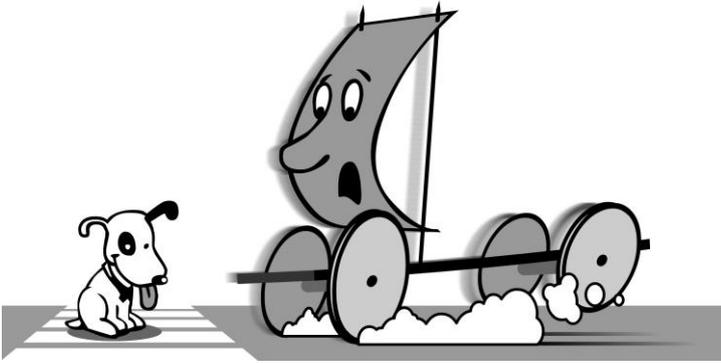


المعهد التّعليمي للتميّز

صَمِّمُوا سَيَّارَةً!

شايكه شفرير، د. كوبي بن باراك



العلوم – المرحلة
الامتدائنة

الاستشارة العلميّة: د. يّخين أونا، الجامعة العبريّة
الإعداد: د. آفي بولج، د. ساره جروبر، زنيّف كركوبر

ترجمه للعربية: مارون قعبور، ا.موسى ابوشقاره
مراجعه لغويه: ا.ايمن معلوف

نسخة تموز 2015

ترجمت للعربية: 2016-2017

Supported by The Diane P. & Guilford Glazer Fund of the Jewish
Community Foundation of Los Angeles

© جميع الحقوق محفوظة للمركز الإسرائيلي للتميّز في التربية ولوزارة التربية والتعليم.

يُسمح باستخدام المواد التعليميّة فقط في إطار التعليم بحسب منهج "التميّز 2000". يجب عدم نشر هذه المواد دون إذنٍ خطّيّ مُسبق، من المركز الإسرائيلي للتميّز في التربية.

المُقَدِّمَة

الأولاد بطبيعتهم يرغبون في اللعب والبناء. المعلمون، بطبيعتهم، يحبون التعليم. لماذا لا ندمج هاتين الرغبتين معاً؟ من خلال بناء/ تصميم نموذجٍ لسيارة، نستطيع نحن المعلمين تحقيق أهدافنا التربوية؛ والتلاميذ بدورهم سيحظون بدرسٍ ممتعٍ يُثري آفاقهم.

الفكرة الأساسية من هذه الفعالية هي تصميم سيارة. مطلوبٌ من التلاميذ تصميم سيارة تتحرك بدون لمسها، بتأثير الرياح، لمسافة معينة، وذلك بمساعدة بعض التجهيزات والأدوات التي سنزوّدهم بها. إنها فعالية ممتعة حقاً، لكن علينا عدم الاكتفاء بجانب "المتعة" فقط. على هذه الفعالية أن تكون أداة واضحة للتعلّم ولتحسين المهارات وتطويرها. الغاية من استخدام هذه الفعالية هو إثارة الفضول، وحسن التصرف، والمعرفة العلمية، والتقييم الذاتي للتلميذ أيضاً.



ستخضع السيارات التي سيتمّ تصميمها من قِبَل التلاميذ لمسابقة، ومن خلال تحليل أداء السيارات، سيتمكنُ التلاميذ من فهم عددٍ من المبادئ المهمة في العلوم. من أجل الفوز في هذا السباق، على التلاميذ بدون أدنى شكّ التحلّي بميزة المصممين الجيّدين؛ عليهم أن يكونوا مُصمِّمين حكماً متسلّحين بسلاح المعرفة. عليهم العملُ استناداً إلى تبنّي إستراتيجيات، وعدم الاعتماد على أسلوب "التجربة والخطأ" فقط، وهو الأسلوب الذي يميلُ مُعظّمُ التلاميذ إلى استخدامه.

الفِكرَةُ المَرَكِزِيَّةُ مِنْ هَذِهِ الوَحْدَةِ

إِضَافَةً إِلَى التَّعَلُّمِ وَفَهْمِ القَوَانِينِ الأَسَاسِيَّةِ فِي عِلْمِ الفِيزِيَاءِ، فَإِنَّ هَذِهِ الفَعَالِيَّةَ المَمْتَعَةَ توفِّرُ لَنَا، نَحْنُ المَعْلَمِينَ، أَسَاسًا خَصَبًا لِتَطْوِيرِ المَهَارَاتِ العِلْمِيَّةِ والشَّخْصِيَّةِ المَتَنَوِّعَةِ والمِهْمَةِ. لَكِي نَكُونُ مَحَدِّدِينَ، عَلَيْنَا التَّرْكِيزَ عَلَى المَهَارَاتِ التَّالِيَةِ:

المَهَارَاتُ الَّتِي يُمَكِّنُ اِكْتِسَابُهَا فِي هَذِهِ الوَحْدَةِ:

- التَّفْكِيرُ الإِبْدَاعِيُّ
- تَخْطِيطُ تَجْرِبَةٍ
- عَزْلُ المَتَغَيِّرَاتِ
- عَرْضُ النُّتَائِجِ
- تَحْلِيلُ النُّتَائِجِ
- القُدْرَةُ عَلَى مَوَاجَهَةِ الإِحْبَاطِ
- خَلْقُ مَحْفَظَاتٍ لِلتَّحْسُنِ المَسْتَمِرِّ

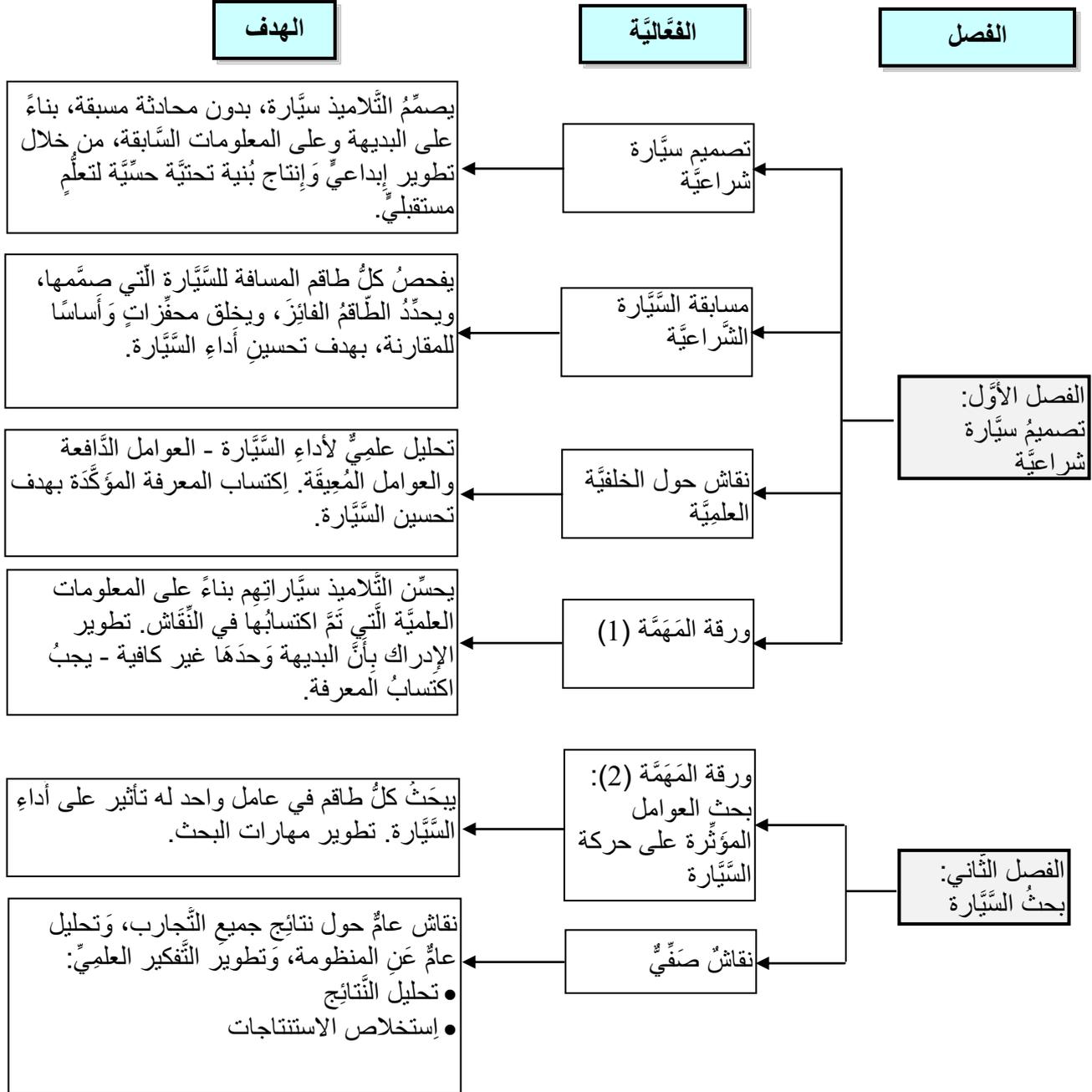
مُدَّةُ الفَعَالِيَّةِ

ننصح بتخصيص 4-5 لقاءاتٍ لهذه الوحدة (لقاءات مزدوجة- مدَّة كلِّ لقاءٍ 90 دقيقة).

مُلاءِمَتُهَا لِمَجْمُوعَةِ الجِيلِ

هذه الفَعَالِيَّةُ ملائمةٌ لتفعيلها في الصُّفُوفِ الخَامِسَةِ والسَّادِسَةِ.

مَبْنَى الْوَحْدَةِ



الفصل الأول: خذوا أماكنكم واستعدوا، انطلقوا!

تصميم "سيارة شراعية"

في هذا الفصل، سيصمّم التلاميذ "سيارة شراعية". تتحرك السيارة إلى الأمام بقوة الرياح الصادرة من مروحة. السيارة التي سيتمّ بناؤها ستخضع لمسابقة؛ وبعد ذلك سيُجرى نقاش، يَتِمُّ فيه تحليل أداء السيارات المختلفة والقوانين التي بحسبها تتحرك حتى لحظة وقوفها. سنشكّل هذه الفعاليات الأساس لبحثٍ علميٍّ حول العوامل المختلفة التي تؤثر على حركة السيارة؛ سنرى تفاصيل أكثر في الفصل القادم.

