العلم والتقنية والهندسة والرياضيات (STEM):

نموذج عملي للتطبيق

تأليف:

كريستين شنيتكا، راندي بيل، لاري ريتشاردز

الجمعية الوطنية (الأمريكية) لمعلمي العلوم (NSTA)

ترجمة:

محمد بن علي الجلاّل

مركز التميز البحثي في تطوير تعليم العلوم والرياضيات (أفكر)

مركز التميز البحثي في تطوير تعليم العلوم والرياضيات

ECSME

The Excellence Research Center of Science and Mathematics Education

1957

١٤٣٩ - ٢٠١٨

تقديم

يحظى "تعليم ستم" (STEM Education) باهتمام عالمي، حيث يركز على ضرورة تدريس الطلاب بطريقة تتكامل فيها مجالات العلوم، والتقنية، والهندسة، والرياضيات؛ بما يتوافق مع السياق الحقيقي للمشكلات التي يواجهونها في العالم الطبيعي، ويعزز التوجه للوظائف المستقبلية المرتبطة بتلك المجالات.

وأكدت رؤية المملكة ٢٠٣٠ ضرورة الاستثمار في رأس المال البشري من خلال تعزيز الاستثمار في التدريب وتزويد أبناء الوطن بالمعارف والمهارات اللازمة للوظائف المستقبلية. وأشارت الدراسات إلى أن أكثر من ٨٠% من الوظائف حول العالم مرتبطة بتخصصات العلوم، والتقنية، والهندسة، والرياضيات (STEM). ولذلك يسعى مركز التميز البحثي في تطوير تعليم العلوم والرياضيات (أفكر) إلى دعم تحقيق هذه الرؤية الواعدة من خلال العمل على تعزيز توجه ستم (STEM) في التدريس، وإقامة بعض المشاريع التدريبية، والتثقيفية. وتأتي ترجمة هذه المقالة امتداداً للدور الذي يقوم به المركز في تعزيز ممارسة ستم (STEM) في تدريس العلوم.

وتستعرض هذه المقالة نموذجاً عملياً لتطبيق ستم (STEM) في الفصول الدراسية، وتستهدف دعم تعلم الطلاب لمفاهيم انتقال الحرارة، وتركز على غرس الممارسات الهندسية إلى جانب ممارسات الاستقصاء العلمي في تدريس العلوم، باعتبار هذه الممارسات الهندسية المحرك الرئيس لبقية تخصصات ستم (STEM). وحرص مركز التميز (أفكر) على ترجمة هذه المقالة –بشكل محدد– كونها تتناول بعض المفاهيم المرتبطة بمحتوى مقرر العلوم للصف الثاني متوسط في المملكة، ورغبة من المركز في تقديم نماذج عملية تخدم الممارسين عند تطبيق اتجاه ستم (STEM)، قائمة على البحث العلمي.

ويسر مركز التميز (أفكر) أن يتقدم بالشكر والتقدير للجمعية الوطنية (الأمريكية) لمعلمي العلوم (National Science Teachers Assertion "NSTA") على إذنها بترجمة هذه المقالة ونشرها، وللأستاذ محمد بن علي الجلاّل على جهوده في ترجمة وإدارة العمل للحصول على إذن الترجمة، وللأستاذة ندى بنت إبراهيم الحسن على مراجعة هذه الترجمة.

أ. د. سعيد بن محمد الشمراني،

مدير مركز التميز البحثي
في تطوير تعليم العلوم والرياضيات

إنقاذ البطاريق:
تدريس علم انتقال الحرارة من خلال التصميم الهندسي

من المُسلّم به بين العديد من العلماء أن الأرض تعاني احتباساً حرارياً، وأن الأنشطة البشرية أدت إلى تفاقم هذه المشكلة (National Research Council, 2001; 2002). ومن الصعب على المهندسين، والعلماء، أو المجموعات المهتمة بالبيئة حول العالم؛ إيجاد حلول لتخفيف أو إيقاف ذلك الاحتباس. أحد الأهداف الرئيسة لمنهج "إنقاذ البطاريق" الموصوف في هذه الصفحات، هو مساعدة الطلاب على إدراك أن ما نقوم به في المنزل؛ يمكن أن يؤثر على الكيفية التي تعيش بها طيور البطريق في النصف الجنوبي للكرة الأرضية. فالطاقة التي نستخدمها لتسخين منازلنا أو تبريدها تأتي من محطات توليد الطاقة، ومعظم هذه المحطات تعتمد على الوقود الأحفوري. ويرتبط حرق الوقود الأحفوري بزيادة معدلات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، والذي يرتبط بدوره بزيادة درجة الحرارة العالمية. وهذا التغير في درجة الحرارة له تأثيره الواسع على الأرض، والذي يتضمن التأثير على حياة البطاريق. وكلما كانت المنازل معزولة بشكل أفضل؛ فإنها ستتطلب طاقة أقل للتدفئة والتبريد، وبالتالي الحد من استخدام الوقود الأحفوري، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وهذه هي المشكلة المقدمة للطلاب في بداية منهج "إنقاذ البطاريق".

سيتعلم الطلاب في هذا المنهج كيف يتعامل المهندسون مع الاحتباس الحراري العالمي، من خلال تصميم مواد بناء موفرة للطاقة. كما سيتعلمون علم انتقال الحرارة، وسيصممون تجارب لاختبار المواد، ومن ثم سيلعبون دور المهندسين في تصميم وإنشاء واختبار مأوى موفر للطاقة.

