمّا الأب والأم فقد تعرّضا لإصابات طفيفة وغادرا المستشفى. أعلنت المستشفى وفاة الصبيّ محسن ابن التاسعة رحمه الله".

أسئلة للنقاش

1. ما المبدأ العلميّ الّذي تعتمد عليه حقيقة قذف الولد من السيّارة؟
2. ما الّذي سبّب وفاة الولد؟
3. ماذا يمكن أن نستنتج من تفكّك السيّارة إلى شظايا بسبب التصادم؟
4. لماذا أدّى هبوط السيّارة للهامش إلى فقدان السائق سيطرته على السيّارة؟
5. جاء في استنتاجات التحقيق في الحادث: "أنّ السبب الرئيسيّ للحادث هو عدم فهم أسباب الخطر، والسلوك بإهمال السياقة المتدنّية ومهاراتها". اشرحوا وعلّلوا استنتاجات المحقّقين.

أسئلة للتفكير

1. لو أُعطيت لكم الفرصة، ماذا كنت ستسألون الأب؟
2. حسب تخمين المحقّقين لم يكن أيٌّ من الأولاد مربوطا بحزام الأمان. ما الّذي، حسب رأيكم، يجعل الأهل يُهملون ربط أولادهم؟
3. كيف كان بالإمكان تجنّب وقوع الحادث أو التقليل من خطورة نتائجه؟

الحالة الخامسة: الحادث القاتل في شارع فرويد، حيفا

ملخّص الحادث

سافر بوعاز فربشتاين بسرعة 140 كم/ساعة في شارع السرعة القصوى المسموح بها فيه هي 70 كم/ساعة. كانت النتيجة مقتل الزوجين عنات ودورون راڤيه من حيفا. أدانت المحكمة المركزية السائق بالتسبب بالموت بدافع الإهمال، وحكمت عليه بتأدية خدمات جماهيريّة. ولكنّ، المحكمة العليا غيّرت القرار وأدانته بالقتل. في تفسير القرار كتبت القاضيات عن السائق أنّه: "اختار عن وعي أن يسافر بطريقة خطيرة".

وقع الحادث الّذي أسفر عن قتلى في 20 نيسان 1998. كان الزوجان عائدين إلى بيتهما الواقع في رمات إشكول بحيفا، بعد زيارة قاما بها إلى منطقة المركز. في نفس الساعة كان فربشتاين، الّذي كان حينها في الثامنة عشرة من العمر، يسوق سيّارة المرسيدس التابعة لوالده على منحدر الشارع من الكرمل باتّجاه البحر. انحرف الشاب من مساره وقطع الشارع إلى المسار المعاكس واصطدم بسيّارة عائلة راڤيه الّتي وصلت من الاتّجاه المعاكس. نتيجة الاصطدام قُتل دورون راڤيه وزوجته عنات الّتي جلست بجواره، وخلّفا وراءهما أربعة أولاد يتامى، إلعاد وكان حينها ابن 23 عاما، نوعمي (20 عاما)، والتوأمان شيرا وروعي (15 عاما). أصيب فربشتاين وراكبان آخران كانا معه بجروح.

دحضت المحكمة العليا ادّعاء الدفاع بأنّ خللاً في جهاز السيارة – تمزُّقًا في حزام المحرّك – هو الّذي أدّى إلى الحادث. وقضت المحكمة بأنّ فربشتاين ساق بإهمال وبشكل مخالف للقانون، وأنّ طريقة قيادته هي التي سبّبت فقدان السيطرة على السيّارة وقادت للاصطدام بسيّارة الزوجين راڤيه.

استنتاجات المحكمة

الشارع الذي وقع فيه الحادث.

شارع فرويد بحيفا هو شارع ملتوٍ، فيه منعطفات حادّة تستلزم إبطاء السرعة بشكل ملموس. السرعة القصوى المسموح بها في هذا الشارع هي 70 كم/ساعة. تمكّن الادّعاء خلال المحكمة من الإثبات أنّ فربشتاين ساق بسرعة مفرطة بلغت 140 كم/ساعة.

وقع الحادث بعد أن سافر فربشتاين في المسار الأيسر من بين مسارين، وحاول تجاوز السيّارة الّتي كانت أمامه في نفس المسار. عندما لم تنحرف السيّارة الّتي أمامه عن مسارها، تجاوزها فربشتاين من اليمين بسرعة عالية، مع أنّه كان على مقربة من منعطف. بعد ذلك وصل فربشتاين إلى منعطف آخر، خطير جدًّا، يتطلب اجتيازه إبطاء السرعة. حسب نتائج البحث في المحكمة المركزيّة، لم ينتقل فربشتاين لغيار واطئ ولم يبطئ سرعته كما تتطلّب ظروف الطريق، ففقد السيطرة على السيّارة. نتيجة ذلك وجد نفسه مقابل سفح الجبل على يمين الشارع، فوجّه السيّارة بحدّة إلى اليسار، واعتلى جزيرة المرور الّتي تفصل بين مساري الشارع، ثمّ انتقل للمسار المعاكس الذي شهد حركة سير إلى أعلى الكرمل، واصطدم بقوّة كبيرة بسيّارة عائلة راڤيه. في قرار الحكم كتبت القاضيات: "ساق المستأنف بطريقة متهوّرة وطائشة، وخاطَر بالتسبّب بنتائج قاتلة، حتى لو كان ذلك على أمل منه أنّه سيقدر على منع وقوعها". وأضافت القاضيات أن "المستأنِف اختار عن وعي أن يسوق بطريقة خطيرة في شارع ظروف السفر فيه صعبة وخطيرة على السائق وعلى غيره من مستخدمي الطريق الّذين قد يتعرّضون لإصابة بسبب القيادة المتهوّرة للبعض".