تنظيم الدرس

سيتم تنفيذ الفعالية وفقاً للمراحل التالية:

1. تصميم السيارة - نُصمّم الطواقم سيارةً تتحرك بقوة الرياح الخارجية.
 2. مسابقة السيارة المتميزة - أي السيارات قطعت أكبر مسافة ممكنة؟
 3. تحليل أداء السيارات - ما هي العوامل الدافعة والمعيقة لحركة السيارة؟
 4. تحسين أداء السيارة - يحسّن التلاميذ سياراتهم اعتماداً على المعرفة العلمية التي اكتسبوها.
- الآن نفضّل هذه المراحل بشكلٍ أوفى، وبعدها الخلفية العلمية، فيها يَتِمُّ وصف القوى والعوامل الدافعة أو المعيقة لحركة السيارة.

1. تصميم السيارة

المهمة المحددة لكل طاقم هي تصميم "سيارة شراعية"، باستخدام الأدوات والأجهزة التي زوّدت له. ستتحرك السيارة بقوة الرياح الناتجة من مروحة. السيارة التي تتحرك إلى أبعد مسافة، هي السيارة الفائزة في المسابقة. يجب إعطاء الفرصة لطاقم التلاميذ لتخطيط السيارة وتصميمها بحسب رغبتهم، وأن يتمتعوا بعملية التخطيط والتصميم وإعطاء الحرية التامة لقدراتهم الإبداعية.

مراحل التصميم هي:

- قسّموا التلاميذ إلى مجموعات، في كل مجموعة 3-4 تلاميذ.
- إعرضوا المهمة أمام التلاميذ- تصميم سيارة تتحرك بقوة الرياح (مروحة أو مجفف شعر). يجب عدم لمس السيارة في جميع مراحل تحركها. في نهاية التصميم، تُقام مسابقة يفوز فيها الطاقم الذي قطعت سيارته أكبر مسافة.
- وزّعوا على كل مجموعة الأدوات التي يمكن استخدامها لتصميم السيارة. ليسوا ملزمين باستعمال كل الأدوات التي تُعطى لهم، لكن عليهم تصميم السيارة فقط باستعمال هذه الأدوات.
- تجدون قائمة بالأدوات والتجهيزات في نهاية الوحدة.
- خصّصوا وقتاً لعملية التصميم- لإتمام البناء في المرحلة الأولى، تكفي 30-40 دقيقة.

يجب إعطاء التلاميذ الفرصة لتصميم السيَّارة اعتمادًا على أفكارهم البديهية، وتخصيص وقت أقلّ لعملية التخطيط المسبق. سيخصَّصون القليل من الوقت لأسئلة مثل: هل من الجدير استعمال شراعٍ واسع أم ضيق؟ هل من الجدير بناء عجلات كبيرة أم صغيرة؟ كيف يمكن تقليص الاحتكاك بين العجلات والمحاور التي تُشغّلها؟ في نهاية الوحدة، ستجدون مثالاً مفصلاً لتصميم نوع واحد من السيَّارات الشراعية.

في نهاية الفعاليّة، سنساعدنا هذه السيَّارة في تفسير القوى العاملة عليها. يجب عدم إظهار هذه السيَّارة أمام التلاميذ، وبالطبع لهم الحرّية التأمّة في تصميم السيَّارة وبنائها وفقاً لخيالهم الخصب.

2. مُسَابَقَةُ السَيَّارَةِ الْمُتَمَيِّزَةِ

- إحصوا أداء كلِّ سيَّارة على انفراد، بحيث يُراقب جميع الطواقم سيَّارات المجموعات الأخرى. أطلبوا من ممثّل كلِّ مجموعة وضع السيَّارة على خطّ الانطلاق، الخطّ الذي تمّ تأثيره مسبقاً، بحيث تكون المروحة على بُعد حوالي 30 سم خلف السيَّارة (البُعد الدقيق غير مهمّ، لكن علينا المحافظة عليه طيلة المسابقة). عندما يحرّر ممثّل المجموعة سيَّارته، ستتحركُ حتّى مسافة معيّنة.
- قيسوا مع التلاميذ البُعد الذي وصلت إليه السيَّارة.
- كرّروا هذه العملية مع سيَّارات بقية المجموعات. البُعد بين خطّ الانطلاق وكذلك شدّة الرّياح، يجب حفظهما ثابتين طيلة المسابقة (إنّه مبدأ "عزل المتغيّرات"، وسنُتحدّث عنه لاحقاً).
- يتمّ الإعلان عن الطاقم الفائز ويتسلّم جائزةً (أنظروا ملاحظاتٍ تخصّ توزيع الجوائز). لمن لم يحالف الحظّ - عليه ألاّ ييأس، فسيعطى فرصة ثانية.

في نهاية المسابقة، اسألوا جميع الطواقم (بمن فيهم الطاقم الفائز): هل باعتقادهم قد صمّموا السيَّارة الفضلى؟ هل يمكن تحسينها؟ كيف؟

هذه الأسئلة ستقودنا بلا شكّ إلى تحليل مبنى السيَّارة، وهو تحليلٌ يستند إلى المعرفة العلميّة، كما سنفصّل ذلك لاحقاً.

3. تَحْلِيلُ أَدَاءِ السَيَّارَاتِ

بعد المسابقة الأولى، حان الوقت لكي نُحلّل بصورة واقعيّة هذه المنظومة. الهدف من النقاش هو التّشديد على أهميّة الإبداع الذي أظهره التلاميذ في تصميم السيَّارة، لكن علينا عدم الاكتفاء بالإبداع فقط. العالم أو المهندس أو أيّ شخصٍ آخر ينفذ مهمّة معقّدة، من الجدير أن يتسلّح بمعرفةٍ واسعة.

إنّ الدوافع لتعلّم المبادئ الفيزيائيّة، تنبع من كون التلاميذ يتعلّمونها لغرضٍ يخصّهم بشكلٍ شخصيّ - الرّغبة في تحسين أداء سيَّارتهم. هكذا نسخرُ الإحساس لسيرورة التعلّم.

في سياق المسابقة، سيتفاجأ التلاميذ من التنوع الكبير في أداء السيَّارات المختلفة. تجارب سابقة ستكشف لنا أنَّ هناك بعض المجموعات التي نجح أفرادها في تصميم سيَّارة تتحرَّك لمسافة 3-4 أمتار، مقابل أخرى بصعوبة تقطع مسافة 40 سم.

السؤال: لماذا؟ ما هي القوى العاملة على السيَّارة؟ لماذا توقفت السيَّارة في هذه النقطة بالذات؟ للإجابة عن هذه التساؤلات، يجب أولاً معرفة القوانين التي تؤثر على هذه المنظومة بدقة وعمق أكبر. سيتمُّ شرح التفاصيل عن القوى والعوامل العاملة على السيَّارة لاحقاً، تحت بند "الخلفية العلميَّة". استندوا إلى هذه المعلومات لكي تنجحوا في إجراء نقاش صفِّي يكون ممهِّداً للمرحلة التالية:

4. تحسين أداء السيَّارة

بعد نقاشٍ علميٍّ، واعتماداً على معلومات هذا النقاش، يقترح التلاميذ طرائق لتحسين تصاميم السيَّارات التي صمَّموها، بحيث تتمكن من قطع مسافة أكبر. ستظهر التفاصيل عن سيرورة التحسين في ورقة المهمة (1). من المعروف أنَّ صفة الإبداع والبدئية يتحكَّم بهما النصف الأيمن من الدماغ، بينما التفكير التحليلي موجود في القسم الأيسر. هذا التقسيم ليس حاداً بشكل نهائيٍّ لنوعيِّ التفكير، لكن إذا تبنَّينا هذا التفكير لحالتنا هذه، فهذا هو الوقت المناسب لتفعيل النصف الأيمن من دماغ التلاميذ.

الخلفية العلميَّة

لتحليل أداء السيَّارة، علينا أولاً أن نسأل أنفسنا السؤالين التاليين:

1. ما الذي يُؤدِّي بالسيَّارة أن تتحرَّك إلى الأمام؟

2. لماذا تتوقَّف السيَّارة في نهاية الأمر؟

السيَّارة ككلَّ جسم آخر في الطبيعة تتأثر من القوى العاملة عليها. إذا كانت القوى العاملة عليها باتجاه معيَّن أكبر من القوى المعيقة، فستتحرَّك السيَّارة إلى هذا الاتجاه. إذا كانت القوى المعيقة أكبر من القوى الدافعة، فسُتبطئ السيَّارة وسرعُتها تقلُّ. إذا كانت محصلة القوى تساوي الصفر (القوى الدافعة تساوي القوى المعيقة) - فلن تغيَّر السيَّارة حركتها، وستبقى في حالة ساكنة أو ستتحرك بسرعة ثابتة.

إذا كان الأمر كذلك، فلكي نحسِّن أداء السيَّارة (ما يعني- زيادة المسافة التي تقطعها بتأثير الرياح)، فعلى العمل وفقاً للإستراتيجية التالية:

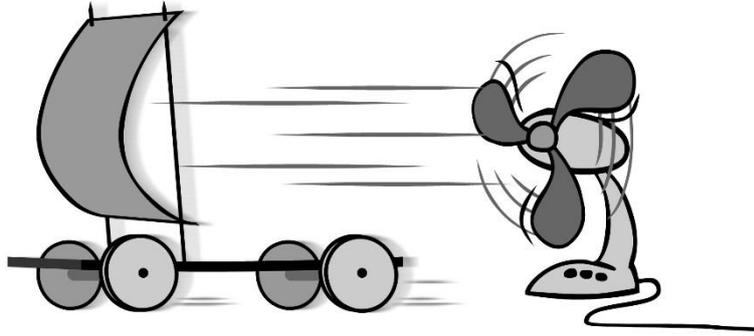
- يجب زيادة تأثير القوى الدافعة.
- يجب تقليص تأثير القوى المعيقة.

ناقشوا هذه الأسئلة مع التلاميذ، واطرحوا عليهم السؤال: ما هي المركبات التي من شأنها أن تؤثر على دفع السيَّارة إلى الأمام، وما هي العوامل المعيقة؟ بالطبع سنسمع من التلاميذ اقتراحاتٍ عديدة. سجّلوا الاقتراحات على اللوح، وناقشوا معاً هذه الاقتراحات بحسب التحليل الذي سيظهر لاحقاً. بإمكانكم الاستناد إلى الجدول الظاهر في النقاش بعد ورقة المهمة (1)، وفيها ستجدون قائمة لعددٍ من العوامل المؤثرة على حركة السيَّارة. هذا النقاش مهمٌّ جدًّا عندما نصل إلى الفصل الثاني، حيثُ يبحثُ فيه التلاميذ هذه العوامل بشكلٍ مفصَّلٍ.