طيور البطريق

البطاريق في خطر! فمع ارتفاع درجة حرارة الأرض؛ تسخن المحيطات، وتذوب الحزم الجليدية، وبالتالي تفقد طيور

البطريق موائلها، كما تفقد مصادر غذائية مثل الكريل (Krill)، الذي يحتمي بالحزم الجليدية، ويتغذى على الطحالب التي تنمو تحتها (Gross, 2005). بطاريق القيصر في أنتاركتيكا في انخفاض حاد؛ نتيجة لتغير المناخ (Jenouvrier, et al., 2008). أما بطاريق جنوب أفريقيا فأصبحت تترك أعشاشها لتتبرد في المياه؛ معرِّضة بيوضها لخطر هجمات طيور النورس. وقد أنشأ حراس متنزه شاطئ بولدرز –في كيب تاون بجنوب أفريقيا– "أكواخاً" شبه مغلقة لطيور البطريق لتعشش فيها، وهذه الأكواخ تمد البطاريق بالبرودة، وتحفظ بيوضها من الافتراس (Nullis, 2009). تساعد العديد من مقاطع الفيديو القصيرة على يوتيوب في إشراك الطلاب في هذه المشكلة، وتناول تأثيرات الاحتباس الحراري (انظر المصادر). وإذا كانت مدرستك تحجب الدخول إلى يوتيوب، فيمكنك تنزيل مقاطع الفيديو وحفظها في المنزل باستخدام بعض الأدوات المتوفرة مجاناً على الانترنت مثل (www.downloader9.com)، ثم حفظها على قرص، أو محرك أقراص محمولة؛ لاستخدامه في المدرسة.

إعداد المسرح للتصميم الهندسي

المشكلة المقدمة للطلاب في هذا المنهج هي استعارة ذات معنى رمزي، يجري خلالها بناء مساكن تحمي مكعبات الثلج التي تأخذ شكل البطاريق من درجات الحرارة المرتفعة. وخلال عمل الطلاب على المشروع؛ يتعلمون حول انتقال الطاقة الحرارية عن طريق الإشعاع، والحمل الحراري، والتوصيل. كما يختبر الطلاب قدرة المواد على تقليل انتقال الطاقة الحرارية؛ للحفاظ على برودة طيور البطريق الثلجية. وبعد اختبار المواد؛ يبني الطلاب منازلاً للبطريق، ثم ينظرون في مدى جودة المأوى للإبقاء على مكعبات الثلج التي تأخذ شكل البطريق من الذوبان في فرن الاختبار.

المفاهيم البديلة لدى الطلاب

إن إشراك الطلاب في سلسلة من العروض التوضيحية لظواهر محيرة يمكن أن يساعدهم على تكوين فهم علمي لانتقال الحرارة. ويمكن استخدام العروض التوضيحية الخمسة الآتية؛ لاستهداف المفاهيم الخاطئة، والشائعة لدى الطلاب. ومع أنه يمكن استخدام عروض توضيحية أخرى، إلاّ أن هذه العروض الخمسة أُستخدمت في البحث، وكان لها نتائج تجريبية فعّالة (Schnittka C. G., 2009).

العُلب: فهم العزل والتوصيل

الأدوات

الشكل ١	العرض التوضيحي للعُلب.

- ست علب صودا بُردت خلال الليلة الماضية.
- مناديل ورقية.
- ورق ألمنيوم.
- بلاستيك تغليف.
- جورب صوفي.
- جورب قطني.
- ستة مقاييس حرارة.

إذا سألت الطلاب: ما الذي يمكن لفه حول علبة صودا، لإبقائها باردة في رحلة ميدانية؟، فإن معظمهم سيقترحون تغليف العلبة بورق الألمنيوم. ويمكن أن يفسروا ذلك بأن ورق الألمنيوم "يحفظ البرودة بداخله". لم يفكروا من قبل بلف علبة الصودا بجورب صوفي، وذلك لأن المفهوم السائد أن الصوف يبقي الأشياء دافئة. ويمكن توضيح هذه المغالطة بلف علب الصودا الباردة بمواد مختلفة، وأخذ درجات الحرارة الداخلية بعد عدة ساعات. تأكد من تضمين عنصرٍ للضبط (علبة بدون تغليف)؛ لإجراء مقارنة عادلة (أنظر الشكل ١). اسأل الطلاب عن تنبؤاتهم حول أي العلب ستكون أكثر برودة. وغالباً سيتفاجؤون إذا وجدوا أن الجورب الصوفي يحافظ على الصودا باردة أكثر. استخدم هذا العرض التوضيحي لمساعدة طلابك على فهم ماهية العوازل والموصلات. هذا العرض التوضيحي وما يتبعه من مناقشات تفسيرية عادة ما يستغرق (٢٠) دقيقة.

الأطباق والملاعق: فهم لماذا تشعرنا المعادن بالبرودة

الأدوات

- طبق بلاستيكي.
- طبق معدني.
- شرائط لقياس درجة الحرارة.
- ملاعق معدنية.
- ملاعق بلاستيكية.
- مكعبات ثلجية على شكل بطاريق.

لتحضير العرض التوضيحي الآتي؛ استعر طبقين أو أحضرهما من المنزل، أحدهما بلاستيكي، والآخر معدني (انظر الشكل ٢). ثبت شريط قياس درجة الحرارة على الجانب

الشكل ٢ الأطباق البلاستيكية والمعدنية.

السفلي لكل طبق. سيعرض كل شريط قياس درجة حرارة الغرفة (أنظر الشكل ٣). يمكن شراء مقاييس درجة حرارة ذات شاشة مسطحة وكبيرة، وذات حجم يسهل معه قراءة درجة الحرارة من بيتسمارت (www.petsmart.com). ويمكن بدلاً من ذلك استخدام العلامة التجارية (Ideal 61-310 multimeters)، بمجسات مزدوجة لقياس درجة الحرارة. ويمكن شراؤه أيضاً عبر عدد من المصادر على الإنترنت.

