العلوم العامة

كتاب الطالب

المستوى الثاني عشر

GENERAL SCIENCE
STUDENT BOOK

GRADE 12

الفصل الدراسي الأول - الجزء الثاني

FIRST SEMESTER

2022 - 2021

الطبعة الأولى

© وزارة التعليم والتعليم العالي في دولة قطر

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي المسموح به قانونًا ولأحكام التراخيص ذات الصلة.

لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من وزارة التعليم والتعليم العالي في دولة قطر.

تمّ إعداد الكتاب بالتّعاون مع شركة تكنولاب.

التأليف: فريق من الخبراء بقيادة الدكتور توم سو وبالتّعاون مع شركة باسكو العلميّة.

التّرجمة: مطبعة جامعة كامبريدج.

الطبعة الأولى 2021-2022 م

النشيد الوطني

قَسَمًا بِمَنْ رَفَعَ السَّمَاءْ ... قَسَمًا بِمَنْ نَشَرَ الضِّيَاءْ
قَطَرٌ سَتَبْقَى حُرَّةً ... تَسْمُو بِرُوحِ الأَوْفِيَاءْ
سِيرُوا عَلَى نَهْجِ الأُلَى ... وَعَلَى ضِيَاءِ الأَنْبِيَاءْ
قَطَرٌ بِقَلْبِي سِيرَةٌ ... عِزٌّ وَأَمْجَادُ الإِبَاءْ
قَطَرُ الرِّجَالِ الأَوَّلِين ... حُمَاتُنَا يَوْمَ النِّدَاءْ
وَحَمَائِمٌ يَوْمَ السَّلاَمْ ... جَوَارِحٌ يَوْمَ الفِدَاءْ

المراجعة والتّدقيق العلميّ والتّربويّ

خبرات تربويّة وأكاديميّة من المدارس

الإشراف العلميّ والتربويّ

إدارة المناهج الدّراسيّة ومصادر التّعلّم

الصّفّ 12

العلوم العامّة

الفصل 1

المقدّمة

يعدّ كتاب الطّالب مصدرًا مثيرًا لاهتمام الطلّاب من ضمن سلسلة كتب العلوم لدولة قطر، فهو يستهدف جميع المعارف والمهارات الّتي يحتاجون إليها للنّجاح في تنمية المهارات الحياتيّة وبعض المهارات في الموادّ الأخرى.

وبما أنّنا نهدف إلى أن يكون طلّابنا مميّزين، نودّ منهم أن يتّسموا بما يأتي:

- البراعة في العمل ضمن فريق.
- امتلاك الفضول العلميّ عن العالم من حولهم، والقدرة على البحث عن المعلومات وتوثيق مصادرها.
- القدرة على التّفكير بشكلٍ ناقدٍ وبنّاء.
- الثّقة بقدرتهم على اتّباع طريقة الاستقصاء العلميّ، عبر جمع البيانات وتحليلها، وكتابة التّقارير، وإنتاج الرّسوم البيانيّة، واستخلاص الاستنتاجات، ومناقشة مراجعات الزّملاء.
- الوضوح في تواصلهم مع الآخرين لعرض نتائجهم وأفكارهم.
- التّمرّس في التّفكير الإبداعيّ.
- التّمسّك باحترام المبادئ الأخلاقيّة والقيم الإنسانيّة.

يتجسّد في المنهج الجديد العديد من التّوجّهات مثل:

- تطوير المنهج لجميع المستويات الدّراسيّة بطريقة متكاملة، وذلك لتشكيل مجموعة شاملة من المفاهيم العلميّة الّتي تتوافق مع أعمار الطّلاب، والّتي تسهم في إظهار تقدّمهم بوضوح.
- مواءمة محتوى المصادر الدّراسيّة لتتوافق مع الإطار العامّ للمنهج الوطنيّ القطريّ بغية ضمان حصول الطّلّاب على المعارف والمهارات العلميّة وتطوير المواقف (وهو يُعرف بالكفايات) ممّا يجعل أداء الطّلّاب يصل إلى الحدّ الأقصى.
- الانطلاق من نقطة محوريّة جديدة قوامها مهارات الاستقصاء العلميّ، ما أسّس للتّنوّع في الأنشطة والمشاريع في كتاب الطّالب.
- توزّع المعرفة والأفكار العلميّة المخصّصة لكلّ عام دراسيٍّ ضمن وحدات بطريقة متسلسلة مصمّمة لتحقيق التّنوّع والتّطوّر.

- تعدّد الدّروس في كلّ وحدة، بحيث يعالج كلّ درس موضوعًا جديدًا، منطلقًا ممّا تمّ اكتسابه في الدّروس السّابقة.
- إتاحة الفرصة للطّلّاب، في كلِّ درسٍ، للتّحقّق الذّاتيّ من معارفهم ولممارسة قدرتهم على حلّ المشكلات.
- احتواء كلّ وحدة على تقويم للدّرس وتقويم الوحدة الّتي تمكِّن الطّلّاب والأهل والمدرّسين من تتبّع التّعلّم والأداء.

العلوم مجموعة من المعارف الّتي تشمل الحقائق والأشكال والنّظريّات والأفكار. ولكنَّ العالِم الجيّد يفهم أنّ «طريقة العمل» في العلوم أكثر أهمّيّة من المعرفة الّتي تحتويها.

سوف يساعد هذا الكتاب الطُّلّاب على تقدير جميع هذه الأبعاد واعتمادها ليصبحوا علماء ناجحين وليواجهوا مجموعة واسعة من التّحدّيات في حياتهم المهنيّة المستقبليّة.

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التّعليمي الوطني لدولة قطر

- الاستقصاء والبحث
- التّعاون والمشاركة
- التّواصل
- التّفكير الإبداعيّ والناقد
- حلّ المشكلات
- الكفاية العددية
- الكفاية اللغويّة

العلوم العامّة

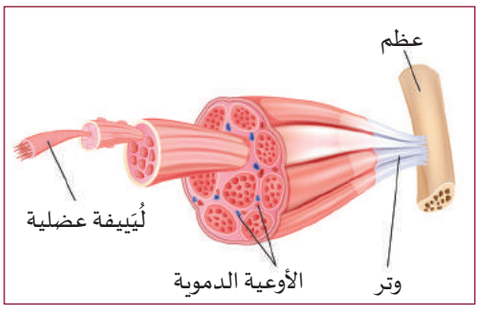
ماذا ستتعلّم من هذا الكتاب

ما المطلوب لتكون رياضيًّا من النخبة، أو نجمًا من نجوم لاعبي كرة القدم؟ تتناول الوحدة الأولى من هذا الفصل الدراسي العضلات والقوة. تأتي العضلات في أزواج مثل العضلة ثنائية الرؤوس والعضلة ثلاثية الرؤوس التي تحرّك ذراع الإنسان إلى أعلى (العضلة ثنائية الرؤوس)، أو إلى أسفل (العضلة ثلاثية الرؤوس). ويبحث الجزء الثاني من الوحدة في علم الوراثة، وفي كيفية وراثتنا الخصائص من آبائنا. التدريب والوراثة هما عاملان مؤثّران لتصبح رياضيًّا من النخبة.

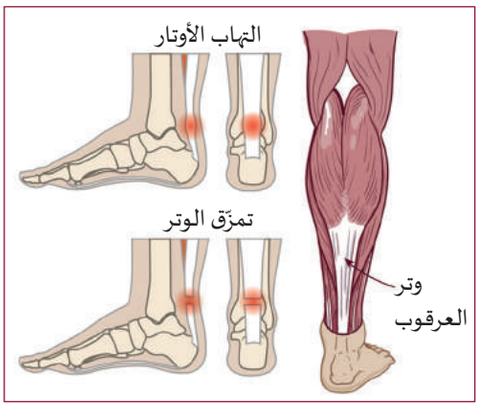
تبحث الوحدة الثانية في تأثير التدريب الرياضي في جسدك. يصبح القلب والرئتان أقوى وأكثر كفاءة مع التدريب. حتى دمك، فإنّه يتغيّر ويزداد عدد خلايا الدم الحمراء لنقل الأكسجين. التدريب القاسي قد يسبّب إصابة مثل التمزّق في الوتر أو في الرباط. ننظر في الوحدة 2 إلى المفاصل وأنواع إصاباتها. ونختتم الوحدة في التحدث عن استخدام بعض الرياضيين العقاقير المحظورة لتحسين الأداء.

تبحث الوحدة الثالثة في فيزياء الرياضة، مثل قوانين نيوتن للحركة. الكثير من الألعاب الرياضية، مثل كرة القدم وكرة السلة، تشمل أشياء تتحرّك في الهواء عند الركل أو القذف. تصف الفيزياء حركة المقذوفات كما في حركة كرة قدم أو كرة السلة في الهواء.

الوحدة الأخيرة من الفصل الدراسي 1 هي مقدمة مفيدة في استخدام الموادّ في تكنولوجيا الرياضة. استُبدلت بمضارب التنس الخشبية مضارب الفولاذ ثم مضارب الألمنيوم في السبعينيّات. أمّا اليوم، فإنَّ مضارب التنس التي تستخدم في المنافسات تُصنَع من ألياف الكربون، وهي مادّة مركّبة أقوى من الفولاذ وأخفّ وزنًا من الألمنيوم.



تنتج العضلات طاقة بانقباض الألياف العضليّة.



تربط الأوتار العضلات بالعظام، ويمكن أن تُصاب هذه الأوتار بأضرار أثناء التدريب.

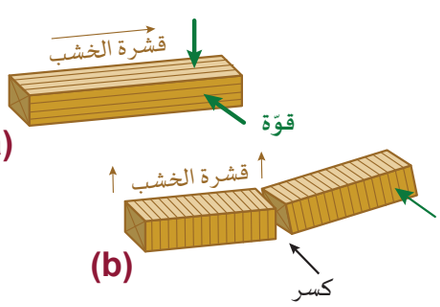
وجود راكبي الدراجات بعضهم بالقرب من بعض يُقلّل احتكاك الهواء.

مضرب من ألياف الكربون.

بعض أقسام هذا الكتاب

الرّسوم التّوضيحيّة

مفاهيم مهمّة وبيانات وأمثلة على كلّ فكرة جديدة معروضة من خلال الإيضاحات المُفصَّلة والشروحات



أسئلة للمناقشة

هل تُعدُّ الكتلة والوزن شيئًا واحدًا؟

فيمَ تختلف الكتلة عن الوزن؟

أسئلة المناقشة تزوّد طلّاب الصفّ بفرصة مناقشة المفاهيم والمعلومات.

شريط الأفكار المهمّة

يُظهر مخطّط الجسم الحرّ جميع القوى المؤثّرة في جسم واحد معزول عن باقي الأجسام.

تحديد النقاط الرئيسة وتذكُّرها.

العلاقات والمعادلات

تقديم العلاقات والمعادلات من خلال المُتغيّرات وتحديد قياسها بشكل واضح.

القانون الثاني لنيوتن

$$F = ma \quad \leftrightarrow \quad a = \frac{F}{m}$$

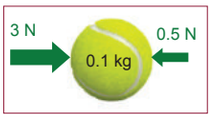
F	القوّة (N)
m	الكتلة (kg)
a	التّسارع (m/s^2)

الأمثلة

تُظهر الأمثلة جميع خطوات الحلّ والتفسير للحصول على حسابات صحيحة.

مثال 2

تؤثّر قوّتان في كرةٍ كتلتها 0.1 kg كما هو مبيّن في المخطّط المجاور. تكون الكرة في البداية في حالة سكون. احسب التسارع الناتج وحدّد اتجاه حركة الكرة.



المطلوب إيجاد التسارع *(a)* واتجاه الحركة

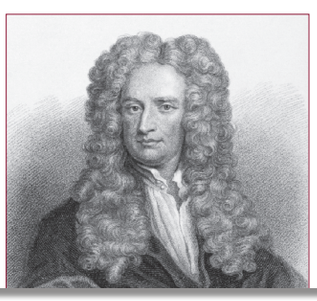
المُعطى قوّتان: *+3 N* و *-0.5 N*، تؤثّران في كرة كتلتها *0.1 kg*

العلم والعلماء

تمّ تطوير معارفنا العلميّة على مدى أكثر من ثلاثة آلاف عام. تُطلعنا هذه المقالات على إلهام الإنسان وتبصُّرِه في التعامُل مع العلم والتكنولوجيا.

إضاءة على عالم

اسحق نيوتن: 1642-1726



يُعدُّ اسحق نيوتن (**الشكل 3-40**) أكثر العلماء أهميةً وتأثيرًا في تاريخ العلوم، ولم يتقدّم عليه في السنوات الأخيرة إلّا أينشتاين. قانون نيوتن الأوّل في الحركة، «قانون القصور الذاتي»، بُني على قضيّة يعود الفضل فيها إلى أرسطو، وتمّ تعديلها لتشمل الكواكب. كان الجدل قائمًا حتى ذلك الوقت حول ما اذا كانت القوى المتحكّمة في الأجسام العاديّة أو الأرضيّة هي نفسها المتحكّمة في الأجسام السماوية. عرّف نيوتن بشكل

الأنشطة

التدرُّب العملي من خلال المُختبر والمشاريع البحثيّة وسواها من الأنشطة تساهم في ترسيخ معاني الأفكار الجديدة وتطوُّر العمل المخبري.

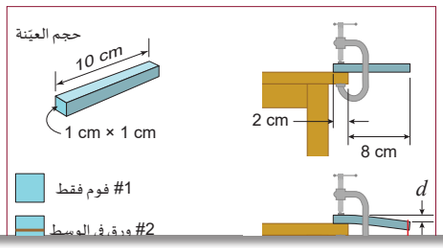
اصنعْ مادّة مُركّبة

ما هي الخصائص المهمة للمواد المستخدمة في الأدوات الرياضية؟

كيف يمكننا قياس متانة المادّة؟

ما هي فوائد المواد المُركّبة؟

كيف يؤثّر التصميم في



تقويم الدّرس

يتميّز كلّ درس بعرض يحتوي على الأسئلة التي تُغطّي جميع المفاهيم والمعلومات في هذا الدرس.

تقويم الدّرس 2-2

1. ما الفرق بين الأربطة والأوتار؟
   a. الأربطة هي التركيب الذي يربط العضلات بمقلة العين.
   b. تربط الأوتار العظام بالعظام وتربط الأربطة العضلة بالعظم.
   c. تربط الأوتار العضلات بالعظام وتربط الأربطة العظم بالعظم.
   d. تتمدّد الأوتار عندما يتمّ خلع المفصل، ويجب أن يعاد بسرعة لمنع الضرر الدائم.
2. كيف تزيد التمارين من قوّة العظام (اختر اثنين)؟
   a. يستجيب التعظّم لزيادة الأكسجين.

مراجعة الوحدة

عرض ملخّص قصير عند نهاية كلّ وحدة، وهو مرجع سريع للأفكار والمُصطلحات الرئيسة.

الوحدة 4

مراجعة الوحدة

الدرس 4-1 الأدوات في الألعاب الرياضية

- **معامل الارتداد Coefficient of restitution** هو قياس لمقدار الطاقة التي يمكن للأجسام نقلها خلال التصادمات.
- **أقواس السهام Archery bows** تختزن الطاقة مثل النوابض وتنقلها إلى السهم. تُغلَّف المواد لتحسين قوتها ومرونتها.

تقويم الوحدة

زوّدت كلّ وحدة بمجموعة من الأسئلة ذات الخيارات المتعدّدة كعيّنة تُعِدُّ الطالب لاختبار نموذجي.

تقويم الوحدة

أسئلة متعدّدة الاختيارات

1. أيُّ نوع من العضلات يُعدّ الأكثر إجهادًا والأكثر عملًا؟
   a. العضلة القلبية
   b. العضلة ثنائيّة الرؤوس
   c. عضلة أوتار الركبة

أسئلة الإجابات قصيرة

أسئلة الإجابة القصيرة وأسئلة الإجابة المطوّلة بُنيتا على مُستويات ثلاثة من الصعوبة في نهاية كلّ وحدة.

تقويم الوحدة

الدرس 3-1 قوانين نيوتن

13. ما الذي يحدّد كمّية القصور الذاتيّ لجسم ما؟
14. عند انفجار سفينة فضاء بعيدًا عن مجال الجاذبية، صف حركة قطعة صغيره منها بعد الانفجار.
15. لماذا تستخدم الألعاب الرياضيّة في العالم كُتلًا معياريّة لكرات القدم؟

الوحدة 3 القوى في الألعاب الرياضيّة المختلفة 74

الدّرس 3-1 قوانين نيوتن 76

ينص القانون الأول لنيوتن على أن الأجسام في حالة السكون أو الحركة تميل إلى الاستمرار في الحالة نفسها من السكون أو الحركة ما لم تتأثر بقوّة غير متّزنة. ينصّ القانون الثاني لنيوتن على أنّ تسارع الجسم هو حاصل قسمة القوة الصافية التي تؤثر فيه، على كتلة ذلك الجسم. ينصّ القانون الثالث على أنّ القوى توجد كأزواج من فعل وردّ الفعل.

الدّرس 3-2 المقذوفات 86

القذيفة، مثل كرة في الهواء، تتحرّك تحت تأثير الجاذبية، وهي القوة الوحيدة المؤثّرة فيها. تتبع المقذوفات مسارات منحنية تختص بحركة المقذوفات.

الدّرس 3-3 الاحتكاك 93

الاحتكاك هو القوى التي تمنع الحركة أو تعيقها، وتكون ضدّ اتجاه الحركة. هناك الكثير من أنواع الاحتكاك، مثل الاحتكاك الانزلاقي أو احتكاك المائع.

الوحدة 4 المواد في تكنولوجيا الرياضة 108

الدّرس 4-1 أدوات الألعاب الرياضيّة 110

تستخدم كثير من الرياضات معدّات متخصّصة، مثل: مضارب التنس، وأحذية الجري، أو خوذة الدراجة النارية. أصبحت هذه المعدّات اليوم تقنية للغاية. يستكشف في الدرس بعض التصاميم والموادّ المستخدمة في معدّات رياضية عالية الأداء.

الدّرس 4-2 الموادّ المُركّبة في الألعاب الرياضيّة 122

تمّ صنع المعدات الرياضية تاريخيًا من الخشب أو الجلد. تتميّز الموادّ المركّبة الحديثة مثل ألياف الزجاج وألياف الكربون بالقوة والوزن والمتانة. يستكشف هذا الدرس الموادّ المركبة وتأثيرها في الرياضات.

الوحدة 3
القوى في الألعاب الرياضيّة المختلفة
Forces in Sports

في هذه الوحدة

الدرس 3-1: قوانين نيوتن

الدرس 3-2: المقذوفات

الدرس 3-3: الاحتكاك

GP1203
GP1204

الوحدة 3

مقدّمة الوحدة

القوى هي المؤثّرات التي تغيّر الحركة. فكلّ تغيير في الحركة يكون بسبب قوّة ما. في الحقيقة، يجب أن يكون هناك قوّتان على الأقلّ (تكون القوى دائمًا على شكل أزواج). عند ركل كرة مثلًا، تؤثّر القدم بقوّة في الكرة، وتؤثّر الكرة أيضًا بقوّة مُعاكسة في القدم.

تصف قوانين نيوتن في الحركة العلاقة بين الحركة والقوى. يشير القانون الأوّل على أنه «في غياب القوّة، تستمرّ الحركة من دون تغيير». ويشير القانون الثالث إلى أنّ القوى تكون دائمًا أزواجًا. أما القانون الثاني فهو المعادلة الأكثر استخدامًا في الفيزياء، ويربط التسارع بالقوّة والكتلة.

عندما يتأثر الجسم بمحصلة قوى، فإنه يتسارع، ويكون اتجاه تسارعه باتجاه محصلة القوى. يساعد القانون الثاني على فهم التسارع في الأنظمة الحياتية، كحركة المقذوف مثلًا. سوف نتطرّق في هذه الوحدة أيضًا إلى قوّة الاحتكاك، بالإضافة إلى مفاهيم على صلة بالقوى.

الأنشطة والتّجارب

3-1 عرض قوانين نيوتن

3-3 الاحتكاك في أنواع الرياضة

الدرس 3-1
قوانين نيوتن
Newton's Laws

من سباق الإبل في صحاري دولة قطر إلى لعبة الكرلنج على الجليد في النرويج، يتنافس الناس في كثير من الألعاب الرياضيّة. بعض هذه الألعاب تختص بمناطق محدّدة، وبعضها الآخر يُمارس في مختلف أنحاء العالم (**الشكل 3-1**). يهتمّ الناس من خلال مشاهداتهم للألعاب الأولمبية، بألعاب رياضيّة لم يسبق لهم أن شاهدوها من قبل. قد تهتمُّ بواحدة من الألعاب الرياضيّة الغريبة حتى من دون أن تفهم هدف تلك اللعبة أو قواعدها. تخضع كل الألعاب الرياضيّة لقوانين الفيزياء نفسها. بعد اطلاعك على بداية الدرس، يمكنك أن تتوقّع ما سيحدث لاحقًا، لأنّ القوانين الثلاثة المعروفة في الفيزياء هي نفسها التي تمارسها و اعتدت عليها طوال حياتك.

الشكل 3-1 الكرلنج على الجليد.

تذكّر أنّ قوانين نيوتن لها علاقة بالرياضيّات والمتّجهات، وهي أيضًا تصف القوى والحركة التي تستخدمها في كلّ يوم.

مخرجات التّعلُّم

GP1203.1 يذكر نص قوانين نيوتن الثلاثة للحركة.

GP1203.2 يطبّق قوانين نيوتن للحركة على مجموعة من الأنشطة والأشياء المتضمنة في الرياضة، على سبيل المثال: كرة المضرب تحلّق فوق شبكة.

المفردات

Force	قوة
Newton	نيوتن
Weight	وزن
Free body diagram	مخطّط الجسم الحر
Newton’s first law	القانون الأول لنيوتن
Inertia	قصور ذاتي
Newton’s second law	القانون الثاني لنيوتن
Net force	محصّلة القوى
Newton’s third law	القانون الثالث لنيوتن

القوى المؤثّرة في نموذج صاروخ بسيط

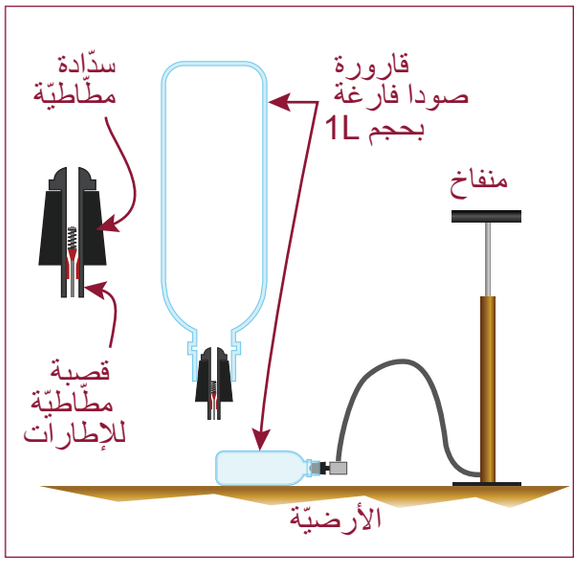
كيف يمكن أن نصف بدقّة الرابط بين القوى والحركة؟

ما القوى المؤثّرة في نموذج صاروخ بسيط؟

تتغيّر الحركة فقط بسبب تأثير القوى غير المتزنة.

القوى تسبّب التسارع.

تتكوّن القوى دائمًا من أزواج تؤثّر في جسمَيْن مختلفَيْن .



الشكل 3-2 نموذج صاروخ بسيط.

وضعت قارورة على طاولة في حالة ساكنة. يجب عليك أن تؤثّر في القارورة بمؤثّر يستطيع تحريكها. «والمؤثّر» في الفيزياء يعني تطبيق قوّة. إذا أردت تحريك القارورة بتسارع أكبر، عليك أن تطبّق قوّة أكبر. عندما تُطبّق القوّة، ستشعر بأنّ القارورة تؤثر في يدك. وهذا يعني وجود قوّتَيْن: القوّة الأولى تحرّك القارورة، والثانية هي قوّة القارورة التي تدفع يدك. يحدث الأمر نفسه عند ركل كرة حيث تتولّد قوّتان بين الكرة وقدمك.

يجب أن تُركَل الكرة لتغيير حركتها، أما الصاروخ فيتحرك بسبب قوة رد الفعل التي تؤثر فيه بسبب الغازات الساخنة المندفعة للخلف. يمثّل **الشكل 3-2** نموذج صاروخ بسيط. يزداد الضغط في القارورة بشكل بطيء بفعل المضخّة:

1. في المرحلة الأولى، تكون قوّة الضغط في داخل القارورة متزنة مع قوّة الاحتكاك للسدّادة الملتصقة في عنقها، فلا تتحرك القارورة (**الشكل 3-a3**).
2. في المرحلة التالية، تصبح قوّة الضغط أكبر بما يكفي لدفع السدّادة إلى الخارج، فتتحرّر القارورة.
3. يولّد الهواء المندفع خارج القارورة قوّة تؤدّي إلى تسارع القارورة إلى الأمام وقوّة معاكسة تسرّع صمّام المضخّة إلى الخلف (**الشكل 3-b3**).

الشكل 3-3 القوى والتّسارع قبل الانطلاق وبعده.

القوى

ما التعريف العلمي للقوّة؟

أحد المبادئ الأساسيّة في العلم هو مبدأ السببيّة، الذي ينص على أنّ: أيّ تغيير أو تأثير نلاحظه يَفترض وجود سبب أدّى إلى حدوثه.

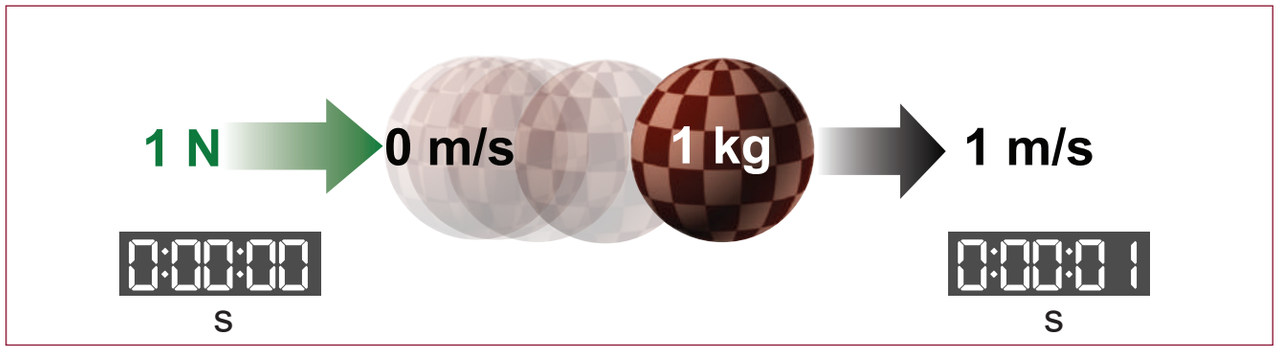
كيف تُقاس القوّة؟

القوّة Force هي السبّب في تغيّرات الحركة. فجميع التغيّرات في الحالة الحركيّة تحدث بسبب تأثير القوّة. لذلك، فإنّنا نحتاج إلى فهم القوى من أجل فهم كيفيّة تغيّر الحركة وكيفية إيجاد التقنيات اللازمة لتحريك الأجسام كالسيّارات والطائرات.

الشكل 3-4 التعريف المفهوميّ للقوّة هو الدفع أو السحب.

جميعنا يعرف مفهوم القوّة من خلال الدفع أو السحب (**الشكل 3-4**). من المرجّح أن تكون قد قمت اليوم بتطبيق قوى سحب ودفع من دون الانتباه إلى ذلك. من أجل استخدام مفهوم القوّة في الفيزياء علينا أن نَصِفها بشكل دقيق، ونقترح وحدات معيّنة لقياسها.

تُقاس القوّة في النظام الدوليّ للوحدات بوحدة النيوتن Newton. يكافئ نيوتن واحد (1 N) وزن هاتف جوال تقريبًا، وهي قوّة صغيرة إلى حدّ ما. تستطيع بسهولة تطبيق قوّة مقدارها 100 N أو أكثر مستخدمًا يدًا واحدة. نيوتن واحد هو القوّة اللازمة لتغيير سرعة جسم كتلته 1 kg بمعدّل متر واحد في الثانيّة لكلّ ثانيّة (**الشكل 3-5**)، وبذلك فإنّ وحدة نيوتن يمكن التعبير عنها بالوحدات الأساسيّة، وهي $kg.m/s^2$.