هَيَّا بِنَا نُحَلِّلْ نَوْعِي الْعَوَامِلِ الْعَامِلَةِ عَلَى السَّيَّارَةِ- الْعَوَامِلِ الدَّافِعَةِ وَالْعَوَامِلِ الْمُعِيقَةِ.

الْعَوَامِلُ الدَّافِعَةُ

لِلسَّيَّارَةِ الَّتِي صَمَّمَهَا التَّلَامِيذُ لَا يَوْجَدُ مَحْرَكٌ دَاخِلِيٌّ. الْقُوَّةُ الَّتِي تَدْفَعُ السَّيَّارَةَ هِيَ قُوَّةُ الرِّيَّاحِ الصَّادِرَةِ مِنَ المَرُوحَةِ. شِدَّةُ الرِّيَّاحِ ثَابِتَةٌ، وَبَعْدَ المَرُوحَةِ مِنْ نَقْطَةِ الْإِنْتِطَاقِ ثَابِتَةٌ. لَكِنْ، يَجِبُ عَدَمُ إِغْفَالِ حَقِيقَةِ أَنَّ السَّيَّارَةَ عِنْدَمَا تَتَحَرَّكُ إِلَى الْأَمَامِ تَبْتَعِدُ أَكْثَرَ وَأَكْثَرَ عَنِ مَصْدَرِ الدَّفْعِ، بِحَيْثُ يَصْبِحُ قَلِيلًا جَدًّا، وَتَتَغَلَّبُ عَلَيْهِ الْقُوَّةُ الْمُعِيقَةُ، وَلِذَلِكَ تَتَوَقَّفُ السَّيَّارَةُ بِشَكْلِ تَامٍّ.



إِذَا كَانَ الْأَمْرُ كَذَلِكَ، فَهَلْ بِإِمْكَانِنَا التَّأْثِيرَ عَلَى الْقُوَّةِ الدَّافِعَةِ؟ الْجَوَابُ، بِالطَّبَعِ. بِإِمْكَانِنَا التَّأْثِيرَ عَلَى كَمِّيَّةِ الرِّيَّاحِ الَّتِي تَلْتَقِطُهَا السَّيَّارَةُ نَفْسَهَا. عَلَيْنَا أَنْ نَجْعَلَ أَكْبَرَ كَمِّيَّةٍ مِنَ الرِّيَّاحِ، الصَّادِرَةِ مِنَ المَرُوحَةِ، تَوْثُرَ عَلَى السَّيَّارَةِ. مَسَاحَةُ الشَّرَاعِ وَشَكْلُهُ وَالزَّوَايَةُ الَّتِي تُثَبَّتُ بِهَا عَلَى السَّيَّارَةِ، هِيَ أَسْبَابٌ طَبِيعِيَّةٌ لَذَلِكَ. (أَنْظَرُوا مَثَلًا لِأَحْفًا)

الْعَوَامِلُ الْمُعِيقَةُ

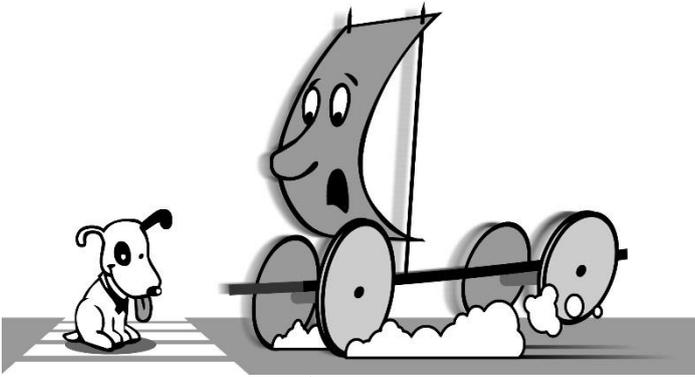
التَّحْلِيلُ هُنَا أَكْثَرَ تَعْقِيدًا، وَالسَّبَبُ هُوَ وُجُودُ عِدَّةِ عَوَامِلٍ مُعِيقَةٍ. سَيَتِمُّ التَّحْلِيلُ هُنَا بِحَسَبِ مَبْنَى "السَّيَّارَةِ الشَّرَاعِيَّةِ" الَّتِي نَقْتَرِحُ فِي الْمَلْحَقِ فِي نَهَايَةِ الْوَحْدَةِ. هَذِهِ الْمَبَادِئُ يُمْكِنُ تَطْبِيقُهَا أَيْضًا عَلَى سَيَّارَاتٍ لَهَا تَصَامِيمٌ مُخْتَلِفَةٌ بَعْضُ الشَّيْءِ.

- **مقاومة الهواء (السُّخْب):** كَلَّمَا كَانَ سَطْحُ التَّلَامِسِ بَيْنَ السَّيَّارَةِ وَبَيْنَ الْهَوَاءِ الْمُحِيطِ بِهَا أَكْبَرَ (نُمِيزُ هُنَا الْهَوَاءَ الَّذِي يَدْفَعُهَا وَمَصْدَرُهُ المَرُوحَةُ) تَزْدَادُ قُوَّةُ الْإِحْتِكَالِ. قُوَّةُ الْإِحْتِكَالِ الْأَسَاسِيَّةِ هُنَا، وَبِشَكْلِ مُتَنَاقِضٍ، هِيَ مِنَ الشَّرَاعِ نَفْسِهِ. يُسَاهِمُ كَبِيرٌ مَسَاحَةُ الشَّرَاعِ فِي قُوَّةِ الدَّفْعِ، لَكِنَّهَا تُعِيقُ أَيْضًا، لِأَنَّهُ يَلَامَسُ

كمية كبيرة من الهواء الموجود أمامه، باتجاه تقدم السيارة¹. رأينا أنه من الجدير تكبير مساحة الشراع، بهدف زيادة قوة الدفع. لكن هذه الزيادة تزيد قوة الاحتكاك مع الهواء (وكذلك كتلة السيارة). عندما تكون السيارة قريبة من مصدر الرياح، تكون القوة الدافعة أكبر من القوى المعيقة، بالطبع. لكن كلما ابتعدت السيارة عن مصدر قوة الدفع، قلت تدريجياً. في البداية تكون السرعة في تزايد، وبعد ذلك كذلك قوة السحب. في مرحلة معينة، تتغلب قوة السحب على القوة الدافعة (لأن الأخيرة تضعف، مع زيادة المسافة)، فتكون النتيجة إبطاء حركة السيارة حتى التوقف كلياً.

بالأخذ بعين الاعتبار هذين العاملين المتناقضين، من الصعب التقدير مسبقاً، ما هي المساحة المثلى للشراع (الذي يزود السيارة بقطع أكبر مسافة ممكنة). لذلك فالخيار هنا هو إجراء تجربة توضح هذه النقطة (التفاصيل لاحقاً).

ليس الشراع وحده هو الذي يحتك مع الهواء، فالسيارة تحتك أيضاً. لذلك فالفكرة هنا هي تصميم مبنى إيرودينامي من خلال شحذ مقدمة السيارة. إذا اقترح التلاميذ ذلك، فستكون هذه فكرة رائعة.



- احتكاك العجلات بالأرضية - يؤدي هذا الاحتكاك إلى إعاقة حركة السيارة² ويجب تقليصه إلى أدنى حد. تُستخدم قوة الاحتكاك في السيارة لغرض فرملتها

(تخيلوا سيارة تنزلق على بقعة من الزيت، وماذا سيحدث عندما تصل قوة الاحتكاك بين السيارة والشراع إلى أدنى قيمة ممكنة).

- احتكاك محاور العجلات - من المحتمل أن يُنبت التلاميذ أسياخ الخشب في أسفل السيارة. تُشكل هذه الأسياخ المحاور في السيارة، لا يمكنها الدوران، بل العجلات هي التي تدور حولها. في نقطة المحور تتكون قوة احتكاك كبيرة. توسيع فتحة المحور ستقلص قوة الاحتكاك، لكنها ستحوّل حركة العجلات إلى حركة غير متوازنة.

الحل لتقليص قوة الاحتكاك هذه، هو إصاق قسني شرب بعرض السيارة (أنظروا ملحق بناء سيارة شراعية في نهاية الوحدة)، وإدخال الأسياخ الخشبية من خلالها. العجلات نفسها تكون مثبتة بقوة في الأسياخ، والاحتكاك ينتج بين الأسياخ وقشّات الشرب. هذا الاحتكاك سيكون قليلاً ويمكن تقليصه أيضاً بواسطة دهن الأسياخ بالزيت أو بآية مادة تشحيم أخرى.

¹ لهذا السبب تُصمّم النوافذ الأمامية للسيارة بزواوية. إذا كانت النوافذ مستقيمة (بشكل عمودي مع الأرض)، فمكان الاحتكاك في القسم الأمامي من السيارة سيكون كبيراً جداً. تمنح هذه الزاوية السيارات (والطائرات) مبنى إيرودينامياً. كذلك للأسماك مبنى مشابه- للسبب نفسه. يُسمّى مبنى الأجسام هذا الذي للحيوانات المائية، مبنى هيدرودينامياً. في كلتا الحالتين، مبدأ تقليص الاحتكاك مع الوسط الذي يتحرك فيه الجسم، هو المبدأ نفسه.

² في السيارات العادية، ذات المحرك، احتكاك العجلات مع الشراع هو قوة تمكن السيارة من التقدم. في حالتنا هذه، "المحرك" خارجي (الهواء)، لذلك فإن الاحتكاك عامل معيق.

- إنَّ الاحتكاك يُؤدِّي إلى إبطاء دوران العجلات، وإلى تَوَقُّفِ السَّيَّارَةِ عندَ احتكاك عجلاتها مَعَ الشَّارِعِ.
- **عَجَلَاتٌ غَيْرُ مُسْتَدِيرَةٍ تَمَامًا.** عجلات كهذه، وكذلك العجلات التي لا يَمُرُّ المحور من مركزها، تسبِّبُ تحرُّكًا متقطِّعًا. هذا يُؤدِّي إلى فقدان طاقة حركيَّة، وتكوين احتكاكات داخلية مختلفة، وفي نهاية الأمر تُؤدِّي إلى زيادة الاحتكاك مَعَ الشَّارِعِ وزيادة القوى المعيقة.
 - **كُتْلَةُ السَّيَّارَةِ.** عُمومًا، كلما زادت كتلة الجسم، كانَ مِنَ الصَّعْبِ أكثر دفعه (حاولوا دفع سَيَّارَةَ شحن مقابل دفع سَيَّارَةَ لعبة). وهذا صحيح بالنسبة للدَّفْعِ والإِعاقة مَعًا. هذا يعني أنَّ الجسم الخفيف يسهلُ دفعه، وَمِنَ السَّهْلِ إبطاؤه. لذلك فكلُّ نقاش واضح عن تأثير الكتلة في حالتنا هذه، يخرجُ عن إطار مواضيع هذه الوحدة. وهذا لا يمنع بالطبع، بحث تجارب عن تأثير الكتلة.