الشكل ٣ قياس درجات الحرارة للأطباق.

في الجزء الأول من العرض التوضيحي، مرر الأطباق بين الطلاب، واسمح لهم بلمسها ووصف أي الأطباق يبدو أكثر برودة. ففي حين أن جميع الأطباق تكون في درجة حرارة

الغرفة؛ إلاّ أن الطلاب سيصرون على أن الطبق المعدني أبرد من الطبق الآخر. وبعد العرض التوضيحي باستخدام الملاعق (الموصوف أدناه)؛ ستتضح للطلاب درجات الحرارة الفعلية

للأطباق. ينبغي أن يفهم الطلاب أن الأطباق لها نفس درجة الحرارة، ولكن الحرارة تنتقل بشكل أسرع من اليد الدافئة إلى الطبق المعدني، مقارنة بانتقالها من اليد الدافئة إلى الطبق البلاستيكي.

الشكل ٤	قوالب بطاريق ثلجية من ليكيو.

يتضمن الجزء الثاني من العرض التوضيحي استخدام ملاعق، ومكعبات ثلجية على شكل بطاريق. يمكن شراء قوالب ثلجية على شكل بطاريق من العلامة التجارية (ليكيو- Lékué) (المنتج رقم ٣٩٠٠٤) عبر عدد من المصادر على الإنترنت (انظر الشكل ٤). أعط كل مجموعة من الطلاب ملعقة بلاستيكية، وملعقة معدنية، واطلب منهم مسكها بأيديهم. الطبق المعدني، أو المصنوع من الفولاذ المقاوم للصدأ سيكون كافياً. يمكن أن يعلق الطلاب بأن الملعقة المعدنية تبدو أبرد، وسيستنتجون من ذلك أن المعادن، وبشكل طبيعي، أكثر برودة من البلاستيك، تماماً كما حدث مع الطبقين. اسأل الطلاب عن تنبؤاتهم حول أي الملاعق ستكون أفضل في المحافظة على مكعبات الثلج من الذوبان. سيتوقع الطلاب أن الملعقة المعدنية ستكون أفضل، لأنهم يشعرون ببرودتها بمجرد مسكها، كما حدث مع الطبق المعدني. ضع المكعبات الثلجية على شكل بطاريق على الملاعق، واجعل الطلاب يتناوبون في مسكها (انظر الشكل ٥). اطلب من الطلاب شرح السبب في عدم ذوبان البطريق في الملعقة البلاستيكية بشكل كبير؛ بينما البطريق في الملعقة المعدنية يتحول بسرعة إلى ماء.

الشكل ٥	الملاعق البلاستيكية والمعدنية مع مكعبات الثلج البطريقية.

من خلال مناقشة المجموعات، والمناقشات الصفية؛ سيفهم الطلاب أن الحرارة تنتقل من الأجسام الأعلى في درجة الحرارة إلى الأجسام الأقل، وأن انتقال الحرارة خلال الملعقة المعدنية أسرع من الملعقة البلاستيكية؛ لأن المعدن موصل أفضل للحرارة مقارنة بالبلاستيك. كما أن الملعقة

المعدنية تبدو أبرد؛ لأن اليد (وهي جسم أدفأ) تفقد طاقة حرارية عند انتقال الحرارة. وبينما يصر الطلاب على أن البرودة تنتقل من قطعة الثلج إلى أيديهم؛ لأنهم يشعرون بالبرودة فيها، ذكّر الطلاب بأنه لا يوجد انتقال للبرودة، وإنما الحرارة أو الطاقة الحرارية هي ما يمكن أن تنتقل. كما أن الشعور ببرودة اليد عند ملامسة المعادن، يمثل دليلاً على أن اليد تمثل كاشفاً جيداً للفقدان السريع للحرارة.

وبعد ذلك سيتضح للطلاب أن درجات الحرارة متساوية في كل من الأطباق البلاستيكية، والأطباق المعدنية. وتعزز هذه الظاهرة المحيرة المناقشة الحية، وتساعد الطلاب للوصول إلى استيعاب مفاهيمي أعمق حول توصيل الحرارة.

المنزل: فهم الحمل الحراري في الهواء، والإشعاع من الضوء

الأدوات

- منزل من الورق المقوى على شكل صندوق.
- مقياس رقمي لدرجة الحرارة، أو مجسات مزدوجة لقياس درجة الحرارة.
- ساعة إيقاف، أو مُشاهد من جهة أخرى.
- حاسب آلي، مع برنامج جداول بيانات (اختياري).

يساعد العرض التوضيحي الآتي الطلاب على فهم أن الحمل الحراري يحدث عندما تصعد الموائع الأقل كثافة، وتهبط الموائع الأعلى كثافة. وكذلك يمكن استخدام هذا العرض لتوضيح الكيفية التي تمتص بها الأسطح السوداء الإشعاع، وبالتالي تصبح ساخنة جداً، بينما لا تمتص الأسطح العاكسة الإشعاع. هذا العرض التوضيحي وما يتبعه من مناقشات تفسيرية عادة ما يستغرق من (٢٠ إلى ٣٠) دقيقة.