الشكل 3-5 تعريف وحدة نيوتن لقياس القوّة.

القوّة: المؤثّر الذي يستطيع تغيير الحركة.

جميع القوى تستطيع تغيير الحالة الحركيّة للأجسام، لكن ليس بالضرورة أن تغيّر هذه القوى من الحركة: يمكن أن يكون لدينا جسم ساكن يخضع لعدد من القوى المؤثّرة فيه. ومع ذلك، يبقى الجسم في حالة السكون إذا كانت محصّلة هذه القوى صفرًا. إلاّ أنّ الصحيح دائمًا هو أنّ أيّ تغيير يطرأ على الحركة يحدث بسبب تأثير القوى فقط.

الوزن ومخطّط الجسم الحرّ

الوزن Weight قوّة تنتج عن تأثير الجاذبيّة في الكتلة. يؤثّر الوزن في مختلف الألعاب الرياضيّة. في مجال الجاذبية الأرضية تؤثر الأرض بقوة جذب في جميع الكتل نحو مركزها بشدّةِ مجالٍ (9.8 N/kg). يكون لجسم كتلته 10 kg وزن مقداره (10 kg × 9.8 N/kg) أي 98 N.

هل الكتلة والوزن هما الشيء نفسه؟

فيمَ تختلف الكتلة عن الوزن؟

الوزن

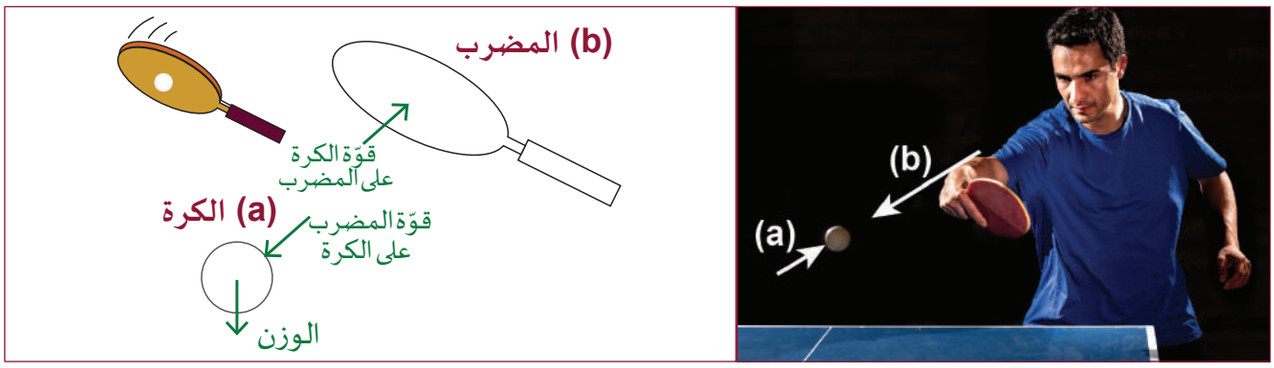
$$F_w = mg$$

F	القوّة (N)
m	الكتلة (kg)
g	شدّة مجال الجاذبيّة (N/kg)

تُعدّ الكتلة خاصيّة أساسيّة للمادّة، وتُقاس بوحدة الكيلو جرام (kg) أو الجرام (g) وهي مقدار ما يحتويه الجسم من مادة. بينما الوزن قوّة تقاس بوحدة النيوتن، ويعتمد مقدارها على المكان الذي توجد فيه الكتلة. يمتلك جسم كتلته 100 kg وزنًا مقداره 980 N على سطح الأرض. أما على سطح القمر، فإنّ للكتلة نفسها وزنًا مقداره 162 N حيث شدّة مجال الجاذبية 1.62 N/kg .

للقيمة 9.8 N/kg رمز خاص بها هو (g). يتمّ تعويض هذا الرمز في المعادلة بقيمة مقدارها 9.8 N/kg كما في المعادلة $F_w = mg$ مثلًا. يمكن أيضًا أن يُعبّر عن تسارع الجاذبية الأرضية (g) بوحدة m/s^2، وتكون الوحدتان متكافئتين.

يُظهر مخطّط الجسم الحرّ جميع القوى المؤثّرة في جسم واحد معزول عن باقي الأجسام.



الشكل 3-6 مخطّطات الجسم الحرّ.

مخطّط الجسم الحرّ Free body diagram (**الشكل 3-6**) هو رسم لجسم معزول عن كل شيء باستثناء القوى المؤثّرة فيه. يتمّ استبدال كلّ تفاعل مع المُحيط بقوّة. على سبيل المثال، عند لحظة تصادم كرة الطاولة مع المضرب ستتأثر الكرة بقوة من المضرب، إضافة إلى تأثرها بوزنها.

لاحظ أنَّ لكلّ جسم مخطّطًا للجسم الحرّ الخاص به. يؤثّر المضرب في الكرة بقوّة عند لحظة التصادم. وتؤثّر الكرة بقوّة مُعاكسة في المضرب عند اللحظة نفسها.

القانون الأوّل لنيوتن في الحركة

ينصّ **القانون الأول لنيوتن Newton's First law** على أنّ أيّ جسم يبقى في حالة السكون، أو يستمرّ في حركته المنتظمة نفسها، إلّا إذا أثّرت فيه محصّلة قوى غير متزنة. يُطلق على القانون الأوّل قانون **القصور الذاتي Inertia** لأنّ القصور الذاتي هو خاصيّة الكتلة التي تقاوم التغيير في الحركة.

يُعدّ مثال ركلة الجزاء في لعبة كرة القدم مثالًا جيدًا على أثر القصور الذاتي؛ يحاول حارس المرمى توقّع الاتجاه الذي ستسلكه الكرة؛ وبمجرد أن تنطلق، يصعب أن تغيّر من مسارها.

يُستخدم القصور الذاتي لوصف مَيل الجسم لمقاومة أي تغير في حالته الحركية.

الجسم الساكن يبقى ساكنًا، والجسم المتحرّك يبقى متحركًا في خطّ مستقيم وبمقدار سرعة ثابتة مالم تؤثّر فيه قوّة خارجيّة تغيّر من حالته الحركية.

عندما يكون حجر الكيرلنج ساكنًا عند نقطة على حافة دائرة مرسومة على الأرضيّة (**الشكل 3-7**)، ستتوقّع بقاءه في مكانه إلى أن يضربه أحد أفراد الفريقين بعصاه. للحجر قصور ذاتيّ، أي إنّه يميل الى أن يكون ساكنًا ما لم تؤدِّ أيّة قوّة خارجية إلى تحريكه.

الشكل 3-7 حجر كيرلنج ساكن.

وكذلك، عندما تمارس لعبة كرة القدم، فإنك تعلم أنّ الكرة المتحرّكة تمتلك قصورًا ذاتيًا أو ميلًا للاستمرار في حركتها (**الشكل 3-8**). وتعلم أيضًا أنّك تحتاج إلى أن تطبّق قوّة لإيقافها أو لتغيير اتجاهها. يمكنك استخدام هذه المعلومات للإبقاء على الكرة بعيدًا عن مسار الخصم بسرعة من دون إعطائه الوقت ليستفيد من وضعيّته أو أيّة وضعيّة جديدة. يمكنك أيضًا أن تموّه حركتك في اتجاه معين، فتُجبر بذلك خصمك على الحركة في ذلك الاتجاه، ويصعب عليه تعديل وضعه واتجاهه بسبب القصور الذاتي.

الشكل 3-8 التمويه مقابل حركة الخصم.

يُقاس القصور الذاتي بوحدة الكتلة أي الكيلو جرام. لحجر الكرلنج كتلة تتراوح بين 17 kg و20 kg. لاعبو كرة القدم متفاوتو الكتلة، لكنك تلاحظ أنّ اللاعبين الأكثر رشاقةً هم الأقلّ كتلة: كلما كانت كتلة اللاعب أكبر، أصبح توقّفه أو تغيير اتجاه حركته أكثر صعوبة.

القانون الثاني لنيوتن

ينصّ **القانون الثاني لنيوتن Newton's second law** على أن التسارع ينتج عن تأثير قوّة غير متّزنة في جسم ما، إنَّ تغيّر مقدار السرعة أو اتجاهها أو كليهما معًا يسبّب التسارع. يتناسب تسارع الجسم طرديًا مع القوّة المؤثّرة فيه (F) وعكسيًا مع كتلته (m).

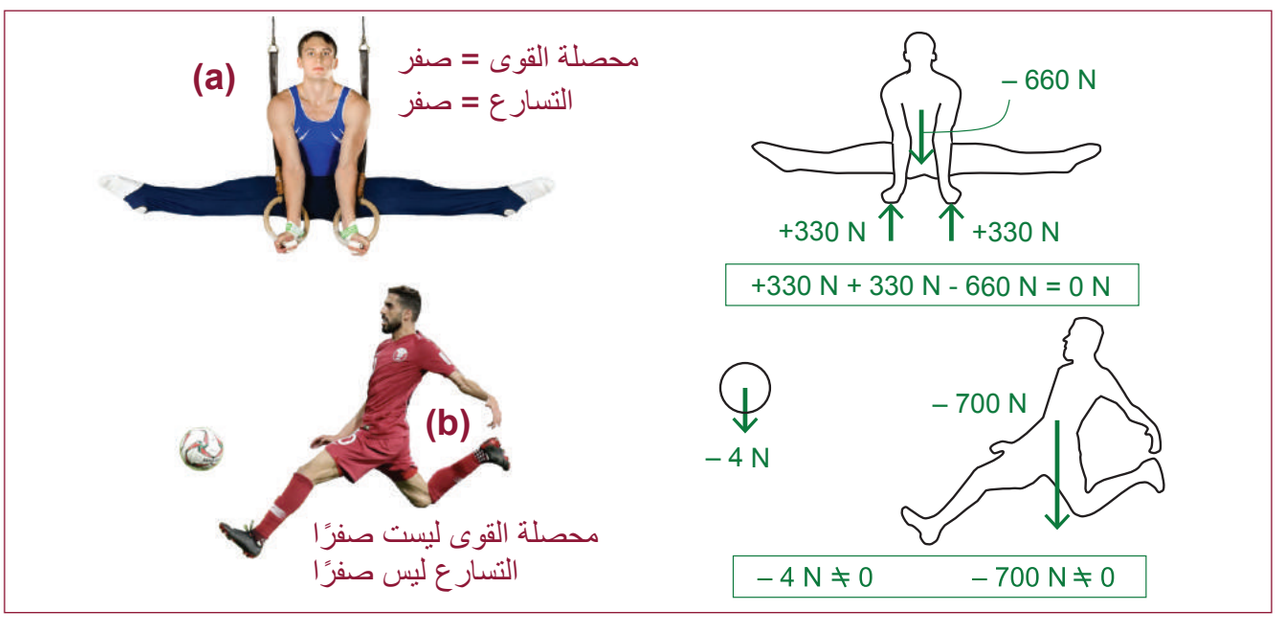
القانون الثاني لنيوتن

$$F = ma \quad \leftrightarrow \quad a = \frac{F}{m}$$

F	القوّة (N)
m	الكتلة (kg)
a	التّسارع (m/s^2)

القوّة الممثلة بالرمز (F) في القانون الثاني لنيوتن هي محصّلة القوى، أي مجموع كلّ القوى المؤثرة في الجسم. يمكن للقوى التي تؤثر في الجسم نفسه باتجاهات متعاكسة أن يلغي بعضها البعض الآخر. لذلك، فإنَّ القوى تكون متزنة عندما تكون محصّلتها صفرًا، ويكون التسارع أيضًا صفرًا، وهذا واضح عند اتزان لاعب الجمباز في تمرينه الروتيني (**الشكل 3-9a**). عندها تبقى الأجسام في حالة سكون أو تتحرّك بسرعة واتجاه ثابتين وفقًا للقانون الأوّل لنيوتن.

ينصّ القانون الثاني لنيوتن على أنّ تسارع الجسم يُساوي حاصل قسمة محصّلة القوى المؤثّرة فيه على كتلة ذلك الجسم.

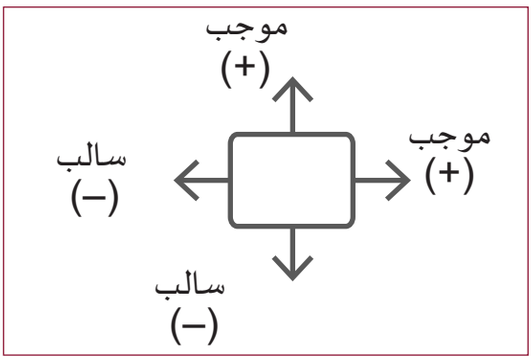


الشكل 3-9 أمثلة على محصّلة قوى تساوي صفرًا ومحصّلة قوى لا تساوي صفرًا.

يؤدّي لاعب كرة قدم ضربة مِقَصيّة كما هو موضّح في **الشكل 3-9b**. القوى الوحيدة المؤثّرة في الكرة وفي اللاعب هي وزن الكرة ووزن اللاعب، وهي قوى غير متّزنة. وبمعنى آخر، فإنّ محصّلة القوى ليست صفرًا. لذلك، يكتسب كلٌّ من الكرة واللاعب تسارعًا وفقًا للقانون الثاني لنيوتن. اتجاه هذا التسارع هو نفسه اتجاه محصّلة القوى. وبالتالي، فإنَّه يكون نحو الأسفل، بغضّ النظر عن المسار الذي يسلكه كلّ منهما.

تطبيق القانون الثاني لنيوتن

عند حلّ المسائل التي تشمل القوى ومخطّطات الجسم الحرّ، يجب أن تحدّد الاتجاهات الموجبة. وسيكون الاتجاه المعاكس هو الاتجاه السالب. يتمّ في الغالب اختيار اليمين على أنه اتجاه موجب في مخطّط الجسم الحرّ. وبالتالي، فإنَّ اليسار هو الاتجاه السالب (**الشكل 3-10**). ويتمّ في الغالب اختيار الأعلى للاتجاه الموجب والأسفل للاتجاه السالب.



الشكل 3-10 الإشارة الموجبة المُتَّفق عليها.

مثال 1

تنطلق سيّارة سباق من السكون لتبلغ سرعة 50 m/s في خلال خمس ثوانٍ (بتسارع $a = 10\ \text{m/s}^2$). احسب القوّة التي يؤثر بها المحرّك إذا كانت الكتلة الكلية للسيّارة مع السائق هي 1800 kg.

المطلوب إيجاد القوّة F التي يؤثر بها المحرّك

المُعطى الكتلة $m = 1800\ \text{kg}$: التسارع $a = 10\ \text{m/s}^2$

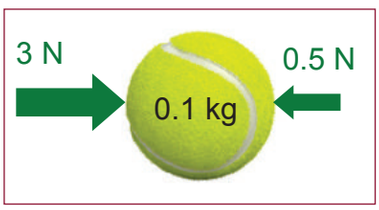
الحلّ

$$F = ma = (1800\ \text{kg})(10\ \text{m/s}^2) = 18000\text{N}$$

مقدار القوّة المطلوبة هو 18000 N

مثال 2

تؤثّر قوّتان في كرةٍ كتلتها 0.1 kg كما هو مبيّن في المخطّط المجاور. تكون الكرة في البداية في حالة سكون. احسب التسارع الناتج وحدّد اتجاه حركة الكرة.



المطلوب إيجاد التسارع *(a)* واتجاه الحركة

المُعطى قوّتان: *+3 N* و *-0.5 N*، تؤثّران في كرة كتلتها *0.1 kg*

الحلّ يجب علينا أوّلًا إيجاد محصّلة القوى. اتجاه القوة التي قيمتها (3N) إلى اليمين، فإن مقدارها يكون موجبًا، واتجاه القوّة التي قيمتها 0.5 N إلى اليسار، لذلك، فإنَّ مقدارها يكون سالبًا.

$$F_{net} = +3\ \text{N} - 0.5\ \text{N} = +2.5\ \text{N}$$

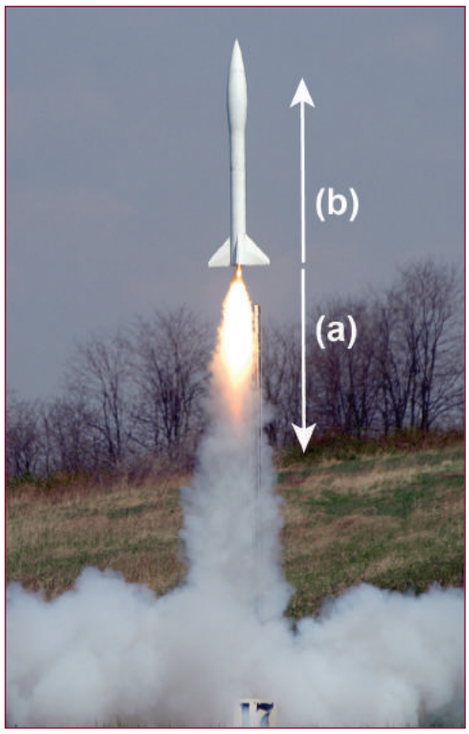
ثمّ نقوم بحساب التسارع:

$$a = \frac{F}{m} = \left(\frac{2.5\text{N}}{0.1\ \text{kg}}\right) = 25\ \text{m/s}^2$$ واتجاهها إلى اليمين

القانون الثالث لنيوتن في الحركة

ينصّ **القانون الثالث لنيوتن Newton's third law** على أنّ لكلّ فعلٍ ردَّ فعل يساويه في المقدار، ويُعاكسه في الاتجاه.

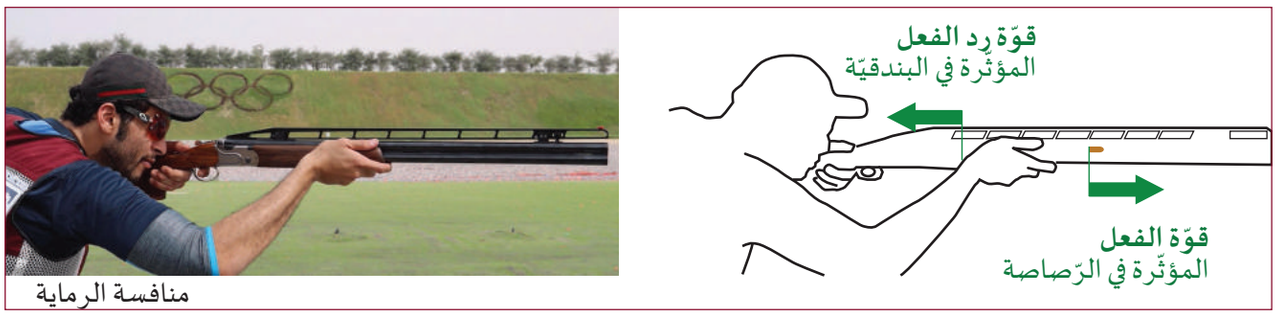
يمكن توضيح قانون الفعل وردّ الفعل من خلال حركة الصواريخ التي تمتلك محرّكات خاصة. عندما يشتعل الوقود في داخل المحرّك، فإنّه يطلق الغاز الساخن بسرعة كبيرة نحو الأسفل. ردّ الفعل على هذه القوّة سيكون قوّة، اتجاهها نحو الأعلى، ترفع الصاروخ عبر الهواء (**الشكل 3-11**). يتعرَّض الصاروخ ذو الكتلة الأصغر لتسارع أكبر، فيرتفع بسرعة إلى مسافة أعلى.



الشكل 3-11 نموذج الصاروخ (a) الفعل، (b) ردّ الفعل.

يتمّ تحديد أزواج الفعل وردّ الفعل بعد تحديد الجسمين المتفاعلين، كأن نرمز لأحد الجسمين بالرقم 1 وللجسم الثاني بالرقم 2.

- عندما يتفاعل جسمان تكون القوّة F_{12} المؤثّرة من الجسم 1 في الجسم 2 مساوية في القيمة ومعاكسة لاتجاه القوّة F_{21} المؤثّرة من الجسم 2 في الجسم 1.
- على سبيل المثال، عندما تدفع طرف لوح القفز في المسبح بقدمك إلى الأسفل، يكون ردّ الفعل هو قوّة الدفع التي تتلقّاها قدمك من طرف اللوح، لكنْ في الاتجاه المعاكس للأعلى.



الشكل 3-12 يُستخدم في رياضة الرماية بندقية ذات كتلة كبيرة ورصاصة ذات كتلة صغيرة.

في رياضة الرماية، تتسارع الرصاصة نتيجة لقوة مؤثّرة في الرصاصة، ينتج عنها قوّة رد فعل تؤثر في البندقية. للبندقية كتلة كبيرة ومحمولة بإحكام عند كتف الرامي (**الشكل 3-12**)، فيكون تسارعها نحو الخلف أقلّ بكثير من تسارع الرصاصة نحو الأمام، فتكون سرعة الرصاصة أكبر.

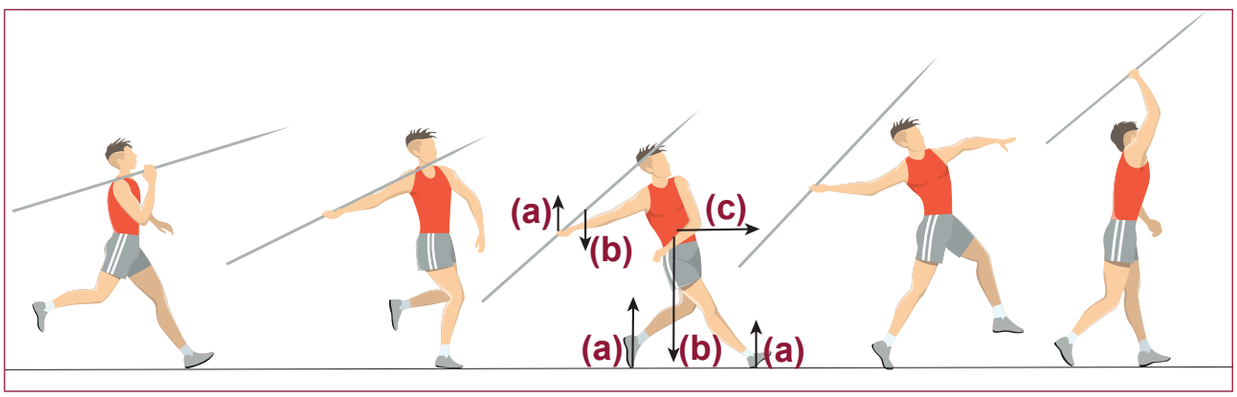
كيف يؤّثر القانون الثالث في تصميم أدوات الألعاب الرياضيّة؟

نشاط 3-1 عرض قوانين نيوتن

الخطوات:

ضمن مجموعات صغيرة:

1. اختيار نشاط رياضيّ.
   a. استفد من هذه الفرصة لاختيار رياضة غير مألوفة لديك.
2. إجراء بحث وتحليل الرياضة.
   a. عليك إجراء بحث حول التقنيّات والحركات المستخدمة.
   b. عليك تحليل القوى والكميّات المتّجهة الأخرى التي تتضمّنها.
3. تنفيذ عرض يُظهر كيفية تطبيق قوانين نيوتن.
   a. يمكن أن يتضمّن العرض: فيديو، أو محاكاة حاسوبية، أو توضيحًا واقعيًّا.
   b. وضّح تأثير المتغيّرات، كالقوّة والكتلة والسرعة والزمن، في هذه الرياضة بشكل خاص.
   c. كيف يمكن أن تؤثّر المتغيّرات المختلفة في تحسين الأداء؟
4. أرسم مخطّطًا للجسم الحرّ في أثناء أداء رياضيّ في مراحل مختلفة. يعرض **الشكل 3-13** أحد الأمثلة. وضّح كلّ مرحلة.



الشكل 3-13 المراحل المختلفة للعبة رمي الرمح. حُدّد على الشكل في المنتصف (a) متّجه رد الفعل للسطح، (b) متّجه الوزن، (c) متّجه السرعة.

الأسئلة:

a. ما المتغيّرات المتشابهة، بغضّ النظر عن الرياضة المُختارة؟

b. كيف تتوزّع القوى بين القوى الداعمة والقوى المطلوبة لأداء الحركات الرياضيّة؟

تقويم الدّرس 3-1

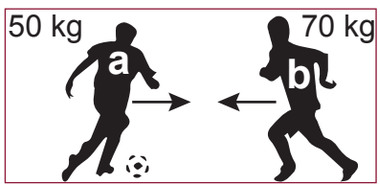
1. ماذا يسمى القانون الأول لنيوتن؟
   a. قانون القصور الذاتي
   b. قانون الدفع
   c. قانون الفعل وردّ الفعل
   d. قانون حفظ الزخم الحركي.

2. أيٌّ من الوحدات الآتية هي وحدة القوّة؟
   a. N
   b. kg
   c. m/s
   d. m/s^2

3. ما ردّ الفعل الناجم عن فعل قوّة ركلك للكرة مقدارها 8 N؟
   a. تؤثّر الكرة بقوّة 8 N في قدمك.
   b. تتحرّك الكرة بتسارع 8 N.
   c. تبقى قدمك على تماس مع الكرة لفترة أطول.
   d. تقطع الكرة مسافة تبتعد فيها عن قدمك بزخم حركيّ 8 N.

4. وفقًا لقانون نيوتن الأوّل، ماذا يحدث عندما تكون محصّلة القوى المؤثّرة في جسم متحرّك صفرًا؟
   a. سيتوقّف الجسم مباشرةً.
   b. سيتباطأ الجسم إلى أن يتوقّف.
   c. سيستمرّ الجسم بحركته بسرعة ثابتة.
   d. سيتباطأ الجسم، لكنّه لن يتوقّف بشكل تام.

5. يتصادم لاعبا كرة قدم (a) و(b). أحد اللاعبين ذو كتلة أكبر من اللاعب الآخر. أيٌّ من الجمل الآتية خاطئ؟ يمكن أن يكون هناك أكثر من جملة خاطئة.



   a. يؤثّر اللاعب (a) بقوّة أكبر في اللاعب (b).
   b. يؤثّر اللاعب (b) بقوّة أكبر في اللاعب (a).
   c. كِلا اللاعبين يؤثر في الآخر بالقوّة نفسها.
   d. يكون تسارع اللاعب (a) أكبر من تسارع اللاعب (b).

6. يساوي مقدار محصلة القوى المؤثّرة في رمح 100 N. احسب تسارع الرمح إذا كانت كتلته 0.8 kg.

7. إذا كان اتجاه محصّلة مجموعة من القوى المؤثّرة في لاعب نحو الشرق ومقدارها 300 N، فكم يكون ردّ فعل هذه المحصّلة واتجاهها؟

8. ارسم مخطّط الجسم الحرّ لرصاصة تنطلق من بندقية وقبل خروجها من الماسورة.

الدرس 3-2
المقذوفات
Projectiles

يتطلّب تسجيل النقاط في لعبة كرة السلّة رمي الكرة بحيث تمرّ عبر حلقة على ارتفاع 3.05 m فوق أرض الملعب، وغالبًا ما تكون على مسافة 4-5 m من اللاعب. يبلغ قطر الحلقة الداخلي 46 cm أي إنّه أقلّ من ضعف قطر الكرة نفسها (24 cm). بمجرّد أن تنطلق الكرة من يدك، فلن يكون بإمكانك التحكّم في مسارها (**الشكل 3-14**).

الشكل 3-14 لعبة كرة السلّة.

يمكن للاعب ماهر أن يقوم برمي الكرة بقوّة مناسبة وبزاوية ملائمة لتحقيق الهدف. هذا يعني أنَّ الكرة تتحرّك في مسار يمكن توقّعه، إلا إذا كان اللاعب لم يطوّر مهارته في التسديد.

لعبة كرة السلّة هي مثال على المقذوفات. المقذوف هو جسم يتحرّك بحريّة، بحيث تكون القوّة الوحيدة المؤثّرة فيه بعد إطلاقه هي وزنه فقط. فهو يتعرّض لتسارع ثابت نحو الأسفل، ويخضع للقانون الثاني لنيوتن.