الإِستِراتِيجِيَّةُ وَالتَّكْتِيكُ:

الإِستِراتِيجِيَّةُ هي تخطيط شامل لحلِّ مشكلةٍ أو تحدٍّ معيَّن. التَّكْتِيكُ هو العمل أو الوسائل الخاصَّة التي يَتِمُّ اتِّخاذها بهدف إيجاد حلٍّ لهذه المشكلة. إذا، الإِستِراتِيجِيَّةُ هي تفكير واسع من خلاله نضع التَّوجُّه العامَّ للحلِّ. لكي نحقق هذه الإِستِراتِيجِيَّةَ، يجب تقسيمها إلى وسائلٍ تكتيكيَّةٍ مختلفة.

فيما يلي مثال من المشكلة العلميَّة التي أمامنا، يميل التَّلَامِيذُ إلى التَّفكير بمفاهيمٍ تكتيكيَّةٍ ("هيا بنا نشدُّ مقدِّمة السَّيَّارَةَ"). إطرحوا للنِّقاش مستوى التَّفكير حتَّى المستوى الإِستِراتِيجِيَّ. "المهمَّةُ هي تقليص قوى الاحتكاك، لكي نجد وسائل مختلفة لتحقيق ذلك". هذا التَّفكير بمستوى أعلى، لأنَّ شدَّ المقدِّمة هي إحدى الوسائل التَّكْتِيكيَّةَ لتحقيق إِستِراتِيجِيَّةٍ تقليص القوى المعيقة.

بعد التَّحليل العلميِّ، اطَّلَبُوا مِنَ التَّلَامِيذِ تحليل مبنى السَّيَّارَةِ التي تَمَّ تصميمها في بداية الفصل، ومحاولة تحديد الوسائل التي من خلالها يمكن تحسين السَّيَّارَةِ، بحيث إنَّ المسافة التي تقطعها بتأثير الرِّياح تكبُرُ بشكل واضح.

وزَّعُوا الآنَ عَلَى التَّلَامِيذِ وَرَقَةَ الْمَهْمَةِ (1). لَا تَحْتُوا التَّلَامِيذَ عَلَى الْإِسْرَاعِ فِي إِنْهَاءِ الْمَهْمَةِ. خَصِّصُوا لَهُمْ زَمَنًا غَيْرَ مَحْدَدٍ لِلتَّفَكِيرِ بِالطَّرِيقَةِ الَّتِي مِنْ الْمُمْكِنِ مِنْ خِلَالِهَا تَحْسِينُ سَيَّارَاتِهِمْ وَتَحْسِينُ أَدَائِهَا.

تَحْسِينُ السَّيَّارَةِ الشَّرَاعِيَّةِ

- هلِ السَّيَّارَةُ الَّتِي صَمَّمَهَا طاقمكم هي أفضل سَيَّارَةٍ باستطاعتكم أن تُصمِّمُواها؟
 - هل يمكنكم أن تُفَكِّرُوا في طرائقٍ تستطيعون بواسطتها تحسين مبنى السَّيَّارَةِ، بحيث تتمكنُ من قطع مسافةٍ أطول؟
- على ضوءِ الخبرة الَّتِي اكتسبتموها في النَّقاشِ، حلُّلُوا مبنى سَيَّارتكم. اُكْتُبُوا تفاصيل التَّغيير الَّذي تُزَمِّعون إجراؤه في سَيَّارتكم، مُرفقاً بشرح أسباب التَّغيير. مثلاً: هل أدى التَّغيير إلى تكبير القوَّة الدَّافعة؟ هل أدى إلى تقليل القوى المعيقة؟

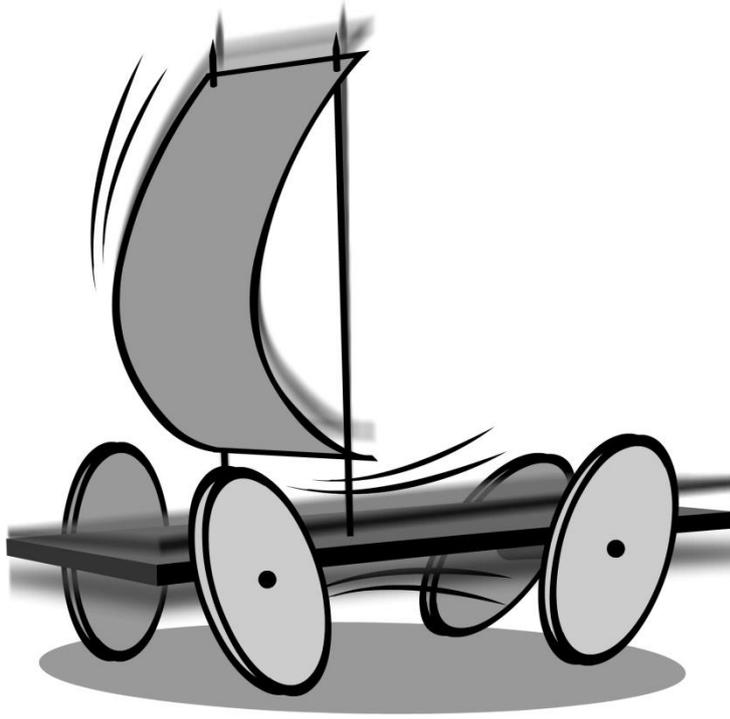
رقم التَّغيير	تفصيل التَّغيير	سبب التَّغيير
1		
2		
3		
4		

لن تتمكنوا دائماً من معرفة سبب تغييرٍ معيَّن، ومع ذلك ستجدون أنفُسكم مُصيرين على تنفيذه. هذا التَّوجُّه صحيحٌ أيضاً. فإنَّ كبار العلماء يقومون أيضاً "باختبارات تقصُّ" من هذا النوع، ويكتشفون أحياناً ظواهر مهمَّة، لا يُكتشف شرح أسبابها إلا بعد مرور سنوات عديدة. إذا أردتم إجراء تغييراتٍ لا تعرفون شرح أسبابها، فأكتبوا تفصيل التَّغيير، وأشيروا به "لا نعرف" في عمود "سبب التَّغيير". قد تقومون بإجراء تغيير في سَيَّارتكم، فقط من باب حبِّ الاستطلاع، ومع ذلك فقد يُحدثُ هذا التَّغيير تحسِيناً واضحاً في المسافة الَّتِي تقطعها السَّيَّارَةُ. هذا يُشجِّعكم على البحث عن أسباب ذلك بأنفسكم، وإذا احتجتم إلى معلومات لا تملكونها حالياً – فهيَّ انطلقوا وابتحوا عنها حتَّى تفهموا.

إعرضوا الجدول على المعلم، لكي تحصلوا على إذنٍ منه بالبدء بإجراء التحسينات على السَّيَّارَةِ. بعد أن تُنهِوا تنفيذ التحسينات، كونوا جاهزين لمسابقاتٍ أخرى.

حتَّى إذا لم تفوزوا في السِّباق، فهل فُزتم بها بينكم وبين أنفسكم؟ سجِّلوا في الجدول أدناه أداء السَّيَّارَةِ الأصليَّة الَّتِي بنيتُموها في بداية الفعاليَّة، وأدائها بعد إجراء التحسينات، كما هو مُوضَّح في سطر المثال في الجدول أدناه. بكم تحسَّنت سَيَّارتكم؟

نسبة	الفرق بين المسافتين (متر)	المسافة التي قطعها السيارة المحسّنة (متر)	المسافة التي قطعها السيارة الأصليّة (متر)	
$3.6/1.5=2.4$	2.1	3.6	1.5	مثال
				سيارتنا



توصيات لإدارة الدرس- تحسين السيارة الشراعية

الجدول الظاهر في ورقة المهمة (1) من شأنه مساعدة التلاميذ في التفكير المنظم، ذلك التفكير الذي يستند إلى المعرفة ولا يعتمد على البديهية فقط. بعد تعبئة الجدول، ينفذ التلاميذ التغييرات ويختبرون مدى نجاح التغيير بتحسين أداء سياراتهم.

العلم كالنزهة في الطبيعة- يجب أن نتعلم مما نشاهده وعمّا نبحت عنه. هكذا نزيد احتمالات اكتشاف ظاهرة جديدة أو قانون جديد. القدرة على المشاهدة بفكر منفتح يُؤدّي إلى الاكتشاف والابتكار. العالم المشهور لويس باستير، مؤسس علم الكائنات الدقيقة، صدق في قوله: "الحظّ يلزم الدماغ المستعد له".

(Chance favors the prepared mind).

من المنطقيّ التفكير أنّ مستوى المعرفة لدى التلاميذ غير قادر في هذه المرحلة، على فهم لماذا العجلات غير المستديرة تعطلّ أداء السيارة. وكما ورد في ورقة المهمة، هناك مكان في العلم وكذلك في التربية العلميّة، لتنفيذ "تجارب مغامرة" من هذا النوع. بدون أيّ شكّ، سنضيف هذه التجارب لفضول التلاميذ ولمتعة الاكتشاف. يَنمُّ الشرح في الصفوف العليا.

تنقلوا بين الطواقم وتحدّثوا معهم عن أسباب التغييرات التي تطلبون تنفيذها. يجب عدم التنازل عن إجراء تغييرات تستند إلى المبادئ التي تعلموها في النقاش. كلُّ تغيير موجّه لزيادة قوّة الدفع و/أو التقليل من القوى المعيقة، كما رأينا في الفصل السابق.

في الجدول التالي أمثلة لتغييرات ممكنة، بإمكان التلاميذ تنفيذها. لن يتمكّن التلاميذ دائماً من إعطاء تعليل للتغيير المقترح (لذلك كتبنا في بعض البنود- لا نعرف).