اصنع منزلاً مجوفاً من الورق المقوى، وادهن سطحه الخارجي باللون الأسود مستخدماً طلاء الأكريليك. سلّط ضوءاً ساطعاً على المنزل، ثم حرّك مجسات قياس الحرارة في الأعلى (داخل المنزل)، وفي الطابق الأول. تسخن الأجزاء الداخلية القريبة من السطح بسرعة؛ قد تقترب من (٣٨) درجة مئوية (١٠٠,٤ درجة فهرنهايت). (ملاحظة للسلامة: يسخن السطح الأسود المصنوع من الورق المقوى لدرجة عالية، ومن الممكن أن يتصاعد الدخان إذا ما قُرب الضوء الساطع منه. تأكد من الانتباه إلى مثل هذا، واحرص على وجود طفاية حريق لاستخدامها عند الحاجة).

بعد إغلاق الضوء اسأل الطلاب لماذا تكون الأجزاء العلوية في المنزل أكثر سخونة من الطابق الأول. ستكون إجابتهم المتوقعة: "بسبب ارتفاع درجة الحرارة!". التفسير الصحيح علمياً، هو أن الهواء البارد يهبط إلى الأسفل لأنه أعلى كثافة (الجزيئات متقاربة مع بعضها)، وهذا يجبر الهواء الساخن ذو الكثافة الأقل؛ للصعود للأعلى. هناك عروض أخرى منتشرة لتوضيح الحمل الحراري، ويمكن استخدامها، منها المياه وتلوّن الأطعمة، ولكن العرض التوضيحي المقدم هنا يساعد الطلاب على فهم أن الحمل الحراري يعني حركة جميع الموائع الدافئة والباردة (السوائل والغازات)، وليس الماء فحسب.

بعد لحظات من إغلاق الضوء، اقلب المنزل رأساً على عقب. ستتغير كتل الهواء نتيجة لاختلاف الكثافة، وستكشف مقاييس ومجسات درجات الحرارة هذا التغير. اطلب من الطلاب تسجيل درجات الحرارة بداخل المنزل للأجزاء العلوية، والطابق الأول؛ كلما تغيرت كتلة الهواء. ويمكنهم رسم البيانات يدوياً، أو باستخدام برنامج لجداول

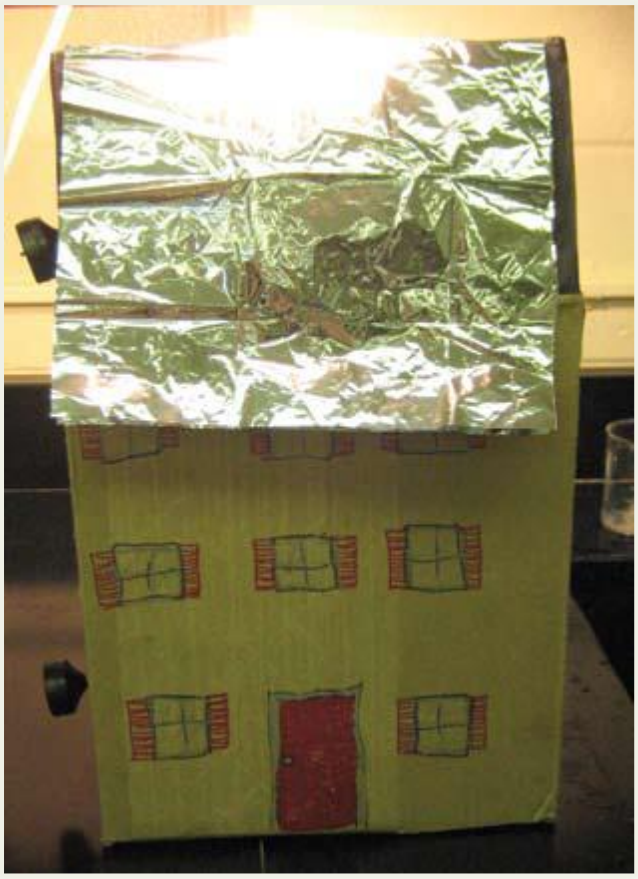
البيانات؛ لرسم التغير عبر الزمن. وفي حالة عدم استخدام مجسات حرارة موصولة بحاسب آلي؛ فأنت بحاجة إلى زوج من المتطوعين يرتديان نظارات سلامة، يقرأ أحدهم درجات الحرارة؛ بينما الآخر يقرأ الوقت كل خمس ثواني. وزوج آخر من المتطوعين لتسجيل درجات الحرارة. يعرض (الشكل ٦) عينة من بيانات تم جمعها من أحد العروض التوضيحية.

الشكل ٦	البيانات من العرض التوضيحي للمنزل.

الزمن (ثانية)	درجة الحرارة العلوية	درجة حرارة الطابق الأول
٥	٣٧	٢٢
١٠	٣٦	٢٣
١٥	٣٥	٢٤
٢٠	٣٤	٢٥
٢٥	٣٣	٢٦
٣٠	٣٢	٢٧
٣٥	٣١	٢٨
٤٠	٣٠	٢٩
٤٥	٢٩	٢٨
٥٠	٢٨	٢٧
٥٥	٢٧	٢٦
٦٠	٢٦	٢٥

تأكد من فهم الطلاب أن أماكن كتلة الهواء تتغير حالما يبرد، فالهواء البارد الأعلى كثافة يهبط للأسفل، والهواء الساخن الأقل كثافة يصعد للأعلى. وقد تحتاج إلى تكرار العرض التوضيحي مستخدماً طبقات متعددة من غشاء ميلر الألمنيومي لتوفير حماية للمنزل (كما بالشكل ٧)، وذلك لتوضيح الفرق بين السطح الخارجي الأسود، والعاكس (اختياري).

الشكل ٧	غشاء ميلر على سقف خارجي أسود.



