الفصل الخامس

تدريس الهندسة

استثمار فهم العلم التطبيقي وقدرات حل المشكلات

ديبي ديلي وإيليشيا كوتابش

Debbie Dailey, Ed.D., & Alicia Cotabish, Ed.D.

مقدمة

تعزز معايير علوم الجيل الثاني فهم الطالب لمحتوى العلوم ومفاهيمها عن طريق ممارسة الاستقصاء العلمي والتصميم الهندسي، ويتوقع من الطلاب إثبات فهمهم للعلوم عن طريق تقصي العالم الطبيعي، ووضع حلول للمشكلات، وعن طريق هذه الأنشطة، يتعين إعطاء الطلاب الوقت الكافي لممارسة مهارات التفكيرين الناقد والإبداعي وهم يتحولون إلى محققين في العالم الحقيقي، ومع تقدمهم في المستوى الصفي، تزداد الممارسات العلمية والهندسية صعوبة وتعقيدًا، فمثلًا، يبدأ الطلاب من الروضة حتى صف 12 بتعريف المشكلات واختبار الحلول الممكنة ومقارنتها، وعندما يدخلون المرحلة الثانوية، يبدؤون بتقصي المشكلات ذات الأهمية الاجتماعية والعالمية، واستخدام طرائق كمية و/أو محاكاة حاسوبية لاختبار الحلول الممكنة ومقارنتها.

وفي أجواء الاستقصاء هذه، سوف يجتهد الطلاب الموهوبون، بمن فيهم الطلاب من خلفيات مختلفة في حل المشكلات الاجتماعية والعالمية المهمة.

لماذا الهندسة؟

شهدت التكنولوجيا تقدمًا مدهشًا في العقدين الماضيين، فقد كانت الهواتف الخليوية والحواسيب تعدُّ رفاهية في المنزل، أما اليوم فأصبحت هذه الهواتف تستخدم حواسيب شخصية، ويوجد في معظم البيوت جهاز حاسوب بصورة أو بأخرى، ومع تقدم التكنولوجيا، ازدهرت أنواع مختلفة من المهن والوظائف الهندسية، لكن عدد الخريجين لا يلبي الطلب المتزايد.

ومثلما يقول ميلانو: (Milano, 2013) «من المحتمل جدًّا أن الأطفال الذين يدخلون الروضة هذا العام سوف يلتحقون عند التخرج بميادين لم تُطوَّر بعد، ويستخدمون معرفة لم تكتشف بعد، وأدوات لم تصمم بعد» (p.11)، ومع أخذ هذا في الحسبان، فإن على نظامنا التربوي أن يعد الطلاب للتقدم في التكنولوجيا والهندسة.

وقد وضع مؤلفو كتاب **إطار عمل لتدريس العلوم من الروضة إلى صف 12، A framework for K-12 Science Education**، الذي وضع أسس معايير علوم الجيل الثاني الهندسة في رتبة مساوية للبحث العلمي، ودعوا إلى دمجها في الممارسات والأفكار التخصصية الأساسية، وأكدوا أهمية اكتشاف الطلاب للاستخدامات العملية للعلوم عن طريق الهندسة والتكنولوجيا، ولهذا السبب دُمجت ممارسات الهندسة مع ممارسات العلوم. إن الهدف من إطار العمل، ومن ثم معايير علوم الجيل الثاني، ليس تخريج المزيد من المهندسين، ولكن الهدف «أن يكون الطلاب مع نهاية المرحلة الثانوية قد اكتسبوا معرفة لممارسات العلوم والهندسة، ومفاهيمها، ومبادئها الأساسية التي تكفي للمشاركة في نقاشات عامة عن القضايا المتصلة بالعلوم، وجعلهم مستهلكين واعين للمعلومات العلمية المرتبطة بحياتهم اليومية، ومتعلمين للعلوم مدى الحياة» (NCR, 2012, p.12). وعن طريق تزويد الطلاب بالخبرات في ممارسات الهندسة والعلوم، سوف يصبحون مستعدين أكثر لحل المشكلات المجتمعية والبيئية التي يواجهونها طوال حياتهم.

ولكن الهدف «أن يكون الطلاب مع نهاية المرحلة الثانوية قد اكتسبوا معرفة لممارسات العلوم والهندسة، ومفاهيمها، ومبادئها الأساسية التي تكفي للمشاركة في نقاشات عامة عن القضايا المتصلة بالعلوم، وجعلهم مستهلكين واعين للمعلومات العلمية المرتبطة بحياتهم اليومية، ومتعلمين للعلوم مدى الحياة» (NCR, 2012, p.12).