أسئلة للنقاش

1. كيف أثّر شكل الطريق (المنعطفات) على وقوع الحادث؟ اشرحوا.
2. هل أثّرت القيادة في منحدر على وقوع الحادث؟ اشرحوا بأيّة طريقة.
3. ما هو تأثير التجاوزات التي قام بها السائق على وقوع الحادث؟ لماذا تعتبر التجاوزات خطيرة تحديدًا في شارع كثير المنعطفات؟
4. اشرحوا العلاقة بين سرعة السفر ووقوع الحادث وخطورة نتائجه؟
5. من التمعّن في التقرير الصحافيّ، ما الّذي يدلّ على عدم تجربة السائق الشابّ وضعف مهاراته؟

أسئلة للتفكير

1. كيف كان على السائق القيادة في هذه الظروف؟ صوغوا العلاقة بين المتغيّرات الأربعة المذكورة ومدى مساهمة كلّ منها في التسبّب بالحادث ونتائجه.
2. فيما عدا عدم تجربة وضعف مهارات السائق، أيّة عوامل أخرى يمكنها أن تؤثّر على قيادة السائق؟
3. لماذا، حسب رأيكم، لم يتدخّل ركّاب السيّارة ولم يعطوا السائق ملاحظات حول أسلوب قيادته؟ هل كان بإمكان الركّاب، حسب رأيكم، منع وقوع الحادث؟

المبادئ الأساسيّة للسلوك الآمن

هناك علاقة مباشرة بين مبادئ السلوك الآمن الّتي تبلورت لدى مختصين في مجال المواصلات والأمان على الطرق في كل أنحاء العالم، وبين المبادئ العلميّة الّتي تعلّمتموها في هذه الوحدة التعليميّة، وهي نابعة منها. سنعدّد فيما يلي بعضها*:

1. **مبدأ الظهور للعِيان:** على كلّ المارّة أن يظهروا للعيان ويبرزوا أثناء تواجدهم في الطريق.
2. **مبدأ التعامل الشامل مع البيئة المروريّة:** على مستخدم الطريق فحص بيئته باستمرار وفهم وحذر، وملاحظة كلّ شيء يمكن أن يكون له تأثير على سلامته.
3. **مبدأ الاختلاف والتعدّدية:** على مستخدم الطريق معرفة محدوديّات مستخدمي الطريق الآخرين، والفهم أنّه ليس هناك توافق في وجهات النظر بين الجميع.
4. **مبدأ الشكّ وعدم اليقين:** على مستخدم الطريق التشكيك في أعمال مستخدمي الطريق الآخرين، وعدم الاتّكال على الوسائل التكنولوجيّة للسيّارة أو على سلوك إنسان آخر.
5. **مبدأ المحيط الآمن (الفجوة):** على المارّة الحفاظ على شريط أمان يمنحهم مقدّمات أمان مثل المسافة، الوقت، السرعة والعلاقة بالسرعة.

مبدأ الظهور للعيان

أحد المبادئ الجوهريّة في السلوك الآمن هو ضرورة الظهور للعيون والبروز. يتمتّع كلّ "لاعب" في الحيّز المروريّ – سواء كان سائقًا، راكبًا أو عابر طريق – بأفضليّة في هذه الحالة عندما يكون ظاهرًا لعيان "اللاعبين" الآخرين من على بُعد وفي وقت مبكّر قدر الإمكان. معظم الحوادث متّصلة بعنصر المفاجأة. وقوع حدث فجائيّ غير متوقّع لا يتيح اتخاذ الخطوات اللازمة في الوقت المناسب لمنع الحادث، وذلك بسبب قصر زمن ردّ فعل وعدم كفاية المسافة. وعليه، الظهور للعيان مهمّ جدا للسائق وللمشاة لمنع الحوادث.

كلّما كنتَ ظاهرًا للعيان بشكل أفضل وفهم الآخرون نواياك بالنسبة لاتجاهات سفرك، أو إبطاء سيارتك وفرملتها، يكون بمقدور مستخدمي الطريق الآخرين تقدير وتحديد أسلوب تصرّفهم تجاهك، سواء البحث عن ملاجئ، الكبح أو إخلاء المسلك لتجنّب الاصطدام بك.

بعكس سلوك بعض الحيوانات التي تتعمّد التخفّي كوسيلة للتمويه، مثل السحالي أو الأرانب الّتي تختبئ بين الأعشاب كي لا تنكشف فيتمّ افتراسها، على مستخدمي الطريق إظهار أنفسهم بواسطة الضوء واللون والصوت، لأنّ الخطر يأتي بالأساس ممن لا يراك ولا تراه؛ قد يكون ذلك سيّارة مستترة وراء منعطف، ولد مختبئ بين سيّارتين واقفتين أو درّاجة ناريّة تظهر فجأة من خلف شاحنة.

الظهور للعيان يمكن أن يكون من خلال الأضواء والإشارة بالغمّاز، في تمايز الألوان، أو الأحجام، في رداء ملوّن أو فاتح أو مشعّ في ساعات الظلام.

مبدأ التعامل الشامل مع البيئة المروريّة

على مستخدم الطريق فحص كلّ شيء يمكن أن يؤثّر على سلامته في الطريق، ولهذا الهدف عليه فحص بيئته باستمرار وفهم وحذر.

معنى هذا المبدأ هو أن يتصرّف كلّ شخص بوعي ومسؤوليّة أثناء استخدامه للطريق. عليه فحص بيئته كلّها والتعامل بحذر مع كل حدث مروريّ سواء ما يظهر أمامه أو ما يمكن أن يحدث في البيئة غير المكشوفة أمامه، بدءًا بأن يلاحظ في الوقت المناسب إشارات المرور والإشارات الضوئيّة الّتي توجّه مستخدمي الطريق، وانتهاءً بالأحداث اليوميّة المتوقّعة والّتي تعطينا قوانين السير تعليمات بشأنها أيضا.