غشاء ميلر البرّاق: فهم الإشعاع وكيفية عكسه

الأدوات

- ضوء ساطع (واحد لكل مجموعة طلاب، ذو مصباح كهربائي بقدرة ١٥٠ وات).
- حوامل حلقية (واحد لكل مجموعة).
- عدة أوراق من غشاء ميلر الألمنيومي (لكل مجموعة).

العرض التوضيحي الآتي يساعد الطلاب على فهم قابلية الضوء للانعكاس، وبالتالي منع انتقال الحرارة من خلال

الإشعاع. عادة ما يستغرق هذا العرض التوضيحي وما يتبعه من مناقشات تفسيرية (١٥) دقيقة.

ميلر هو غشاء مصنوع من البوليستر، ويمكن أن يُغلف بالألمنيوم ليصبح شديد اللمعان. وعادة ما يكون رقيق للدرجة التي يمكن معها أن يكون شفافاً، ولكن عند استخدام طبقات من هذا الغشاء؛ فإنه يكون ممتازاً في عكس الضوء، وفي منع انتقال الحرارة. يشيع استخدام هذا الغشاء في تغليف الوجبات الخفيفة، وفي البالونات التي تعبأ بالهيليوم وبطانيات الطوارئ. وقد وجدنا أن الطريقة الأسهل، والأقل كلفة لشراء غشاء ميلر ألمنيومي هي عبر متاجر القرطاسية والحرف اليدوية، على شكل شرائح ورقية ملفوفة بشكل اسطواني.

اجعل الطلاب يشعرون بإشعاع الضوء بأيديهم. (ملاحظة للسلامة: تأكد من إبقاء الطلاب أيديهم على مسافة آمنة من الضوء الساطع. ويمكن القيام بذلك من خلال وضع الضوء الساطع معلقاً على حامل حلقي، وموجهاً نحو طاولة العمل). اطلب من الطلاب العمل في مجموعات يتناوبون خلالها على وضع أيديهم على الطاولة تحت المصباح، ويسحب زملاؤهم الآخرين في نفس المجموعة غشاء ميلر الرقيق فوق أيديهم بينما هي تحت المصباح. سيشعر الطلاب فوراً بانخفاض انتقال الحرارة، وخاصة عند استعمال طبقات متعددة من الغشاء. استخدم هذا العرض التوضيحي لمساعدة الطلاب على فهم أن الاشعاع يعتبر شكلاً من أشكال انتقال الحرارة، والذي يحدث فوراً، وبسرعة الضوء، كما أنه يمكن عكس هذا الإشعاع باستخدام مواد برّاقة. سيشعر الطلاب بالدهشة للكيفية التي يُمنع فيها فجأة انتقال الحرارة لأيديهم لحظة وضع غشاء ميلر بين الضوء وأيديهم.

بناء مأوى لمكعبات الثلج بطريقية الشكل

اختبار مواد البناء

بعدما يكوّن الطلاب فهماً جيداً للكيفية التي تنتقل بها الحرارة؛ قدّم لهم هذا التحدي: بناء مأوى لمكعبات الثلج البطريقية، بحيث يحافظ عليها من الذوبان. ينبغي على الطلاب قبل كل شيء أن يتخذوا القرار فيما يتعلق بالمواد التي سيستخدمونها للبناء.

الشكل ٨	عينة من المواد.

ينخرط الطلاب في استقصاء علمي أثناء اختبارهم للمواد، وفي نهاية المطاف سيصممون مأوى لطيور البطريق، ثم يختبرون تصاميمهم. أعط لمجموعات الطلاب مواداً ليختبروا فعالياتها في منع بعض أشكال انتقال الحرارة، مثل: لباد، رغوة، كرات قطن، أوراق، غشاء ميلر برّاق، ورق ألمنيوم، (الشكل ٨). ومن الأفضل للمعلم أن يقوم بإعداد مثل هذه المواد في وقت مبكر. وقد وجدنا أنه من المناسب تحضير المواد (اللباد، الرغوة، ورق الألمنيوم، الأوراق) على شكل مربعات (٧,٦ سم × ٧,٦ سم) (٣" × ٣")، إلى جانب استخدام مسطرة مثبته على قاطعة نسيج أبعادها (٧,٦ سم × ٤٥,٧ سم) (٣" × ١٨")، واستخدام مشرط دائري للقص. ويمكن

شراء مثل هذه الأدوات من محلات الخياطة. (ملاحظة للسلامة: يجب اتباع وسائل السلامة عند البناء والقص، وارتداء الطلاب لنظارات السلامة). قرر مع طلاب الصف أي المواد أو مجموعات المواد يمكن إجراء المقارنة بينها، واختبارها، وبعد ذلك قسم العمل بين المجموعات. ومن المعقول أن تقوم كل مجموعة بإجراء (٣ إلى ٤) اختبارات. على سبيل المثال: يمكن أن تقارن مجموعة واحدة بين كل من ورق الألمنيوم وغشاء ميلر البرّاق، بينما تقارن مجموعة أخرى بين اللباد الأبيض والرغوة البيضاء. ويمكن لبعض المجموعات أن تختبر وضع الأوراق ذات الفقاعات، ومقارنتها بمختلف الأوراق الملونة. يمكن للطلاب مقارنة المواد تحت الضوء الساطع المثبت على الحامل الحلقي، والموجه نحو سطح أسود مثل السطح الأسود لطاولة العمل، أو طبق بلاستيكي أسود. مكّن الطلاب من استخدام مقاييس درجات الحرارة، وأجهزة التوقيت؛ لإجراء اختبارات عادلة للعينات تحت الضوء، أو على السطح الأسود الساخن. حالما يستكشف الطلاب المواد؛ فإنهم سيبدؤون بصياغة الأفكار حول الكيفية التي يمكن بها بناء مأوى لمكعبات الثلج بطريقية الشكل، بحيث تسمح لأقل كمية من الثلج بالذوبان. اسمح للطلاب بشراء مواد إضافية عندما يقررون أن هناك مواد أخرى ستكون أفضل للبناء. نحن عادة ما نضع توقعاً لأسعار المواد، ونعطي لكل مجموعة من الطلاب ميزانية للعمل (للحصول على معلومات إضافية حول تسعيرة المواد؛ راجع مقالة سمورال ومات في الصفحة ٤٥ من هذا العدد).