العلماء مقابل المهندسين

غالبًا ما يشار إلى الهندسة بالعلم التطبيقي، وبمعنى آخر، المهندسون يطبقون المعرفة العلمية لمعالجة المشكلة، وتصميم حل لها.

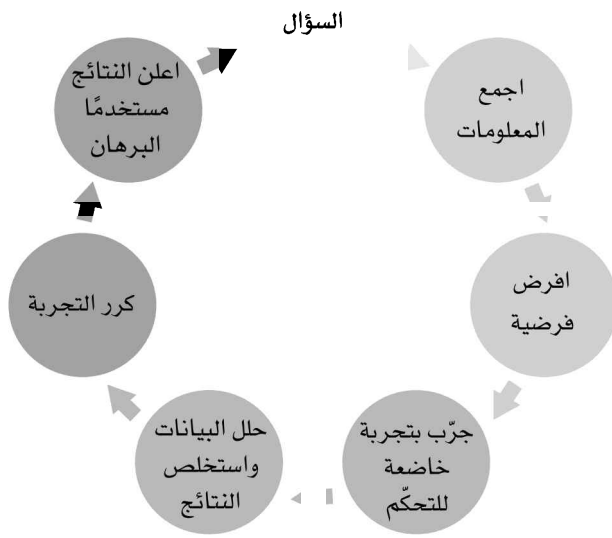
من الطبيعي أن المهندسين والعلماء يكملون عمل بعضهم، فالعلماء يضعون عادة توقعات وتفسيرات عن العالم، بينما يحدد المهندسون حاجة معينة، ويضعون حلًّا لتلبية هذه الحاجة، فقد يلاحظ العالم مثلًا، ويجمع المعلومات، ويضع الافتراضات، ويجري التجارب على دواء لعلاج مرض السرطان أو الشفاء منه، أما المهندس فقد يصمم المعدات المطلوبة لإجراء التجربة أو تركيب الدواء المستخدم في علاج السرطان، وغالبًا ما يشار إلى الهندسة بالعلم التطبيقي، وبمعنى آخر، المهندسون يطبقون المعرفة العلمية لمعالجةالمشكلة، وتصميم حل لها.

في الشكلين 5.1 و 5.2 مقارنة لطريقة علمية وطريقة هندسية تقليدية، ومن المهم هنا أن نلاحظ أن كلتا الطريقتين ليستا عملية طولية، بل إن كل خطوة في الطريقة يمكن مراجعتها لمرات عدة بل يجب فعل ذلك، وكما ترى فإن كلتا الطريقتين متشابهتان، وتتطلبان برهانًا ناجمًا عن التحليل والبيانات المجمعة.

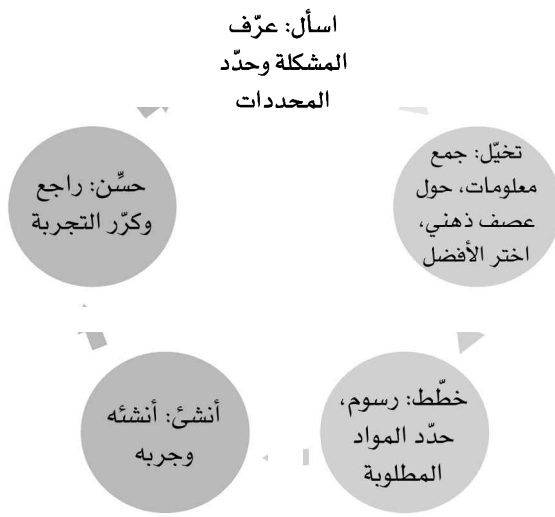
الهندسة ومعايير علوم الجيل الثاني

اقترح مؤلفو **إطار عمل لتدريس العلوم من الروضة ـ صف 12** ثماني ممارسات (انظر الجدول 5.1) لتضمينها في معايير علوم الجيل الثاني التي تصف الأعمال التي يمارسها العلماء والمهندسون وهم يدرسون العالم الطبيعي، أو يصممون ويبنون النماذج والأنظمة استجابة للحاجة (Achieve, Inc., 2014)، و يجب تدريس هذه الممارسات بمعزل عن المحتوى بل (أفكار التخصص الأساسية) يجب دمجها فيه، ومع المفاهيم لتفسير ظاهرة ما.