مخرجات التّعلُّم

GP1203.2 يطبّق قوانين نيوتن للحركة على مجموعة من الأنشطة والأشياء المتضمّنة في الرياضة، على سبيل المثال: كرة المضرب تحلّق فوق الشبكة.

المفردات

Projectile motion	حركة المقذوفات
Equilibrium	اتزان
Horizontal velocity	سرعة أفقية
Vertical velocity	سرعة رأسية
Range	مدى
parabola	قطع مكافئ

صنع مقذوف

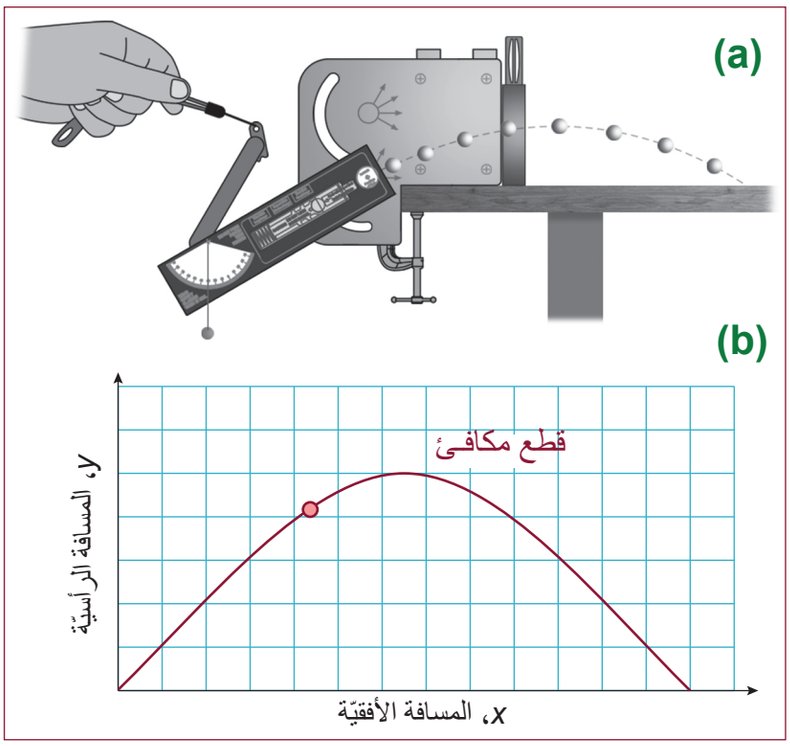
ما المسار الذي تتّبعه كرة عند ركلها؟

كيف يمكننا أن نصف الحركة المنحنية؟

ما العوامل التي تؤثّر في المسافة الأفقيّة التي تقطعها الكرة؟

تسحب الجاذبية الأجسام دائمًا نحو الأسفل. هذا الأمر يساعد على فهم حركة المقذوفات.

تتناقص السرعة الرأسيّة في أثناء الصعود بالمقدار نفسه في كلّ ثانية.



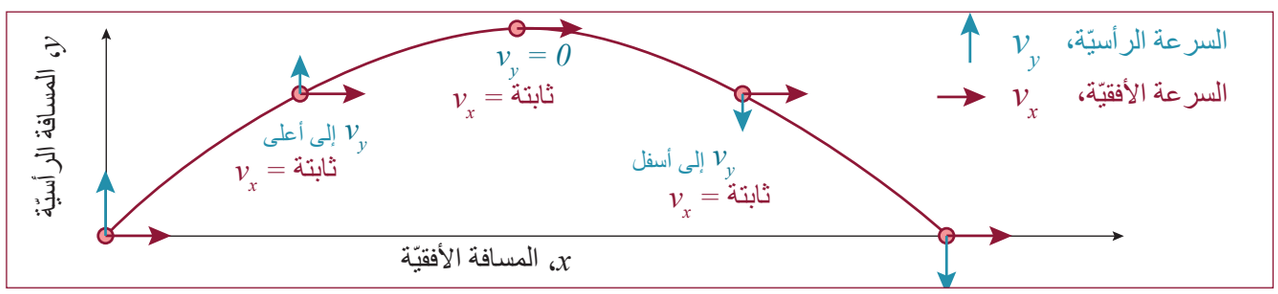
الشكل 3-15 (a) إطلاق مقذوف (b) الرسم البياني.

الجاذبيّة قوّة تسحب الأشياء نحو مركز الأرض، وهو ما يُصطلح على أنه إلى الأسفل. يخضع المقذوف بعد إطلاقه إلى قوّة الجاذبية التي تسحبه نحو مركز الأرض.

يُظهر **الشكل 3-15a** جهازًا لقذف الكرات يقوم بإطلاق كرات صغيرة بزواية وسرعة محدّدتين مسبقًا. يعرض المخطّط (**الشكل 3-15b**) المسار الفعليّ الذي تتّبعه الكرة. يُسمّى هذا المسار «القطع المكافئ». وإذا كانت كلٌّ من السرعة الابتدائية للكرة وزاوية انطلاقها هي نفسها في كلّ مرة، فإنَّ الكرة ستسلك المسار نفسه ولن تغيّر موضع هبوطها.

يمكن أن نفهم الحركة المنحنية بدراسة الاتجاهين المُتعامدَيْن:

- الاتجاه الأفقيّ: لا تتأثر الكرة بأية قوّة في هذا الاتجاه (أي لا تتسارع الكرة في هذا الاتجاه)، فتبقى سرعتها الأفقية ثابتة، فتقطع الكرة المسافة الأفقيّة نفسها في كلّ ثانية.
- الاتجاه الرأسيّ: تتأثّر الكرة بقوة الوزن، فتتسارع نحو الأسفل، وتتناقص السرعة الرأسيّة في أثناء الصعود بالمقدار نفسه في كلّ ثانية.

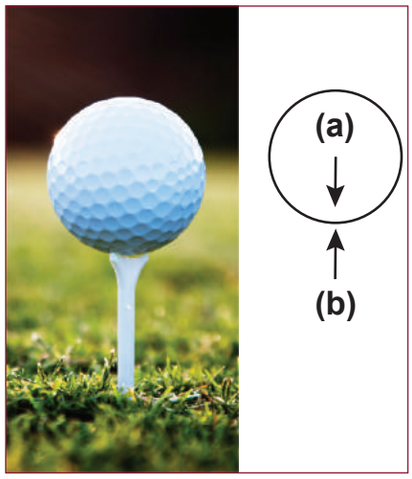


الشكل 3-16 كيفية تغيّر السرعة الأفقيّة والسرعة الرأسيّة للمقذوف.

حركة المقذوفات

تهتمّ **حركة المقذوفات Projectile motion** بدراسة حركة الأجسام التي يكون فيها الوزن هو القوّة الوحيدة المؤثّرة. في الواقع، تكون هناك قوًى أخرى مؤثّرة في الجسم، مثل قوّة احتكاك الهواء. لكنها تكون قوًى صغيرة مقارنة بقوّة الوزن، فيمكن إهمالها باستثناء قوّة الجاذبيّة.

ولكن ليس بالضرورة أن تتحرك الأجسام المتأثرة بقوة الوزن دومًا. كرة الجولف في الشكل المجاور في وضع **اتزان Equilibrium**، لأنّ قوّة الوزن mg المؤثّرة في الكرة تتساوى في المقدار مع القوة العمودية N وتعاكسها في الاتجاه عند نقطة التأثير الموضّح في**الشكل 3-17**. يعني الاتزان أن محصّلة القوى على الكرة تساوي صفرًا. عندها يكون التسارع يساوي صفرًا أيضًا بحسب القانون الثاني لنيوتن ($F = ma$). وبالتالي، فإنّ الكرة تبقى ساكنة لأنّ انعدام التسارع يعني عدم تغيّر السرعة.



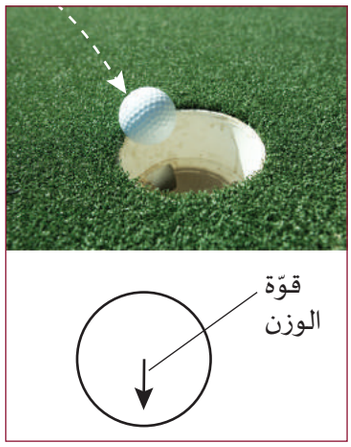
الشكل 3-17 (a) الاتزان بين قوة الجاذبية و القوة العمودية.

عند قذف الكرة في الهواء تتلاشى قوّة ردّ الفعل، فتصبح الكرة غير متّزنة وتتأثّر بقوّة الوزن فقط (**الشكل 3-17**) .

- تتسارع المقذوفات دائمًا لأنّ القوّة الوحيدة المؤثّرة في أثناء حركتها هي الوزن.
- تكون المقذوفات غير متّزنة لأنّ محصّلة القوى تكون مساوية للوزن فقط (**الشكل 3-17**).

يَنتُج اتّزان جسم ما عندما تكون محصّلة القوى المؤثرة فيه صفرًا، ويكون تسارعه صفرًا أيضًا.

لكي تربح في لعبة الجولف، عليك أن تضرب الكرة بالسرعة والزاوية الصحيحتين لتهبط بالقرب من حفرة صغيرة أو في داخلها وتقع على بعد 100 m أو أكثر. يطوّر لاعبو الجولف الماهرون من قدراتهم على التقدير الحسيّ حول مسار القطع المكافئ للكرة، من دون الحاجة إلى تنفيذ عمليّات حسابيّة.



الشكل 3-18 قوّة الوزن المؤثّرة في كرة الغولف في خلال طيرانها.

بعد هذا الدرس ، يجب أن تكون قادرًا على الإجابة عن السؤالين الآتيين:

1. هل يمكن قذف كرة بزاويتين مختلفتين مثل (40, 50) واسقاطها بنفس المكان؟
2. إذا تضاعفت السرعة الابتدائية للكرة، فكيف ستتغيّر المسافة التي ستقطعها؟

لا يُمكن للمقذوفات أن تكون في وضع اتزان لأنّها تكون دائمًا في حالة تسارع .

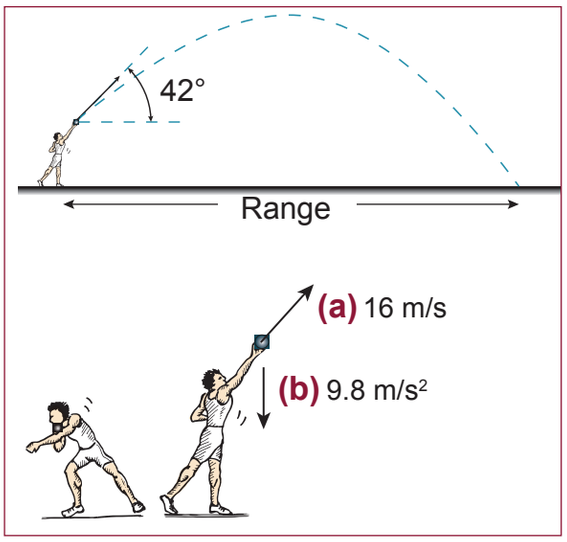
الحركة في اتجاهين

في الحقل المخصّص لرمي الكرة الحديديّة (**الشكل 3-19**)، يكون الهدف رمي كرة كتلتها 7.26 kg لأطول مسافة. يتمّ فقط قياس المسافة من نقطة الانطلاق حتى نقطة الارتطام الأوّل للكرة مع الأرض بغض النظر عن ارتفاعها عن الأرض والوقت الذي ستقضيه الكرة في الهواء.

الشكل 3-19 لحظة رمي الكرة الحديديّة.

يقوم المشارك في المسابقة أوّلًا بعدّة وَثبات، ليرمي بعد ذلك الكرة الحديدية مزوّدًا إيّاها بأكبر سرعة ممكنة، آخذًا في الحسبان أنّ الجاذبيّة سوف تبدأ بسحب الكرة نحو الأرض فور رمي هذه الكرة الحديدية، وآملًا في أن تقطع الكرة أطول مسافة أفقيّة قبل ارتطامها بالأرض.

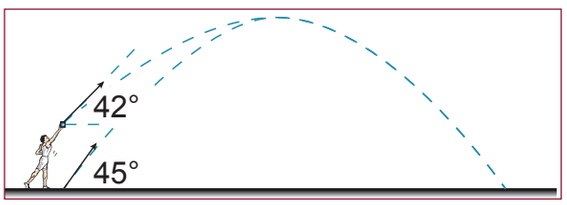
تمتلك الكرة أقصى **سرعة أفقيّة Horizontal velocity**، v_x، عند إطلاقها بزاوية 0°. لكنَّ ذلك يجعل الكرة تهبط بسرعة إلى الأرض لأنَّ حركتها بدأت من نقطة قريبة من الأرض.



الشكل 3-20 (a) السرعة والاتجاه التي تنطلق بهما الكرة و(b) التسارع الذي تتاثر به الكرة نتيجة الجاذبية الأرضية.

يمكن للرياضيّ أن يُطلق الكرة بشكل رأسيّ نحو الأعلى، فتعطي **السرعة الرأسيّة Vertical velocity**، v_y، وقتًا أطول للكرة في الهواء. تُنقِص الجاذبية من سرعة الكرة باستمرار في أثناء الصعود. وتعود الكرة لتهبط بعد بلوغها أعلى ارتفاع. لكنْ، عند انعدام v_x، يكون موضع هبوط الكرة هو مكان الانطلاق نفسه.

المدى Range، أو المسافة الأفقية التي يقطعها المقذوف تتطلّب وجود مركبتَيْ السرعة الإبتدائية v_x و v_y. عند إطلاق الأجسام من على سطح الأرض، يتمّ بلوغ المدى الأقصى عند زاوية 45°.



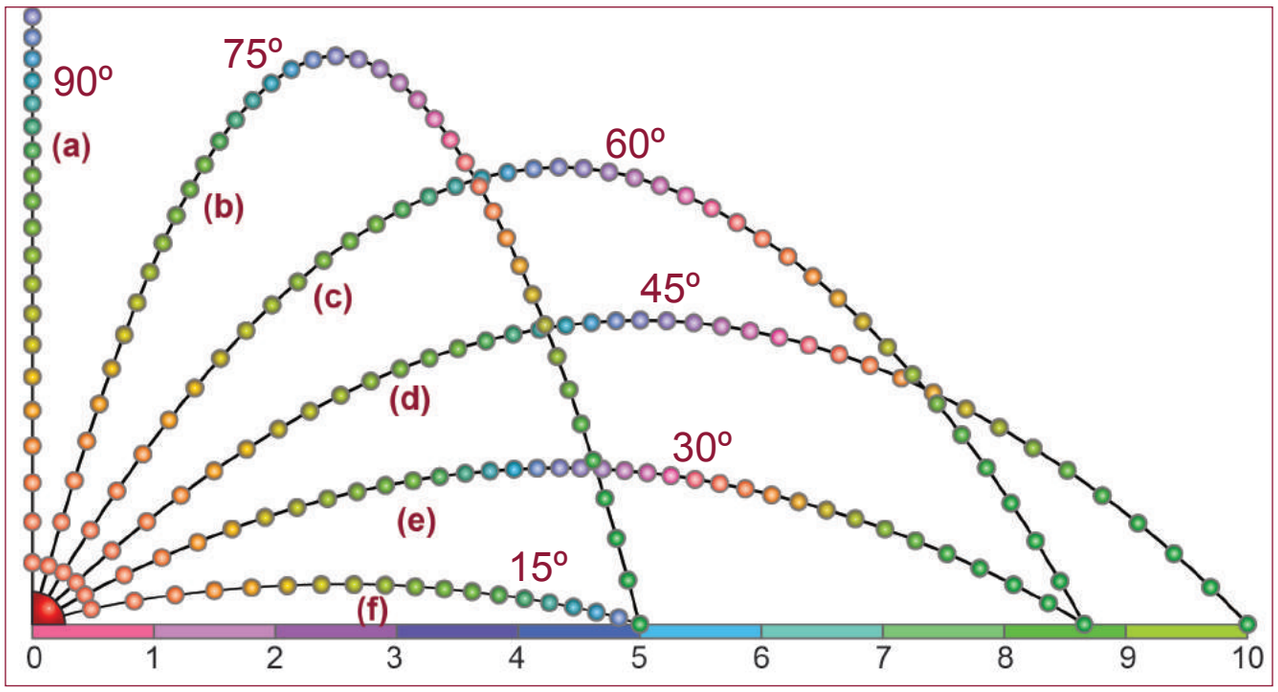
الشكل 3-21 تكون زاوية الإطلاق للمدى الأقصى 45° عادة. وفي حالة الكرة الحديدية تكون 42 درجة لأنه يتم اطلاقها من ارتفاع الكتف.

أما الكرة الحديديّة فيتم إطلاقها في موضع مرتفع من الأرض، وبالتالي يتم تحقيق المدى الأقصى بزاوية إطلاق تبلغ 42° (**الشكل 3-21**).

إذا أُهملت قوى الاحتكاك، أو الرياح، يمكن حساب أقصى مدى تصل إليه الكرة باستخدام علاقات «القطع المكافئ».

لكنّ قوى الاحتكاك موجودة دائمًا، ما يعني أنّ المدى المثاليّ المحسوب من خلال القطع المكافئ يكون دائمًا أكبر من المدى الحقيقي.

زاوية الإطلاق



الشكل 3-22 إطلاق المقذوفات بزوايا إطلاق مختلفة وسرعة ابتدائية ثابتة.

يعتمد مدى المقذوفات على سرعة الإطلاق وزاويته. هناك زوايا تُعطي المدى نفسه. يظهر **الشكل 3-22** مقذوفات ذات سرعات إطلاق متساوية وزوايا مختلفة. ويظهر أيضًا أنّ للمقذوف في المسارين (b) و (f) المدى نفسه، وكذلك في المسارين (c) و (e). و نحصل على أقصى مدى في المسار (d) عند زاوية إطلاق 45°، أمّا في المسار (a)، حيث زاوية الإطلاق هي 90°، فيكون مدى المقذوف صفرًا.

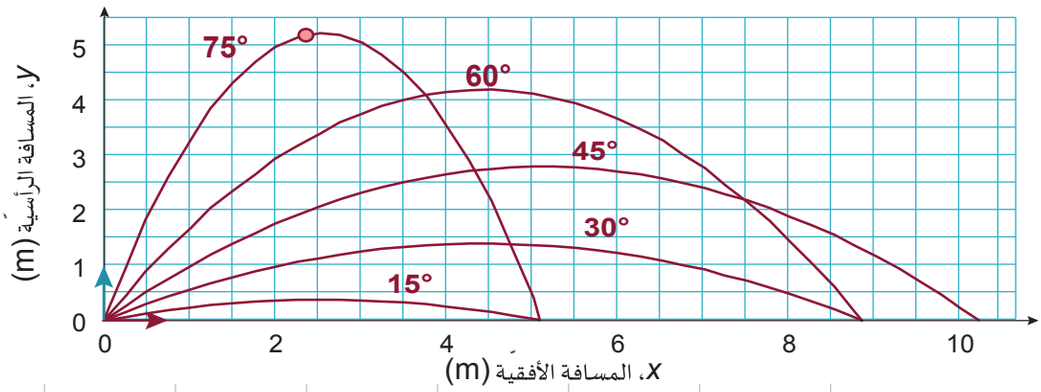
- تتطلّب لعبة رماية القوس (**الشكل 3-23**) فهمًا لزاوية الإطلاق. يحتاج الرامي في بعض المنافسات إلى أن يرمي على الهدف من مسافات مختلفة. لذلك، يكون على الرامي ضبط زاوية الإطلاق بحسب الحاجة.
- في لعبة الجولف، تختلف زاوية الإطلاق باختلاف المضارب المستخدمة. يختار لاعب الجولف الزاوية المناسبة لضرب الكرة اعتمادًا على المسافة إلى الحفرة. ويكون ذلك أسهل من ضبط سرعة الضربة.
- تتطلّب لعبة كرة القدم في أغلب الأحيان أن يرسل اللاعب الكرة من فوق لاعبي الفريق المنافس لتمريرها إلى زملائه في الفريق.

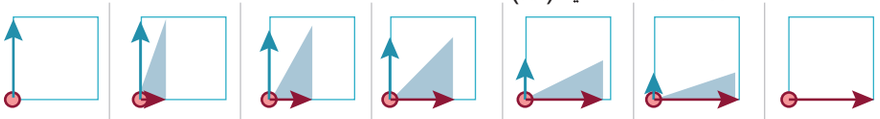
الشكل 3-23 يختار الرامي الزاوية الأنسب لإصابة الهدف.

التوازن بين الحركة الأفقيّة والحركة الرأسيّة

يعرض **الشكل 3-24** المسار الذي تسلكه مقذوفات أُطلقت من زوايا مختلفة وسرعة متساوية. وحيث إنَّ الجسم يتحرّك بزاوية مع الأفق، فسيكون له سرعتان: أفقيّة ورأسيّة. يمتلك المقذوف عند الزوايا الصغيرة سرعة أفقيّة أكبر وسرعة رأسيّة أقلّ.

1. زيادة المركبة الأفقية للسرعة الابتدائية تُعطي مدى أطول لزمن معيّن في الهواء.
2. زيادة المركبة الرأسية للسرعة الابتدائية تُعطي المزيد من الوقت في الهواء.
3. يكون المدى الأقصى عند 45° بحيث تقسم هذه الزاوية السرعتَيْن الأفقيّة والرأسيّة بشكل متساوٍ.





المسافة الرأسيّة / المسافة الأفقيّة	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
السرعة الكليّة (m/s)	10	10	10	10	10	10	10
السرعة الرأسيّة (m/s)	0	2.6	5.0	7.1	8.7	9.7	10
السرعة الأفقية (m/s)	10	9.7	8.7	7.1	5.0	2.6	0
المدى (m)	0	5.1	8.8	10.2	8.8	5.1	0

الشكل 3-24 نموذج حسابيّ لزوايا مختلفة.

لعبة التنس ومسار القطع المكافئ

ربّما تتطلّب رياضة التنس القدرة على توقّع «القطع المكافئ» الذي يشكّل مسار الكرة. على اللاعب توقّع الزاوية التي ستضرب الكرة بها الأرض، إضافة الى الارتداد الناتج ليتمكّن من صدّ الكرة، (**الشكل 3-25**). على اللاعب ضرب الكرة بالزاوية والسرعة المناسبتين حتى تتجاوز الكرة الشبكة. يضرب اللاعب الماهر الكرة بشكل يكسبها التفافًا حول محورها، ما يؤثّر في مسار الكرة في أثناء احتكاكها بالهواء.

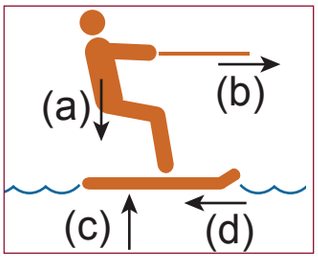
الشكل 3-25 يستفيد لاعب التّنس من مسار القطع المكافئ ليتوقّع ارتداد الكرة.

تقويم الدّرس 3-2

1. كيف تصف الحالة الحركيّة لكرة موضوعة عند علامة منتصف ملعب كرة القدم في بداية المباراة؟
   - **a.** تمتلك الكرة زخمًا حركيًّا.
   - **b.** الكرة في وضع اتزان.
   - **c.** تتبع الكرة مسار قطع مكافئ.
   - **d.** تتسارع الكرة في ملعب كرة القدم.

2. أي من الحالات التالية تصل فيه الكرة المقذوفة الى اقصى ارتفاع؟
   - **a.** $v_y = 2\, v_x$.
   - **b.** قيم متساوية لكلّ من v_x و v_y
   - **c.** قيمة عُظمى للسرعة v_x وقيمة صُغرى للسرعة v_y.
   - **d.** قيمة صُغرى للسرعة v_x وقيمة عُظمى للسرعة v_y.

3. حدّد من خلال المخطّط المجاور (**الشكل 3-26**) المتّجه الذي يمثّل وزن الرياضيّ.
   - **a.** a
   - **b.** b
   - **c.** c
   - **d.** d



الشكل 3-26

4. هل يمكن لجسم يسير في مسار مستقيم، وبسرعة ثابتة، أن يكون في وضع اتزان؟ اشرح ذلك.

5. في العام 1971، قام رائد الفضاء الأمريكيّ آلان شيبرد على سطح القمر بضرب كرة جولف. هل سلكت الكرة مسار «قطع مكافئ»؟ اشرح إجابتك.

6. كيف يمكن قذف جسم بزاويتين مختلفتين والحصول على المدى الأفقي نفسه؟

7. لماذا لا يتمّ في لعبة رمي الكرة الحديديّة إطلاق الكرة عند زاوية $45°$ لبلوغ أعظم مدى؟

8. ما المتغيّرات التي تحدث عندما يزيد رامي السهام زاوية الإطلاق من $0°$ الى $90°$؟

الدرس 3-3
الاحتكاك
Friction

يستخدم عداؤو المسافات القصيرة «مساند القدم» (**الشكل 3-27**) للاستفادة من القانون الثالث لنيوتن. إنّ دفعهم المسند للخلف بقوّة يمنحهم قوّة ردّ الفعل التي تدفعهم للأمام عند بداية السباق. تكون مساند القدم «مثبّتة» على سكة خاصة تمنعها من الحركة. وبدون ذلك، ستنزلق المساند إلى الخلف ولن يحصل العدائون على أية فائدة من وجودها.

الشكل 3-27 مسند القدم عند نقطة الانطلاق.

على العدّاء الذي لم يزوّد مساره «بمسند القدم» البدء بالدفع إلى الخلف عكس المسار ليتمكّن من التحرّك إلى الأمام.القوّة التي تدفع بها قدم العدّاء إلى الخلف عكس المسار يقابلها قوّة ردّ فعل تدفع العدّاء إلى الأمام على المسار. تُسمّى هذه القوة «الاحتكاك».

الاحتكاك Friction قوّة تعاكس الحركة. يحاول العدّاء التحرّك عن طريق دفع الحذاء إلى الخلف، فيُعاكس الاحتكاكُ هذه الحركةَ، ما يسمح للعدّاء بالتحرّك إلى الأمام. ويواجه العدّاء أيضًا قوّة احتكاك في أثناء حركته إلى الأمام. إنّ فهم الاحتكاك مهمّ جدًا في الألعاب الرياضيّة.

مخرجات التّعلُّم

GP1204.1 يصف التأثيرات السلبية لقوى الاحتكاك في الرياضات المختلفة، على سبيل المثال: مقاومة الهواء في رياضة ركوب الدراجات. ويقترح طرقًا للحد منها لتحقيق أقصى قدر من الأداء.

GP1204.2 يصف المعدات الرياضية والظروف التي يكون فيها الاحتكاك المتزايد أمرًا مرغوبًا فيه، ويقترح طرقًا لتحسينه، على سبيل المثال: سطح قفازات حارس المرمي.

المفردات

Friction	احتكاك
Sliding friction	احتكاك انزلاقيّ
Normal force	قوة عموديّة
Coefficient of friction	معامل الاحتكاك
Fluid friction	احتكاك الموائع
Aerodynamics	الديناميكا الهوائيّة
Drafting	سَحب

الاحتكاك

ما الاحتكاك؟

كيف يمكننا التحكّم في الاحتكاك؟

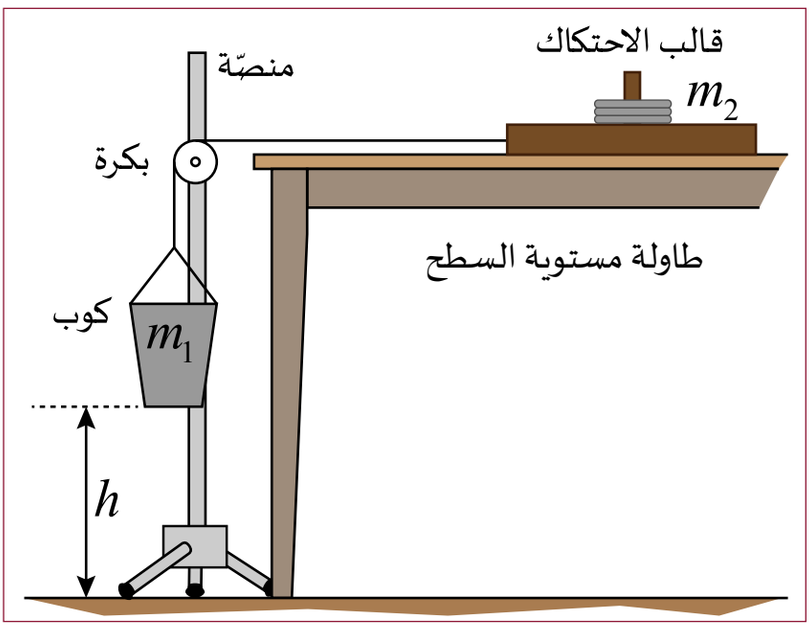
ما فوائد الاحتكاك؟ وما مضارّه؟

كيف يغيّر الاحتكاك من الحركة؟

كيف يتغيّر الاحتكاك بتغيّر نوع المادة؟

كيف يتغيّر الاحتكاك بتغيّر الوزن؟

كيف يمكننا التنبّؤ بالاحتكاك؟



الشكل 3-28 تجربة الاحتكاك.