رقم التغيير	ماهية التغيير	سبب التغيير
1	تكبير مساحة الشراع	تكبير القوّة الدافعة
2	تغيير النسبة بين طول الشراع وعرضه	إلتقاط ناجع للهواء المنطلق من المروحة
3	تصغير حجم السيارة	تصغير الكتلة- لا نعرف مدى تأثيرها، لكننا سنفحص ذلك في التجربة
4	تغيير قطر العجلات (تكبير؟ تصغير؟)	لا نعرف مدى تأثيره - نفحص ذلك بالتجربة
5	تقليل عدد العجلات إلى (3)	تصغير الكتلة- لا نعرف مدى تأثيرها، الأمر قابل للفحص
6	بناء مقدّمة ضيقة للسيارة	تقليل الاحتكاك مع الهواء
7	تصميم عجلات مستديرة تماماً	لا نعرف
8	تكبير المسافة بين العجلات وجسم السيارة	زيادة ثبات السيارة
9	تغيير مكان الشراع	زيادة ثبات السيارة

مُسَابَقَةُ السَّيَّارَةِ الْمُمَيَّزَةِ

بعد الانتهاء من تحسين السَّيَّارات من قِبَل الطُّواقم المختلفة، أجزوا مسابقة أخرى. أطلبوا مِنَ التَّلَامِيذِ المقارنة بين أداء السَّيَّارة الأولى وبين السَّيَّارة بعد التَّحسين.



بعد المسابقة، مِنَ المَحْبِذِ الإِشَادَةَ بالطُّواقم الَّتِي نجحت في تحسين سَيَّاراتها مقارنةً بِأدائها السَّابِقِ، حَتَّى وَإِنْ لم تُفِزْ في المسابقة!

حاولوا قدر الإمكان التَّقْلِيلِ من أَجواءِ المنافسة وخلق أَجواءٍ يَتَنافَسُ فيها كُلُّ طاقمٍ مع نفسه، محاولاً تحسين أداء السَّيَّارة الَّتِي بناها، دون المقارنة مع ما فعلته الطُّواقم الأخرى.

الجوائز

المسابقة سلاح ذو حدين- فهي تُساهم من ناحيةٍ أُولى في صُنْعِ أَجواءٍ وتخلق المحفَّزات، ومن ناحيةٍ أُخرى من شأنها التَّسبُّبُ في إحباط كبير. في المسابقة يوجد فائزٌ واحد وخاسرون كثيرون. إذا كنت تتنافسُ مع ذاتك، فأنت الفائزُ دائماً.

لذلك مِنَ الجدير منح جوائز لفئاتٍ أُخرى، إضافةً إلى تلك الَّتِي عُرِضَتْ أصلاً. مثلاً: بالإمكان منح جائزة لأجمل سَيَّارة، وأكثرها أصالة، وذات التَّصميمِ الأصليِّ الأفضل، وما شابه ذلك.

إضافةً إلى ذلك، بعد المسابقة الَّتِي ستجرى بين السَّيَّارة المحسَّنة، مِنَ الجدير إعطاء جائزة "لأفضل سَيَّارة مُحسَّنة"، وهي السَّيَّارة الَّتِي حصلت على أكبر فارق في المسابقة الَّتِي قطعتها قبل التَّحسين وبعده (تجاربنا نُؤكِّدُ أَنَّ هنالك طواقم نجحت في تحسين أداء السَّيَّارة 10 أضعاف).

الفصل الثاني: سَيَّارَةٌ اخْتِبَارٌ (تجربة)

بعد المسابقتين وما رافقهما من إثارة، وصلنا الآن إلى القسم الثاني من هذه الوحدة التعليمية، وفيها نستخدم السَيَّارَةَ الَّتِي صَمَّمَهَا التَّلَامِيذُ فِي الْقِسْمِ الْأَوَّلِ مِنْهَا، كَأَسَاسٍ مَرِيحٍ لِمَمَارَسَةِ مَهَارَاتِ الْبَحْثِ الْمَخْتَلِفَةِ. نَنْصَحُ بِاسْتِعْمَالِ السَّيَّارَاتِ الَّتِي صَمَّمَهَا التَّلَامِيذُ وَحَسَنُوهَا، كُلُّ طَاقِمٍ وَسَيَّارَتِهِ. أَصْبَحَتْ هَذِهِ الْمَنْظُومَةُ مَعْرُوفَةً لِلتَّلَامِيذِ، وَهَكَذَا يَكُونُ بِمَقْدُورِهِمُ التَّرْكِيزُ عَلَى مَوَاضِيْعِ الْبَحْثِ نَفْسَهَا، دُونَ التَّنَطُّقِ إِلَى تَفَاصِيلِ تَقْنِيَّةِ تُلْزِمِ التَّعْرِفِ عَلَى مَنْظُومَاتٍ جَدِيدَةٍ.

سبق وبحثنا في الفصل السابق بإسهابٍ القوى العاملة على السَيَّارَةِ، وَالَّتِي تُؤَدِّي إِلَى تَحْرُكِهَا إِلَى الْأَمَامِ، أَوْ إِلَى تَوْقُفِهَا. خِلَالَ عَمَلِيَّةِ التَّحْسِينِ، نَقَدَّ التَّلَامِيذُ عِدَّةَ أَعْمَالٍ هَدَفَهَا رَفْعُ الْقُوَّةِ الدَّافِعَةِ وَزِيَادَتِهَا و/أَوْ تَقْلِيصِ إِحْدَى (أَوْ أَكْثَرَ) الْقُوَى الْمَعْيِقَةِ.

مع هذا، وبالرغم من تحسين السَيَّارَاتِ، من غير المؤكد أنَّ التَّلَامِيذَ وَصَلُوا إِلَى إِدْرَاكِ عَمِيقٍ عَنِ عَمَلِ السَّيَّارَةِ. لَتَعْرِيزِ هَذَا، يَجِبُ بَحْثٌ كُلٌّ وَاحِدٍ مِنْ هَذِهِ الْعَوَامِلِ بِشَكْلِ دَقِيقٍ. فِي هَذَا الْفَصْلِ سَيُرَكِّزُ كُلُّ طَاقِمٍ عَلَى عَامِلٍ وَاحِدٍ وَيَبْحِثُهُ بِإِسْهَابٍ، بِحَسَبِ سَيَرُورَةِ الْبَحْثِ الَّتِي تَمَّتْ مِمَارَسَتِهَا فِي وَحَدَاتٍ تَعْلِيمِيَّةٍ سَابِقَةٍ.

إِدَارَةُ الدَّرْسِ

إِعْرَضُوا مَوْضُوعَ الْفَصْلِ: "بَحْثٌ مَفْصَّلٌ عَنِ الْعَوَامِلِ الْمَخْتَلِفَةِ الْعَامِلَةِ عَلَى السَّيَّارَةِ". نَاقِشُوا مَعَ التَّلَامِيذِ هَذَا الْمَوْضُوعَ بِشَكْلِ مَفْتُوحٍ، وَسَجِّلُوا اقْتِرَاحَاتِكُمْ عَلَى اللَّوْحِ. قَسْمٌ كَبِيرٌ مِنْ هَذِهِ الْعَوَامِلِ بِالتَّأَكِيدِ تَمَّ ذِكْرُهَا فِي نِقَاشَاتٍ سَابِقَةٍ فِي الْفَصْلِ الْأَوَّلِ. نَذَكِّرُ ثَانِيَةً بِهَذِهِ الْقَائِمَةِ، مَعَ عَوَامِلٍ أُخْرَى إِضَافِيَّةٍ مِنَ الْمَحْتَمَلِ أَنْ يَطْرُقَهَا التَّلَامِيذُ:

- مكان تثبيت الشراع
- زاوية الشراع
- كتلة السَيَّارَةِ
- شِدَّةُ الرِّيَّاحِ (شِدَّةُ دُورَانِ الْمَرْوَحَةِ)
- البُعدُ بَيْنَ الْمَرْوَحَةِ وَالشَّرَاحِ
- كِبَرُ الْعَجَلَاتِ
- عِدَدُ الْعَجَلَاتِ
- شَحْذُ مَقْدَمَةِ السَّيَّارَةِ
- عَوَامِلٌ إِضَافِيَّةٌ؟

إِخْتَارُوا 3-4 مِنَ الْعَوَامِلِ لِتَحْوِيلِهَا لِمَوَاضِيْعِ بَحْثٍ مَفْتُوحٍ (دَرَجَةُ 4). عَلَى كُلِّ طَاقِمٍ اخْتِيَارَ مَوْضُوعٍ بَحْثٍ وَاحِدٍ مِنَ الْقَائِمَةِ. أَطْلُبُوا مِنْ كُلِّ طَاقِمٍ تَسْجِيلَ سَوَالِ الْبَحْثِ الْمَلَانِمِ لِلْعَامِلِ الَّذِي اخْتَارَهُ.

على سبيل المثال: "ما هو تأثير زاوية الشراع على المسافة التي تقطعها السَيَّارَةُ؟"



بعد ذلك يخطِّطون مجرى تجربةٍ ويثمُّ تنفيذها.

كما هو معروفٌ، اطلبوا منهم مشاهدة بروتوكول التجربة. إحصوا إذا كُتِبَ بشكل جيِّد وبشكل لا لبس فيه (امتنعوا عن تصليح أخطاءٍ، لكن سجِّلوا الأخطاءَ لكي تتِمَّ مناقشتها في مرحلة لاحقة) واسمحوا لهم بالبدء بتنفيذ التجربة.

بعد عمليَّة البحث، اجمعوا التلاميذ لنقاشٍ صفِّيٍّ، كما سيفصَّلُ لاحقًا.

سيارة اختبار

في الفصل السابق، صممت سيارة شراعية متفنة، تقدمت لمسافة أكبر بفعل دفع الهواء الصادر عن المروحة. بعد النقاش الذي استعرضتم فيه العوامل المؤثرة على حركة السيارة، وحسنتها وحولتموها إلى سيارة سباق حقيقية. والآن ستستخدمون هذه السيارة لإجراء بحث علمي على العوامل المختلفة العاملة عليها، بصورة دقيقة ومُرْتَبَة.

يُسجَلُ المعلم على اللوح قائمة بالعوامل التي يمكن أن تُؤثّر على نجاعة حركة السيارة، كما اقترحتم في النقاش الصفّي. اختاروا عاملاً واحداً من القائمة، وقوموا بتجربةٍ تبحثون بواسطتها مدى تأثيره على أداء السيارة.