هذه الممارسات للطلاب جميعًا من الروضة – صف 12، لكنها تزداد تعقيدًا وصعوبة في مستويات الصفوف (انظر الشكل 5.3)؛ مثلًا يطلب إلى الطلاب من الروضة حتى الصف الثاني تحديد مشكلة بسيطة يمكن حلها عن طريق تطوير أداة جديدة أو تحسين أداة موجودة، أما الطلاب من الصف الثالث ـ الخامس، فيُرشدون إلى استخدام معرفتهم السابقة لتحديد مشكلة موجودة يمكن حلها عن طريق تطوير إضافة معايير متعددة، ومحددات تعيق الحلول المحتملة. وبالنسبة إلى الطلاب من الصفوف 9–12، يزداد التعقيد والصعوبة عن طريق إضافة اعتبارات اجتماعية وفنية و/أو بيئية.



الشكل 5.1 الطريقة العلمية.



الشكل 5.2 طريقة التصميم الهندسي.

الجدول 5.1: الممارسات العلمية والهندسية

طرح الأسئلة (للعلوم)، وتحديد المشكلات (للهندسة).
وضع النماذج، واستخدامها.
التخطيط لأعمال التقصّي، وتنفيذها .
تحليل البيانات، وتفسيرها.
استخدام الرياضيات، والتفكير الحسابي.
بناء التفسيرات (للعلوم)، وتصميم الحلول (للهندسة).
المشاركة في النقاش بناء على البرهان.
الحصول على المعلومات، وتقييمها، وإعلانها.

مأخوذ من *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas* (p.3), by National Research Council, 2012, Washington, DC: The National Academies Press.

الشكل 5.3 تدرج ممارسات التصميم الهندسي

مأخوذ من: From Next Generation Science Standards: For states, by States by NGSS Lead States, 2013, Washington, DC: The National Academies Press.

يشار إلى تدرج وتطوير ممارسات العلوم والهندسة في مستويات الصفوف بتدرجات التعلم. كما وصفت معايير العلوم الثاني التدرج التعليمي للبعدين الآخرين: الأفكار التخصصية الأساسية والمفاهيم. توفر التدرجات التعلمية مسارًا عامًا للطلاب العاديين، ولكن يمكن تحويلها إلى تعليم متمايز للطلاب الموهوبين والنابغين في العلوم.

يمكن تحدي طالب يظهر قدرة على حل مشكلة بسيطة عن طريق إضافة محددات أو معيار معين للمشكلة، أو أن يطلب إليه استخدام المعرفة السابقة لتحديد مشكلة تحتاج إلى حل.

يضاف إلى ذلك أنه يمكن استخدام تدرجات التعلم للتسريع أو زيادة التعقيد مع تقدم الطلاب - بغض النظر عن مستوى الصف.

مثلًا، يمكن تحدي طالب يظهر قدرة على حل مشكلة بسيطة عن طريق إضافة محددات أو معيار معين للمشكلة، أو أن يطلب إليه استخدام المعرفة السابقة لتحديد مشكلة تحتاج إلى حل.

دمج الهندسة في المنهج الحالي

دمج الممارسات الهندسية في المنهج الحالي أمر ممكن، وقد بدأ عدد من معلمي الطلاب الموهوبين والنابغين فعلًا بدمج الأنشطة المتوائمة مع الممارسات الهندسية في المنهج الحالي، فأصبح من المعتاد -مثلًا- أن تجد معلمي الطلاب الموهوبين يتحدونهم في مسابقة إسقاط البيض وحمايته من الكسر، أو تصميم جسر وبنائه من أعواد القش، وبناء أطول برج من أعواد تنظيف الأسنان، ولكن لسوء الطالع أن هذه الأنشطة غالبًا ما تكون مجرد أنشطة نادرًا ما تدمج في مقرر العلوم، ولكي نجعل هذه الأنشطة ذات جدوى وذات صلة بحياة الطلاب، فيتعين ربطها بالأفكار العلمية الأساسية، وبمشكلات الحياة الحقيقية. ومما لا شك فيه أن التعلم القائم على المشروع والتعلم المبني على حل المشكلات خياران رائعان لدمج الهندسة في المحتوى العلمي، وربط ذلك بمشكلة أو قضية من الحياة الواقعية.