مثلاً: على سائق سيّارة في شارع بلديّ تقف على جانبيه سيّارات أن يأخذ في حسبانه أنّ السيارة الواقفة في المكان هي دليل على وجود

* حسب الدكتور دان موكفاس، التربية للأمان على الطرق، مرشد لمعلمي الصفوف التاسعة-العاشرة، قسم الحذر والأمان على الطرق (زهاف)، وزارة التربية والتعليم)

ناس في المكان، منهم أولاد قامتهم أقصر من السيّارة، وبالتالي يترتّب على السائق أن يبطئ سرعته بشكل يتيح له فرملة سيّارته وإيقافها بعد مسافة قصيرة.

على السائق أن يبطئ سرعته، وإذا استدعت الضرورة عليه إيقاف سيارته في حالة وجود خطر على مستخدمي الطريق أو الممتلكات، بما فيها سيّارته هو، وخاصّة في الحالات التالية:

في المناطق المأهولة بالسكّان وفي مقاطع الطريق الّتي بُنيت على جانبيها بيوت وتشهد حركة مشاة، في الطرق غير الخالية حيث يكون مجال الرؤية محدودا لسبب ما، أثناء دخول وعبور المنعطفات الحادّة، بالقرب من تجمّعات أولاد أو تجمّعات بشريّة مختلفة، وكذلك لدى اقترابه من ممرّ مشاة أو حافلة واقفة عند محطّة وأثناء عبوره بجانبها.

على مستخدمي الطريق التعامل بفاعليّة مع كلّ ما يستوعبونه من فحصهم المستمرّ للبيئة المحيطة، واختيار السلوك الملائم لتجنّب وقوع حالة طوارئ أو حادث طرق.

مبدأ الاختلاف والتعدّدية

لكلّ واحد من مستخدمي الطريق قدرات مختلفة ومحدوديّات خاصّة به، كما أنّ مجالات رؤيتهم مختلفة. نقطة ارتفاع رؤية سائق حافلة ومجالُه: مثلًا، مختلفان عن نقطة ارتفاع رؤية راكب دراجة ناريّة ومجالُه. الحدود الّتي تحدّد مجال رؤية مستخدمي الطريق مختلفة، كما أنّ المهمّات الّتي يقومون بها تشغلهم وتستحوذ على درجة انتباههم بطرق مختلفة. الشاحنة المحمّلة أبطأ من المركبة الخفيفة، وخاصة عند الانطلاق، كما أنّها تؤدّي لإبطاء حركة السير. الحافلة معدّة لنقل عشرات الركّاب ولهؤلاء أولويّة في الطريق على مَرْكَبة تُقلّ في أحيان كثيرة السائق وحده. من جهة، لا يمكن للمشاة وركّاب الدرّاجات الهوائيّة منافسة سيّارة لأنّها تتقدّم بسرعة أعلى من سرعتهم، ومن جهة أخرى، لا يستطيع سائق سيّارة أن يغيّر اتّجاه حركته فورًا أو أن يفرملها دفعةً واحدةً كما يفعل المشاة. راكب الدرّاجة الهوائيّة يتقدّم أسرع من المشاة، ولكنّه أقلّ استقرارًا ويحتاج إلى متّسع حركيّ عندما يسوق بسرعة بطيئة. أحد أهم مبادئ السلوك الآمن هو القدرة على فهم محدوديّات مستخدم الطريق الآخر، والتذكّر أنه ليس للجميع بالضرورة نفس وجهة النظر في "ملعب" الحيّز المروريّ. قدرة الولد على فهم محدوديّات الآخر متعلّقة بسنّه. من الواجب التذكّر أنّ الأولاد الصغار (دون سنّ العاشرة) غير قادرين بعد على تخمين ردود فعل السائق الّذي يتقدّم نحوهم.

مبدأ الشكّ وعدم اليقين

يترتّب على مستخدم الطريق أن يشكّك في أعمال مستخدمي الطرق الآخرين ونواياهم، إلى أن يتأكّد أنّهم لا يشكّلون عليه أيّ خطر. عليه مثلًا أن يخمّن أنّ سائق السيّارة القادم من الاتّجاه المعاكس قد يكون إمّا سائقًا مجرّبًا ومتّزنًا في قيادته، أو سائقًا جديدًا حصل على رخصة القيادة، أو شخصًا لا يدرك كيفيّة تشغيل المرْكَبة، أو أنّه غير مركّز تماما في القيادة بسبب التعب أو الاستعجال.

يتطرّق مبدأ عدم اليقين إلى الأعمال غير الموفّقة الّتي يقوم بها مستخدمو الطرق المختلفون. مثلا، على المشاة أن يتساءلوا إذا كان السائق قد رآهم وفهم نواياهم.

من شأن الأدوات الذهنيّة الّتي يتمتّع بها الإنسان – القدرة على الفهم، التفكير والتقدير – أن تساعده على تجنّب المخاطر النابعة من الاتّكال المفرط على سلامة النظام التقنيّ.

مثلًا: عندما تتحوّل الإشارة الضوئيّة إلى اللون الأخضر للسيّارات واللون الأحمر للمشاة، على السائقين أن يفحصوا جيّدًا ممرّ المشاة والبيئة المحيطة به، وإذا لزم الأمر عليهم إبطاء سرعتهم أو حتّى التوقّف، خشية أن يكون هناك عابر طريق يخاطر ويعبر الشارع بضوء أحمر. بإمكان سائقي سيّارات وراكبي مَرْكَبات ذات عَجَلَين أن يعبروا هم أيضا بضوء أحمر بسبب عدم الانتباه أو العجلة أو خلل في الإشارة الضوئيّة.