إعملوا بحسب هذه المراحل:

- صوغوا سؤال البحث:

يُعرّف سؤال البحث هدَفَ البحث ويوضّحه، وهو يختبر العلاقات بين المتغيرات الكميّة في الطبيعة. الجواب عن سؤال البحث يتكشف من التجربة. كلُّ سؤالٍ بحثي يفحص متغيرين: الذي يُؤثّر والذي يتأثر به³. المتغير الذي يُؤثّر هو المتغير الذي تُوظفه لكي تفحص مدى تأثيره على المتغير الذي يتأثر به. مثلاً: ما هو تأثير قطر العجلات على المسافة التي تقطعها السيارة؟ في هذا السؤال تبحثون مدى تأثير المتغير الذي يُؤثّر (قطر العجلات) على المتغير الذي يتأثر به (مسافة الحركة).

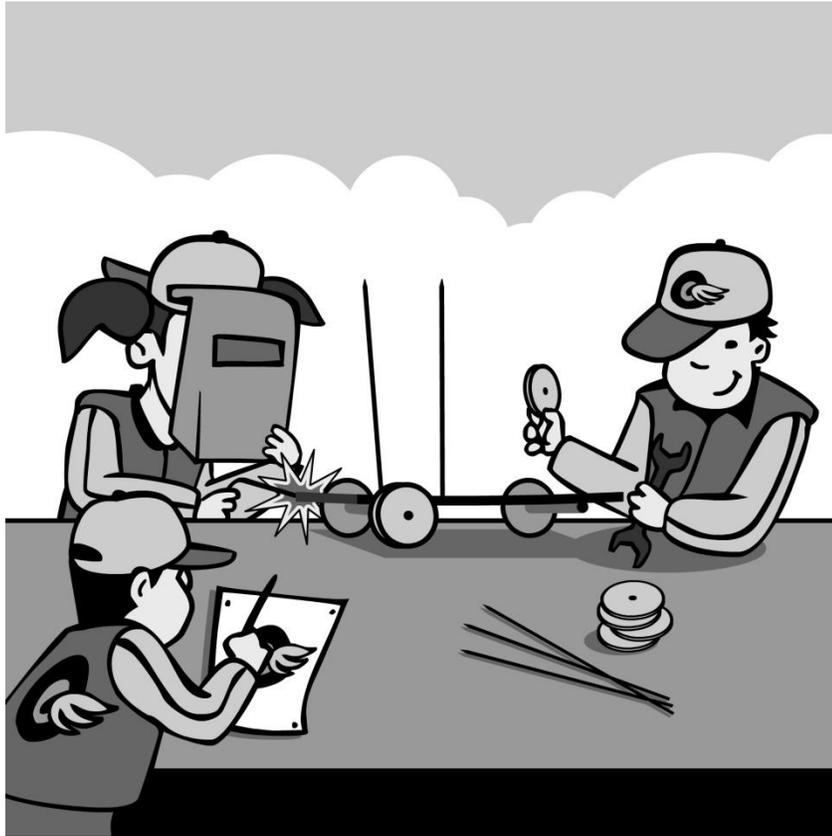
- المتغير الذي يُؤثّر: _____
- المتغير الذي يتأثر به: _____
- سؤال البحث: _____

- أكتبوا محضر (بروتوكول) التجربة:
- أكتبوا كيف يجب تنفيذ كلِّ مرحلة بشكل مُفصّل، بحيث يستطيع كلُّ فرد، حتّى لو كان من خارج الطاقم، أن يُنفذ العمليّة بدقّة دون أيّ شرح إضافي.
- حضروا الجدول (أو الجداول) الذي تُسجّلون في عموده الأيمن قيم المتغير الذي يُؤثّر (قطر العجلات في المثال أعلاه)، وفي عموده الأيسر تُسجّلون النتائج التي تحصلون عليها في التجربة نفسها.

³ أنظروا الشرح عن هذه المفاهيم في الوحدة التعليمية "السخانات الشمسية الملونة".

يتبع ورقة مهمة -2

- حضروا هيئه محوريين (X-Y) لترسموا فيها نتائج التجربة.
- اعرضوا على المعلم محضر التجربة، ولا تبدؤوا فيها إلا بعد أن تحصلوا منه على الموافقة.
- نفذوا التجربة، واعرضوا النتائج في الجدول وفي الرسم البياني.
- ما هي الاستنتاجات من التجربة؟ تذكروا - العامل الذي نقوم بفحصه، قد لا يؤثر على المنظومة. هذا الأمر لا يعني فشلاً، وإنما هو اكتشاف قد يكون له بالغ الأثر.
- إذا لم يكن باستطاعتكم استخلاص النتائج، أو إذا لم تحصلوا على نتائج موثوق بها، أو إذا تبين أن هناك خللاً تقنياً - فحسبنا محضر التجربة، وكرروا التجربة حتى تنجحوا.



توصيات لإدارة الدرس- سَيَّارَةُ الْإِخْتِبَارِ

سلسلة التجارب التي ينفذها التلاميذ هي ذروة هذه الوحدة، يَتِمُّ فيها التَّعبير عَنِ المعرفة والمهارات التي اكتسبها التلاميذ في سياق تعلُّمهم الفصل الأوَّل.

كما هو معروف عند تنفيذ تجارب مفتوحة، وظيفتنا، نحن المعلمين، هي توجيه التلاميذ مع الحفاظ على إبقاء المسؤولية العامة بتخطيط التجارب وتنفيذها مُلقاةً على عاتق التلاميذ.

امتنعوا عن تصليح أخطاءٍ لوحظت خلال تخطيط مجرى التجربة، وراقبوا تنفيذ التعليمات لتكون دقيقةً وواضحة لا لبس فيها.

فيما يلي تفصيل لتجربة واحدة ممكنة. من جملة العوامل التي اقترحها التلاميذ، اختار الطاقم اختبار تأثير كبر مساحة الشراع على أداء السيارة.

1) صِيَاغَةُ سُؤَالِ الْبَحْثِ

يفحص سؤال البحث العلاقة بين متغيرين بشكل كميّ- المتغير المؤثر-المستقل (العامل الذي نغيِّره في التجربة)، والمتغير المتأثر- المتعلق (العامل الذي نقيسه كرد فعل لمنظومة التجربة على تأثير المتغير المؤثر عليها).

وفقاً للمثال يكون نص سؤال البحث كما يلي: "كيف تؤثر مساحة الشراع على المسافة التي تقطعها السيارة؟"

2) تَسْجِيلُ مَحْضَرِ (بِروِتوكول) التَّجْرِبَةِ

يجب تسجيل كلِّ مرحلة من مراحل التجربة بشكلٍ مُفصَّلٍ في محضر التجربة. على سبيل المثال، من الممكن أن يكتب طاقم معين تعليماتٍ مثل: "قصُّ شراعات ذات مساحات مختلفة". فهذه توصية غير مفصلة بشكلٍ وافٍ. على الطاقم الإشارة بشكل دقيق إلى المساحات المقترضة لكلِّ شراع يرغب في اختبارها. يجب تسجيل القيم الدقيقة داخل جدولٍ أعد مسبقاً. إذا تبيَّن خلال التجربة أنَّ هذه القيم غير ملائمة لأيِّ سبب كان (أو يجب إضافة قيمٍ أخرى)، فيجب إعداد جدول جديد وتنفيذ التجربة وفقاً للقيم المحتملة.

3) تَخْطِيطُ التَّجْرِبَةِ وَتَنْفِذُهَا

نفرض أنَّ طاقمًا معينًا أعدَّ في البداية شراعًا بمساحة 1510×15 سم (مساحة السطح $15010 = 15 \times 15 \text{ سم}^2$) وثبَّته على جسم السيارة بواسطة سيخين. نفَّذ الطاقم أربع إعادات مع هذا الشراع وحسب معدّل المسافة التي قطعها السيارة. بعد الإعادات الأربع نفَّذ تجارب إضافية باستعمال شراعات أصغر، بواسطة تقليص مساحة الشراع بحيث أصبح بطول 10 سم (المساحة $10010 = 10 \times 10 \text{ سم}^2$)، 5 سم (مساحة $5010 = 5 \times 5 \text{ سم}^2$)، وتجربة بدون شراع، ونفَّذ في كلِّ حالة 4 إعادات.

التَّخْطِيطُ الْمَفْصَّلُ لِلتَّجْرِبَةِ يُلْزِمُ التَّلَامِيزَ التَّفَكِيرَ فِي الْجَوَانِبِ التَّالِيَةِ:

عزل المتغيّرات: على الطّاقم تغيير مساحة الشّراع فقط، والحفاظ على بقية العوامل (مثل: شدّة الرّياح، وزاوية الشّراع والبعد بين المروحة ونقطة الانطلاق) ثابتة. يجب التّشديد بشكلٍ خاصّ على "عزل المتغيّرات". إسألوا التّلاميذ: إذا غيّرنا مساحة الشّراع وغيّرنا أيضاً بعد المروحة، فما الذي يمكن استنتاجه من النّتائج؟ سيدرك التّلاميذ أنّه لا يمكن استخلاص استنتاجات واضحة من تجربة غيّرنا فيها متغيّرين اثنين معاً.

إعداد جدول/جداول ورسم بيانيّ/رسوم بيانيّة: تخطيط الجداول ومحاو

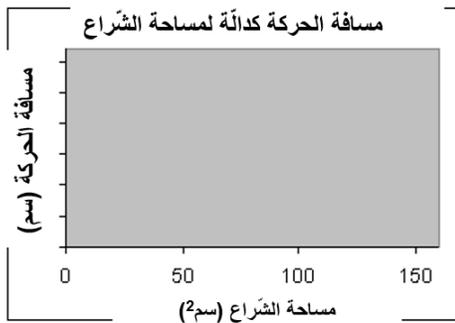
مسافة الحركة لمساحة الشّراع	
المسافة (متر)	مساحة الشّراع (سم ²)
	150
	100
	50
	أ

الرّسوم البيانيّة (بما فيها وحدات القياس) قبل تنفيذ التجربة سيُلمّز التّلاميذ تخطيطاً دقيقاً للتّجربة. ما هي مساحات الشّراعات المختلفة التي يتيّم فحصها؟ كيف نقيس المسافة التي تقطعها السيّارة؟ مثال لجدول:

مساحات الشّراع (المتغيّر المؤثّر) يحدّدُها أفراد الطّاقم، والمسافة التي تقطعها السيّارة (المتغيّر المتأثّر) هي المتغيّر الذي سيتمّ قياسه. جدول كهذا يجب إعداده مسبقاً قبل بداية التّجربة، بحيث يكون الطّاقم على علم بما هي مساحة الشّراع الذي يجب إعداده في كلّ مرحلة للإمتناع عن الارتجال خلال تنفيذ التّجربة.