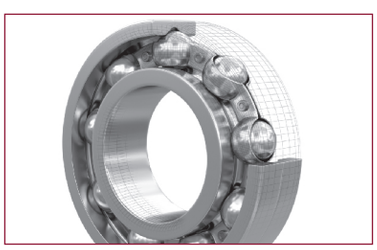
الاحتكاك قوّة تنشأ بين سطحين متلامسين نتيجة حركة أحدهما (أو محاولة حركته) بالنسبة إلى الآخر وتكون معاكسة لاتجاه الحركة. تحوّل قوى الاحتكاك طاقة الحركة إلى حرارة وتسبّب تآكلًا للموادّ.

- تنتج قوة الاحتكاك عن عوامل مختلفة مثل خشونة السطح الذي يتحرك الجسم فوقه، أو مقاومة الهواء والسوائل للاجسام المتحركة خلالها.
- يوصف الاحتكاك على أنه قوّة مؤثّرة في الاتجاه المعاكس للحركة.
- يعتمد احتكاك الانزلاق بشكل كبير على طبيعة الأسطح، والتي ينزلق بعضها فوق بعض، مثل: درجة الخشونة.

الشكل 3-29 قوّة الاحتكاك معاكسة لاتجاه الحركة.

يكون الاحتكاك مفيدًا أحيانًا. فلا يمكنك مثلًاالسير على قدميك أو قيادة الدرّاجة من دون وجود الاحتكاك. تصمّم الأحذية بشكل خاص لزيادة الاحتكاك بين قدمك والأرض. يهدف تصميم الإطارات إلى الأمر نفسه بين العجلات والطريق.

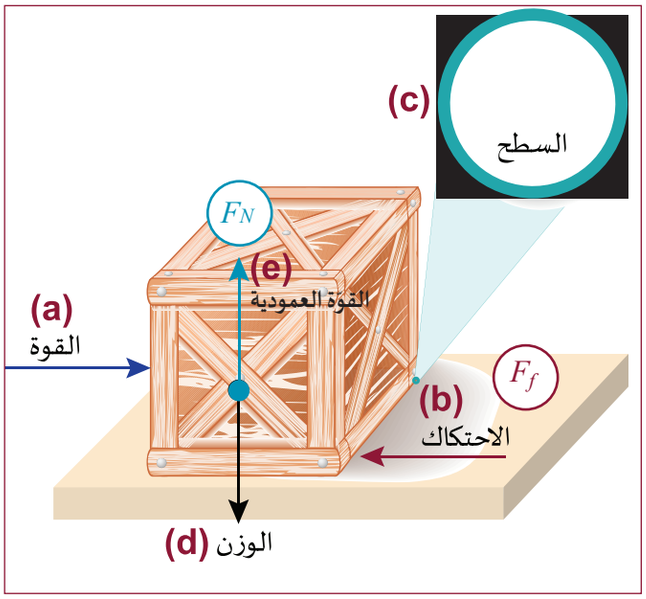
يؤديّ الاحتكاك في كثير من الأحيان إلى إضاعة جزء كبير من الطاقة: على سبيل المثال، تحوّل الأجزاء المحرّكة في السيّارة أكثر من 80 % من طاقة الوقود إلى طاقة حرارية ضائعة. معظم هذه الطاقة الضائعة هي بسبب الاحتكاك الناجم عن انزلاق تلك الأجزاء. تُستخدم تقنيّات خاصة كالزيت ومحمل الكريات (**الشكل 3-30**) لتقليل الاحتكاك.



الشكل 3-30 محمل الكريات.

الاحتكاك الانزلاقي

الاحتكاك الانزلاقي Sliding friction هو مقاومة حركة جسم متحرّك على سطح ما. إنّ دفع زلّاجة تدريب أو صندوق على الأرض يواجه باحتكاك انزلاقي لكلّ منهما.



الشكل 3-31 (a) قوّة تحرّك الصندوق. (b) قوّة احتكاك تؤثر في الصندوق. (c) توضيح لتكبير جزء من السطحين المتلامسين.

يوضّح **الشكل 3-31** القوى المؤثّرة في صندوق مُتحرّك. في أثناء تطبيق قوّة دفع (a) على الصندوق يتعرّض الصندوق لقوّة احتكاك (b). يُظهر تكبير جزء من السطحين المتلامسين (c) أن قوّة الاحتكاك تنتج عن نتوءات صغيرة غير منتظمة للسطحين المتلاصقين. هذه النتوءات هي أساس «الاحتكاك الانزلاقي» والذي يُعرف أيضًا باسم «الاحتكاك الحركي». ويُمكن للتفاعل بين النتوءات غير المنتظمة أن يولّد الحرارة.

إن قوّة الوزن (d) للصندوق ناتجة عن الجاذبيّة، تُعاكسها قوّة ردّ الفعل العمودية من السطح، والتي تُسمّى **القوّة العمودية Normal force**، F_N (**الشكل 3-31e**).

تؤثّر القوى المتعاكسة للوزن والقوة العموديّة في الأسطح المتلامسة، ما يُنتج قوّة احتكاك تزداد مع الوزن.

أمّا المتغيّر الأخير والأكثر أهميّة بالنسبة إلى الرياضيين فهو ما يسمّى «معامل الاحتكاك».

معامل الاحتكاك

$$\mu = \frac{F_f}{F_N}$$

μ	معامل الاحتكاك
F_f	قوّة الاحتكاك (N)
F_N	القوّة العموديّة(N)

معامل الاحتكاك Friction coefficient هو نسبة مقدار قوّة الاحتكاك الحركيّ إلى مقدار القوّة العموديّة. عمليًا، كلّما كان معامل الاحتكاك كبيرًا، كان مقدار قوّة الاحتكاك أكبر. ونقصان معامل الاحتكاك يقابله نقصان في قوّة الاحتكاك.

يقوم فريق سباقات الفورمولا 1 في الغالب بتغيير إطارات سيّارات السباق وفقًا لسطح المسار وحالة الطقس. يعرض **الجدول 3-1** كيف يتغيّر معامل الاحتكاك بحسب المادّة. يتغيّر تصميم الإطارات وفقًا لسطح الطريق الذي تسلكه السيّارات .

الجدول 3-1 قيم μ لإطارات مطّاطيّة.

سطح الطريق	μ جافّ	μ رطب
إسمنت	0.70	0.40
أسفلت	0.65	0.45
حصى	0.50	0.40
جليد	0.07	0.05

مثال 3

يتزلق شخص وزنه 500 N على الرمل فيتعرّض لقوّة احتكاك مقدارها 125 N تعمل على إبطائه. احسب معامل الاحتكاك.

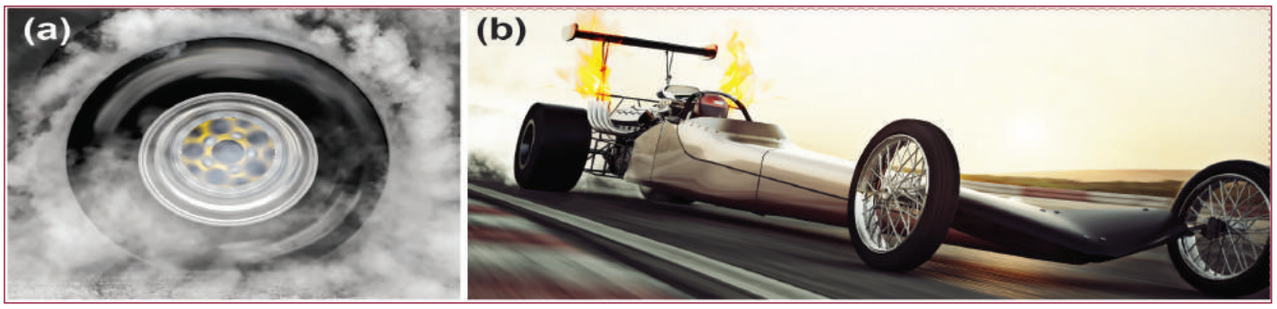
الحلّ

$$F_N = F_w = 500\text{N}$$

$$\mu = \frac{F_f}{F_N} = \frac{125\ \text{N}}{500\ \text{N}} = 0.25$$

المزيد من قوى الاحتكاك

في بعض سباقات السرعة، يقوم السائقون بجعل إطارات سيّاراتهم تدور في مكانها قبل السباق (**الشكل 3-32**). ليصهر الاحتكاك قليلًا من إطارات السيارة (وهو ما يُسمّى «الحرق») الأمر الذي يجعل أسطح الإطارات أكثر نعومة. ينغمس المطاط الناعم في النتوءات الصغيرة على الطريق مما يزيد بشكل كبير من الاحتكاك بالطريق. إلا أنها أنها تتلف الإطارات بسرعة كبيرة.



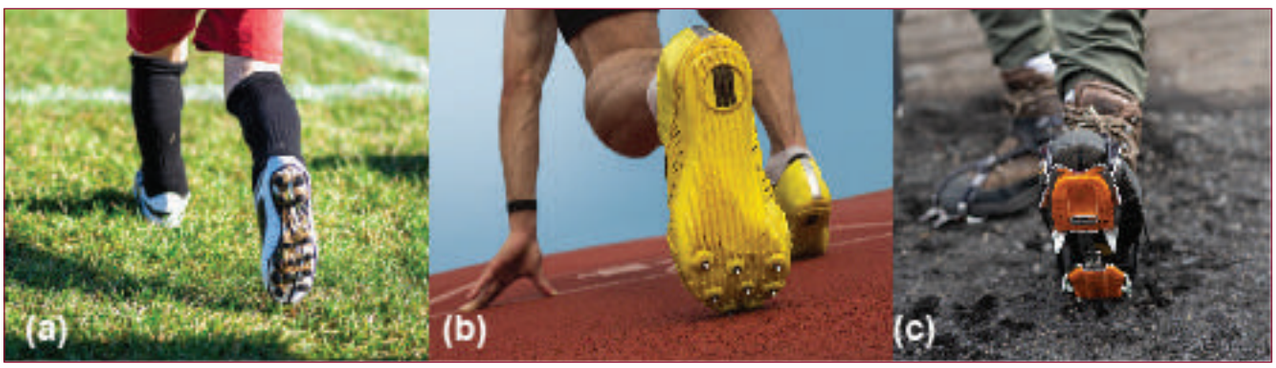
الشكل 3-32 (a) حرق الإطارات (b) توليد المزيد من الاحتكاك لانطلاقة سريعة.

إنّ زيادة مقدار الاحتكاك بين قدم الرياضيّ والأرض مهمّ جدًا في كثير من الألعاب الرياضيّة التي تتطلّب انطلاقات سريعة وتغيّرات مفاجئة في الاتجاه. يُمكن لأحذية خاصّة أن تزيد من الاحتكاك بالأرض (**الشكل 3-33**).

a. البراغي الموجودة في أحذية لاعبي كرة القدم تسمح لهم بتغيير اتجاه حركتهم و انطلاقتهم وتوقّفهم بسرعة من دون الانزلاق على الطين أو العشب الطبيعيّ.

b. تساعد مسامير المسار في أحذية العدّائين على تزويدهم بسيطرة جيّدة عند كلّ خطوة في السباق.

c. لا يمكن ممارسة رياضة تسلّق الجبال الجليديّة من دون البراغي الحادّة الموجودة في أحذية المتسلّقين لزيادة الاحتكاك. يستخدم كثير من المستكشفين أيضًا ذلك النوع من الأحذية عند السير على البحيرات المتجمّدة.

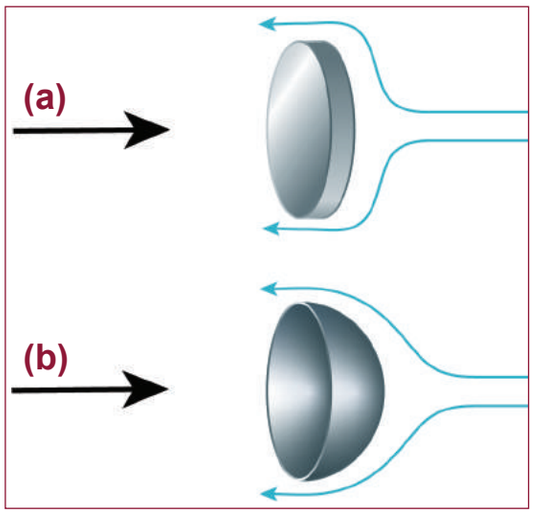


الشكل 3-33 (a) براغي حذاء كرة القدم، (b) مسامير المسار، (c) براغي حذاء تسلّق الجبال الجليديّة.

احتكاك المائع

احتكاك المائع Fluid friction هو احتكاك ينتج عن تحرّك جسم في الماء أو الهواء. لكلٍّ من الماء والهواء كتلته، ولجزيئات الماء والهواء قصور ذاتيّ يُمانِع أيّ تغيير في الحركة (من الأسهل ملاحظة ذلك في الماء). يتطلّب مرور الأجسام الصلبة في المائع وجود قوّة لإزاحة المائع. هذه القوّة هي «للتغلّب على احتكاك المائع».

يعرض **الشكل 3-34** جسمين مختلفين يتحرّكان في مائع. يحتاج كلٌ من الجسمين إلى إزاحة كتلة المائع نفسها عن طريقه، لكنّ الجسم (a) يتيح فترة زمنية قصيرة لحركة المائع، الأمر الذي يتطلّب تسارعًا كبيرًا وينتج بسبب ذلك قوّة احتكاك كبيرة. شكل الجسم (b) يتيح مزيدًا من الوقت لإزاحة المائع، فيسمح ذلك بتسارع أقلّ للمائع وبالتالي ينتج قوّة احتكاك أقلّ.



الشكل 3-34 جسمان يتحرّكان عبر مائع بالسرعة نفسها.

الديناميكا الهوائية Aerodynamics هي دراسة الأشياء المتحرّكة في مائع. ولها أهمّية كبيرة في الكثير من الألعاب الرياضيّة.

الشكل 3-35 تؤثر الديناميكا الهوائية نفسها في الكثير من ألعاب السرعة الرياضيّة.

التقليل من احتكاك المائع مهمّ في كثير من الألعاب الرياضيّة حيث تؤثر الديناميكا الهوائية نفسها (**الشكل 3-35**).

- ينحني المتنافسون إلى الأسفل لتكون المساحة السطحيّة لأجسامهم قليلة إلى حدّها الأدنى؛ وبالتالي، فإنّهم يزيحون أقلّ كمّية من الهواء (أو الماء).
- يتمّ تصميم الخوذ والأدوات الأخرى بشكل يسمح للمائع بالمرور حول جسم اللاعب الرياضيّ بسلاسة.
- تُستخدم الألبسة الخاصّة أو الأسطح ذات معامل احتكاك أقل ما يمكن.

السَّحب

السَّحب Drafting تقنيّة تُستخدم لتقليل احتكاك المائع. الذي يتطلب التغلّب عليه مقدارًا معينًا من الطاقة. إذا كنت في مقدّمة سباق درّاجات، فإنّك أوّل من يواجه الهواء وتستنفذ قدرًا كبيرًا من طاقتك لمقاومة الهواء.

الشكل 3-36 السحب في سباق الدرّاجات وسباق السيّارات.

في الوقت الذي يحاول فيه المتسابق الأول التغلّب على احتكاك المائع في المقدّمة، يمكن للمتنافسين الآخرين التحرّك بسهولة خلفه وتوفير جهدهم. يحافظ المتسابق الأول على سرعته في أثناء مواجهته احتكاك الهواء، ويستطيع المتسابقون الآخرون الموجودون خلفه مباشرة الحركة بنفس سرعة المتسابق الأوّل ولكن ببذل طاقة أقلّ. إذا كانوا قريبين بما فيه الكفاية، يستمرّ الهواء في تجاوزهم من دون أن يتعرّضوا للكثير من الاحتكاك (**الشكل 3-36**). قوّة السحب مفيدة في الكثير من الألعاب الرياضيّة.

الشكل 3-37 سحب التزلّج السّريع.

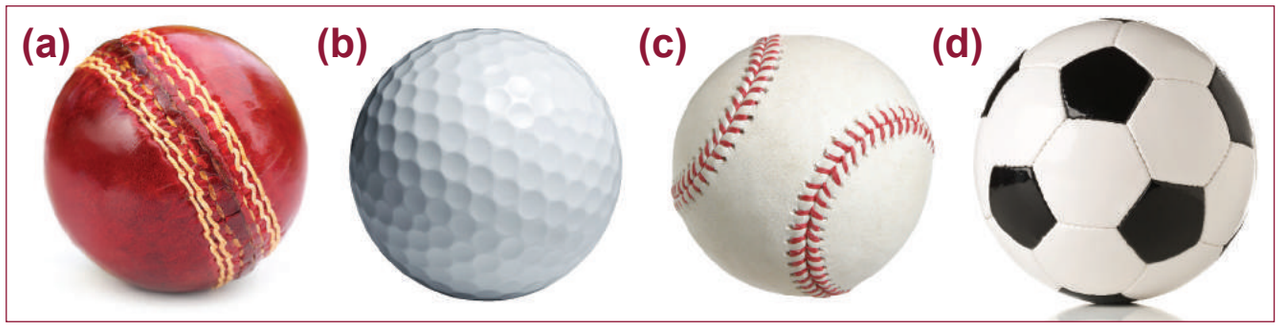
- في سباقات التزلّج السريع (**الشكل 3-37**)، تُبذل كل الجهود من اللاعبين لتقليل الاحتكاك. خوذ الديناميكا الهوائية، والبدلات ذات معاملات الاحتكاك المنخفضة، وقوّة السحب في السباق، جميعها تُسهم في تقليل التأثيرات السلبية لاحتكاك المائع.
- يتبادل اللاعبون في الغالب أدوار القيادة في سباقات الدرّاجات والتزلّج، وذلك للسماح لباقي أفراد الفريق الواحد أخذ استراحة خلف المجموعة. تعمل فرق سباق السيّارات بعضها مع بعض أحيانًا لأنَّ تعرّض أحدى السيّارات لقوّة السحب يساعد قائد الفريق على التحرّك بسرعة أكبر قليلًا.
- يكمن خطر قوّة السحب في السرعات العالية حيث يصعب تجنّب حادث مفاجيء. تكون هذه فرصة للمتنافسين الأقل سرعة للفوز بالسباق، لأنّ جميع من في مقدمة السباق سيخرجون من السباق عند وقوع حادث.

استخدام احتكاك المائع

الشكل 3-38 أحد الأنماط التي يشكّلها المظليّون.

يُعدّ احتكاك المائع جزءًا مهمًا في رياضة القفز بالمظلّة. في أثناء الهبوط يبدّل المظليّون الانتظام بين أقدامهم وأذرعهم، لكي يتمكّنوا من التحرّك عبر الهواء لصنع أشكال معيّنة (**الشكل 3-38**). بمجرّد فتحهم للمظلة ، يتغير شكل المظلة بحيث تزداد مساحتها المعرضة لدفع الهواء فتزداد مقاومة الهواء لتسمح لهم بالحركة والهبوط في الهدف المحدد. إنّ احتكاك المائع يسمح لهم أيضًا بالإبطاء في أثناء الهبوط لتحقيق الهبوط الآمن.

عند انتقال مقذوف في الهواء، فإنّ مساره يتغيّر عند تعرضه لاحتكاك الهواء. يبقى هذا الأمر متوقّعًا ويصعب تجنّبه. تمتلك بعض المقذوفات أسطحًا ذات أشكال محدّدة، تشتمل على تجويفات أو أخاديد تسبّب تدفقًا غير منتظم للهواء على سطحها. ومع إضافة الدوران للكرة قد يصبح توقّع مسار الكرة صعبًا (**الشكل 3-39**).



الشكل 3-39 كرات مع خصائص لأسطحها تؤثّر في تدفّق الهواء.

a. كرة الكريكت: أحد الأطراف أكثر نعومة من الآخر، ودورانها بالشكل الصحيح يمكن أن يؤدّي إلى نقطة ارتداد غير متوقّعة.

b. كرة الجولف: عندما تدور، يمكن أن تسبّب الأخاديد فيها مزيدًا من احتكاك المائع في أسفل الكرة، الأمر الذي لا يسمح لها بالسقوط بسرعة. هذا الأمر يحدث عند زوايا الانطلاق المنخفضة، ليعطي سرعة V_x أكبر ومدى أكبر.

c. كرة البيسبول: يمكن أن يغيّر رَمْيُ الكرة بشكل دوّار المسار المتوقّع بشكل يشمل الارتفاع أوالتقوّس، فتصبح إصابة الهدف أكثر صعوبة.

d. كرة القدم: لدى بعض اللاعبين المقدرة على ركل الكرة ليصبح مسارها منحنيًا, أو يتقوّس بطريقة غير متوقّعة.

نشاط 3-3 الاحتكاك في أنواع الرياضة

الخطوات:

ضمن مجموعات صغيرة:

1. اختر نشاطًا رياضيًّا.
2. أجرِ بحثًا وتحليلًا حول هذه الرياضة.
3. صمّم ملابس أو معدّات تقلّل من الاحتكاك وتحسّن أداء الرياضيين أو المعدّات في الرياضة التي اخترتها.
   a. ابحث في تاريخ التطوّرات التي طرأت على هذه الرياضة.
   b. حدّد أبرز الرياضيين أو المعدّات التي حطّمت الأرقام القياسيّة.

إضافة الاحتكاك:

1. اختر مظهرًا آخر لهذه الرياضة.
2. بيّن كيف أنّ إضافة الاحتكاك يؤدّي إلى تحسين الأداء في هذه الرياضة.
3. حدّد كيف يمكن لقوانين نيوتن أن تُستخدم في هذه الرياضة.
   a. أرسم مخطّط الجسم الحرّ لتوضيح القوى المشمولة في هذه الحالة.

الأسئلة:

a. لماذا يصبح احتكاك المائع أكثر أهميّة عند السرعات العالية؟
b. كيف يمكن التوفيق بين زيادة الكفاءة وتقليل احتكاك المائع؟
c. ما التقنيّة المستخدمة لقياس الاحتكاك في معدّات التدريبات الرياضيّة؟

تقويم الدّرس 3-3

1. كيف يؤثّر سطح الزلاّجة الأملس في مقدار الاحتكاك الانزلاقي الذي تتعرّض له؟
   a. تقلّل من القوّة العموديّة.
   b. تقلّل بشكل كبير من وزن الزلّاجة.
   c. تقلّل من التشابكات بين سطح الزلّاجة والمسار.
   d. تسخّن المادّة المصنوعة منها الزلّاجة وتقلّل الاحتكاك.

2. ما المتغيّرات التي تتأثر عند استخدام حذاء يحتوي على براغي في لعبة كرة القدم؟
   a. تزداد القوّة العموديّة
   b. وزن اللاعب يصبح كبيرًا جدًا.
   c. يزداد عدم الانتظام بين الأسطح.
   d. يزداد طول اللاعب بشكل كبير

3. يتعرّض درّاج لقوّة احتكاك مائع مقدارها 90 N، ويبلغ مقدار القوّة العموديّة للمسار 600 N. ما مقدار معامل الاحتكاك لهذا الدرّاج؟
   a. 0.15
   b. 0.30
   c. 0.45
   d. 0.60

4. أيٌّ من المقذوفات الآتية لا يمكن أن يغيّر مساره نتيجة لميزات سطحه؟
   a. كرة القدم.
   b. البيسبول.
   c. الجولف.
   d. رمي الكرة الحديديّة

5. نظّمت دولة قطر في العام 2019 الألعاب الشاطئيّة لاتحاد اللجان الأوليمبية الوطنيّة. ما الاختلافات بين النشاطات التي تُجرى على الرمال وتلك المشابهة لها، والتي تُجرى على الأسطح الصلبة؟

6. لماذا يتطلّب سباق السيّارات الكثير من الاحتكاك عند بداية السباق؟

7. ما المبدأ الذي تستند إليه قوّة السحب في سباقات السيّارات ؟

8. كيف يمكن للزيت أن يقلّل من الاحتكاك بين جسمين؟

إضاءة على عالم

اسحق نيوتن: 1642-1726

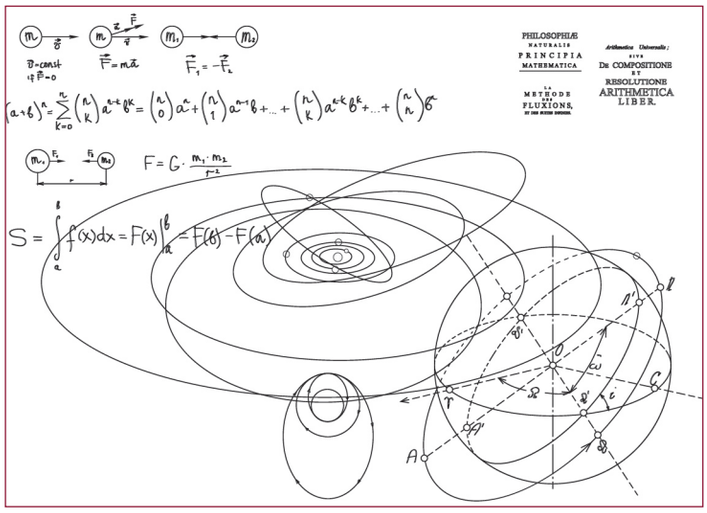
الشكل 3-40 اسحق نيوتن.

يُعدُّ اسحق نيوتن (**الشكل 3-40**) أكثر العلماء أهميةً وتأثيرًا في تاريخ العلوم، ولم يتقدّم عليه في السنوات الأخيرة إلّا أينشتاين. قانون نيوتن الأوّل في الحركة، «قانون القصور الذاتي»، بُني على قضيّة يعود الفضل فيها إلى أرسطو، وتمّ تعديلها لتشمل الكواكب. كان الجدل قائمًا حتى ذلك الوقت حول ما إذا كانت القوى المتحكّمة في الأجسام العاديّة على سطح الأرض، هي نفسها المتحكّمة في الأجسام السماوية. عرّف نيوتن بشكل رياضيّ أيضًا القوى التي تسرّع الكتلة وطبيعة تفاعل القوى.

كان لنيوتن نظرة ثاقبة في الرياضيات عندما كان شابًا، على الرغم من عدم تميّزه في الجامعة حينها. اضطر للعمل لعدم وجود تمويل كاف لتعليمه، إلى أن اكتُشفت عبقريَّته، فنال منحة دراسية.

اهتمّ نيوتن بالضوء إلى جانب الرياضيات، فمن خلال تجارب دقيقة اقتنع أنَّ الضوء الأبيض هو مزيج من جميع الألوان. يمكن فصل الضوء الأبيض الى مكوّناته عن طريق تمريره عبر «منشور». أدرك نيوتن أن ذلك أدّى إلى عيب في التلسكوبات المزوّدة بعدسات زجاجيّة، فقام بتصميم وبناء أوّل تلسكوب عاكس.

إن تصميم نيوتن لهذا التلسكوب جعله محط تقدير واهتمام علماء الفلك المشهورين. وقد شكّل تفسير حركة الكواكب (**الشكل 3-41**) وتأثير الجاذبيّة أساس أعماله العظيمة.



الشكل 3-41 من حسابات نيوتن في الجاذبية.