التعلم القائم على المشروع والمشكلة PBL

بحسب فانتاسل - باسكا ومركز معلومات المصادر التربوية فإن على منهج العلوم الخاص بالطلاب الموهوبين أن يشدد على الاستقصاء، وبخاصة التعلم القائم على المشروع والمشكلة،

فكلما استطاع الطلاب بناء فهمهم للعلوم بأنفسهم، أصبحوا أكثر قدرة على التعامل مع أوضاع وحالات جديدة، وتطبيق العمليات العلمية السليمة على أنفسهم، ويمكن لهذا التعلم أن يكون محفزًا لإيجاد هذه الأنواع من الأوضاع والحالات.

يضاف إلى ذلك أن دمج التكنولوجيا لتكون أداة للتعلم أصبح شائعًا في التعلم القائم على المشروع والمشكلة، فاستخدام التكنولوجيا لتدريس العلوم يوفر بعض الاحتمالات المثيرة لربط الطلاب بقضايا الحياة الحقيقية. ومن منظور أي عملية علمية أو تصميم تجريبي، فإن التعلم القائم على المشروع، والمبني على المشكلة يوجدان مسارًا لاستكشاف العمليات العلمية، واستخدام إجراءات التصميم التجريبي، وبصورة خاصة، قد يتطلب هذان النوعان من التعلم من الطلاب دراسة موضوع معين أو اختبار فرضية ما، ثم المتابعة باستخدام الإجراءات الصحيحة، والمشاركة في النقاشات، وإعادة تحليل المشكلة، وعرض النتائج لجمهور معني.

لكن ما الفروق بين هذين النوعين من التعلم؟ وصف فنكل وتورب (Finkle & Torp, 1995) التعلم القائم على المشكلة بأنه «... تطوير للمنهج، ونظام تدريس يطور في وقت واحد كلًّا من إستراتيجيات حل المشكلات، وأسس المعرفة ومهاراتها التخصصية عن طريق جعل الطلاب يمارسون الدور النشط لحلّالي المشكلات عندما يواجهون مشكلة غير منظمة بصورة جيدة تعكس مشكلات الحياة الحقيقية» (p.1). إن تركيز التعليم المبني على المشكلة ينصب على حل مشكلة من العالم الواقعي، بينما يعمل الطلاب في التعلم القائم على المشروع معًا لتصميم منتج وربما صنعه لتلبية حاجة واقعية. الجدول 5.4 يمثل أوجه الشبه والاختلاف بين هذين النوعين.

في التعلم القائم على المشروع والمشكلة، تعرض على الطلاب مشكلات حياتية حقيقية عن طريق بعض المشاهد الافتراضية، ولزيادة ارتباطية التعلم، يمكن ربط المشكلة بقضية مجتمعية حقيقية، وبعد عرض المشهد، يحدد الطلاب المشكلة الخطيرة، ويعملون على إيجاد حل عن طريق عملية من ست خطوات، وقد اقترح باحثون خطوة سابعة (اختيارية) هي الإجراء/ الحل؛ لأن خطوة أخرى قد تكون ضرورية لتنفيذ الحل. والخطوات السبع هي:

1. اعرض مشكلة غير منظمة جيدًا.
2. استخدم جدول الأسئلة الثلاثة (KWL): ما الذي يعرفه الطالب؟ (what a student knows–K) وما الذي يريد أن يعرفه؟ (What he wants to know–W) وما الذي تعلمه؟

(What he has learned– L)، وسوف يُعِدُّ الطلاب قائمة بما يعرفونه، وما يريدون معرفته، وما الذي تعلّموه.

3. اجمع المعلومات.
4. خمّن الحلول المحتملة.
5. حدّد الحل المحتمل.
6. اعرض الحل.
7. الحل/ الإجراء (اختياري).

الخطوات من 2–5 ليست متسلسلة بالضرورة، ويمكن إجراؤها في وقت واحد؛ لأن أي معلومات جديدة قد تعيد تحديد المشكلة الأصيلة.

قبل الانتهاء من خبرة التعلم المبني على المشكلة، يتفق طلاب الصف على أفضل حل للمشكلة، ومنطقيًّا سوف يؤدي حل المشكلة المجتمعية إلى إجراء ما، مثل مشروع تعلم الخدمة.