عرض بيانيّ: هل المتغيّرات منفصلة أم متواصلة؟ أي نوع من الدّوال يجب استعمالها؟ لماذا؟ في الحالة التي أمامنا، يوجد متغيّران: مساحة الشّراع ومسافة الحركة، كلاهما متواصلان، لذلك فالدّالة متواصلة تصفّ النّتائج بشكل صحيح. في حالة وجود سيّارة "بمقدّمة ضيّقة" مقارنةً مع سيّارة مقدّمتها مُفلّحة (مستوية) (المتغيّر منفصل)، فرسم بيانيّ بالأعمدة سيكون الأنسب.

يجب إرشاد التّلاميذ إلى أنّه في العالم العلميّ من المتفق عليه أن يكون للرّسم البيانيّ محوران: المتغيّر المؤثّر على المحور الأفقيّ (محور x) والمتغيّر المتأثّر على المحور العموديّ (محور y). مثال لهيئة محاور لرسم بيانيّ والتي يجب تخطيطها قبل التجربة موجودة هنا.



المعدّل وتوزيع النّتائج: أطلبوا من التّلاميذ عدم الاكتفاء بإعادة واحدة لكلّ قيمة من قيم المتغيّر المؤثّر، بل إعادة التّجربة عدّة مرّات. ناقشوا معهم الأسباب التي تُؤدّي إلى الحصول على مسافات مختلفة في كلّ مرّة، بالرغم

من إجرائها بشروط متساوية، نظرياً، في كلّ إعادة. إلى أيّ مدى كانت النّتائج موزعةً حول المعدّل في كلّ مساحة من الشّراع. سيدرك التّلاميذ أنّ المعدّل هو القيمة الحاصلة من مجموع الإعدادات المختلفة.

ننصح بالتَّوصُّلَ مَعَ التَّلَامِيذِ إِلَى إدْرَاكِ أَنَّ تَوْزِيْعَ النَّتَائِجِ حَوْلَ المَعْدَلِ يحدِّدُ مَدَى مَصْدَاقِيَّتِهَا. كُلَّمَا كَانَ التَّوْزِيْعُ أَكْبَرَ كَانَتْ مَصْدَاقِيَّةَ النَّتَائِجِ أَقْلًا. التَّوْزِيْعُ الكَبِيرُ مُؤَشِّرٌ عَلَى تَنْفِيْذِ التَّجْرِبَةِ بِشُرُوطٍ غَيْرِ مِثَالِيَّةٍ. مِنَ المَحْتَمَلِ أَنَّ السَّيَّارَةَ تَأَثَّرَتْ مِنْ عَوَامِلٍ خَارِجٍ سَيَطْرَتْنَا، لِذَلِكَ مِنَ الصَّعْبِ اسْتِخْلَاصَ الاسْتِنْتِجَاتِ مِنْ نَتَائِجٍ تَتَمَيَّزُ بِتَنْوُّعٍ كَبِيرٍ.

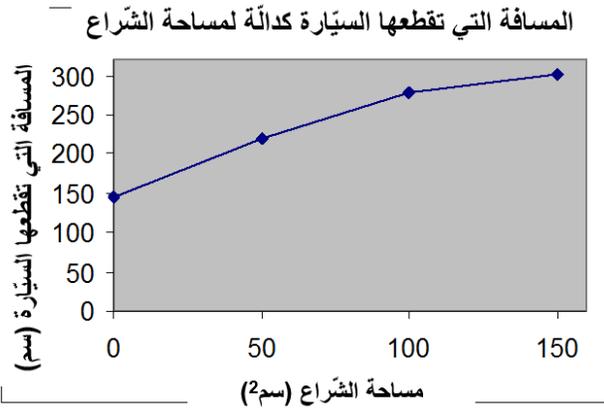
(4) تَحْلِيلُ النَّتَائِجِ

بَعْدَ الْإِنْتِهَاءِ مِنْ تَنْفِيْذِ التَّجَارِبِ، نَاقِشُوا النَّتَائِجَ مَعَ الطُّوْقَمِ المَخْتَلِفَةِ، بَحِيْثٍ يَنْكَشِفُ التَّلَامِيْذُ قَدْرَ الْإِمْكَانِ عَلَى القَوَانِيْنِ المُوَدِّيَّةِ إِلَى حَرَكَةِ السَّيَّارَةِ، كَذَلِكَ تَسْتَفِيْدُ مِنْ مَلاحِظَاتِكُمْ الطُّوْقَمِ الأُخْرَى.

فِيْمَا يَلِي نَتَائِجَ تَجْرِبَةٍ نَمُوْدَجِيَّةٍ تَمَّ فِيْهَا بَحْثُ أَدَاءِ السَّيَّارَةِ كَدَالَّةٍ لِمَسَاحَةِ الشَّرَاعِ، بِالْإِمْكَانِ تَحْلِيلُ النَّتَائِجِ كَمَا يَلِي: مَسَاحَةِ الشَّرَاعِ، بِالْفَعْلِ، يُوَثِّرُ عَلَى المَسَافَةِ الَّتِي تَقْطَعُهَا السَّيَّارَةُ، لَكِنْ لَيْسَ بِشَكْلِ خَطِّيٍّ (مَسْتَقِيْمٍ). زِدْ عَلَى ذَلِكَ أَنَّ السَّيَّارَةَ بَدُونِ شُرَاعٍ تَتَحَرَّكُ حَتَّى 1.5 مِتر.

إِذَا طَلَبْنَا مِنَ التَّلَامِيْذِ تَوْفُّعَ نَتَائِجِ هَذِهِ التَّجْرِبَةِ، مِنَ المَوْكَّدِ أَنَّهُمْ سَيَقْدِرُونَ أَنَّ إِزَالَةَ الشَّرَاعِ سَتُوْدِّي إِلَى عَدَمِ تَحَرُّكِ السَّيَّارَةِ.

التَّفْسِيْرُ المُمْكِنُ هُوَ أَنَّ الهَوَاءَ الَّذِي يَصْطَدِمُ بِجِسْمِ السَّيَّارَةِ يُنْتِجُ قُوَّةَ دَفْعٍ كَبِيْرَةٍ، وَيَحْرِّكُ السَّيَّارَةَ إِلَى مَسَافَةٍ كَبِيْرَةٍ حَتَّى بَدُونِ تَنْبِيْتِ شُرَاعٍ عَلَيْهَا! جِسْمُ السَّيَّارَةِ هُنَا قَامَ بِوِظِيْفَةِ الشَّرَاعِ الَّذِي يُدْفَعُ مِنْ قِبَلِ الهَوَاءِ.



رَسْمٌ بِيَانِيٌّ بِهَذَا الشَّكْلِ، مِنْ شَأْنِهِ إِثَارَةُ تَسْأُؤَلَاتٍ عَدِيْدَةٍ، مِثْل: كَمْ سَتَكُونُ المَسَافَةُ الَّتِي تَقْطَعُهَا السَّيَّارَةُ، إِذَا كَانَتْ مَسَاحَةُ الشَّرَاعِ 200 سم²؟ 300 سم²؟ مَاذَا سَيَحْدِثُ إِذَا أَحْدَثْنَا ثَقْبًا كَبِيْرًا فِي الشَّرَاعِ؟ لِمَاذَا نَحْمَنُ؟ هَيَّا نَجْرِبْ

ذَلِكَ! وَلِمَاذَا البُعْدُ الخَاصُّ بِسَيَّارَةٍ مَا غَيْرُ مُتَعَلِّقٍ بِشَكْلِ خَطِّيٍّ بِمَسَاحَةِ الشَّرَاعِ؟

مَفْهُومٌ أَنَّ تَكْبِيْرَ مَسَاحَةِ الشَّرَاعِ يَزِيْدُ مِنْ كِنْتَلَةِ السَّيَّارَةِ، وَبِالنَّاتِلِي مِنْ قُوَّةِ الْإِحْتِكَاكِ العَجَلَاتِ مَعَ السَّطْحِ الَّذِي تَتَحَرَّكُ عَلَيْهِ وَكَذَلِكَ احْتِكَاكِ المَحَاوِرِ (الْأَسْيَاخِ) مَعَ قَشَّةِ الشَّرْبِ. إِنَّهَا تَزِيْدُ أَيْضًا مِنْ احْتِكَاكِ الشَّرَاعِ مَعَ الهَوَاءِ وَلِدَاخِلِهِ يَجِدُ طَرِيْقَهُ حَتَّى مَقْدَمَةِ السَّيَّارَةِ.

جَمَلَةُ العَوَامِلِ هَذِهِ تُوْدِّي إِلَى أَنَّ تَكْبِيْرَ مَسَاحَةِ الشَّرَاعِ فَوْقَ قِيْمَةٍ مَعِيْنَةٍ تَزِيْدُ مِنَ المَسَافَةِ المَقْطُوعَةِ لَكِنْ بِشَكْلِ أَقْلٍ نِسْبِيًّا مَقَارَنَةً مَعَ مَا شَاهَدْنَا عِنْدَمَا كَبَّرْنَا الشَّرَاعَ بِمَقَادِيْرٍ صَغِيْرَةٍ.

هَلْ هَذِهِ هِيَ كُلُّ العَوَامِلِ؟ حَتَّى نَحْنُ المَعْلَمِيْنَ لَا نَعْرِفُ الْإِجَابَاتِ كُلَّهَا. يَجِبُ أَنْ لَا نَشْعُرَ بِالْإِحْرَاجِ تَجَاهَ ذَلِكَ. المَنْظُومَةُ مَعْقَدَةٌ جَدًّا، فَحَتَّى المِهْنَدِسُونَ وَالعُلَمَاءُ أحيانًا لَا يَمْلِكُونَ التَّفْسِيْرَ السَّهْلَ لظَوَاهِرٍ مَعْقَدَةٍ وَغَيْرِ مَتَوَقَّعَةٍ

يواجهونها. قطعاً يمكنُ الإشارةِ إلى ذلك أمام التلاميذ. التَّجربةُ العلميَّةُ وأساليبُ التَّفكيرِ والمهاراتُ الَّتِي اكتسبها التَّلاميذُ حتَّى مرحلةِ الشَّرْحِ العلميِّ عَنِ الظَّاهِرَةِ يشكُّلُ بحدِّ ذاته إنجازاً وريحاً كبيراً لهم.