الوحدة 3

مراجعة الوحدة

الدرس 3-1 قوانين نيوتن

- **القانون الأول لنيوتن** يُسمّى «قانون القصور الذاتي»، وينصّ على أنّ الجسم الساكن، أو المتحرّك بسرعة ثابتة، يبقى في حالة السكون أو الحركة نفسها ما لم يتأثّر بقوّة غير متّزنة.
- تُقاس **القوّة بوحدة نيوتن و** هي تعادل $kg\ m/s^2$.
- **مخطّط الجسم الحرّ** هو طريقة لتمثيل القوى المؤثّرة في جسم ما باستخدام أسهم تدل على مقادير هذه القوى واتجاهاتها.
- محصّلة القوى هي جمع القوى الكليّة المؤثّرة في جسم ما، مع الأخذ بعين الاعتبار اتجاه تلك القوى.
- ينصّ **القانون الثاني لنيوتن** على أن تسارع جسم ما يساوي محصّلة القوى المؤثّرة في الجسم مقسومة على كتلة الجسم.
- **القانون الثالث لنيوتن** يُسمّى أيضًا قانون «الفعل ورد الفعل» وينصّ على أنّ القوى توجد كأزواج متساوية في المقدار ومُتعاكسة في الاتجاه و تؤثر في جسمَيْن مختلفَيْن.

الدرس 3-2 المقذوفات

- **المقذوف** جسم يتحرّك تحت تأثير الجاذبيّة فقط.
- **حركة المقذوفات** حركة الجسم في مسار منحنٍ تحت تأثير قوة الجاذبية..
- **الاتزان** حالة تكون فيها محصّلة القوى على جسم ما صفرًا.
- **السرعة الأفقيّة** v_x تصف الحركة بسرعة ثابتة على المحور الأفقي x فقط.
- **السرعة الرأسيّة** v_y فهي تصف الحركة بسرعة متغيرة على المحور الرأسي y فقط.
- **المدى** هو المسافة المقطوعة على المحور الأفقي x.

الدرس 3-3 الاحتكاك

- **الاحتكاك** قوة تنشأ بين سطحين متلامسين نتيجة حركة (أو محاولة حركة) أحدهما بالنسبة إلى الآخر، وتكون معاكسة لاتجاه الحركة.
- **القوّة العموديّة** قوة رد فعل رأسيّة ناتجة من الأسطح الداعمة.
- **معامل الاحتكاك** نسبة قوّة الاحتكاك إلى القوّة العموديّة.
- **احتكاك المائع** احتكاك يمانع حركة الأجسام عبر السوائل أو الغازات.
- **السحب** هو تقنيّة للتقليل من الاحتكاك ضمن المجموعات.

تقويم الوحدة

أسئلة الاختيار من متعدّد

1. أيٌّ من الأجسام الآتية لديه أكبر قصور ذاتي؟
   a. جسم كتلته 20 kg وسرعته 0 m/s.
   b. جسم كتلته 10 kg وسرعته 5 m/s.
   c. جسم كتلته 5 kg وسرعته 15 m/s.
   d. جسم كتلته 1 kg وسرعته 100 m/s.

2. يضرب لاعب التنس الكرة بالمضرب. اذا كانت قوّة الفعل تؤثّر في الكرة، فما قوّة ردّ الفعل؟
   a. القصور الذاتيّ للكرة يمانع التسارع.
   b. قوّة الكرة التي تؤثّر في المضرب.
   c. قوّة لاعب التنس وهو يلوّح بالمضرب.
   d. القوّة التي تعاكس اتجاه الكرة عندما تُضرب الكرة من اللاعب الخصم.

3. ما القوّة اللازمة لتسارع كرة كتلتها 2 kg بمعدّل $12\ m/s^2$؟
   a. 6 N.
   b. 10 N.
   c. 14 N.
   d. 24 N.

4. ما اسم قانون نيوتن الثالث؟
   a. الاندفاع.
   b. الزخم الخطيّ.
   c. الفعل، وردّ الفعل.
   d. القصور الذاتيّ.

5. ما القوى المؤثّرة في حركة المقذوفات؟
   a. قوّة الجاذبيّة فقط.
   b. قوّة الاحتكاك فقط.
   c. قوّة الجاذبية وقوّة الاحتكاك.
   d. قوّة الجاذبية، وقوّة الاحتكاك, والقوّة العموديّة.

6. أيٌّ من الجمل الآتية تعبّر بشكل صحيح عن تأثّر كرتين مختلفتين في الكتلة بالقوى نفسها؟
   a. الكرة ذات الكتلة الأقلّ لها تسارع أكبر.
   b. الكرة ذات الكتلة الأكبر لها تسارع أكبر.
   c. كلٌّ من الكرتَيْن سيكون تسارعها صفرًا، لأنّ القوى المتساوية يلغي بعضُها بعضًا.
   d. كلٌّ من الكرتَيْن سيكون لهما التسارع نفسه لأنّهما تتعرّضان لقوى متساوية.

7. لماذا يمكن توقّع مسار الكرة؟

a. السرعة V_x تكون بالمقدار نفسه دائمًا.

b. زاوية الإطلاق هي دائمًا نفسها.

c. تأثير الجاذبيّة في الكرة هو دائمًا نفسه.

d. يمكن للكتلة أن تتغيّر عندما تنتقل الكرة عبر الهواء.

8. إذا كانت كتلة دراج و دراجته معًا 60 kg. ما أقلّ قوّة لازمة لإكسابهما تسارعًا مقداره $6\ m/s^2$؟

a. 10 N

b. 36 N

c. 360 N

d. 588 N

9. ما المقصود بالقوّة العمودية ؟

a. كتلة الجسم.

b. وزن الجسم.

c. سرعة الجسم.

d. قوّة ردّ الفعل من السطح الداعم.

10. أيٌّ ممّا يأتي يزيد من احتكاك المائع؟

a. الشكل الديناميكيّ الهوائيّ.

b. زيادة سرعة التحرّك عبر المائع.

c. الحركة عبر المائع بمساحة سطح أقلّ.

d. معامل احتكاك أقلّ للأسطح.

11. لماذا تكون أشكال الأسطح الديناميكيّة الهوائيّة في أغلب الأحيان منحنية؟

a. لأنّ ذلك يحرّك هواءً أقلّ.

b. لأن ذلك يزيد من مساحة السطح.

c. لأنه يعطي للهواء وقتًا إضافيًّا للمرور حول الجسم.

d. لأنّ ذلك أسهل وأرخص من بناء أسطح مستوية.

12. كيف يقوم المظليّون بإبطاء سرعتهم في أثناء السقوط (من دون استخدام مظلّاتهم)؟

a. زيادة كتلتهم.

b. زيادة مساحة السطح.

c. إنقاص معامل الاحتكاك.

d. زيادة الزمن اللازم لتدفّق الهواء حولهم.

الدرس 3-1 قوانين نيوتن

13. ما الذي يحدّد كمّية القصور الذاتيّ لجسم ما؟

14. عند انفجار سفينة فضاء بعيدًا عن مجال الجاذبية، صف حركة قطعة صغيره منها بعد الانفجار.

15. لماذا تستخدم الألعاب الرياضيّة في العالم كُتلًا معياريّة لكرات القدم؟

16. ما الحماية التي تؤمّنها حشوات الملابس التي يرتديها الرياضيّون في الألعاب التي تتطلّب تلاحمًا؟ استخدم القانون الثاني لنيوتن لتوضيح إجابتك.

17. ما قوّة رد الفعل عندما تقفز في الهواء من عوّامة تطفو على الماء.

18. قوّتا الفعل ورد الفعل متساويتان دائمًا في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه. لماذا لا تلغي القوّتان إحداهما الأخرى؟

19. تتوقّف الأجسام تدريجيًّا اذا لم تتأثّر بقوة دفع ثابتة.
تستمرّ الأجسام في حركتها بسرعة واتجاه ثابتين عند غياب القوّة المؤثّرة فيها.
اشرح كيف يمكن أن تكون الجملتان صحيحتين؟

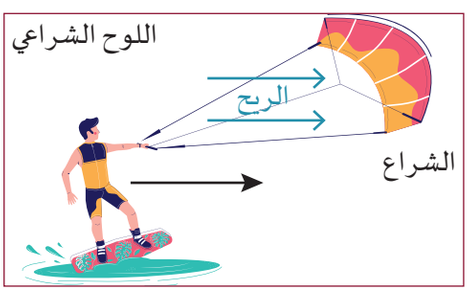
20. سيّارة سباق كتلتها 1200 kg يبلغ تسارعها $9.0\ m/s^2$. احسب محصّلة القوى المؤثّرة في السيّارة.

21. ارسم مخطّط الجسم الحرّ لسيّارة سباق عند استخدام المكابح لإبطاء السرعة.

الدّرس 3-2 حركة المقذوفات

22. لماذا لا يصوّب رامي القوس بشكل مستقيم على الهدف البعيد؟

23. اذكر ثلاث ألعاب رياضيّة لا تكون حركة المقذوفات فيها جزءًا من اللعبة. اذكر ثلاث ألعاب رياضيّة مختلفة تكون حركة المقذوفات فيها جزءًا من اللعبة.



24. اللوح الشراعيّ هو إحدى ألعاب ركوب الأمواج، حيث يُسحب فيها المتسابقون على سطح الماء بمظلّة. بإمكانهم القيام ببعض الحركات في الهواء في أثناء ركوبهم إحدى الموجات. هل يشكل راكبو الأمواج مقذوفات في حركتهم عبر الهواء؟ اشرح إجابتك.

25. هل يتحرّك المشاركون في قفزات التزلّج على الماء في مسار قطع مكافىء؟ اشرح إجابتك.

الدّرس 3-3 الاحتكاك

26. ما أهمية تغيير نوع الإطارات المستخدمة في سباقات سيّارات الفورمولا 1؟

27. ما مدلول معامل الاحتكاك الكبير بالنسبة إلى الأسطح؟

28. لماذا تُستخدم إطارات كثيرة العقد لدرّاجات الطرقات الوعرة وتُستخدم الإطارات الناعمة لدرّاجات الطرقات العاديّة ؟

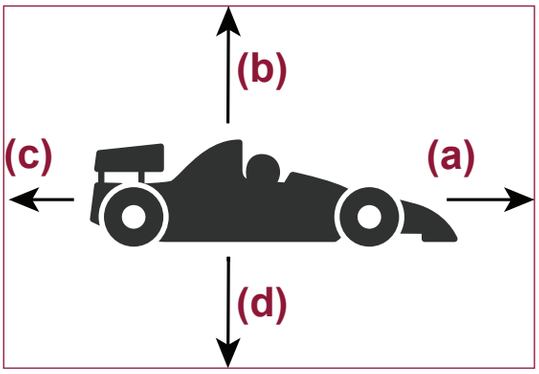
29. يعرض **الشكل 3-42** مخطّطًا لسيّارة متحرّكة في الاتجاه (a). حدّد نوع كلٍّ من القوى (b) و(c) و (d).

a. اتجاه الحركة.

b. .....

c. .....

d. .....



الشكل 3-42 سيّارة متحرّكة.

30. عند تصميم درّاجة سباق، ما التعديلات التي تقترحها على دراجات السباق الحاليّة للتقليل من قوى الاحتكاك بالهواء؟

31. لماذا يكون السحب في سباق الدرّاجات الطويل أهمّ من السحب في سباقات السرعة؟

32. كيف تؤثّر الأخاديد الموجودة في كرة الجولف في مسار الكرة؟

33. ما الميزة المُكتسبة من حركة كرة القدم او البيسبول في مسار منحنى؟

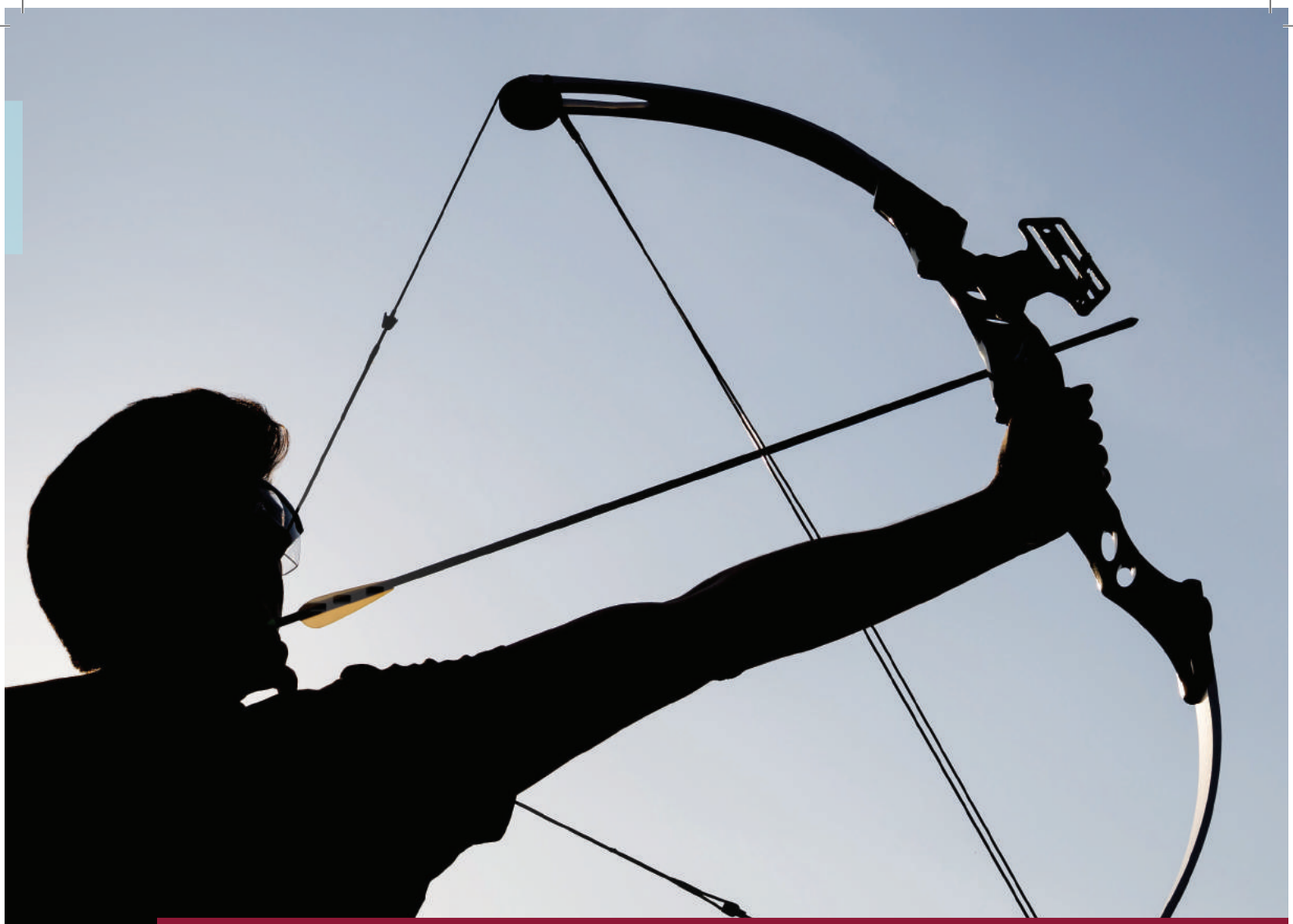
34. ما الضّرر الرئيس للسحب في سباقات التزلّج السريع؟

35. ما الشكل الذي يسمح للمظليّ بالسقوط بسرعة قصوى.

36. معامل الاحتكاك ليس له وحدة قياس. فسّر ذلك.

37. الصحن الطائر (فريسبي) هو إحدى الألعاب البلاستيكيّة الشائعة (**الشكل 3-43**). اشرح كيف يصل الصحن إلى مدى طويل حتى وإنْ كانت زاوية الإطلاق صغيرة جدًا.

الشكل 3-43 الصحن الطائر (فريسبي).



الوحدة 4
المواد في تكنولوجيا الرياضة
Materials in Sports Technology

في هذه الوحدة

الدرس 4-1: أدوات الألعاب الرياضيّة GC1203

الدرس 4-2: المواد المُركّبة في الألعاب الرياضيّة GC1204

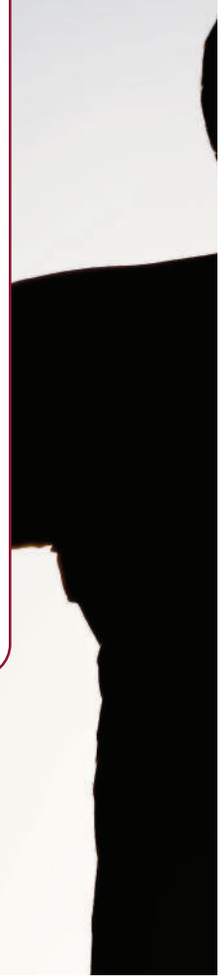
الوحدة 4

مقدّمة الوحدة

غالبًا ما تؤدّي المنافسة في الألعاب الرياضية إلى تطوير ابتكارات جديدة في علوم المواد. فبفضل المواد القوية المدعمة والمرنة أصبح قوس الصيد الحديث أكثر تفوّقًا من نظيره المصنوع من الخشب الذي استُخدم قبل 200 سنة. كذلك فإن وضع طبقات مختلفة من البوليمرات لتشكيل مساند ارتدادية لأحذية العدّائين جعلها تتقدم بأشواط على الأحذية التي كانت معروفة قبل 50 سنة. إنّ ارتفاع شدّة المنافسة يؤدّي الى الاستمرار في تحسين الأدوات المستخدمة في الألعاب الرياضية.

تُطَوِّر الألعاب الرياضية الباهظة التمويل، مثل سباقات الفورمولا 1، تكنولوجيّات متقدّمة جدًا يُستفاد منها في سيارات السباق، كما في السيارات العادية أيضًا. فعندما يستخدم رياضيّ معروف عالميًا سترات ومعدات واقية جديدة، سنجد أن رياضيّين آخرين حول العالم سيحاولون فورًا الحصول على مثيلاتها.

سنتطرّق في هذا الدرس إلى الموادّ والتطبيقات التكنولوجية الجديدة في الألعاب الرياضية.



الأنشطة والتّجارب

a1-4 خصائص المادة

b1-4 الموادّ الجديدة في الألعاب الرياضية

a2-4 صنع مادة مُركّبة بسيطة

b2-4 تجارة بيع المواد المُركّبة

الدرس 4-1
أدوات الألعاب الرياضيّة
The Tools of Sports

تم استخدام القوس والسهم لأكثر من 7000 سنة للصيد والحرب. اليوم، يستمتع العديد من الرياضيين برياضة الرماية (**الشكل 4-1**). يفضل العديد من الصيادين مزاولة تحدي الصيد باستخدام القوس. والمبادئ هي نفسها ولكن تقنية القوس الحديث تختلف عن الأقواس القديمة كمثل سيارة فورمولا 1 مقارنة بعربة الخيل.

الشكل 4-1 تستخدم رياضة الرماية الحديثة مواد متطوّرة في كل من الأقواس والسهام.

إنّ فهم وظيفة الأدوات في الألعاب الرياضية هو الخطوة الأولى في تحسين أدائها. ومبادئ الفيزياء والكيمياء هي أساس تطوير الابتكارات التي تقود الى ذلك التحسين.

سيعرض هذا الدرس أدوات الألعاب الرياضية، ووظائفها الرئيسة، وتطويرها، والتقدّم الذي نشهده اليوم في هذا المجال.

مخرجات التّعلُّم

GC1203.1 يبحث في تطبيقات المواد الجديدة في مجموعة من الألعاب الرياضية، ويحدد العامل الرئيس الذي يساهم في استخدامها.

المفردات

معامل الارتداد	Coefficient of restitution

نشاط 4-a1 خصائص المادّة

سؤال الاستقصاء	لماذا تُصنّع كرات الألعاب الرياضية المختلفة من موادّ مختلفة؟
الموادّ المطلوبة	مسطرة متريّة، مجموعة متنوّعة من الكرات المصنّعة من العديد من الموادّ المختلفة التي تستطيع إيجادها.

الخطوات

1. العمل ضمن مجموعات صغيرة.
2. اجمع عددًا من الكرات المصنّعة من موادّ مختلفة، والتي تتضمّن كرات بلاستيكية وزجاجية إن أمكن.
3. ضع الكرة بحيث يكون طرفها السفلي على ارتفاع متر واحد فوق سطح أرضيّة مستوية.
4. أفلِت الكرة وراقب بدقّة الارتفاع الذي سترتدّ إليه بعد ارتطامها بالأرضيّة باستخدام المسطرة المترية المثبتة على الحائط. يمكنك أن تسجل ما تشاهده باستخدام هاتفك الذكي لتحصل على قياس أكثر دقّة لارتفاع الارتداد.
5. كرّر الاختبار مرّاتٍ عديدة للحصول على متوسّط مقبول.
6. سجّل البيانات التي حصلت عليها في الجدول المرفق الآتي:

المادّة	(a) الارتفاع الأصلي (cm)	(b) الارتفاع بعد الارتداد (cm)	$\sqrt{\frac{(b)}{(a)}}$
البلاستيك	100	24	0.49
المطّاط الناعم	100	74	0.86

7. ارتفاع الكرة بعد ارتدادها يشير إلى سرعتها بعد ارتطامها بالأرض. يمكننا استخدام النسبة بين الارتفاعين للحصول على ما يشير إلى معامل الارتداد لكلّ نوع من الكرات.
8. احسب هذه النسبة لكلّ كرة.
9. أنشئ مخطّطًا عموديًا للكرات بدءًا من القيم الأعلى وصولًا إلى الأدنى.

الأسئلة

a. ماذا سيحدث اذا أجرَيْت هذا النشاط على أرضية مفروشة بالسجاد؟

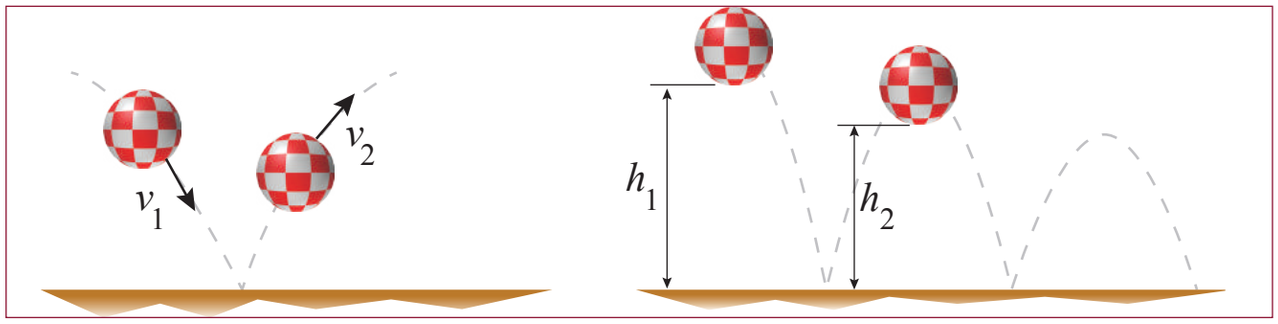
b. ما الذي يجب عمله لكي ترتد الكرة إلى ارتفاعها الأصلي؟

c. هل يمكنك إيجاد مادة لصنع كرة ليس لها أي إرتداد على الإطلاق؟ فسر ذلك.

d. كيف يمكن استخدام المادّة نفسها في تصاميم مختلفة لكي ترتد أو لا ترتد؟

معامل الارتداد

تختزن المادّة طاقة عند التمدّد أو الانضغاط. يقيس **معامل الارتداد Coefficient of restitution** (C_R) نسبة الطاقة المنطلقة عند عودة المادّة إلى حالتها الأصلية. وعلى سبيل المثال، ترتطم كرة مطّاطية بالجدار بسرعة v_1 لترتّد بسرعة v_2. تكون سرعة ارتدادها (v_2) دائمًا أقلّ من سرعتها (v_1)، حيث إنّ بعضًا من الطاقة يفقد دائمًا خلال الارتداد. يمكن لمعامل الارتداد أن يُحدّد أيضًا من خلال ارتفاع صعود الكرة (h_2) بعد إلقائها من على ارتفاع h_1.



الشكل 4-2 تجارب لتحديد معامل الارتداد.

تُستخدم المعادلة الآتية لحساب معامل الارتداد من خلال البيانات التجريبية للسرعة أو الارتفاع.

معامل الارتداد

$$C_R = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

C_R	معامل الارتداد		
v_1	السرعة قبل التصادم	h_1	ارتفاع السقوط قبل التصادم
v_2	السرعة بعد التصادم	h_2	ارتفاع الارتداد بعد التصادم

مثال (1)

لدينا كرة مصنوعة من نوع من المطّاط معامل ارتداده 0.75. ارتدّت الكرة إلى ارتفاع 1.5 m. كم يبلغ الارتفاع الذي أُلقيت منه الكرة؟

الحل

$$C_R = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

نقوم بحساب الارتفاع الابتدائي (h_1) لنحصل على 2.67 m.

$$h_1 = \frac{h_2}{C_R^2} = \frac{1.5\ \text{m}}{(0.75)^2} = 2.67\text{m}$$

قوس الرماية

يختزن قوس الرماية طاقةً كما في النابض. تنتقل هذه الطاقة إلى السهم بواسطة خيط القوس. كلّما كان انحناء القوس أكثر، ازدادت الطاقة التي يختزنها وينقلها إلى السهم. كانت الأقواس الطويلة البدائية تصنع من الخشب، واستُخدمت فيها الأسهم الطويلة (**الشكل 4-3**).

الشكل 4-3 (a) القوس الطويل، (b) القوس المنحني، (c) القوس المُركّب.

التصميم الأفضل يكون بانحناء القوس في الاتجاه المعاكس للخيط، ما يعطي السهم قوّة أكبر بمسافة شدّ أقلّ (**الشكل 4-3 a,b**) تُستخدم مواد أقوى مثل ألياف الزجاج في صناعة القوس المُركّب (**الشكل 4-3c**) الذي يحتوي على بَكَرات للتقليل من جهد الرامي. يتطلّب التصميم المنحني قوة أكبر تؤمّنها مادة القوس. للحصول على توازن صحيح بين القوّة والمرونة، تُغطّى الأقواس المنحنية الحديثة بطبقات من موادّ ذات رقائق مختلفة (**الشكل 4-4**).

الشكل 4-4 عملية تغطية الأقواس.

طرأ تغيير على الموادّ المستخدمة في الأسهم أيضًا، فالأسهم الخشبية تلتوي وتنحني عند استخدامها في الأقواس القويّة. تستخدم ألياف الألمنيوم والزجاج والكربون في صناعة الأسهم الحديثة (**الشكل 4-5**).

الشكل 4-5 (a) تطوّر الأسهم، الخشب، (b) ألياف الزجاج، (c) الألومنيوم، (d) ألياف الكربون.

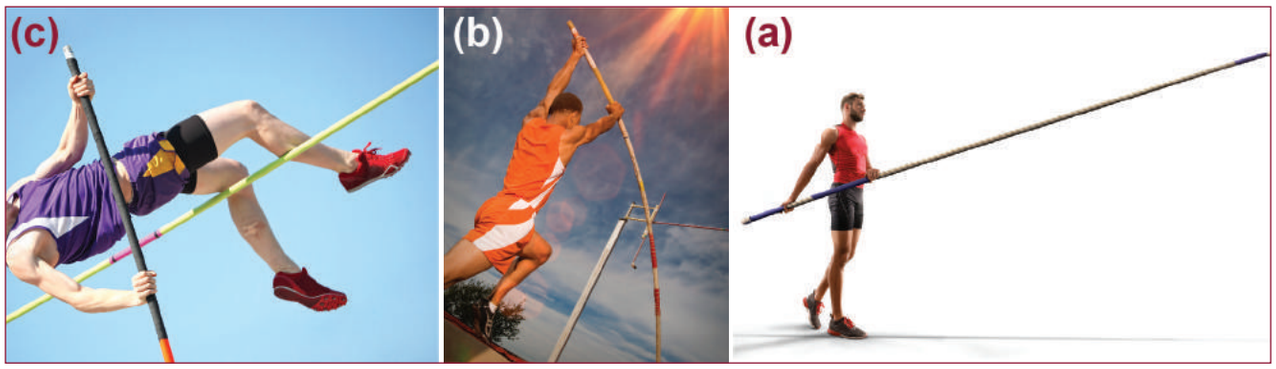
الجدول 4-1 مقارنة بين مواد الأسهم.