شجع الاستقصاءات المفتوحة، واسمح للطلاب باختبار أفكارهم الخاصة. تأكد من أن الطلاب يتشاركون نتائج تجاربهم؛ بحيث تكون المعرفة المكتسبة مشاعة، وشجّع على إيجاد بيئة عمل تعاونية بين الطلاب، أكثر من بيئة العمل التنافسية. وخلال وقت المشاركة بالنتائج من المفيد أن تشجع الطلاب على أن يشرحوا لبعضهم البعض لماذا اختبروا مواد معينة، وماهي نتائجهم، ولماذا حصلوا على النتائج التي توصلوا إليها. هذا هو الوقت المثالي لمساعدة الطلاب على فهم انتقال الحرارة، كما ينطبق هذا على كل تجربة يقومون بها. نتوقع من الطلاب أن يقضون مالا يقل عن حصة دراسية واحدة لاختبار المواد، ونصف زمن حصة دراسية أخرى لمشاركة النتائج مع بعضهم البعض.

بناء المأوى

بعدما يختبر الطلاب مواد البناء المختلفة، ويتبادلون نتائجهم مع زملائهم، سيتوقون للبدء في استخدام المواد لبناء منازل صغيرة؛ تحافظ على مكعبات الثلج البطريقية من الذوبان. وأخيراً، سيكون الطلاب قادرين على تطبيق ما تعلموه من العروض التوضيحية، ومن النقاشات، ومن اختبار المواد. حالما يأخذ الطلاب دور المهندسين للحفاظ على الجليد من الذوبان؛ ذكرهم بأن المهندسين يصممون مواد مبتكرة للمنازل والمدارس وغيرها من المباني؛ تمنع انتقال الحرارة. إن منع انتقال الحرارة يعني الكفاءة في استخدام الطاقة، والمباني ذات الكفاءة تستخدم طاقة أقل. وكلما كانت الطاقة اللازمة لتسخين وتبريد المبنى أقل؛ كلما كان التأثير السلبي على البيئة أقل أيضاً.

زوّد الطلاب بأشرطة لاصقة وغراء ومقص لقطع الأوراق والأنسجة. سيستخدم معظم الطلاب المواد التي يتم إعطاؤها لهم كما هي، ولكن البعض منهم سيعدلون عليها عن طريق قطعها، وطيها، وتجعيدها، أو وضعها على شكل طبقات. وسيكون على الطلاب التأكد من وجود فتحة

تسمح بوضع البطريق في المأوى، وإزالته بسهولة بعد الاختبار. ومع تقدمهم في التصميم قد يحتاجون لإجراء المزيد من الاختبارات، ومناقشة النتائج مع المجموعات الأخرى، والحصول على دعم لأفكارهم من معلمهم. وينبغي أن يتاح للطلاب الوقت الكافي لهذه المرحلة خلال المنهج الدراسي. المهندسون يعملون مع قيود الزمن، ومساحة العمل، والمال، ولذلك أعط طلابك مهلة زمنية محددة أيضاً ينتهي بعدها العمل على البناء.

اختبار التصميم

في نهاية المطاف، سيكون الطلاب جاهزون لتقويم المأوى من خلال وضعه في فرن. ويمكن لهذا الفرن أن يكون عبارة عن وعاء تخزين بلاستيكي كبير، مبطن بورق ألمنيوم على جهاته الأربعة، ومطلي بلون أسود في أسفله، بداخله ثلاثة مصابيح ساطعة بقدرة (١٥٠) وات؛ بحيث يمكن أن تحدث جميع أشكال انتقال الحرارة الثلاثة. إذا كنت تستخدم سلة تخزين بلاستيكية سوداء؛ فثبت ورق الألمنيوم على الجوانب، وعلق الأضواء الساطعة. انظر (الشكل ٩) لتصميم فرن الاختبار المقترح. المنازل الموضوعة في هذا الفرن قبل تسخينه يمكن أن تستخدم لاختبار توصيل الأرضية السوداء، وإشعاعها، والإشعاع من جميع الجوانب، ويمكن اختبار الحمل الحراري حالما يصعد الهواء الساخن لأعلى منطلقاً من القاع الأسود.

حضّر قوالب الثلج في الليلة السابقة؛ مستخدماً (١٠ مل) من الماء لكل بطريق. نحن نستخدم حقنة طبية لنكون أكثر دقة. توضع البطاريق المجمدة ذات العشرة غرامات في وقت واحد بداخل المساكن، وتوضع بعد ذلك بداخل الفرن، وتُعرّض لعشرين دقيقة من الحرارة الشديدة. انظر (الشكل

الشكل ٩ فرن الاختبار.

١٠) لمعرفة كيفية وضع المأوى في الفرن. يمكن للفرن أن يستوعب المزيد من المساكن استناداً لحجمه، وينبغي أن يعرف الطلاب حدود المساحة المسموحة. عادة ما يكون لدينا ثمانية مجموعات في كل صف، ولذلك نقول للطلاب أن المسكن الذي تصممه كل مجموعة ينبغي أن لا يتجاوز ثمن مساحة قاع الفرن.