الْخُلَاصَةُ

في هذه الوحدة رأينا كيف يمكن تسخير فعَّالِيَّة ممتعة لهدف تطوير العمل الإبداعيِّ والقدرة على التَّفكير، ولتعليم مبادئ وقواعد علميَّة ومهارات بحث متنوِّعة. الدَّمج بين بناءِ نموذج (بإمكان التَّلَامِيذ إِحْضَارُهُ إِلَى بِيوتِهِمْ)، وبين تخطيط مُحكَمٍ من شأنِهِ توفير سِيرورة تَعَلُّمٍ فعَّالة وتطوير مهارات من خلال المتعة واللَّعب.

المُلْحَق (1): تَصْمِيمُ "سَيَّارَةٍ شِرَاعِيَّةٍ"

علينا الأخذ بعين الاعتبار التَّعليمات كإقتراح فقط. إنَّها ليست السَّيَّارة الأنجع، وبإمكان التَّلَامِيذ تصمِيم سَيَّارات مختلفة وأكثر نجاعة من هذه.

أ. جِسْمُ السَّيَّارَةِ:

اقطعوا مستطيلاً من لوح بوليجال بأطوال 2010x سم بالتَّقريب، وَبِاسْتِخْدَام سِكِّينٍ أَوْ مَقْصٍ.

ب. مَكَانُ المَحَاوِر:

1. اِقطَعُوا قَشَّتَيْ شَرَبٍ بِحَيْثُ يَكُونُ طَوْلُهُمَا أَكْثَرَ بِقَلِيلٍ مِنْ عَرْضِ جِسْمِ السَّيَّارَةِ (حوالي 0.5 سم من كلِّ جانب). إلى داخل القَشَّتَيْنِ نُدْخِلُ الأَسْيَاحَ الخَشْبِيَّةَ (المحاور) لكي نَمْنَعُ احتكاك العجلات مع جسم السَّيَّارَةِ (أنظُرِ الصُّورَةَ رقم (1)).
2. أَلصِّقُوا القَشَّتَيْنِ بِاتِّجَاهِ عَمُودِيٍّ عَلَى الجِسْمِ الطَّوِيلِ مِنَ السَّيَّارَةِ عَلَى بُعْدٍ 5-7 سم (تقريباً رُبْعَ طُولِ السَّيَّارَةِ) مِنْ كِلَا جَانِبِي السَّيَّارَةِ.

ج. العَجَلَاتُ وَمِحْوَرُ العَجَلَاتِ:

1. عَلمُوا بِوِاسِطَةِ قَلَمِ رِصَاصٍ أَوْ حَبْرٍ وَأُسْطُوَانَةِ الوَرَقِ اللَّاصِقِ (أَوْ أَيِّ شَيْءٍ آخَرَ) 4 دَوَائِرٍ مُتَشَابِهَةٍ عَلَى لَوْحِ البُولِيجَالِ.

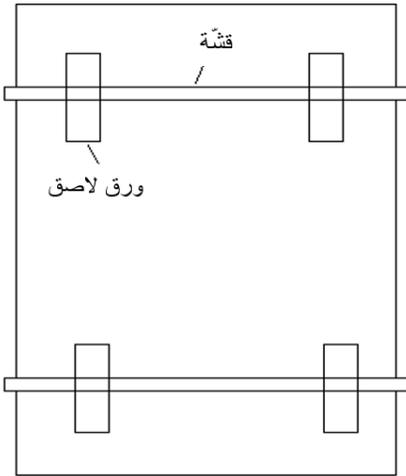
2. قُصُّوا الدَّوَائِرَ الأَرْبَعِ، بِدِقَّةٍ قَدْرَ الإِمْكَانِ، بِوِاسِطَةِ مَقْصٍ. قُطِّرْ كُلَّ عَجَلَةٍ 3-5 سم، بِحَسَبِ الجِسْمِ المُسْتَدِيرِ الَّذِي اسْتِخْدَمْتُمُوهُ. القُطْرُ الدَّقِيقُ غَيْرُ مُهِمٍّ، لَكِنَّ الأَهَمَّ أَنْ تَكُونَ العَجَلَاتُ مُتَسَاوِيَةً بِأَطْوَالِهَا.

3. ضَعُوا الدَّوَائِرَ فَوْقَ بَعْضِهَا البَعْضَ لِإِجْرَاءِ تَصْلِيحَاتٍ بَسِيطَةٍ بِوِاسِطَةِ المَقْصِ، بِحَيْثُ نَحْصَلُ عَلَى عَجَلَاتٍ مُكْتَمَلَةِ الدَّوَائِرِ وَمُتَسَاوِيَةٍ.

4. جَدُوا المَرْكَزَ الدَّقِيقَ لِكُلِّ عَجَلَةٍ وَبِوِاسِطَةِ طَرَفِ المَقْصِ كَوْنُوا ثَقْبًا- مِنْ المِهْمِّ أَنْ يَكُونَ الثَّقْبُ فِي مَرْكَزِ العَجَلَةِ تَمَامًا.

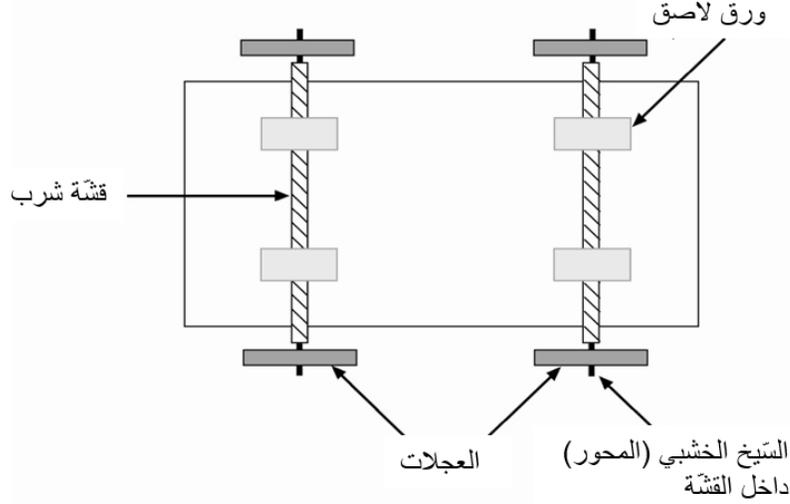
5. الأَسْيَاحُ هِيَ بِمَنْزِلَةِ المَحَاوِرِ. مَرِّرُوا سَيْخًا وَاحِدًا خِلَالَ مَرْكَزِ أَحَدِ العَجَلَاتِ وَأَدْخُلُوهُ إِلَى القَشَّةِ.

6. مَرِّرُوا السَّيْخَ عَنْ طَرِيقِ إِحْدَى القَشَّاتِ الَّتِي أَلصَّقْتُمْ عَلَى جِسْمِ السَّيَّارَةِ. بَعْدَ تَمْرِيرِهِ، أَدْخُلُوهُ إِلَى ثَقْبِ العَجَلَةِ فِي الجَانِبِ الأَخْر.



رسم 1 - السَّيَّارَةُ- بِنَظَرَةٍ غَلِيَا

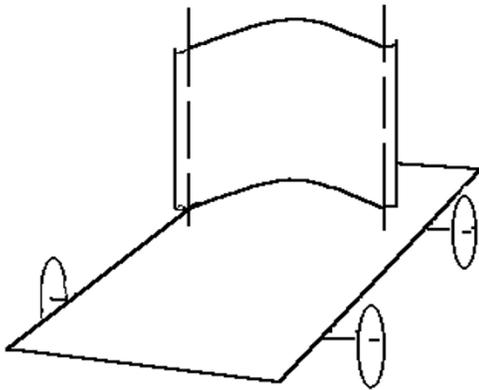
7. حدِّدُوا بعد العجلات عن جسم السَّيَّارَة، وَأزِيلُوا بواسطة المقصِّ الجزءَ الزَّائِدَ مِنَ السَّيِّخِ.
8. كرِّروا المراحل (4)-(7) بالسَّيِّخِ الثَّانِي والعجلات الأخرى (أنظر الصُّورَة رقم (2)).



الرَّسْم 2: السَّيَّارَة- نظرة إلى الجانب السِّفلي

د. تثبِيتُ الشَّرَاعِ

1. مرِّروا سَيْخًا خَشْبِيًّا من أحد جانبي ورقة A4، كما ندخل الإبرة في القماش. يجب إحداث 2-4 ثقوب فقط في الورقة.
2. كرِّروا هذه العمليَّة مع سَيْخٍ آخر في الجانب الأخر من الورقة، بحيث تتَّجِهُ مقدِّمة السَّيِّخِين إلى الاتِّجَاهِ نَفْسِيهِ. الورقة مَع السَّيِّخِين تُمَثِّلُ الشَّرَاعِ.



الرَّسْم 3: السَّيَّارَة- نظرة إلى الجانب السِّفلي

3. تثبِّتوا الشَّرَاعِ عَرَضِيًّا على القسم العلويِّ من جسم السَّيَّارَة (في القسم المعاكس من موقع المحاور للعجلات) وبشكل عموديِّ على جسم السَّيَّارَة. بمساعدة الأسيخ أحدثوا ثقبًا بالقرب من طرف جسم السَّيَّارَة العلويِّ قريبًا إلى المركز، بحيث تأخذ الورقة شكلًا دائريًّا (مقعرًا) باتِّجَاهِ مقدِّمة السَّيَّارَة (القرار اعتباطيِّ). خفِّضوا الورقة قدر الإمكان بحيث تلامس جسم السَّيَّارَة، لكي ننتج مركز ثقل منخفضًا لمنع انقلابها (أنظروا الرَّسْم رقم (3)).
4. بالإمكان تحسين أداء الشَّرَاعِ بحيث نجعلُ مقدِّمته ضيقًا قدر الإمكان لكي نقلُّ من مقاومة الهواء، وكذلك لجمع حجم أكبر من طاقة الرِّيح.

المُلْحَق (2): المَعَدَّاتُ وَالْمَوَادُّ

لكلِّ طاقم:

- قطعة من لوح بوليجال (حوالي 4020 x سم)
- مِقْصٌ
- مسطرة بطول 30 سم
- أسطوانة ورق لاصق
- 6 قشّات شرب
- 6 أسياخ خشبيّة
- قلم رصاص/حبر قلم تأشير/ماركر
- 6 أوراق A4

للصّف:

- مروحة (أو مجفّف شعر)
- شريط قياس بطول حتّى 4 أمتار
- لوح بوليجال (في حالة احتجنا إضافة)
- جوائز للطّواقم الفائزة (مثل رزمة شوكولاتة...)