المادّة	المميّزات	العيوب
الخشب	تكلفة منخفضة، سهولة في الصنع	غير متّسق، يتشوّه بسهولة
الألومنيوم	متّسق جدًا، قويّ	ثقيل، ينحني بسهولة
ألياف الزجاج	تكلفة منخفضة، لا تتشوّه	ثقيل، يمكن أن يتشقّق
ألياف الكربون	خفيف، قويّ	تكلفة مرتفعة، يمكن أن يتشقّق
مُركّب الكربون والألومنيوم (كربيد الألومنيوم)	أقواها، وأكثرها استقامة	تكلفة باهظة جدًّا، يُستخدم في المنافسات فقط

القفز بالزانة

مسابقة القفز بالزانة على مسار في ميدان هو مثال جيّد على ما يمكن أن يسهم الاختيار الجيد للمواد في تطوير رياضة ما. كان الناس قديمًا يستخدمون الزانات الخشبية لتساعدهم على تجاوز الجداول الصغيرة أو للقفز فوق الحواجز.

الهدف من رياضة القفز بالزانة هو الوصول إلى أقصى ارتفاع. يجري اللاعب مسافة 40 m يضع بعدها إحدى نهايتي الزانة في حفرة عمقها 1 m. بمجرّد أن «تثبّت» الزانة في الحفرة، تسبّب الطاقة الحركية الناتجة عن جري اللاعب انحناءً في الزانة، لتختزن بذلك طاقة كامنة. يقفز اللاعب عندها على الزانة في الهواء إلى أن تصبح مستقيمة. عند أعلى ارتفاع يصل إليه، يترك اللاعب الزانة محاولًا تجاوز العارضة من دون أن يتسبب في سقوطها (**الشكل 4-6**).

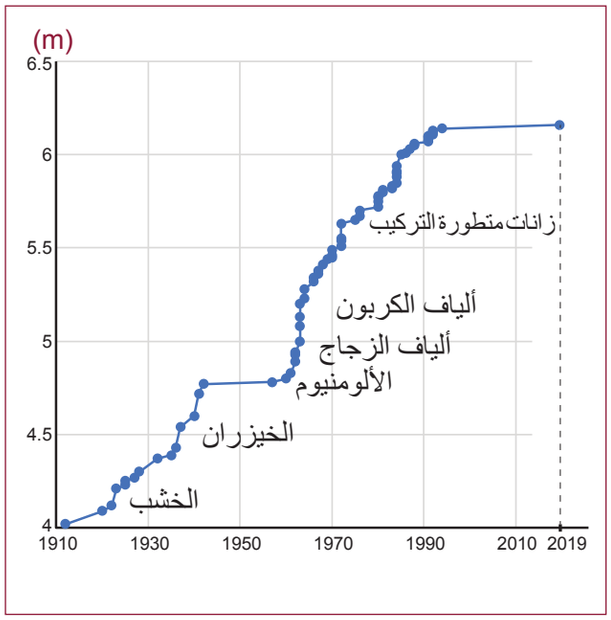


الشكل 4-6 (a) الجري قبل القفز بالزانة، (b) انحناء الزانة، (c) الصعود بالزانة نحو الأعلى في محاولة لتجاوز العارضة.

هناك بعض الشروط التي يجب أن تتوفر في نوع الزانة المستخدمة في المنافسات الأولمبية. يجب أن تكون الزانة ناعمة. وقد تكون الزانة مصنوعة من مادة واحدةأو مُركّبة من مواد متعدّدة، ويمكن أن يكون لها أي طول أو قطر.

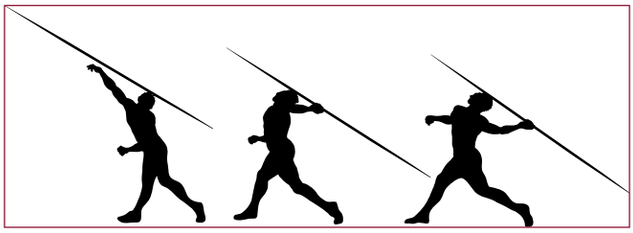
يعرض (**الشكل 4-7**) تأثير المواد المصنوع منها الزانة في الأرقام القياسية العالمية خلال الفترة الزمنية الموضحة بالشكل، حيث نلاحظ أنّه:

- أستُعيض عن الزانات الخشبية بزانات من الخيزران الأكثر مرونة.
- زانات الألومنيوم ذات الوزن الخفيف أُتبِعَت بزانات مرنة من الألياف الزجاجية.
- ألياف الكربون، ومن بعدها زانات من مواد مُركّبة، سمحت للرياضيّ بالوصول إلى أقصى ارتفاع في هذه اللعبة باستخدام الموادّ الجديدة.



الشكل 4-7 الأرقام القياسية العالمية في الارتفاع الذي بلغه القفز بالزانة منذ العام 1912 وحتى 2010.

الرمح



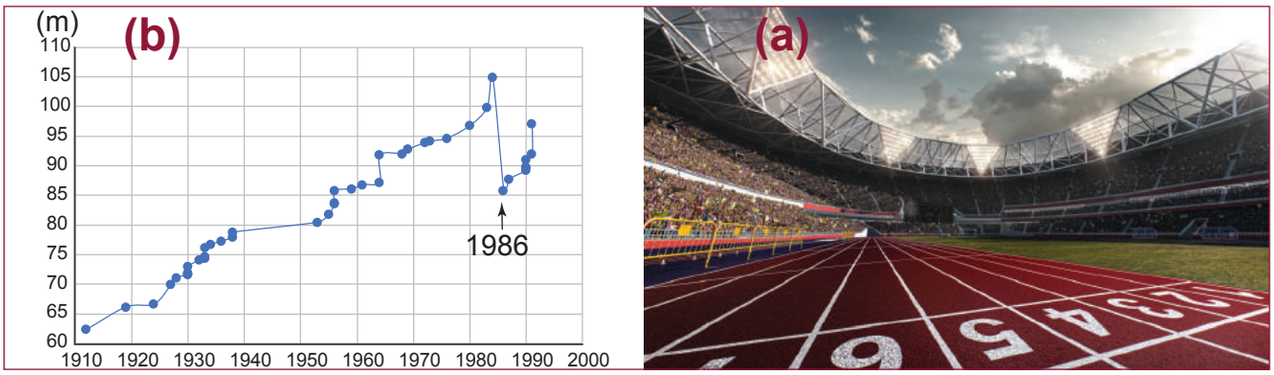
الشكل 4-8 المراحل الثلاثة لرمي الرمح.

لا تزال رياضة رَمْي الرمح جزءًا من المنافسات منذ الألعاب الأولمبية القديمة في العام 708 قبل الميلاد. يوضّح (**الشكل 4-8**) المراحل الثلاثة لرمي الرمح.

أُدخلت لعبة رَمْي الرمح على الألعاب الأولمبية الحديثة في العام 1908. يجري اللاعب مسافة 40 m إلى نقطة يُطلق عندها الرمح. يُحلّق الرمح في الهواء حتى نقطة السقوط الأولى على الأرض. الرامي الفائز هو من يسقط رمحه عند أبعد مسافة. يتطلّب رَمْي الرمح سرعة وقوة وديناميكية هوائية سلسة للرمح نفسه. كانت الرماح في العام 1908 مصنوعة من الخشب الصلب ومزوّدة برأس فولاذي.

- اشتملت التحسينات الأولية للرماح على دقة أكبر في التصنيع وبنية ديناميكية هوائية أفضل.
- شهدت الرماح في ستينيّات القرن الماضي تطوّرًا غير متوقّع: أحد حاملي الرقم القياسي العالمي تقاعد عن الرياضة ليدير أعمالًا تجاريّة في تصنيع الأدوات الرياضية، وابتكر الرمح المعدني الأجوف. وأصبحت الرماح المعدنية الجديدة تنتقل لمسافات أبعد، مع مسار أكثر استقامة في التحليق، حتى إنّها في بعض الأحيان لا تسقط على رؤوسها إطلاقًا.
- في الملعب (**الشكل 4-9a**) تحدث المنافسات في وسط مضمار الجري. الرقم القياسي المحقّق لرمي الرمح في العام 1984 كان 104 m، وقد شكّل سقوطه خطرًا على أحد المتنافسين على المضمار. بحلول عام 1986 ، تطلبت اللوائح الجديدة لتصميم الرمح أن يكون سقوطه بشكل رأسي نحو الأسفل.
- خفّض التصميم الجديد متوسّط مسافات الرمي بعشرين مترًا. فرض هذا التصميم معايير جديدة «للأرقام القياسية العالمية» (**الشكل 4-9b**).

الرمح من الأمثلة التي أدّت فيها الأدوات والتصاميم الجديدة إلى تحقيق أرقام قياسية عالية جداً كان على الرياضيين العمل على تقليلها حفاظاً على السلامة العامة.

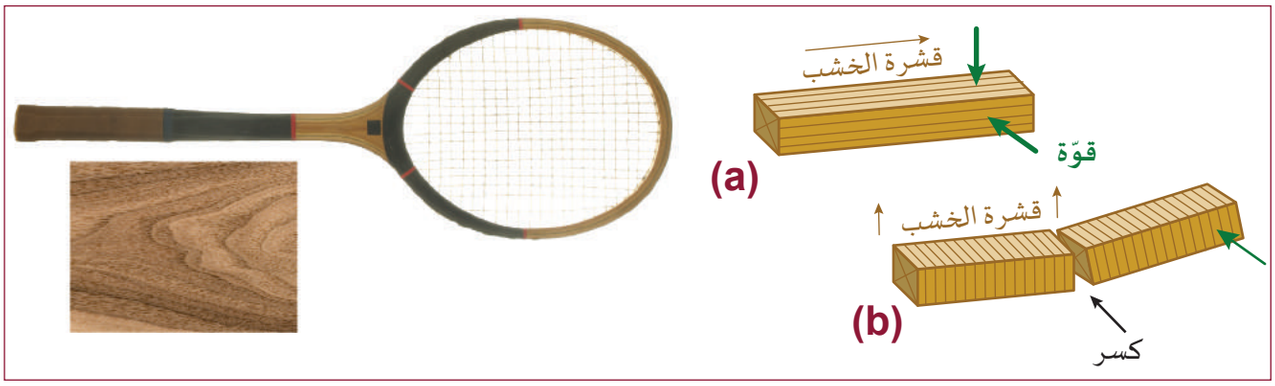


الشكل 4-9 مضمار وميدان السباق والأرقام القياسية العالمية لرمي الرمح.

مضارب التنس

شكّلت نشأة مضرب التنس وتطوّره مثالًا على استخدام الموادّ المختلفة للحصول على أداء أفضل.

صُنع أول مضرب تنس في العام 1874 من قطعة صلبة من الخشب. يُعدّ الخشب مادّة قوية، وخفيفة الوزن، ومرنة. إلا أن الخشب يكون قويًا فقط عندما تكون القوى المؤثّرة عمودية على القشرة (**الشكل a10-4**)، وهو ضعيف على امتداد سطح قشرته (**الشكل b10-4**). تختلف القشرة وقوّة الخشب باختلاف نوع الأشجار التي استخرج منها.

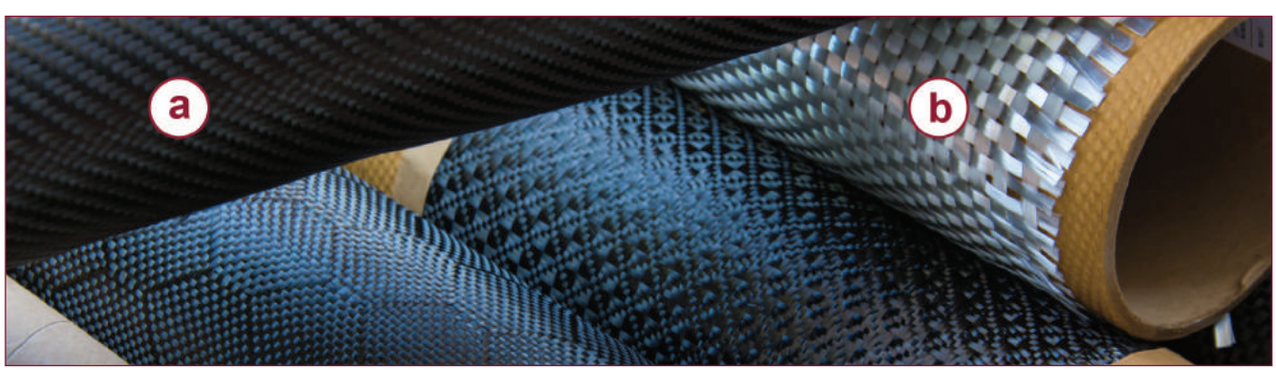


الشكل 4-10 اتجاه قوة قشرة الخشب (a) وضعفها (b).

من المهمّ عند استخدام الخشب في صناعة الأجسام، الانتباه إلى محاذاة قشرة الخشب. يمكن للخشب أن يتحمل وزنًا كبيرًا إذا كانت القوّة المؤثّرة عليه موجهة بشكل عمودي على القشرة. ويكون الخشب ضعيفًا جدًا عندما تكون القوّة المؤثرة عليه موازية للقشرة.

الفولاذ: صُنِعَ مضرب الفولاذ في العام 1968، وفي سبعينات القرن الماضي أستخدم مضرب من الألومنيوم ولاقى رواجًا كبيرًا، إلى أن حصل تقدم أساسي ومفاجئ في العام 1980 حيث صُنِعَ مضرب التنس بألياف الكربون.

ألياف الكربون: أقوى بخمس مرات من الفولاذ، فالمضارب المصنوعة من تلك الألياف هي أكثر إتساقًا وأقلّ وزنًا من مضارب الخشب. تنسج ألياف الكربون لتشكّل نسيجًا يمنح القوّة في اتجاهات عديدة (**الشكل 4-11**). توضع ألياف الكربون على شكل طبقات مع صمغ بلاستيكي لصنع مادة مُركّبة قوية للغاية. كذلك استخدمت ألياف الزجاج الشبيهة بألياف الكربون، ولكنّها ليست في قوّتها وخفّتها.



الشكل 4-11 (a)نسيج ألياف الكربون (b)ألياف الزجاج.

أحذية الرياضيين

ربما لم يتأثّر عالَم الرياضية بتقنيات الموادّ الجديدة كما تأثّرت بها صناعة الأحذية. طوّرت البحرية الملكية البريطانية تركيب النعال المطّاطية للأحذية في العام 1800، والمعروفة باسم «الأحذية المسطّحة»، والتي أصبحت شائعةً في الألعاب الرياضية.

الشكل 4-12 أحذية الرياضيين (سنيكرز).

في العام 1892 قامت شركة مطّاط أمريكية، والتي كانت أضخم شركة لإنتاج الأحذية الرياضية في ذلك الوقت، بصناعة أحذية مغطّاة بالقماش تُسمّى «كيدس» ثم طورتها في أربعينيات القرن الماضي واصبحت تسمى سنيكرز كما في (**الشكل 4-12**). أمّنت النعال المطاطية احتكاكًا أكبر على الأرضيّات الخشبية الصلبة. ومع الوقت، استُبدل المطّاط بعددٍ من البوليمرات الصناعية بخصائص مصممة بشكل فريد لمختلف الاستخدامات.

كم نوعًا من الأحذية الرياضيّة تمتلك؟

فمثلاً استخدام البلاستيك ومادة الفوم القابلة للتشكيل سمحا لمصانع الأحذية الرياضية بصنع كثير من الأحذية المتخصصة للغاية.

يعرض **الشكل 4-13** تصاميم لأحذية رياضية تناسب استخدامات متعددة:

a. أحذية برقبة عالية تمنح الحماية لكاحل القدم في رياضة كرة السلة. استُبدلت الأنسجة القطنية بأنسجة صناعية أقوى.

b. أحذية النعل العريض لثبات أفضل عند التمرين على أسطح غير مستوية. يُصنّع النعل من بوليمر الفوم الصلب والخفيف.

c. كعب إضافي داعم مصنوع من مواد ذات معامل ارتداد منخفض لتقليل تأثير القوّة في الجري الطويل.

الشكل 4-13 (a) الأحذية الرياضيّة العصريّة بتصاميم متنوّعة أحذية برقبة عالية (b) أحذية التدريب (c) أحذية بكعب داعم للجري لمسافات طويلة.

مع تميّزها بألوان زاهية للبلاستيك، وموادّ صناعية خفيفة الوزن، وتصاميم مبتكرة حاسوبية لدعائم مريحة، وتقنيّات تشكيل البوليمر المتطورّة، تجمع الأحذية العصرية بين جمال المظهر والحماية الإضافية للرياضيين. يعود سبب التحسّن في الأرقام الأولمبية لسباقات الجري إلى المواد الخفيفة المستخدمة في الأحذية بقدر ما يعود إلى لياقة الرياضيين.

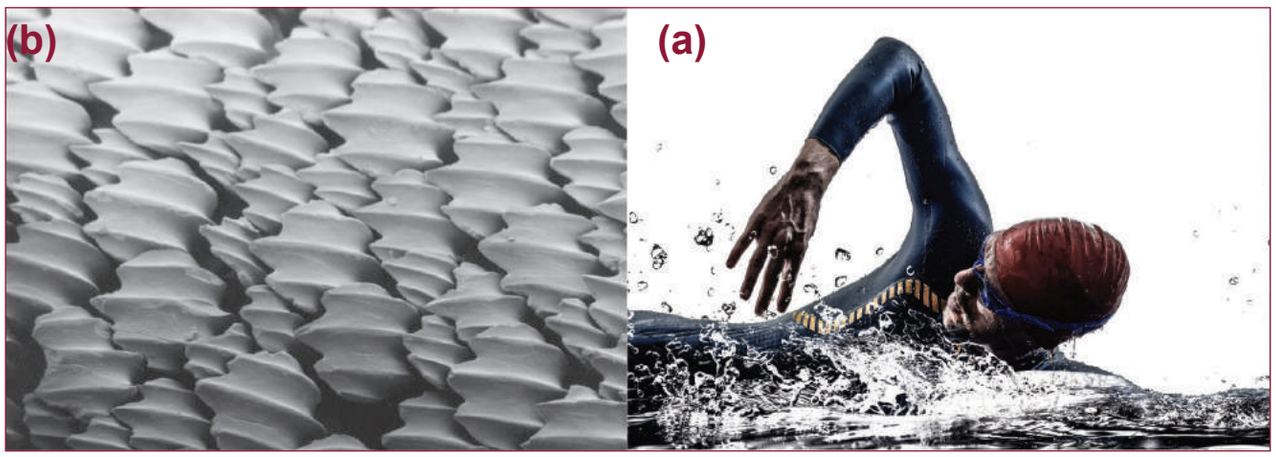
بدلات الألعاب الرياضية

حدث تطور ملحوظ لاستخدام المواد الجديدة في البدلات الرياضية الخاصة، والتي تُسمّى أحيانًا «بدلات الانضغاط». تساعد هذه البدلات على ضغط العضلات لتسريع الدورة الدموية. عند تسريع الدورة الدموية يرتفع مستوى الأكسجين، الأمر الذي يحسّن الأداء، ويخفِّض من تراكم حمض اللاكتيك،ما يؤدّي إلى خفض الجهد والألم.

تشمل الموادّ الشائعة المستخدمة في صناعة هذه البدلات:

- **النايلون:** يُستخدم لبدلات السحب والاحتكاك وبدلات التمرين. وهي أنسجة تُستخدم أيضًا في بدلات السباحة. تُمزج عادةً مع السباندكس، لإكسابها المرونة.
- **السباندكس:** يُستخدم لبدلات المنافسات الرياضية. حيث تحتوي بدلات السباحين المتنافسين على نسبة كبيرة من السباندكس. والمعروف أيضًا باسم «إليستين» أو باسم العلامة التجارية «ليكرا».
- **PBT**: بولي بيوتيلين تيريفثاليت (PBT)، هو نوع من البوليستر المرن (مطاطي). ويُستخدم لبدلات اللياقة والسباق.
- البولي استر (البوليستر): يُستخدم لبدلات المتنافسين. اختيار دائم لسباندكس واختيار رائج لسباندكس في بدلات السباحين المتنافسين.

تصمّم بدلات الجسم لتوفير العزل للسباحين في المحيطات المفتوحة. ففي صيف 2008 تنافس السبّاحون في الألعاب الأولمبية مرتدين بدلات جسم كاملة، فأعطتهم ميزات إضافية.



الشكل 4-14 (a) بدلة لكامل الجسم، (b) صورة مكبّرة لجلد القرش.

لاحظ العلماء في شركة سبيدو أنّ لجلد سمك القرش الكثير من التدرجات المسنّنة. يسمح هذا السطح لأسماك القرش بأن تسبح بفعاليّة أكثر وبأن تزيد من سرعتها وتقلّل من الطاقة التي تستخدمها. صنع العلماء بدلات للسباحين مع أسطح مشابهة (**الشكل 4-14**). وقد حصد السبّاحون الذين لبسوا تلك البدلات معظم الميداليات، وفي العام 2009حطموا أكثر من 130 رقمًا قياسيًا عالميًا في السباحة. وقد تمّ لاحقًا وضع ضوابط شديدة لاستخدام هذه البدلات، لأنَّ المنافسات يجب أن تعتمد على الرياضيين أنفسهم أكثر من اعتمادها على الأدوات المُستخدَمة.

أدوات الحماية في الألعاب الرياضية

من الشائع أن تشاهد رياضيين محترفين وهواةً يستخدمون أجهزة حماية لأجسامهم أثناء التمارين أو المنافسات (**الشكل 4-15**). يمكن لأسطح الحماية أن تقلّل من الخدوش، أمّا الحشوات فتزيد من زمن التصادم وبالتالي تُقلّل من قوة التصادم وتأثيرها السلبيّ.

الشكل 4-15 (a) أداة حماية للهوكي، (b) للوح التزلّج، (c) لسباق الدرّاجات النارية، (d) ولأحذية التزلّج.

يمكنك أن تقلّل من تأثير قوّة التصادم بزيادة زمن التصادم.

تُعَد سباقات الدراجات النارية من الرياضات المثيرة والخطيرة في نفس الوقت، خاصة عندما تتجاوز سرعة راكب الدرّاجة 200 km/h (**الشكل 4-16b**). ظهرت أولى الخوذ في عشرينيّات وثلاثينيّات القرن الماضي، وكانت مصنّعة من الجلد وحشوات صوفية. كان وجه راكبي الدراجات النارية مكشوفاً ويرتدون نظارات واقية مصنوعة من الجلد والزجاج (**الشكل 4-16a**). كانت الحماية متدنية، وهو ما أدّى إلى حوادث خطيرة ومميتة في بعض الأحيان.

الشكل 4-16 التغيّرات التي طرأت على خوذة الدرّاجات.

في العام 1935، أدّى موت ضابط الجيش البريطاني والدبلوماسي توماس إدوارد لورنس بحادث درّاجات نارية طفيف، إلى جذب الاهتمام العالمي لأهَمّية الخوذ. في العام 1953، أبتُكرت أولى الخوذ الماصّة للصدمات التي أُستخدم في صناعتها مادة الفوم. تستخدم الخوذ الحديثة الفوم الذي يغيّر من مرونته بحسب قوّة التصادم.

يُصنَع هيكل الخوذ الحديثة من الألياف الزجاجية المتينة أو من ألياف الكربون. يمكن أن تصمد هذه المواد المُركّبة أمام قوى تصادم هائلة. يحوّل الهيكل أية قوة تصادم إلى طاقة يمتصها الفوم في الداخل. إضافة إلى درع الوجه الذي يغطي الوجه كلّه بوجود مادة بولي كربونات المقاومة للصدمات.

نشاط b1-4 الموادّ الجديدة في الألعاب الرياضيّة

سؤال الاستقصاء	هل توجد موادّ مشتركة مُستخدمة في الألعاب الرياضيّة المختلفة؟
الموادّ المطلوبة	البحث عن مواد جديدة.

الخطوات

1. يعمل الطلاب ضمن مجموعات ثنائية.
2. حدّد الألعاب الرياضية التي تُستخدم فيها الموادّ الجديدة.
3. ضع قائمة بتلك الموادّ.
4. حدّد المميزات المُكتسبة عند استخدام المواد الجديدة.
   a. عند القيام ببحثك، إبحث عن بيانات علمية تدعم هذه «المميزات».
   b. هناك بيانات مقترحة بأن لبعض بدلات الانضغاط أثر نفسي فقط. تذكّر أن بعض المعلومات قد تكون لأغراض دعائية للمنتج وليست نتيجة لبحث علمي.
5. حلّل المواد المستخدمة للحماية في اللعبة الرياضية التي اخترتها.
6. اجمع نتائجك في الصف تحت عنوان أنواع المواد.
7. ابحث عن الفوائد المكتسبة المشتركة.

الأسئلة

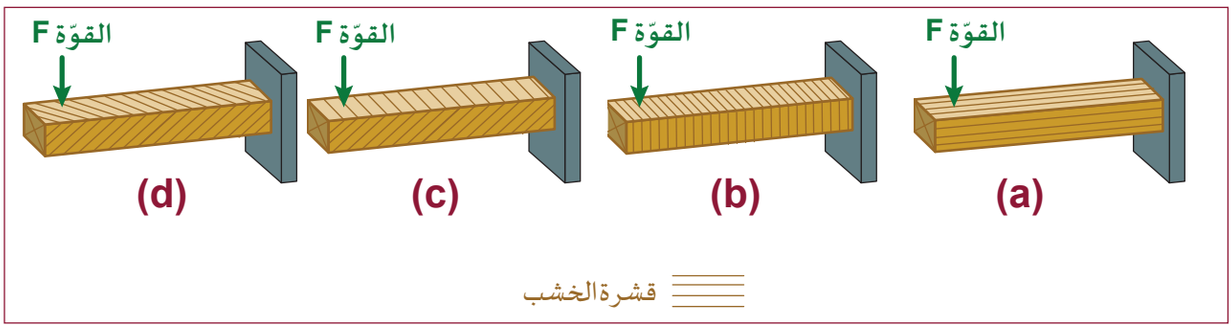
a. أي المواد الجديدة أكثر استخدامًا بشكل متكرّر؟
b. ما هي خصائص المواد المشتركة التي تستخدم بشكل متكرّر في الألعاب الرياضية؟
c. هل هناك حدود في الرياضات حيث لا تعود المنافسة تدور حول قدرة الرياضي بل حول التحسين التقني للأدوات؟
d. ناقش مشكلة الرمح حيث تصبح التقنية محصورة بأمور السلامة فقط. هل توافق على قرار الحدّ من استخدام التكنولوجيا في هذه الرياضة وغيرها؟
e. لماذا توجد ممانعة لاستخدام الخوذ في لعبة كرة القدم؟ هل تعرف لاعبًا رياضيًّا يستخدم حماية للرأس؟ وهل تعرف لاعبًا آخر ترك اللعب بسبب إصابة في الرأس؟

تقويم الدّرس 4-1

1. ماذا الذي يحدث لزانة القفز لكي تسمح باختزان الطاقة؟
   a. تنحني.
   b. تُغرس في حفرة.
   c. تُحمل بشكل مستقيم أثناء جري المتسابق.
   d. تُترك الزانة عند أعلى ارتفاع للقفز وتقع على الأرض.

2. أيٌّ من الجمل الآتية تصف عيوبًا في الخشب عند استعماله في الأدوات الرياضية التي تتعرض لتصادمات متكرّرة، مثل مضرب التنس؟
   a. الخشب أخفّ من ألياف الكربون.
   b. مظهر الخشب أفضل بالمقارنة مع ألياف الكربون.
   c. تختلف قوّة الخشب تبعًا لاختلاف اتجاهات القشرة.
   d. يكون الخشب قوياً عندما تكون القوة المؤثرة عليه موازية للقشرة.

3. أيٌّ من الأشكال الآتية يتحمل قوة أكبر F، قبل أن ينكسر؟



4. اذكر فائدة مهمة لتغليف الموادّ في رياضة قوس الرماية .

5. أعطِ فائدتين تتميز فيهما أسهم ألياف الزجاج على الأسهم الخشبية.

6. ناقش بِجُمَل قليلة السبب الذي دفع إلى نسج ألياف الكربون في الملابس؟ لماذا لا تُصنّع الأجسام من الكربون الصلب بدلًا من الألياف الرفيعة؟

7. كيف يحدد سطح مسار الجري المادّةَ الأفضل لنعال أحذية الجري؟ أعطِ مثالًا على ذلك.