الشكل ١٠ المساكن الصغيرة في الفرن.

وخلال دقائق الانتظار العشرين؛ نعرض للطلاب أحياناً شرائح عرض حول مواد البناء الموفرة للطاقة، مثل النوافذ الذكية، والهلام الهوائي (aerogels)، وعوازل الأشعة،

وسقف الأسطح الخارجية للمباني باستخدام ألواح الطاقة الشمسية. في بعض الأحيان نعرض مقتطفات من فلم (March of the Penguins) أو مقتطفات من (An Inconvenient Truth)؛ لأثارة المناقشة. وبعد عشرين دقيقة يتم إخراج المساكن من الفرن، وتوضع الأجزاء الصلبة المتبقية من طيور البطريق الثلجية في أكواب بلاستيكية صغيرة؛ لقياس كتلتها. (حدد كتلة الأكواب البلاستيكية الفارغة قبل عمل الطلاب، ودونها على الكؤوس). غالباً ما يتشوق الطلاب لمعرفة مدى قدرة المأوى على إنقاذ البطاريق، وأعداد البطاريق التي استطاعوا إنقاذها من حرارة الفرن. وبعدما يتم وضع الأجزاء المتبقية من البطاريق في الكؤوس البلاستيكية، فلا يهم بعدها إذا حدث مزيد من الذوبان، لأن الكتلة ستبقى في الكأس. وهذا يمكن أن يوفر فرصة إضافية لمناقشة الذوبان، والتعلم حول حفظ الكتلة. وعادة ما تستغرق كل مجموعة بضع دقائق للقيام بحساب كتلة الثلج المتبقية وكتلة الكأس باستخدام مقياس كتلة رقمي، وطرح كتلة الكأس منها. (ملاحظة للسلامة: ثبت الأضواء الساطعة على فرن الاختبار مستخدماً حامل حلقي، بحيث يمكن غلق الأضواء، والابتعاد عنها؛ عندما يضع الطلاب مساكنهم بداخل الفرن، وعندما يقومون بإخراجها منه).

تُشارَك النتائج وتناقَش بعدما يتم قياس جميع كتل مكعبات الثلج بطريقية الشكل. بعض مجموعات الطلاب ستكون قادرة على إنقاذ مالا يقل عن نصف البطاريق، والبعض الآخر يتبقى من بطاريقهم بضع غرامات.

ومن المثير لاهتمام الطلاب أن تجري مناقشة بين الطلاب ليقرروا أي ميزة من ميزات التصاميم المختلفة كانت أفضل في منع توصيل الحرارة من قاع الفرن؟ وأي ميزة تصميم كانت أفضل في منع الإشعاع الصادر عن المصباح الساخن من اختراق المأوى؟ وأي ميزة تصميم كانت أفضل في منع الحمل الحراري للهواء الساخن؟ سيحللون النتائج، وإذا توفر الوقت بعد ذلك سيعودون إلى لوحة الرسم؛ لإجراء مراجعات وتحسينات للقيام بجولة ثانية من الاختبارات.

عندما يكون هناك وقت كافي، يمكن للطلاب أن يستخدموا الأفكار والنتائج التي تمت مشاركتها فيما بينهم؛ لإجراء مراجعات تساعد على إنقاذ المزيد من البطاريق. هذه الخطوة تساعد الطلاب على التخفيف من حدة المنافسة، لأن كل مجموعة من الطلاب تعتبر فائزة إذا أسفر تصميمها المعدل عن نتائج أفضل، مقارنة بتصميمها الأولي. تحاكي هذه العمليات الكيفية التي يعمل بها المهندسون في عمليات تكرارية لتكون الأمور أفضل. وعادة ما يستغرق الطلاب حصة دراسية كاملة لإعادة تصميم المأوى، وتعريضه لحرارة الفرن، وقياس الكتلة المتبقية، ومناقشة النتائج النهائية.

الشكل ١١	التصاميم الأولية والمعدلة.

انظر (الشكل ١١)، والذي يستعرض تصميم أولياً، وتصميماً معدلاً؛ بعدما تمكن الطلاب من التعلم من التجربة الأولى، وتبادلوا نتائجهم مع بعضهم البعض. لاحظ أن الطلاب قرروا سد الباب لمنع الحمل الحراري، وأضافوا مادة عازلة في "أنبوب" تمنع الثلج من الاتصال المباشر مع المعدن. يقرر العديد من الطلاب وضع المأوى على نوع من الركائز،

والعديد منهم يوفرون حماية إضافية من الإشعاع من جميع الجوانب.

عندما يجري الطلاب التجربة الثانية، أو عندما تتم المقارنة بين نتائج الطلاب في الصف؛ تأكد من أن الثلج يكون عند درجة الحرارة التي بدأوا منها في كل مرة. سيكون الثلج عند درجة حرارة جهاز التبريد (الفريزر) بمجرد إزالته، ويدفأ حتى يصل إلى (الصفر المئوي) (٣٢ درجة فهرنهايت)، ثم يذوب. الدرجة القياسية لأجهزة التبريد هي (-١٧ درجة مئوية) (١,٤ درجة فهرنهايت)، ولكن قد تختلف هذه الدرجة بين الأجهزة المختلفة. ولذلك، ستكون النتائج أكثر دقة عند استخدام نفس جهاز التبريد في كل مرة، واستخدام البطاريق على الفور بمجرد إخراجها.