مثال آخر نجده في البند 47(د) في أنظمة المرور: يُمنع سائق مركبة من تجاوز مركبة أخرى إلّا إذا كانت الطريق خالية لمسافة كافية تمكّنه من التجاوز ومواصلة سفره بأمان ودون إزعاج أو تشكيل خطر على مركبة أخرى، ودون التسبّب بإزعاج إضافيّ لحركة السير من أيّ اتّجاه.

مبدأ المحيط الآمن (الفجوة)

لا يمكن للجسم المتحرّك أن يتوقّف في مكانه دفعةً واحدة. زمن ردّ فعل الإنسان الّذي يؤثّر جسمًا معيّنًا، وقوّة الاستمراريّة الّتي تؤثّر عليه، يؤدّيان إلى استمرار الجسم في حركته ضدّ رغبة المشغّل – سواء السائق، الراكب أو المشاة. من هنا، يتحتّم على كل مستخدمي الطرق الحفاظ على المحيط الآمن.

يتطرّق المحيط الآمن إلى أحداث السير ومنظومة ردود الفعل وسلوكيّات الإنسان، ويجب أن يشتمل على حيّز – فجوة – من المكان والزمن والسرعة. تتيح الفجوة والمحيط الآمن مجالا لامتصاص الخطأ البشريّ أو أيّ خلل فنيّ أو ميكانيكيّ آخر. مجال امتصاص الخطأ يمكن أن يتجلّى في حيّز المسافة بين المركبات، أو بين المركبات والمشاة، أثناء الانتظار أمام إشارة المرور قِف، وفي فارق الزمن والسرعة قبل الاندماج في حركة السير في مستهلّ القيادة، وبعد انعطاف بطيء وما شابه. حدود المحيط الآمن غير ثابتة، بل متعلّقة بالسرعة وظروف الطريق، ومن الممكن أن تكون كبيرة جدًّا في الحالات الخطرة. مثلا، المحيط الآمن (من ناحية المسافة والزمن والسرعة) في شارع رطب (وأملس) يجب أن يكون أكبر منه في شارع جافّ.

يسري هذا المبدأ أيضا في حالة الطقس الرديء، الرؤية السيّئة، التعب، قيادة مركبة ثقيلة وما شابه. على المشاة أيضا التقيّد بأمن محيطيّ أكبر في الظروف الصعبة، بما في ذلك حالة الطقس السيّئة أو السرعة العالية للمرْكَبات على الشارع.

المحيط الآمن مهمٌّ من الأمام، إذا قام السائق الّذي أمامك بفرملة مَرْكَبته بقوّة لسبب ما، أو إذا سقط غرض ما من الجزء الأماميّ من السيّارة وإلخ؛ ومهمٌّ من الخلف لتجنّب التعرّض لإصابة من المرْكَبة الّتي خلفك؛ ومن الجوانب إذا كنت تستعد للدخول إلى المحيط الآمن التابع لسيّارة أو لعابر طريق إلى جانبك.

مثال على ذلك: ينصّ البند 49(أ) من أنظمة المرور على أنّه: ممنوع قيادة مركبة خلف مركبة أخرى إلّا من خلال الحفاظ على فُسحة أو مجال يمكّنك من التوقّف في كلّ لحظة وتجنّب وقوع حادث، مع الأخذ بالاعتبار سرعة سفر كِلا المركبتين، ظروف الطريق والحركة ومجال الرؤية.

قوانين الطريق

حتّى الآن تعرّفنا على المبادئ العلميّة الّتي تفسّر الأمور الّتي تقع في الحيّز المروريّ ومبادئ السلوك الآمن على الطريق، والتي بلورها خبراء في مجال الأمن على الطرقات. ولكن كل هذا غير كاف لضمان أمن مستخدمي الطريق المختلفين وسلامتهم، سواء المشاة، ركّاب الدرّاجات الهوائيّة، السائقين والركّاب. يجب تنظيم السلوك في الطرق وصياغة "لغة موحّدة". لهذا الغرض وُضعت قوانين السير وأنظمة المرور المشتقّة من المبادئ الّتي تناولناها – المبادئ العلميّة ومبادئ السلوك الآمن على الطريق. بكلمات أخرى، تُرجمت نفس المبادئ إلى قوانين وأنظمة مُلزِمة. أحيانا قد تبدو لنا هذه القوانين عشوائيّة، أو أنّها قد تثقل وتقيّد حركة الفرد بلا داعٍ، ولكن فقط بعد أن نشخّص العلاقة بين هذه القوانين وبين المبادئ الّتي تعلّمناها، سنفهم أنّها تهدف إلى ضمان أمننا وسلامتنا.

المنطق وراء القانون – مهمّة للطلّاب

أمامكم عدّة بنود من أنظمة المرور مأخوذة عن كتاب أنظمة المرور. حلّلوا مضمون كلّ قانون أو أمر، والعلاقة بينها وبين مبادئ السلوك الآمن.

- أيّة مبادئ أمان تتجلّى في كلّ واحدة من هذه القوانين أو الأوامر.
- انسبوا لكلّ قانون أو أمر المبادئ الملائمة، وأشيروا ب X في العمود الملائم. قد تكون هناك عدّة مبادئ ملائمة لنفس القانون أو الأمر.