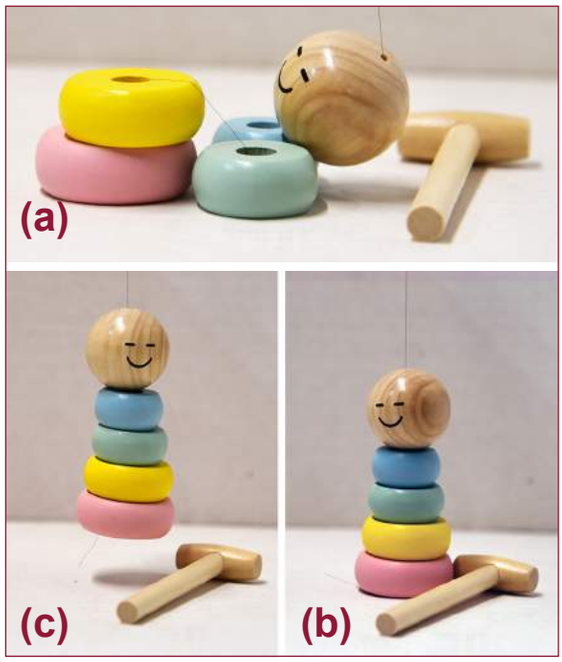
8. كيف تمنع الحشوات الإصابة عند التصادم؟

الدرس 4-2
المواد المُركّبة في الألعاب الرياضيّة
Composite Materials in Sports

في خدعة سحرية شائعة، تتم بعثرة مجموعة مرتبة من الحلقات الخشبية. يقوم الساحر بعدها بتحريك يديه فوق القطع، فتتلاصق مرّة أخرى، ثم ترتفع في الهواء. كيف يمكن أن يحدث ذلك؟

في الحقيقة، تكون القطع مربوطة ببعضها البعض بخيط رفيع من ألياف الكربون. يُمسك الساحر بأحد طرفي الخيط. هذا الخيط غير مرئيّ ولكنّه قادر على حمل وزن القطع (**الشكل 4-17**). كيف يمكن لخيط رفيع من الكربون أن يحمل هذا الوزن دون أن ينقطع؟ وكيف يمكن لألياف الكربون هذه أن تُستخدم مع مواد مختلفة في الألعاب الرياضية؟

سنتطرّق إلى هذه الأسئلة في الدرس الحالي.



الشكل 4-17 قطع اللعبة السحرية مبعثرة (a)، تُعِيد تركيب نفسها (b)، ثم تطفو في الهواء (c).

مخرجات التّعلُّم

GC1204.1 يفهم أسباب استخدام المواد المُركّبة مثل الكيفلار وألياف الكربون في الرياضة، ويصف خصائصها المميزة في التركيب التي تجعلها ملائمة لاستخدام محدد.

المفردات

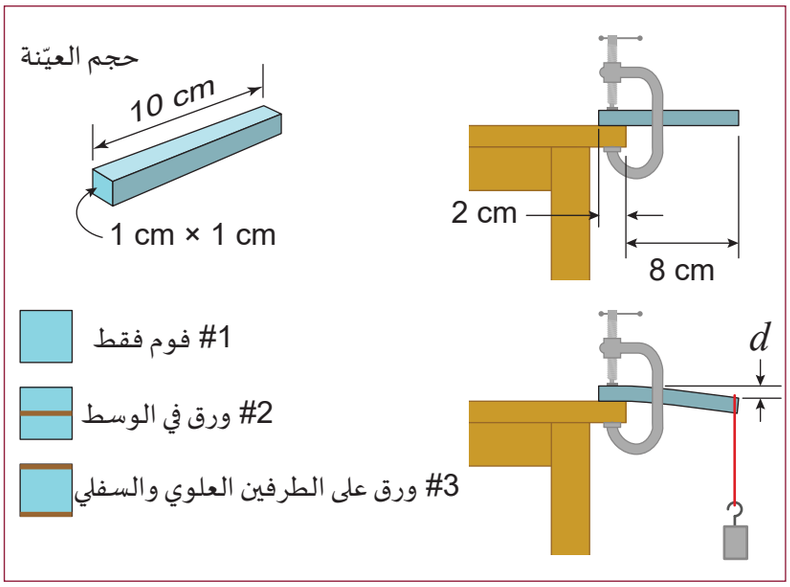
Composite material	مواد مُركّبة
Valence	تكافؤ
Aramid	أراميد
Resin	راتينج
Aromatic	أروماتي (عطري)
Cross-linking	التشابك
Thermoset	متصلّب حرارياً
Curing	معالجة
Graphene	جرافين
Carbon nanotube	أنابيب الكربون النانويّة

اصنعْ مادّة مُركّبة

كيف يمكننا قياس متانة المادّة؟

ما هي فوائد المواد المُركّبة؟

كيف يؤثّر التصميم في متانة المادّة؟



الشكل 4-18 اختبار إنحناء المواد.

تتنوّع المواد التي تحتاج إليها التطبيقات المختلفة. فالمادة المُستخدَمة في غلاف خوذة يجب أن تكون متينة ومقاومة للصدمات. تُستخدم في الخوذة نفسها مادة توسيد (حماية بإضافة وسائد) ناعمة جدًّا في داخل هيكلها. تُغطّى مادة التوسيد بمادة قماش ثالثة لحمايتها وتكون ملاصقة للجلد. تحتاج كلّ من التطبيقات المختلفةإلى مواد ذات خصائص مختلفة، فلا توجد مادة واحدة مناسبة لجميع التطبيقات.

ما هي الخصائص المهمة للمواد المستخدمة في الأدوات الرياضية؟

بعض الخصائص المهمّة للمواد:

- الصلادة (الصلابة) – مقاومة الانحناء.
- المرونة – القدرة على الإنحناء من دون انكسار.
- القساوة – القدرة على تحمّل التصادمات المتتالية من دون انكسار.
- التوسيد – القُدرة على التخفيف من تأثير التصادمات بامتصاص الطاقة.
- الشدّ – القوة القصوى التي تتحملها المادة قبل أن تنكسر.

المواد المُركّبة

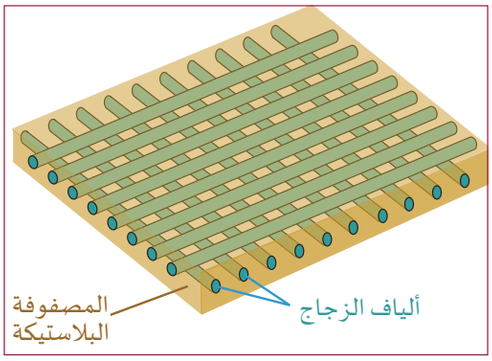
الشكل 4-19 هياكل القوارب مصنوعة من ألياف الزجاج.

كثير من أدوات الألعاب الرياضية ذات الأداء العالي مصنوعة من مواد مركّبة. تحتوي **المادة المُركّبة Composite material** على نوعين أو أكثر من المواد ذات الخصائص المختلفة. تكون خصائص المادة المركّبة أفضل من خصائص كُلّ من المواد المكوّنة لها.

ألياف الزجاج مثالٌ جيدٌ على ذلك. فهي قوية جدًّا لكنّها رقيقة أيضًا لتجنّب انكسارها. تحتوي الألياف الزجاجية على الكثير من الألياف في مصفوفة من الراتينج. يصعب كسر الألياف الزجاجية لأنها صلبة جدًا. إلا أنها مرنة أيضًا، لأن الألياف الرفيعة منها يمكن أن تنحني دون أن تنكسر. لذلك، تُصنع هياكل القوارب في أغلب الأحيان من الألياف الزجاجية (**الشكل 4-19**).

تغرس الألياف الزجاجيّة في مصفوفة بلاستيكية كما هو مبيّن في **الشكل 4-20** ويلاحظ أنّ:

- للزجاج قوة شدّ عالية لكنه يتحطّم بسهولة، إلاّ إذا صُنِّعَ على شكل ألياف.
- البلاستيك مرن لكنّ قوة شدّه منخفضة.
- يمكن لألياف الزجاج حمل الأثقال.
- يوزّع البلاستيك الثقل بين الألياف.
- تكون نسبة القوة إلى الوزن لمادة مُركّبة من الزجاج والبلاستيك خمسة أضعاف النسبة نفسها لكل من الخشب أو الفولاذ على حدة.



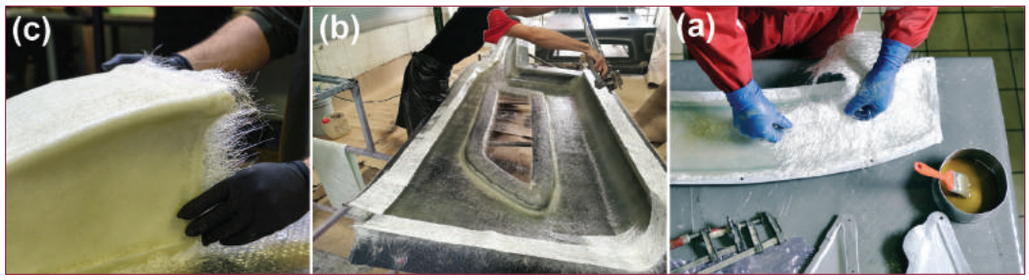
الشكل 4-20 تركيب ألياف الزجاج.

ألياف الزجاج هي أحد المواد المُركّبة الأسهل في التصنيع والاستخدام. تأتي ألياف الزجاج في شكل قوالب، أو ترش على قالب، وتطلى بعد ذلك بالراتينج البلاستيكي. والألياف الزجاجية متدنية التكلفة ومتعدّدة الاستعمال وسهلة القطع والتشكيل (**الشكل 4-21**).

ألياف الزجاج هي مواد مُركّبة شائعة الاستخدام في رياضة الإبحار. وتُستخدم أيضًا في الخوذ ووسادات الحماية الأخرى.

أعط أمثلة على مواد مصنوعة من ألياف الزجاج.

لماذا تُعدّ ألياف الزجاج مادة جيّدة الاختيار لكل مثال؟



الشكل 4-21 (a) عمل قوالب ألياف الزجاج، (b) تغليفها بالراتينج البلاستيكي، (c) قصّها وتنسيقها.

يكمن ضُعف ألياف الزجاج في تكسّرها إذا تعرّضت لصدمة شديدة. يجب استبدال خوذة راكب الدراجات النارية المصنوعة من الألياف الزجاجية بعد وقوع حادث، حتى وإنْ لم تظهر عليها علامات ضرر خارجي، فإنّ فصل طبقات هيكل الخوذة يقلل من فاعليتها في الحماية.

نشاط a2-4 صنع مادة مُركّبة بسيطة

سؤال الاستقصاء	كيف تُسهم المكوّنات في تشكيل المادة المُركّبة؟
الموادّ المطلوبة	ماء، طحين، وعاء مزج، شرائح أوراق صحيفة، شرائح من القماش، بالونات.

الخطوات

امزجْ المكوّنات:

1. امزج كمية من الطحين بضعفيها من الماء. استمرّ في المزج حتى اختفاء التكتّلات.
2. أضف الماء للحصول على صمغ أبيض متجانس، أقرب إلى السائل منه إلى العجين.
3. ضع الصمغ (المخلوط) في الثلّاجة لحفظه.

قمْ ببناء المادة المُركّبة على قالب:

4. استخدم بالونًا منفوخًا ليكون القالب.
5. انقع شرائح الورق في المخلوط.
6. ضع الشرائح الرفيعة من الأوراق المبلّلة بالمخلوط على سطح البالون.
7. استمرّ حتى تغطية سطح البالون بالكامل.
8. استخدم بالونًا آخر مكرّرًا الطريقة نفسها باستخدام شرائح رقيقة من القماش.
9. اسمح للشرائح بأن تجفّ.

بمجرّد أن تجفّ الشرائح، قمْ بتفريغ البالونين من الهواء لتحصل على كرتين بمُركّبين مختلفين مصنوعين من المخلوط نفسه ولكن من مادّة مكوّنة ثانية مختلفة في كلٍّ منهما.

10. طوّر طريقة لاختبار خصائص كلّ مجسّم ومقارنة بعضها ببعض.
11. سجّل نتائجك. قارن بياناتك ببيانات باقي زملائك.

الأسئلة

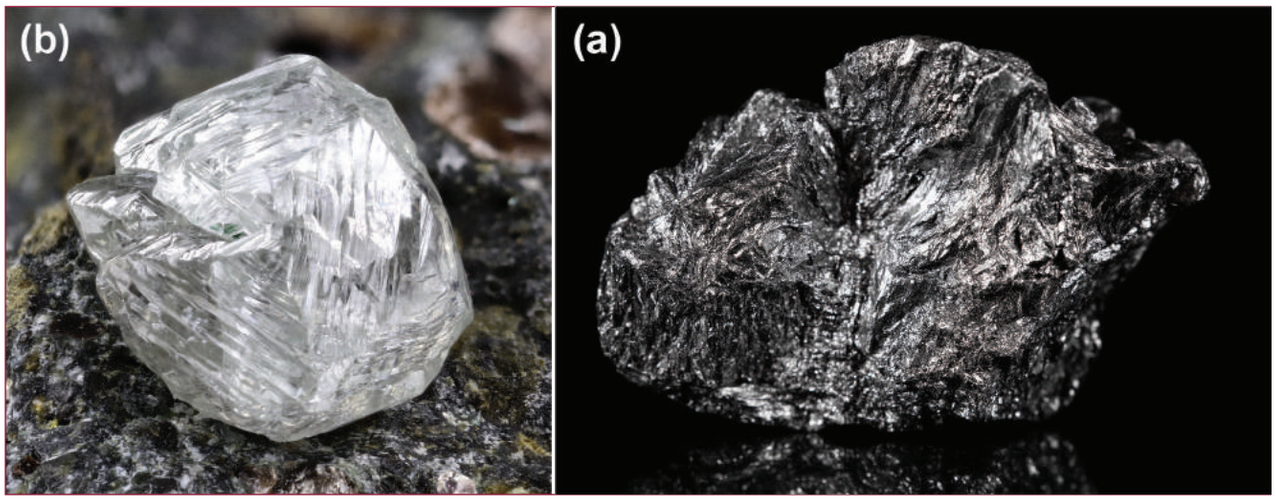
a. ما الذي لاحظته حول كيفية تعزيز الورق أو القماش لخصائص مادتك المُركّبة؟ أيٌّ منهما كان الأكثر صلابة؟

b. كيف استطاع خليط الصمغ والطحين، أن يغيّر من خصائص الورق والقماش؟

c. ما مدى أهمية تداخل المخلوط مع الورق أو القماش؟ كيف يمكن برأيك أن يتغيّر ذلك عند استخدام شرائح من أكياس البلاستيك التي لا تمتصّ المخلوط؟ جرّب ذلك.

الكربون وألياف الكربون

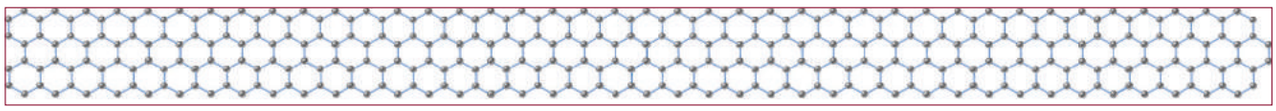
توجد ذرات الكربون في معظم المواد الطبيعية. تكمن أهمية الكربون في إمكانية ارتباط كلّ ذرّة منه بأربع ذرّات أخرى. يمكن أن توجد بلّورات الكربون النقيّ في شكلين على الأرض وبخصائص مختلفة هما: الجرافيت والألماس (**الشكل 4-22**)



الشكل 4-22 البلّورات الطبيعيّة للجرافيت (a)، والألماس (b).

الجرافيت ناعم وينكسر بسهولة. وهو مفيد في التشحيم لأنَّ جسيمات الجرافيت سهلة الانزلاق. أما الألماس فهو أقسى المواد الطبيعية. يُستخدم معظم الألماس في العالم في أدوات الثّقب والقطع.

تكمن صلابة ألياف الكربون في الروابط التساهميّة والمتشابكة للكربون والموازية لطول الألياف (**الشكل 4-23**) يمكنك أن تتخيل أنّ خيط الكربون هو ماسة طويلة جدًا ورفيعة.



الشكل 4-23 نموذج من روابط الكربون الموازية لطول ألياف الكربون.

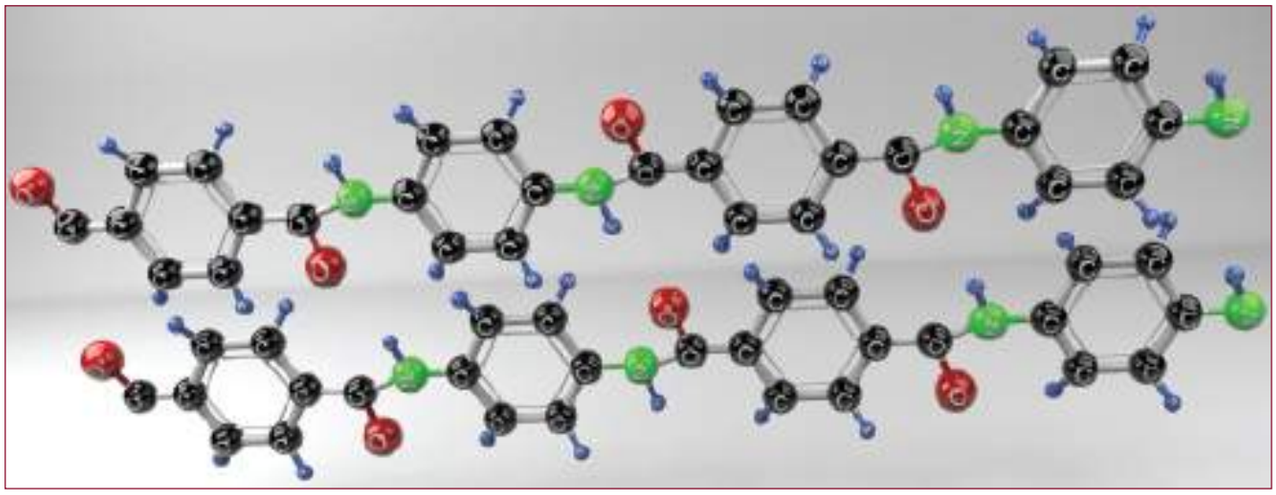
تطبيقات على ألياف الكربون

تُستخدم ألياف الكربون في الألعاب الرياضية، بخاصة عندما يكون الوزن الخفيف والصلابة العالية على درجة من الأهمية. بعض التطبيقات المتعدّدة لألياف الكربون تشمل ألواح التزلج ذات الأداء العالي وهياكل الدراجات، وهياكل سيارات السباق، ومضارب التنس، وقوارب السباق، والخوذ. في العام 1990 كانت كتلة إحدى درّاجات سباق النخبة 10 kg. والآن وحتى كتابة هذه الأسطر، بلغت كتلة أفضل دراجة هوائية أقلّ من 4.5 kg.

الشكل 4-24 تَستخدِم أفضل فرق سباق الدرّاجات الهوائيّة هياكل من ألياف الكربون.

الكيفلار

الكيفلار هو علامة تجارية لألياف صناعية من الباراأميد، ويرمز له بالرمز PPTA وهو جزء من عائلة الأراميدات التي تتضمّن النومكس (مادة مركبة مقاومة للهب) أيضًا. ألياف الأراميد (**الشكل 4-25**) هي مجموعة من الألياف الصناعية التي تمتلك قوة شدّ عالية ومقاومة للحرارة. تأتي قوة السلاسل الطويلة للجزيئات من خلال الروابط الهيدروجينية بينها،ما يعطيها قوة أكبر من البوليمرات الصناعية الأخرى مثل النايلون. ثم إنّ إرتباط هذه السلاسل بالسلاسل المجاورة يجعلها على هيئة صفائح جزيئية متينة.



الشكل 4-25 نموذج لجزيئات الأراميد؛ الكرات السوداء هي الكربون، الزرقاء هي الهيدروجين، الخضراء هي النيتروجين، الحمراء هي الأكسيجين.

يمكن أن يُغزل الكيفلار كخيوط ليصنّع على شكل منتجات. تشمل استخداماته:

- طبقة في بدلة التزلّج السريع تحمي من الخدوش.
- حشوات في سترات وسراويل متسابقي الدراجات النارية.
- أربطة أحذية تقاوم التمدّد والقطع.
- خيوط لقوس السهام ومضارب التنس.
- شريط الرياضيين اللاصق المقاوم للتمدّد.
- أشرعة عالية الأداء.
- سترات واقية من الرصاص ودروع للجسم.

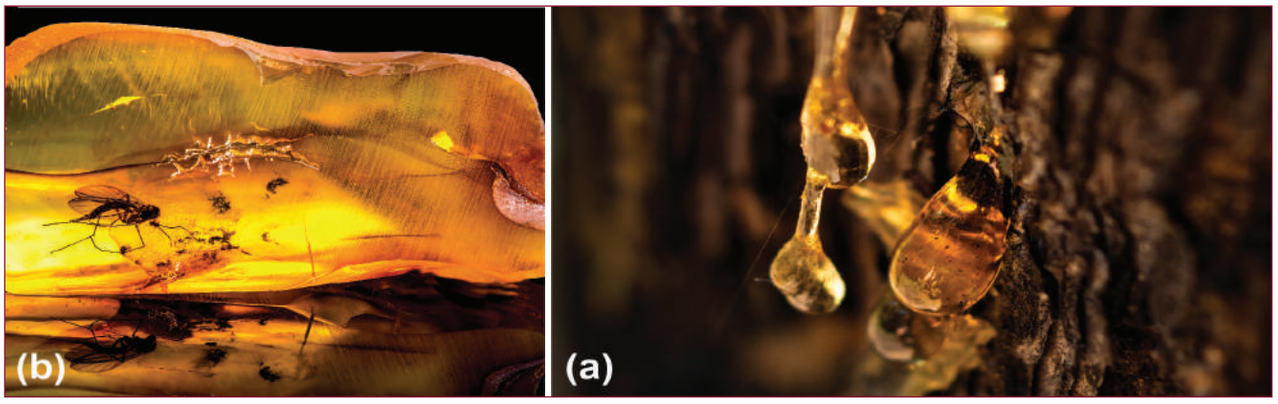
يمكن أن تستخدم ألياف الكيفلار في المواد المُركّبة لتعطي منتجات أكثر متانة وأخفّ وزنًا. يسمح النمط الجزيئي بتوزيع القوى على طول الألياف مقلّلة بذلك من تأثير صدمة الارتطام.

وأظهرت الأبحاث أن استخدام الكيفلار في النعل الداخلي للأحذية الرياضية يقلّل من إصابات القدم والكاحل (**الشكل 4-26**).

الشكل 4-26 نعل داخلي لحذاء من الكيفلار.

الراتينج

الراتينج Resin هو مادة يمكن تحويلها إلى بوليمرات أو سلاسل طويلة من الجزيئات. استُخدم كثير من الراتينج الطبيعي لآلاف السنين بسبب رائحته اللطيفة، ولأنه لزج وجيّد في لصق الأشياء بعضها ببعض.



الشكل 4-27 (a) راتينج الصنوبر، (b) يتبلمر إلى العنبر بعد عدّة سنوات.

الراتينج مفيد جدًا لأنه يتشكّل بسهولة كسائل، ويتصلّب كيميائيًا فيصبح مادة صلبة قوية. الراتينج السائل، مثل الإيبوكسي، يصبح صلبًا عن طريق تكوين روابط كيميائيّة تسمّى الروابط المتشابكة. **التشابك Cross-linking** عمليّة ترتبط فيها جزيئات السلاسل الطويلة في الراتينج بعضها ببعض. ولذلك يمكن لسائل لزج مثل راتينج الصنوبر أن يصبح مادة صلبة مثل العنبر (كهرمان) (**الشكل 4-27**).

راتينج الإيبوكسي Epoxy resin هو مصفوفة من ألياف البلاستيك المقوّى، مثل الألياف الزجاجية. والإيبوكسي هو نظام من جزءين يتضمّن الراتينج والمادة التي تجعله صلبًا (المُصَلّب). يكون الراتينج سميكًا وسائلاً لزجًا، أمّا المصلِّب فهو وسيط كيميائي يسبب لسائل الراتينج تشابكًا ليصبح صلبًا. يُعدّ الإيبوكسي صمغًا ممتازًا، ويمكنك أن تجد الكثير من أنواع صمغ الإيبوكسي في محلّات الخردوات.

الشكل 4-28 هلام السيليكون في واقي الكعب (الجزء الأزرق).

يمكن أن يكون التشابك فيزيائيًا وليس كيميائيًا. التشابكات الفيزيائية أكثر ضعفًا من التشابكات الكيميائية. يحدث التشابك الفيزيائي عندما تتشابك سلسلة طويلة من الجزيئات من دون أن تشكّل روابط كيميائية. يشكّل هلام (جل) السيليكون تشابكات فيزيائية ليكوّن مادة مرنة جدًا تُستخدم لتوزيع القوى كما في حشوة الخوذ، ولتقليل تأثير قوى التصادم في الأحذية المختلفة (**الشكل 4-28**)

الراتينج ضروري ولكنه الجزء الأضعف في المادة المُركّبة. يلين الراتينج مثل الإيبوكسي عند درجات الحرارة العالية. ويتحلّل عند تعرّضه للأشعة الفوق بنفسجية "UV" من الشمس. ويمكن أن ينكسّر الراتينج تحت قوى أضعف من تلك التي تتحمّلها الألياف.

نشاط b2-4 تجارة ترويج المواد المُركّبة

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك تقديم عرض عن المواد المُركّبة وبيع بضائع رياضية مصنوعة منها؟
الموادّ المطلوبة	مواد بحث، فيديو أو معدات إنتاج رسوم محاكاة حاسوبية.

الخطوات

مهمتك ستكون تقديم عرض لتسويق منتج مادة مُركّبة تُستخدم في الألعاب الرياضية. يمكنك أن تقترح مادة مُركّبة لم تُطرح للاستخدام بعد.

1. يعمل الطلاب في مجموعات ثنائية.
2. صف المواد المُركّبة وبيّن تكوينها.
3. استخدم رسوم المحاكاة أو الفيديو لوصف تشابك الراتينج المتصلّب حراريًا.
4. اشرح السبب الذي يجعل إعادة تحويله إلى الشكل السائل أمرًا مستحيلًا.
5. حدّد الألياف المتنوّعة التي يمكن دمجها فيه.
6. استخدم الكيفلار أو ألياف الكربون كنموذج.
7. استقصِ عن استخدامها في نوع محدد من الرياضة.
8. حدّد الميزات التي تُسهم فيها هذه المواد في تلك الرياضة مقارنة بتلك المستخدمة فيها سابقًا.
9. حدّد ميزات التركيب البنائي الأكثر أهمّية لهذا الغرض.
10. أعرض نتائجك ضمن إعلان تجاري للمنتج.

الأسئلة

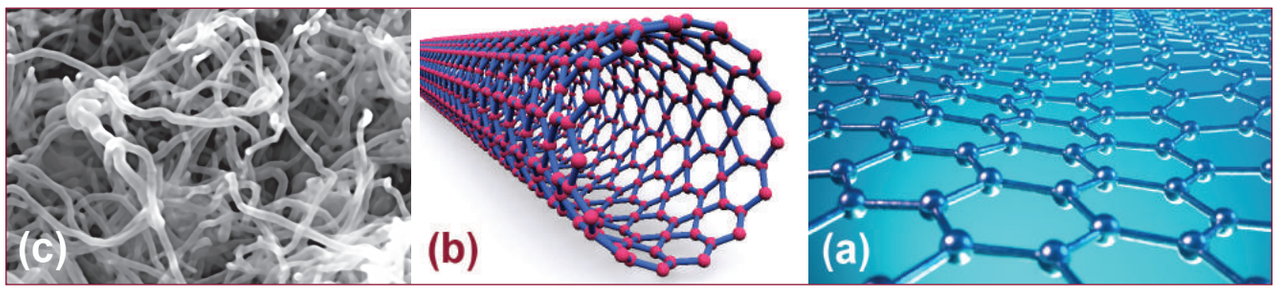
a. كيف تعزّزت الرياضة التي اخترتها نتيجة لاستخدامها هذه المادة المُركّبة؟
b. ما مساوئ استخدام الكيفلار في الأدوات الرياضية؟
c. ما الاختلافات في التكلفة المرتبطة باستخدام المواد المُركّبة مع المواد التقليدية؟
d. ما أفضل ميزة تسويقيّة تتفوق فيها مادتك المُركّبة؟

مستقبل المواد المُركّبة

يستمرّ العلماء في تطوير مواد مُركّبة جديدة. وهذه بعض الخطوات الواعدة في تكنولوجيا الكربون (**الشكل 4-29**):

a. **الجرافين Graphene**، طبقة من ذرات الكربون المرتبطة على هيئة صفائح. وهي أقوى 150 مرة من الكمية نفسها من الفولاذ، وتستطيع توصيل الكهرباء 1000 مرة أكثر من النحاس.

b. **أنابيب الكربون النانوية Carbon nanotubes**، أنابيب طويلة من ذرات الكربون تقدّم أداءً أفضل من ألياف الكربون.