الخلاصة

تُظهر الهندسة، أو استخدام سياقات متصلة بحياة الطلاب في مدخل تعلم العلوم القائم على التصميم فعالية في: (١) تحسين الاستيعاب المفاهيمي للطلاب حول العلوم، (٢) وزيادة معرفتهم بالهندسة واتجاههم نحوها، (٣) وزيادة دافعيتهم لتعلم العلوم (Schnittka C. G., 2009; Schnittka, Evans, Jones, & Bran, 2010). وقد أظهرت الدراسات أنه باستخدام منهج "إنقاذ البطاريق"، ودعم المعلمين؛ فإنه يمكن للطلاب أن يربطوا بين التدفئة والتبريد في منازلهم، مع حرق الوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة، ومع الاحتباس الحراري، وذوبان الجليد البحري، ويربطونها مع تعريض حياة البطاريق للخطر أيضاً. وخلال تعلم الطلاب؛ فإنهم يطورون مهاراتهم الاستقصائية والعملية، والعمل في فرق، إلى جانب تطوير التفكير الإبداعي لديهم. يتعلم الطلاب بشكل أفضل حول العلوم، وهندسة أفضل مأوى عندما تُستخدم العروض التوضيحية في وقت مبكر؛ بحيث تستهدف هذه العروض المفاهيم البديلة لدى الطلاب حول الحرارة. يمكن استخدام أنشطة التصميم الهندسي بفعالية في دروس العلوم، ولكن ينبغي الاهتمام بالجوانب التربوية المرتبطة بتدريس العلوم. كما ينبغي الاعتراف بالمفاهيم البديلة لدى الطلاب، ومعالجتها، واستهدافها في تدريس العلوم. فالطلاب لن يتعلموا المفاهيم العلمية بشكل ضمني؛ فقط لأنهم يشاركون في نشاط هندسي. تتيح أنشطة التصميم الهندسي للطلاب تجسيد المفاهيم العلمية، وإلهامهم بعالم الهندسة، وممارسة مهارات القرن الحادي والعشرين: الابتكار، حل المشكلات، التفكير الناقد، التواصل، التعاون.

يتوفر منهج "إنقاذ البطريق" بشكل كامل، إلى جانب خطط الدروس اليومية على الإنترنت، ويمكن الحصول عليه بزيارة الرابط:

http://www.auburn.edu/~cgs0013/ETK/SaveThePenguinsETK.pdf

هذه الترجمة مأذون بها لمركز التميز البحثي في تطوير تعليم العلوم والرياضيات من الناشر: الجمعية الوطنية (الأمريكية) لمعلمي العلوم (National Science Teachers Association: NSTA).

مركز التميز البحثي في تطوير تعليم العلوم والرياضيات
ECSME
The Excellence Research Center of Science and Mathematics Education

NSTA
National Science Teachers Association

المقالة الأساسية:

Schnittka, C., Bell, R., & Richards, L. (2010). Save the penguins: Teaching the science of heat transfer through engineering design. *Science Scope, 34*(3), 82-91. Retrieved September 08, 2017, from http://www.auburn.edu/~cgs0013/Schnittka_Bell_Richards_2010.pdf

المراجع:

Gross, L. (2005). As the Antarctic ice pack recedes, a fragile ecosystem hangs in the balance. *PloS Biology, 3*(6), 557–61. doi:10.1371/journal.pbio.0030127

Jenouvrier, S., Caswell, H., Barbraud, C., Holland, M., Strœved, J., & Weimerskirch, H. (2008). Demographic models and IPCC climate projections predict the decline of an emperor penguin population. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(6), 1844–47. doi:10.1073/pnas.0806638106

National Research Council. (2001). *Climate change science: An analysis of some key questions.* Washington, DC: National Academies Press.

National Research Council. (2002). *brupt climate change: Inevitable surprises.* Washington, DC: National Academies Press.

Nullis, C. (2009, March 29). Save South Africa's penguins: give them a home. *Associated Press.* Retrieved from http://www.newshub.co.nz/world/save-south-africas-penguins--give-them-a-home--2009033007

Schnittka, C. G. (2009). *Engineering design activities and conceptual change in middle school science.* University of Virginia. Retrieved October 25, 2017, from https://goo.gl/LRdLFq

Schnittka, C. G., Evans, M. A., Jones, B., & Bran, C. (2010). Studio STEM: Networked engineering projects in energy for middle school girls and boys. *American Society of Engineering Education Conference.* Louisville, Kentucky: American Society of Engineering Education.

المصادر:

Climate Change Likely to Devastate Emperor Penguin Populations in Antarctica—www.youtube.com/watch?v=RqNJ6B1CSss

Penguin in a Pickle—www.youtube.com/watch?v=Jz-5Y7WgVEE

Penguins Are Melting—www.youtube.com/watch?v=rqUvf9Rxxj4

المؤلفون:

كريستين شنيتكا (christine.schnittka@uky.edu)، أستاذ التربية العلمية المساعد في جامعة كنتاكي في ليكسنغتون، ومهندسة ميكانيكية، ومعلمة علوم سابقة. أما راندي بيل، فهو أستاذ التربية العلمية المشارك. وزميله لاري ريتشاردز هو أستاذ الهندسة الميكانيكية، وكلاهما في جامعة فيرجينيا في شارلوتسفيل، فيرجينيا.

المترجم:

محمد علي الجلاّل (m.Aljallal@hotmail.com)، باحث في مركز التميز البحثي في تطوير تعليم العلوم والرياضيات (أفكر)، وطالب الدكتوراه في المناهج وطرق تدريس العلوم في كلية التربية بجامعة الملك سعود، ومشرف تربوي.

مركز التميز البحثي في تطوير تعليم العلوم والرياضيات (أفكر)

جامعة الملك سعود

ECSME.KSU.EDU.SA