القانون أو الأمر		مبدأ الظهور للعيان	مبدأ التعامل الشامل مع البيئة المروريّة	مبدأ الاختلاف والتعدّديّة	مبدأ الشك وعدم اليقين	مبدأ المحيط الآمن (الفجوة)
واجب عابر الطريق	على كلّ عابر طريق التصرّف بحذر وبشكل: – لا ينتهك حقّ إنسان آخر في استخدام نفس الطريق بشكل تامّ. – لا يسبّب الضرر لإنسان أو ممتلكات، ولا يؤدّي لضرر أو إزعاج لحركة السير أو تأخيرها. – يهدّد بالخطر حياة إنسان. تُمنع القيادة بشكل متهوّر أو بدون حذر، أو دون الانتباه الكافي وأخذ كلّ الظروف بالحسبان، بما في ذلك المركبة، حمولتها، طريقة عمل الفرامل ووضعها، إمكانية التوقّف المريح والآمن وملاحظة إشارات المرور، إشارات الشرطة، حركة المشاة، وكلّ جسم موجود في الطريق أو بمحاذاتها وحالة الطريق.					
السرعة المعقولة	لا يُسمح لأي سائق بقيادة مركبة إلا بسرعة معقولة، ومع الأخذ بالحسبان كلّ ظروف الطريق وشروطها وحركة السير فيها، على نحو يضمن له السيطرة التامّة على المرْكَبة.					

القانون أو الأمر		مبدأ الظهور للعيان	مبدأ التعامل مع الشامل مع البيئة المروريّة	مبدأ الاختلاف والتعدّديّة	مبدأ الشك وعدم اليقين	مبدأ المحيط الآمن (الفجوة)
الإبطاء	على السائق إبطاء مَرْكَبته، وإذا لزم الأمر إيقافها، في كلّ حالة يمكن أن تشكّل خطرًا على مستخدمي الطريق أو الممتلكات، بما فيها مركبته هو، وخاصّة في الحالات التالية: – في مناطق مأهولة وفي مقطع طرق توجد على جانبيه مبانٍ وحركة مشاة. – عندما يكون مجال الرؤية في الطريق محدودا لسبب ما. – بالقرب من تجمّع أولاد أو تجمهر ناس. – لدى الاقتراب من ممرّ للمشاة. – لدى الاقتراب من قمّة أو مكان يكون فيه مجال الرؤية محدودا. – لدى الاقتراب من حافلة تقف في محطة، أو أثناء العبور بجانبها.					
لا تنعطف إلا بشكل آمن	يُمنع سائق المركبة من الانعطاف يمينا أو يسارا خلال سفره، أو عندما يبدأ سفره، كما يُمنع انحرافه عن مسلك سفره، إلّا بسرعة معقولة، وبشكل يتيح له الانعطاف بشكل آمن ودون إزعاج حركة السير ودون تشكيل خطر على حياة إنسان أو على أيّة ممتلكات.					
واجب التأشير بالغمّاز وطريقة التأشير	سائق المرْكَبة الّذي يقوم بأحد هذه الأمور: – يستعدّ للتحرك أو لتوجيه مركبته – يستعدّ للانحراف عن مساره – يوقف مركبته عليه التأشير بالغمّاز في الوقت والمسافة الكافيين لإنذار مستخدمي الطريق الآخرين، وبشكل يضمن رؤيتهم للإشارة، إلّا إذا كان هناك سبب معقول منعه من التأشير.					
التجاوز	يُمنع سائق المركبة من تجاوز مركبة أخرى، إلّا إذا كانت الطريق خالية وعلى بعد كافٍ يمكّنه من التجاوز ومواصلة سفره بأمان ودون إزعاج ودون تشكيل خطر على مركبة أخرى، ودون التسبّب بأيّ إزعاج آخر لحركة السير من أي اتّجاه. يُمنع سائق المركبة من التجاوز، أو محاولة التجاوز أو الانعطاف بمركبته لليسار أو اليمين بهدف التجاوز في الحالات التالية: – إذا كان مجال الرؤية معدومًا أو محدودا – إذا كان بعد إشارة المرور أ-30 قبل الالتقاء بسكّة حديديّة، وإلى ما بعد الالتقاء بالسكّة الحديديّة – إذا اقترب من ممرّ مشاة مُشار له بعلامة على الشارع أو من إشارة مرور تشير إلى مكان لعبور المشاة، وإلى ما بعد تجاوز ممرّ المشاة.					

القانون أو الأمر		مبدأ الظهور للعيان	مبدأ التعامل الشامل مع البيئة المروريّة	مبدأ الاختلاف والتعدّديّة	مبدأ الشك وعدم اليقين	مبدأ المحيط الآمن (الفجوة)
المرْكَبة الّتي يتمّ تجاوزها	على السائق الّذي يتمّ تجاوز مركبته الاقتراب قدر المستطاع من حافة الشارع، لتمكين المركبة المتجاوِزة من تجاوزه بأمان، وعدم زيادة سرعته إلى أن تنتهي المركبة من عبورها بجانبه.					
ركوب المركبة والنزول منها	يُمنع ركوب مركبة أو النزول منها لأيّ شخص ما عدا السائق، وعلى السائق أو المسؤول عن المركبة منع ركوب المركبة أو النزول منها، إلاّ عندما تكون المركبة واقفة: - من الجهة اليسرى للمركبة عندما تكون واقفة على يمين الشارع. - من الجهة اليسرى للمركبة عندما تكون واقفة بشكل قانونيّ على يسار الشارع. ولكن، يُسمح للراكب بجانب السائق الخروج من الجهة اليمنى للمركبة بحذر. - في المكان المعدّ للركوب والنزول، إذا كان في المركبة مكان كهذا.					
واجب ربط حزام الأمان	ممنوع القيادة والركوب في مركبة إلّا إذا كان السائق والركّاب مربوطين بحزام الأمان أو مربوطين بجهاز رادع، كما هو مبيّن في القاعدة 83أ ذات الصلة.					
السير في الشارع	على عابر الطريق السير بموازاة حافة الشارع، إلى اليسار بينما يكون وجهه مقابل حركة السير القادمة باتّجاهه. عندما تسير مجموعة من الناس في وقت يتطلّب إضاءة، في شارع غير مُضاء، يكون على السائرَين الأول والأخير في المجموعة حمل مصباح أو جهاز ضوئيّ مشعّ، يكون ظاهرًا لعيان سائقي المرْكَبات من مسافة معقولة. تقع مسؤوليّة تطبيق هذه القاعدة على منظّم مسيرة المجموعة وأيضا على المسؤول عن المجموعة أثناء مسيرتها.					
عبور الشارع	يُمنع عبور الشارع إلاّ بعد فحص وضع حركة السير فيه والتأكّد من إمكانيّة العبور بأمان. إذا كان على مقربة من المكان ممرّ مشاة، نفق أو جسر مخصّص لعبور المشاة، يُمنع العبور إلاّ من خلالها. إذا لم يكن على مقربة من المكان ممرّ مشاة، نفق أو جسر كما بيّنا أعلاه، ولكن كان على مقربة من المكان مفترق طرق، فعلى عابر الطريق العبور على مقربة من المفترق. في كلّ الأحوال على عابر الطريق أن يعبر الشارع بسرعة معقولة وبخطّ مستقيم هو الأقصر بين طرفيِ الشارع، وألّا يتأخر أثناء عبوره الشارع بلا داعٍ.					
ممنوع استخدام السمّاعات في الطريق	تُمنع قيادة مركبة أو المشي في الطريق من شخص يضع على أذنيه سمّاعات موصولة بجهاز يصدر أصواتا وأنغاما، ما عدا السمّاعات الموصولة بجهاز طبيّ للسمع.					