الشكل 4-29 (a) الجرافين، (b) أنابيب الكربون النانوية، (c) مشهد من مجهر الكتروني لأنابيب الكربون النانوية.

يتمّ تطوير مواد مُركّبة ذات الاستشعار الذاتي المستندة إلى الإيبوكسي لتسمح بالرقابة الفورية على التمدّد والإجهاد، وعلى تغييرات درجة الحرارة أيضًا.

الشكل 4-30 المراقبة الفورية للقياسات الحيوية باستخدام الملابس المُركّبة التي تحتوي على الجرافين.

تسمح موصلية مكوّنات الجرافين من نقل البيانات ومراقبتها من خلال ساعات اليد الذكية لدى مرتديها من المدربين أو المتدربين لمساعدتهم في الحفاظ على أداء أفضل (**الشكل 4-30**). يمكن أن يحدث ذلك من خلال قياس التغيرات في المقاومة الكهربائية لمكوّنات الكربون في المادة المُركّبة.

يمكن أن تتم تطبيقات أنابيب النانو لعمل مواد مُركّبة من الألياف الفائقة بأداء يتجاوز بكثير المواد المُركّبة المتوافرة حاليًا.

تعتمد خصائص الأنابيب النانوية على كلّ من تكوينها وشكلها الهندسي. على سبيل المثال، يمكن أن يتكون الأنبوب النانوي من طبقات بأقطار مختلفة من جدار واحد أو جدار مزدوج أو متعدِّد الجدران. يؤثر طول الجزيئات الفردية أيضًا على خصائص هذه الألياف الفائقة. ومن المحتمل جدًّا أن يساهم تركيب المواد في الأنابيب النانويّة في تسجيل رقم قياسي جديد في القفز بالزانة.

تقويم الدّرس 4-2

1. ما المادة المُركّبة؟
   a. بوليمر.
   b. مادة تتألّف من البلاستيك.
   c. مادة متينة مصنوعة من الراتينج.
   d. مادة مصنوعة من نوعين أو أكثر من المواد المختلفة.

2. ما الترتيب الذرّي لألياف الكربون؟
   a. مماثل للراتينج.
   b. مماثل للكيفلار.
   c. مماثل للجرافيت.
   d. مماثل للألماس.

3. ما خصائص الراتينج التي تسمح باستخدامه في المواد المُركّبة؟
   a. الراتينج مادة طبيعية.
   b. الراتينج له تاريخ طويل من الاستخدام في التصميغ.
   c. يبدأ الراتينج ساخنًا, ثم يتحوّل إلى سائل، ثم يبرد ليشكّل مادة صلبة متينة.
   d. يبدأ الراتينج سائلًا ثمّ يُشكل تشابكًا كيميائيًّا ليصبح مادة صلبة متينة.

4. صف إحدى نقاط الضعف في مادة مُركّبة كالألياف الزجاجية مثلًا.

5. أذكر أربع تطبيقات للكيفلار.

6. اذكر أربع معدّات رياضية مصنوعة من مواد مُركّبة، واذكر الأفضلية التي تقدّمها المادة المُركّبة لكلٍّ من هذه المعدات.

7. تخيّل أداة رياضية ترى أنَّ أداءها سيكون أفضل لو أنها كانت مصنوعة من ألياف الكربون. أعط سببًا واحدًا يؤكّد لك أنَّ الأداء سيتحسّن.

8. اشرح السبب الذي يجعلك تتوقع أن الألياف المصنوعة من أنابيب الكربون النانوية ستكون أكثر متانة من ألياف الكربون.

إضاءة على عالم

روجر بيكون: 1926 - 2007

الشكل 4-31 ألياف الكربون، اكتشف بالمصادفة.

عُرِفَت ألياف الكربون منذ العام 1860 تقريبًا، عند استخدام فتائل مصابيح الإنارة الكهربائية الجديدة. في العام 1958، كان روجر بيكون أول من أوضح قدرات الأداء العالية للألياف، وأسهم في إطلاق التقدّم الهائل في تكنولوجيا المواد خلال المئة سنة الماضية. بيّن بيكون أن البوليمر البترولي يتجاوز بمتانته الفولاذ، وبقوة شدّ ضغطها 20 جيجا باسكال (GPa) ومعامل يونج مقداره 700 GPa. وكان هذا الاكتشاف حَدَثًا علمياً جديدًا.

وُظّف بيكون في الفريق البحثي في واحدة من الشركات الكبرى. تمّ انتداب الفريق من أجل «متابعة أيّ شيء يمكن أن يجدوه مثيرًا للانتباه». حاول بيكون أن يحدّد النقطة الثلاثية للكربون، درجة الحرارة والضغط التي يكون عندها الكربون في الحالة الصلبة، والسائلة، والغازية في الوقت ذاته. طوّرت أداته تراكمًا للكربون شبيهًا بالهوابط في الكهوف. وبفحص أدق لهذا التراكم، وجد بيكون أليافًا رفيعة ومرنة من الكربون النقي الشبيه بالشعيرات. وتوصّل الى أن تكلفة الإنتاج ستكون باهظة جداً، فقام بنشر نتائجه وانتقل الى بحث آخر. وعلى الآخرين إكمال عمل بيكون وتطويره بطرائق أقلّ تكلفةً.

كان اكتشاف الكيفلار أيضًا عن طريق المصادفة. في العام 1965، وفي أثناء محاولة لاكتشاف بوليمر صناعي لاستبداله بالفولاذ المستخدم في العجلات، أنشأت الكيميائية ستيفاني كووليك ما تبيّن حينها أنه عجينة سيئة لمحلول بولي أميد. وبدلًا من الاعتراف بالخطأ، أقنعت عاملًا بمعالجة المادة، لتتحول الى أقوى وأمتن الألياف التي لم يتمّ إنتاجها من قبل.

لا يزال العلم يهدف إلى متابعة الأسئلة حول طبيعة الكون. المنتجات كألياف الكربون (**الشكل 4-31**) والكيفلار هي نواتج ثانوية لفضول العلماء العلمي.

الوحدة 4

مراجعة الوحدة

الدرس 4-1 أدوات الألعاب الرياضية

- **معامل الارتداد Coefficient of restitution** هو قياس لمقدار الطاقة التي يمكن للأجسام نقلها خلال التصادمات.
- **أقواس السهام Archery bows** تختزن الطاقة مثل النوابض وتنقلها إلى السهم. تُغلَّف المواد لتحسين قوتها ومرونتها.
- تحتاج الزانة في رياضة القفز بالزانة إلى قوة مشابهة ومرونة.
- الأرقام القياسية لرياضة رمي **الرمح Javelin** هبطت مع استخدام المواد الجديدة مثل المعدن واستبدال التصاميم التقليدية لمواد الخشب. تغيّرات مشابهة طرأت على **مضرب التنس Tennis rocket** اشتمل على استخدام الخشب، والألومنيوم وألياف الكربون.
- **الأحذية الرياضية Sport shoes** أيضًا حصلت على نصيبها من التغييرات في التصميم والمواد، مثل فوم الحشو الخاص للحماية من الإصابة وزيادة الفعالية.
- يقلّل السبّاحون من الاحتكاك باستخدامات **بدلات جسم Body suit** بغلاف يشبه جلد القرش.
- تطوّرت الخوذ لتقليل وزنها وتوفير حماية أكبر.

الدرس 4-2 المواد المُركّبة في الألعاب الرياضيّة

- تتألف **المواد المُركّبة Composite Materials** من مادتين مختلفتين أو أكثر. الشائع منها: ألياف الزجاج و ألياف الكربون.
- **ألياف الكربون Carbon fiber** طويلة وقوية جدًا، لكنها خيوط رفيعة من ذرات الكربون ترتبط بعضها ببعض مثل الألماس. المواد المُركّبة المصنوعة من ألياف الكربون تكون أكثر متانة من الفولاذ وأخفّ منه. تُستخدم ألياف الكربون في كثير من الألعاب الرياضية مثل سباق الدرجات الهوائية والتنس والتزلّج وقوارب السباق.
- **الكيفلار Kevlar** هو نوع من ألياف البوليمر المُقاوِمة للصدمات والحرارة والتي تُستخدم في خيوط الأقواس، وتصنّع على شكل أنسجة لأشرعة القوارب والدروع.
- **الراتينج Resin** هو أنواع من السوائل التي تصبح صلبة بواسطة تشابك كيميائي أو فيزيائي.
- **التشابك Cross-linking** هو رابطة جزيئية بين سلاسل بوليمر طويلة. يمكن تشكيل روابط فيزيائية ضعيفة أو روابط كيميائية قوية.
- يمكن أن تُصنع المواد المُركّبة المستقبلية من **الجرافين Graphene** أو أنابيب الكربون النانوية. الجرافين هو ذرات كربون مغروسة ومترابطة بقوة، وبسُمك ذرة واحدة. **أنابيب الكربون النانوية Crabon nanotubes** هي أنابيب مصنوعة من ذرات الكربون تُشكّل حلقات متقاربة طويلة.

تقويم الوحدة

أسئلة متعددة الاختيارات

1. كرة مصنوعة من المطّاط معامل ارتدادها 0.6 تُلقى من على ارتفاع 10 m. كم سيكون ارتفاع ارتداد الكرة بعد ارتطامها بأرضيّة صلبة؟

a. 3.6 m
b. 6 m
c. 10 m
d. 16 m

2. ما الميزة التي تتفوّق فيها سهام الألياف الزجاجية على السهام الخشبية؟

a. ألياف الزجاج أكثر كلفة من الخشب.
b. ألياف الزجاج متّسقة من سهم إلى آخر.
c. ألياف الزجاج أثقل من الخشب.
d. ألياف الزجاج مادة طبيعية، وكذلك الخشب.

3. أيٌّ من المجموعات الآتية تصنِّف السهام المصنّعة من الأرخص ثمنًا إلى الأغلى؟

a. مادة مركّبة من الألومنيوم، ألياف الزجاج، ألياف الكربون، مادة مُركّبة.
b. مادة مركّبة من ألياف الزجاج، الألومنيوم، ألياف الكربون، مادة مُركّبة.
c. مادة مركّبة من ألياف الكربون، ألياف الزجاج، الألومنيوم، مادة مُركّبة.
d. مادة مركّبة من ألياف الكربون، ألياف الزجاج، الألومنيوم.

4. ما هي الخصائص التي تجعل كُلًّا من ألياف الكربون والألياف الزجاجية مفيدة في الزانة المستخدمة في رياضة القفز بالزانة؟

a. يمكن للألياف أن تلتفّ على شكل أنبوب.
b. يمكن أن تدمج الألياف في الراتينج لصنع جسم صلب.
c. يمكن إعادة تشكيل الألياف بكثير من الأشكال الأخرى.
d. يمكن غزل الألياف مع الملابس لإكسابها القوة على طول محاور متعدّدة.

5. ما هي التقنية المستخدمة لتحديد معامل الارتداد؟

a. تحديد مدى تغيّر شكل الكرة نتيجة للتصادم.
b. مقارنة الكتلة قبل التصادم مع الكتلة بعد التصادم.
c. مقارنة الوزن قبل التصادم مع الوزن بعد التصادم.
d. مقارنة الارتفاع الابتدائي فوق الأرضية مع ارتفاع الكرة عند ارتدادها بعد التصادم مع الأرضيّة.

6. أيٌّ من الجمل الآتية ليست ميزة لارتداء بدلات الجسم في المنافسات؟

a. تقليل التعب.
b. تحسين الأداء.
c. زيادة الدورة الدموية.
d. تقليل احتكاك الهواء أثناء الجري.

7. ما نوع الألعاب الرياضية التي تستفيد أكثر من ملابس الحماية؟
   a. الجري.
   b. كرة القدم.
   c. السباحة.
   d. رمي الرمح.

8. ما الدور الذي يؤديه البلاستيك في الألياف الزجاجية؟
   a. يمنع الانكماش.
   b. يمتلك قيمة شدّ عالية.
   c. يسمح للمواد بمقاومة مستويات عالية من الحرارة.
   d. توزّع القوى المطبّقة بين الألياف الزجاجية.

9. ما المثالان على ألياف الأراميد مما يلي؟
   a. الراتينج والكيفلار.
   b. الكيفلار والنوميكس.
   c. النوميكس والجرافيت.
   d. الجرافيت والألماس.

10. ما الغاية من الوسيط الكيميائي في راتينج الإيبوكسي؟
   a. يحطّم التشابك الفيزيائي.
   b. يحطّم التشابك الكيميائي.
   c. يسرّع تشكيل التشابك الفيزيائي.
   d. يسرّع تشكيل التشابك الكيميائي.

11. لماذا يُعدّ تصلب الإيبوكسي عملية غير إنعكاسية؟
   a. راتينج البلاستيك لا ينصهر.
   b. تَكوُّن التشابك الكيميائي.
   c. المركبّان ينصهران معًا.
   d. تسبّب الحرارة لذرات الكربون تشكيل روابط مشابهة لتلك الموجودة في الألماس.

12. لماذا يمكن للألومنيوم أن يكون أفضل من مُركّب ألياف الكربون/أيبوكسي في المنافسات التي تتضمّن درجات حرارة مرتفعة؟
   a. الألومينوم أخفّ من مُركّب ألياف الكربون.
   b. يمتلك الألومينوم قوة شدّ أعلى من ألياف الكربون.
   c. مُركّب ألياف الكربون أمتن وأكثر مرونة من الألومنيوم.
   d. يمكن أن يلين الإيبوكسي بالحرارة، ما يقلّل من متانة مُركّب ألياف الكربون.

الدرس 4-1 أدوات الألعاب الرياضية

13. اذكر ثُلاث خصائص فيزيائية مطلوبة في المواد المستخدمة لصنع أقواس السهام.

14. أعطِ سببين يجعلان من سهام المواد المُركّبة النوع المختار في المنافسات.

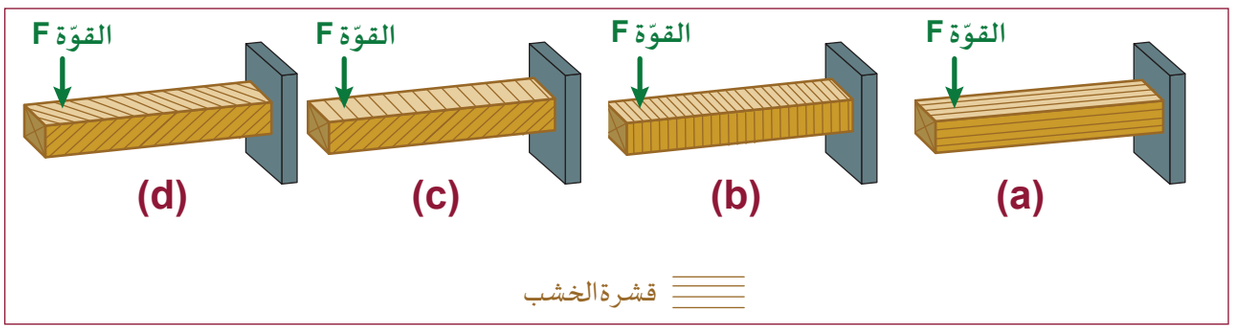
15. ما فائدة الزانة الخفيفة في رياضة القفز بالزانة؟

16. فكّر في تحسينات يمكن إدخالها على الرمح ليكون قادرًا على الارتفاع إلى مستوى عالٍ قبل أن يسقط على الأرض.

17. ما المشكلات الناجمة عن تحسين المواد المستخدمة في الرمح؟

18. صف المعوقات التي يسببها التركيب البنائي للقشرة في الأجسام المصنوعة من الخشب الصلب.

19. تعرض المخطّطات الأربعة الآتية لوح خشب مثبّتًا من إحدى نهايتيه. أي من الألواح الأربعة يصعب تحطيمه أكثر إذا طُبّقت القوة ذاتها على طرفه الحر؟ ولماذا؟



20. أعطِ سببًا لكون الأجسام المصنوعة من ألياف الكربون أكثر تكلفة من الأجسام المشابهة المصنوعة من المعدن؟

21. أحسب معامل الارتداد لكرة تبدأ من ارتفاع 50 cm، لترتطم بالأرضيّة، ثمّ ترتدّ إلى الأعلى حتى تبلغ ارتفاع 34 cm.

22. كم سيبلغ ارتفاع ارتداد الكرة اذا كان معامل ارتدادها 0.24 وأُلقيت على أرضيّة قاسية من على ارتفاع 120 cm.

23. لماذا لا يمكن أن يكون معامل الارتداد أكبر من واحد؟

24. كيف يمكنك أن تحدّد مادة يكون معامل ارتدادها يساوي صفرًا؟

25. عند تصميم جهاز حماية الكعب لأحذية الجري، لماذا يكون من الأفضل استخدام مواد ذات معامل ارتداد منخفض؟

26. ما هي الفائدة من النسيج الخاص فوق بدلات السباحة؟

الدّرس 4-2 المواد المُركّبة في الألعاب الرياضية

27. أكتب تعريف المادة المُركّبة بجملة واحدة.

28. اذكر أربع ألعاب رياضية تُستخدم فيها مواد مُركّبة في المنافسات، ثمّ حدّد الطريقة التي تُستخدم فيها تلك المواد.

29. ما هو دور الزجاج في مادة مُركّبة من الألياف الزجاجية؟

30. لماذا يجب أن يتكرّر استبدال بعض معدات الحماية المصنوعة من ألياف الزجاج؟

31. ما الخاصية الأساسية لألياف الأراميد؟

32. ما خاصّية الكيفلار التي تساعد في تقليل إصابات القدم والكاحل عندما تستخدم في نعل الأحذية الرياضية؟

33. ما الخاصّية الكيميائية للكيفلار التي تعطيها قيمة شدّ عالية؟

34. ما الخاصّية الكيميائية لجل السليكون التي تسمح ببقائه مرنًا؟

35. ما المعنى الشائع لمصطلح «الراتينج»؟

36. ما هو الإيبوكسي؟

37. أعطِ نقطتي ضعف للمواد المُركّبة.

38. ما الاختلاف بين الجرافيت والجرافين؟

الشكر والتقدير

جميع الرسوم الفنّية الواردة في هذا العمل صمَّمتها شركة تطوير العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM) في الولايات المتَّحدة الأميركية. وهي وحدها تملك الحق القانوني لإجازة استخدام تلك الرسوم.

يشكر المؤلفون والناشرون المصادر الآتية على السماح لهم باستخدام ملكياتهم الفكرية كما أنهم ممتنون لهم لموافقتهم على نشر الصور.

RonnieChua/Shutterstock; Shyrochenko Aleksandr/Shutterstock; chrisdorney/Shutterstock; Bobx-73/Shutterstock; Lipskiy/Shutterstock; Naskky/Shutterstock; SoleilC/Shutterstock; AlexandrN/Shutterstock; Martin Bergsma/ Shutterstock; Toa55/Shutterstock; ShadeDesign/Shutterstock; Caterina Belova/Shutterstock; Pavol Kmeto/ Shutterstock; A7880S/Shutterstock; Corund/Shutterstock; Shannon Serpette/Shutterstock; agsandrew/Shutterstock; tankist276/Shutterstock; VectorPot/Shutterstock; Vector Tradition/Shutterstock; J10/Shutterstock; RomanVanur/ Shutterstock; Garen Takessian/Shutterstock; Aldona Griskeviciene/Shutterstock; Fouad A Saad/Shutterstock; hlphoto/ Shutterstock; stockcreations/Shutterstock; MAHATHIR MOHD YASIN/Shutterstock; Konoplytska/Shutterstock; Eric Isselee/Shutterstock; Maksim Safaniuk/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Daniele Pietrobelli/Shutterstock; Tichr/ Shutterstock; Vladislav Havrilov/Shutterstock; Olga Zinovskaya/Shutterstock; Tatiana Foxy/Shutterstock; 3DSculptor/ Shutterstock; Merlin74/Shutterstock; Eduard Kim/Shutterstock; Vadim Sadovsky/Shutterstock; Janaka Dharmasena / Shutterstock; Nasky/ Shutterstock; adike/ Shutterstock; Richard Peterson/ Shutterstock; stihii/ Shutterstock; NoPainNoGain/ Shutterstock; Teguh Mujiono/ shutterstock; Improvisor/ Shutterstock; Jose Luis Calvo/ Shutterstock; Rattiya Thongdumhyu/ Shutterstock; Peter Hermes Furian/ Shutterstock; Sebastian Kaulitzki/ Shutterstock; VectorMine/ Shutterstock; bsd/ Shutterstock; Blamb/ Shutterstock; MikeMartin / Shutterstock; Photographee.eu/ Shutterstock; Jason Boyce/ Shutterstock; Maridav Eugene Onischenko/ Shutterstock; CI Photos/ Shutterstock; Sergey Nivens, Vasyl Shulga/ Shutterstock; Sea Wave, Tanya Sid/ Shutterstock; belushi/ Shutterstock; Birger Olovson, Dionisvera/ Shutterstock; sportpoint / Shutterstock; ChrisVanLennepPhoto, Jacob Lund, sattahipbeach,/Shutterstock; Catalin Grigoriu/ Shutterstock; Designua/Shutterstock; Andres Garcia Martin/Shutterstock; Cagla Acikgoz/ Victor Moussa/ photoworld; Aleksey Gusev/Shutterstock; Designua/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; mapichai/Shutterstock; Kitnha/ Elena11 /Shutterstock; dlhca/Shutterstock; ShotStalker/Shutterstock; Sketchart/Shutterstock; tel52/Robert Adrian Hillman/Shutterstock; rzarek/Imagine Photographer; Tomas Ragina/Shutterstock; Rainer Lesniewski/ Shutterstock; Vixit/Shutterstock; Fedor Selivanov/Shutterstock; Phil Emmerson /Shutterstock; stihii/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; NASA images/Shutterstock; NickJulia/Shutterstock; ch123/Shutterstock; Cozine/ Suzanne Tucker/ Ayman Haykal /Shutterstock; Robert Adrian Hillman/Shutterstock; Sigur/ SUNISA DAENGAM/Shutterstock; Jeroen Mikkers/ Manamana /Shutterstock; duckeesue /Shutterstock; Thomas C. Altman /Shutterstock; Sara Winter / Shutterstock; MaraZe /Shutterstock; Adwo/ Tomowen Shutterstock; Rosalie Kreulen /Shutterstock; Daniel Carlson / Shutterstock; Filip Fuxa/ Fulcanelli/ Shutterstock; lembi /Shutterstock; stihii /Shutterstock; GracePhotos /Shutterstock; Mega Pixel Shutterstock; Justek16 /Shutterstock; Scottish Traveller /Shutterstock; Lori Bonati /Shutterstock; anek.soowannaphoom /Shutterstock; Lost_in_the_Midwest /Shutterstock; B Calkins /Shutterstock; AlexussK / Shutterstock; pablofdezr /Shutterstock; fischers /Shutterstock; corbac40 /Shutterstock; CROX /Shutterstock; Africa Studio /Shutterstock; Emre Terim /shutterstock; Volodymyr Goinyk /shutterstock; Johann Helgason /shutterstock; OSweetNature /shutterstock; Kathryn Snoek/ /shutterstock; Thomas C. Altman; MateusandOlivia /shutterstock; Designua /shutterstock; Rainer Lesniewski /shutterstock; Praveen Menon /shutterstock; Mark Hall /shutterstock; Konoplytska /shutterstock; Igor Alexsander /shutterstock; Zoom Team /shutterstock; Turkey Photo /shutterstock; Dexpixel /shutterstock; Dennis O&#39:Hara /shutterstock; Tetyana Dotsenko /shutterstock; Vadim Nefedoff / shutterstock; Designua /shutterstock; Sabelskaya /shutterstock; Rich Carey /shutterstock; Bill McKelvie/shutterstock; Andrey Burmakin/ kuruneko/ ZoranOrcik/shutterstock; Imagesines/shutterstock; Diagram/shutterstock; HelloRF Zcool/ Andrey Burmakin/shutterstock; Alex Kravtsov/shutterstock; sirtravelalot/shutterstock; Suzanna Tucker/shutterstock; Graph/shutterstock; Gwoeii/shutterstock; Graph/ Oleksii Sidorov/shutterstock; sizov/ LUKinMEDIA/shutterstock; BUY THIS/shutterstock; Stock image/shutterstock; TLaoPhotography/shutterstock; TASER/shutterstock; Roger costa morera/shutterstock; Preto Perola/ HomeArt; topimages/NDT/KKulikov/shutterstock; OSTILL is Franck Camhi/ Wikipedia; Ljupco Smokovski/Alexander Kirch/Stefan Schurr/ Jonah_H/shutterstock; Brocreative/ Motion Arts; Dan Thornberg/shutterstock; faboi/TASER; Miriam Doerr/shutterstock; Martin Frommherz/shutterstock; Bjoern Wylezich/ shutterstock; Inna Bigun/shutterstock; Steven_Mol/shutterstock; goffkein.pro/shutterstock; EugenePut/shutterstock; fotoliza/shutterstock; IDKFA/shutterstock; Yosanon Y/ VarnakovR/shutterstock; Rost9/shutterstock; Tyler Boyes/ shutterstock; Dimarion/shutterstock; Maridav/shutterstock; Dmitry Markov152/shutterstock; Charobnica/Shutterstock; Rvkamalov/Shutterstock; Peter Hermes Furian/Shutterstock; Konstantinks/Shutterstock; Extender_01/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Miriam Doerr/Shutterstock; Martin Frommherz/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Orange Deer studio/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.;Olga Popova/Shutterstock; Pavel Sapozhnikov/ Shutterstock; VectorMine/Shutterstock; Paramonov Alexander/Shutterstock;OSweetNature/Shutterstock; Danielz1/ Shutterstock; Dafinchi/Shutterstock; Fen Deneyim/Shutterstock; Artskvortsova/Shutterstock; Nasky/Shutterstock; Adam J/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Denis Radovanovic/Shutterstock; Ipek Morel/Shutterstock; Nito/Shutterstock; Geza Farkas/Shutterstock; Albert Russ/Shutterstock; Orange Deer studio/Shutterstock; Everett Collection/Shutterstock; Mega Pixel/Shutterstock; Ihor Matsiievskyi/Shutterstock; Mahathir Mohd Yasin/Shutterstock; Liveshot/Shutterstock; MTKang/Shutterstock; Andrey Kozyntsev/Shutterstock; Gab90/Shutterstock; Olga Hofman/ Shutterstock; Breck P. Kent/Shutterstock; Beker/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; Frees/Shutterstock; Concept W/Shutterstock; Volha_A./Shutterstock; Aliona Ursu/Shutterstock; StudioMolekuul/Shutterstock; John James/Shutterstock; Photo-World/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; LeysanI/Shutterstock; ADA Photo/ Shutterstock; Elena Zolotukhina/Shutterstock; Bukhta Yurii/Shutterstock; Edward Olive/Shutterstock; Maxx-Studio/ Shutterstock; Peter Sobolev/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Eduardo Estellez/Shutterstock; Shishir Gautam/ Shutterstock; Josep Suria/Shutterstock; Designua/Shutterstock; Izzmain/Shutterstock; Kiran Paul/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; Sansanorth/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Henri Koskinen/Shutterstock; StudioMolekuul/Shutterstock; Humdan/Shutterstock; ibreakstock/Shutterstock; Magnetix/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; EDU WATANABE/Shutterstock; Kristina Vor/Shutterstock; Wantanddo/Shutterstock;