القانون أو الأمر		مبدأ الظهور للعيان	مبدأ التعامل مع الشامل مع البيئة المروريّة	مبدأ الاختلاف والتعدّديّة	مبدأ الشك وعدم اليقين	مبدأ المحيط الآمن (الفجوة)
واجب الحفاظ على سلامة جهاز الإضاءة في المرْكَبة	يُمنع استعمال المرْكَبة إلاّ إذا كان جهاز الإضاءة فيها سليمًا ويعمل كما يجب.					
خفض الإضاءة	على سائق مرْكَبة ميكانيكيّة يستخدم أضواء سيّارته لإنارة الطريق، أن يخفض الإضاءة في الحالات التالية: – إذا سافر باتّجاه مركبة أخرى في نفس الطريق حتّى تمرّ به المركبة، أو عندما يسافر باتّجاه مركبة أخرى في شارع قريب ويمكنه أن يبهر سائقا آخر. – يكون عليه الوقوف – يسافر خلف مركبة وحزمة ضوء الطريق من مركبته تضيء الجزء الخلفيّ من المرْكَبة الّتي تسافر أمامه، ولكن يسمح له التأشير بالغمّاز لإنذار سائق المرْكَبة الّتي أمامه ليعْلِمه بنيّته تجاوزه أو عبوره، والمهمّ عدم التأشير على هذا النحو إذا كان هناك احتمال أن يبهر سائق مركبة أخرى تتقدّم باتّجاهه.					
أماكن يُمنع الوقوف فيها	يُمنع إيقاف مركبة أو تركها واقفة، كلّها أو جزء منها، في أحد الأماكن التالية، إلّا لغرض منع وقوع حادث أو إطاعةً لإحدى أنظمة المرور أو إشارات المرور. هذه الأماكن هي: – إلى يسار الشارع، إلّا إذا كان الشارع أحاديّ المسار، أو بعكس اتّجاه الحركة. فيما يتعلّق بهذا الأمر الفرعي، لا يعتبر الشارع الّذي يكون مقسّما بواسطة مساحة فاصلة، شارعا أحادي المسار. على الرصيف، ما عدا الأماكن المخصّصة لإيقاف مركبة حسب الأنظمة البلديّة الّتي وُضعت وفق البند 77 في الأمر، بشرط أنّه تمّ الإبقاء على ممرّ للمشاة. – بدل الدخول إلى منطقة مخصّصة للمرْكَبات، ما عدا ركوب الركّاب أو إنزالهم. – داخل ممرّ مشاة، أو ضمن حدود 12 مترًا منه.					

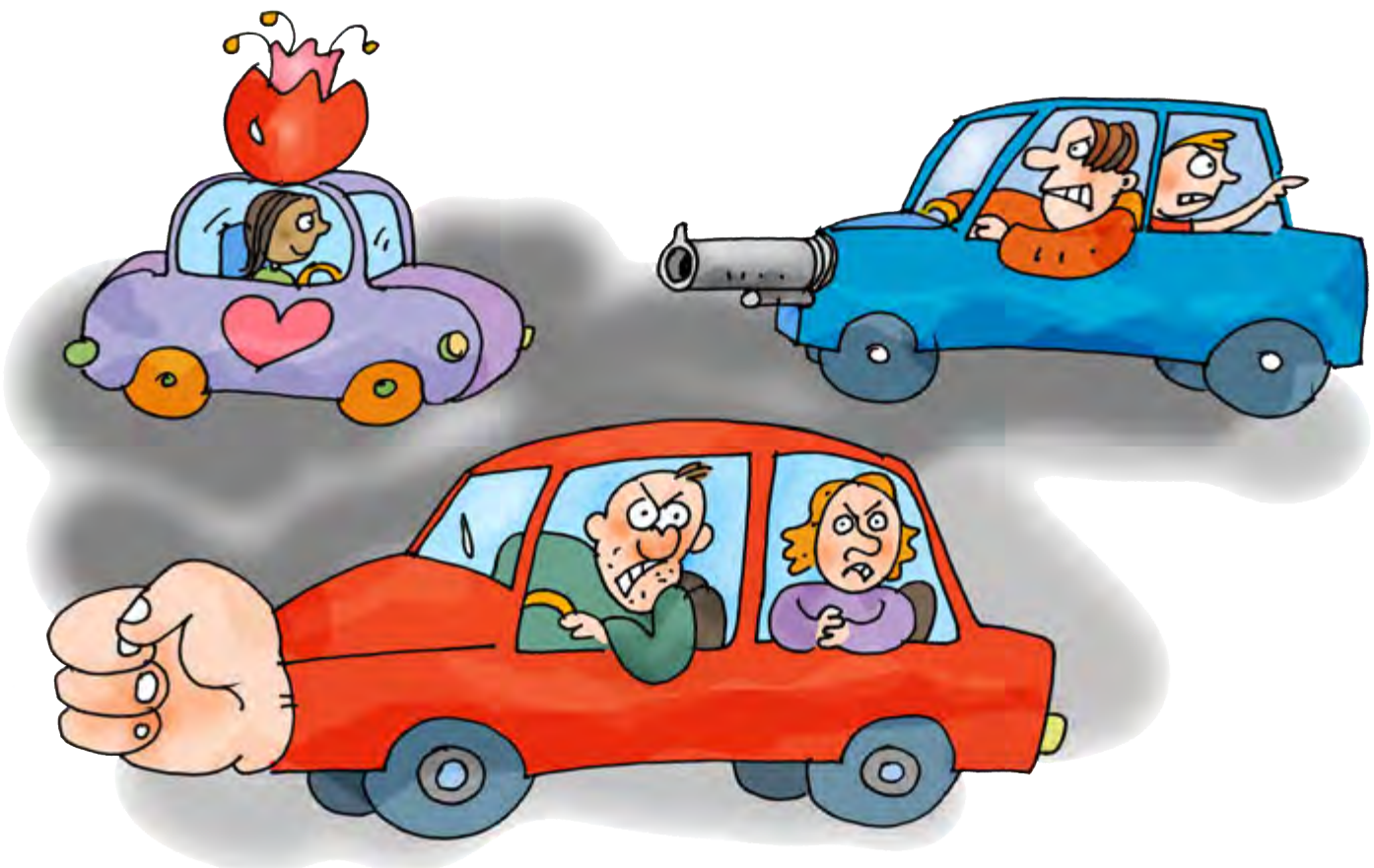
القانون أو الأمر		مبدأ الظهور للعيان	مبدأ التعامل الشامل مع البيئة المروريّة	مبدأ الاختلاف والتعدّديّة	مبدأ الشك وعدم اليقين	مبدأ المحيط الآمن (الفجوة)
أماكن يُمنع الوقوف فيها	يُمنع إيقاف مركبة أو تركها واقفة، كلّها أو جزء منها، في أحد الأماكن التالية، إلّا لغرض منع وقوع حادث أو إطاعةً لإحدى أنظمة المرور أو إشارات المرور. هذه الأماكن هي: - إلى يسار الشارع، إلّا إذا كان الشارع أحاديّ المسار، أو بعكس اتّجاه الحركة. - فيما يتعلّق بهذا الأمر الفرعيّ، لا يعتبر الشارع الّذي يكون مقسّما بواسطة مساحة فاصلة، شارعا أحاديّ المسار. - على الرصيف، ما عدا الأماكن المخصّصة لإيقاف مركبة حسب الأنظمة البلديّة الّتي وُضعت وفق البند 77 في الأمر، بشرط أنّه تمّ الإبقاء على ممرّ للمشاة. - بدل الدخول إلى منطقة مخصّصة للمرْكَبات، ما عدا ركوب الركّاب أو إنزالهم. - داخل ممرّ مشاة، أو ضمن حدود 12 مترًا منه.					
الحفاظ على مسافة بين الدرّاجة الهوائيّة والمرْكَبة الأخرى	على راكب الدرّاجة الهوائيّة الحفاظ على مسافة بينه وبين المرْكَبة الّتي أمامه، كي يتسنّى له التوقّف فورًا ودون احتمال وقوع حادث، إذا توقّفت المرْكَبة الّتي أمامه أو أعطت إشارة بنيّتها التوقّف.					
السفر على يمين الشارع	على راكب الدرّاجة الهوائيّة الاقتراب قدر الإمكان من الحافة اليمنى للشارع، واتّباع الحذر، خاصّة لدى مروره بمرْكَبة واقفة أو أثناء تجاوزه لمركبة تتقدّم في نفس الاتّجاه.					
ركوب دراجة هوائيّة في أماكن معيّنة	يُمنع ركوب الدرّاجة الهوائيّة على الرصيف أو على قسم من الشارع معدّ للمشاة فقط. ولكن، يُسمح لعابر الطريق أن يركب درّاجة هوائيّة على الرصيف إذا لم يكن في ذلك إزعاج للمشاة. في حال توفّر سبيل خاصّ للدرّاجات الهوائيّة وأُشير لذلك بإشارة مرور ملائمة، يُمنع حينها ركوب الدرّاجة في قسم آخر من الشارع فيما عدا ذلك السبيل.					
الحفاظ على مسافة بين المرْكَبات	تُمنع قيادة مركبة خلف مركبة أخرى إلاّ على أساس الحفاظ على مسافة تتيح إيقاف المركبة في كلّ لحظة وتجنّب وقوع حادث، مع الأخذ في الاعتبار سرعة المركبتين وحالة الطريق وظروف الرؤية والحركة فيها. دون التقليل من أهمّيّة ما جاء في الأمر الفرعيّ (أ)، يُمنع سفر مركبة خلف أخرى في نفس المسار، إلاّ إذا تمّ الحفاظ على مسافة زمنيّة مدّتها ثانية واحدة على الأقلّ تتيح لها قطع المسافة الفاصلة بين المركبتين بنفس السرعة.					

القانون أو الأمر		مبدأ الظهور للعيان	مبدأ التعامل مع الشامل مع البيئة المروريّة	مبدأ الاختلاف والتعدّديّة	مبدأ الشك وعدم اليقين	مبدأ المحيط الآمن (الفجوة)
المرْكَبة الّتي تدخل أو تقترب من مفترق أو من طريق	إذا لم يتمّ وضع إشارة مرور لإعطاء حقّ الأولوية في المفترق أو التوقّف قبل المفترق في اتّجاه سفر سائق المرْكَبة، تسري التعليمات التالية: إذا اقتربت من المفترق عدّة مَرْكَبات من جهات مختلفة، على سائق المرْكَبة أن يعطي حقّ الأولوية للمرْكَبات القادمة من اليمين. على السائق الخارج من طريق ترابيّة وينوي دخول طريق معبّدة أو عبورها، أن يعطي حقّ الأولوية للمرْكَبة المتقدِّمة في الشارع المعبّد. على السائق الخارج من ساحة، أو من معبر يؤدّي لبيت، من محطّة وقود، من محطّة خدمة، من موقف سيّارات وما شابه ذلك، أو منّ كل مكان آخر ليس طريقًا، وينوي دخول طريق أو عبورها: عليه إبطاء سرعته والتوقّف عند اللزوم، لتمكين المشاة من العبور بأمان، قبل أن يعتلي الرصيف أو حافّة الطريق. عليه الإبطاء وإعطاء حقّ الأولوية للمرْكَبات المتقدِّمة في نفس الشارع قبل دخوله.					

خاتمة...

القيادة هي تعبير من تعبيرات السلوك. يسوق الإنسان في الشارع بنفس الشكل الّذي يتصرّف به في حياته الشخصيّة. تؤدّي القيادة في الشوارع أحيانًا إلى زيادة حدّة ردود الفعل العاطفيّة والسلوكيّة لدى السائق، لدرجة فقدان التفكير المتّزن، وتكون النتيجة حوادث طرق كثيرة يتحمّل مسؤوليّتها العامل البشريّ. ولكنّ العامل البشريّ يتحمّل أيضًا المسؤوليّة عن القيادة الآمنة، فهو الّذي يجنّد القدرة الذهنيّة ويوجّه نفسه في الحيّز المروريّ. إنّه مزوّد بشحنة كبيرة جدًّا من المعرفة والفهم اللّازمين له، وبإمكانه تجنّب الأخطاء وتفادي أخطاء الآخرين.

الإدراكات المتعلّقة بالأمان الّتي اكتسبها من يسوق بشكل آمن، مؤسّسة على المبادئ والأفكار العلميّة الّتي تعلّمتموها في هذه الوحدة التعليميّة. كلّ من يعرف مصيبة حوادث الطرق ويدرك إمكانيّة منعها، من الجدير به أن يتعلّم مبادئ الأمان هذه والأفكار العلميّة الّتي تعتمد عليها. كذلك يتوجّب على الأهل، السائقين، الباحثين والقضاة معرفة ما تعلّمتم أنتم، حتى يكون هناك تجمّع واسع من الأشخاص الواعين والملتزمين بموضوع الأمان على الطرق.



المراجع

Ellis, J. W. (2004). Understanding bodily Injuries due to motor vehicle collision. The University of Oklahoma.

Monash University Australia (Accident Research Centre). (2004). What happens to your body In a crash?

Nordhoff, L. S. (2005). Motor vehicle collisions injuries, diagnosis and management, Jones and Bartlett publishers California.

Young, H. D. (2004). University physics, Cars in collisions. Addison wesley publication company.

Tao, P. K. (1989) , The physics of traffic accidents investigation. Oxford University press.

Human tolerance of g-force. Retrieved from the Web, 2015. https://en.wikipedia.org/wiki/Gforce.

Official Autopsy Report. (2014). Princess Diana's Death.

How staff works, Seat-belt and car safety. Retrieved from the Web, 2015. http://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety- regulatory-devices/seatbelt1.htm.

أوسترايخر، ي. (1995)، فيزياء القيادة. فيزياء الأنظمة التكنولوجية (صادر بالعبرية: **הפיסיקה של הנהיגה. פיסיקה של מערכות טכנולוגיות**(. التخنيون: المركز الإسرائيلي لتدريس العلوم.

أوسترايخر، ي.، شولمان ي.، سيفان ج.، أبراهام ي. الإنسان، الحركة والقيادة (صادر بالعبرية: **אדם תנועה ונהיגה**). مؤسسة التخنيون للأبحاث والتطوير. طبعة تجريبية.

بيكر م. وآخرون. (2012). تقرير برنامج دروس مشروع الإثراء للتربية المرورية. (بالعبرية: **דו"ח מערכי השיעור של תוכנית ההעשרה לחינוך תעבורתי**). السلطة الوطنية للأمان على الطرق. لم يُنشر.

لوطن ص.، جريمبرج ع. (2011). دور السائقين الشباب في حوادث الطرق – معطيات، توجّهات وأبحاث. (صادر بالعبرية: **מעורבות נהגים צעירים בתאונות דרכים נתונים, מגמות ומחקרים**). جمعية "أور ياروك" (ضوء أخضر). متوفّر في:
https://www.oryarok.org.il/webfiles/audio_files/YongDrivers2011.pdf

موكفوس د. التربية على الأمان في الطرق، مرشد للمعلم. (صادر بالعبرية: **חינוך לבטיחות בדרכים, מדריך למורה**). قسم الحذر والأمان على الطرق، وزارة التربية والتعليم.

السرعة – العوامل، المخاطر وطرق المواجهة (بالعبرية: **מהירות - גורמים, סכנות ודרכי התערבות**). السلطة الوطنية للأمان على الطرق، (2010)، جمعية "أور ياروك".

موقع الانترنت: **السلطة الوطنية للأمان على الطرق**