أما في التعلم المبني على المشروع، فيبدأ المعلم التدريس بأسئلة تحفيزية ضرورية لتوجيه الطلاب في مدة البحث، ثم يدعم تعلم الطلاب بالمختبرات والمحاضرات والتطبيقات التكنولوجية والأنشطة التدريسية، ويصنع الطلاب في أثناء قيامهم بالبحث قائمة (الثلاث ما)، ويراجعونها باستمرار، وبعد انتهاء التحقيق يبدأ الطلاب بتأمل التغذية الراجعة من زملائهم والمعلم ودراستها من أجل إثراء تعلمهم، وفي النشاط النهائي، يعرض الطلاب منتجاتهم أو ما صنعوه إلى جمهور ما يتكون عادة من متخصصين في مجال دراسة ذي علاقة.

مع مواصلة تقدم الطلاب بأي من عمليتي التعلم القائم على المشروع والمشكلة، فإنهم يكتسبون معرفة ومهارة واستعدادات القرن الواحد والعشرين عن طريق التعلم الموجه ذاتيًّا، والتفكير الناقد، وحل المشكلات والتفكير الابتكاري والتعاون. وهذا النوعان من التعلم يناسبان ممارسات العلوم والهندسة الثمانية من إطار عمل معايير علوم الجيل الثاني/ مجلس البحوث الوطني لتدريس العلوم من الروضة – الصف 12، إذا ما خططناهما على هذا الأساس.

التعلم القائم على المشكلة مقابل التعلم القائم على المشروع	
أوجه الشبه	
كلاهما: يهيئان الفرص للتدريس المتمايز. مفتوحا النهاية بطبيعتهما. يتناولان كفايات التعلم للقرن الواحد والعشرين. مدفوعان بالمهمة. يوظفان أنشطة الفعاليات. ينفذان في مجموعات عادة. مرتكزان على الطالب. يستخدمان في التقييم التكويني. يشتملان على الثلاث (ما). يتعلقان ببحث الموضوع الدراسي. يحفزان الاستقصاء المعمق. يتبعان خطوات. يثيران التفكيرين الناقد والإبداعي.	
أوجه الاختلاف	
التعلم القائم على المشكلة	**التعلم القائم على المشروع**
تكون مدته قصيرة عادة.	غالبًا ما تكون مدته طويلة.
الخيار مرتبط بالحلول الممكنة.	كثيرًا ما يعتمد خيار الطالب.
غالبًا ما يتناول موضوعًا واحدًا.	غالبًا ما يكون متعدد التخصصات.
المنتجات غالبًا ما تكون في صورة حلول.	التركيز على المنتج النهائي.
مسارات متعددة لحل مشكلة غير منظمة جيدًا.	يركز على طرح الأسئلة.
المعلومات المكتشفة حديثًا قد تطرح أسئلة إضافية أو تعيد توجيهها.	المنتج النهائي يعرض عادة لجمهور عام.
غالبًا ما يستخدم دراسات الحالة أو مشاهد خيالية في تركيب المشكلة.	يتناول مشكلات الواقع الحقيقية.
قد يتطلب خطوة عملية إضافية لحل القضية.	يوظف المراجعة والتأمل.
قد يستمثر التكنولوجيا، وقد لا يستثمرها.	يستفيد من التكنولوجيا.

الشكل 5.4 التعلم المبني على والمشكلة مقابل التعلم القائم على الحل. مأخوذ من دليل المعلم لاستخدام معايير علوم الجيل الثاني مع الطلاب الموهوبين والنابغين في العلوم From from A Teacher's Guide to Using the Next Generation Science Standards with Gifted and Advanced Learners in Science (p.99), by C. Adams, A. Cotabish, & D. Dailey, 2015, Waco, TX: Prufrock Press. Copyright 2015 by National Association of Gifted Children. Reprinted with permission.

مثلًا، لتلبية معيار (NGSS Standard K–2ETS1–1) (اطرح أسئلة وملاحظات، واجمع معلومات عن وضع يريد الناس تغييره، لتحديد مشكلة بسيطة يمكن حلها عن طريق تطوير شيء أو أداة جديدة) يمكن للطلاب المشاركة في تعلم قائم على المشكلة يتطلب الإجابة عن هذا السؤال المهم: كيف تستخدم النباتات والحيوانات الأجزاء الخارجية لمساعدتها على البقاء والنمو وتلبية احتياجاتها؟

يستطيع الطلاب أن يثبتوا (عن طريق تحدي تصميم) فهمهم لوظيفة الأجزاء والأطراف الخارجية للنباتات والحيوانات واستخدامها لحل مشكلات البشر، ومع أن هذا التحدي تحديدًا يمكن أن ينجح مع كل واحد من تعليم (PBL)، إلا أن العملية التسلسلية قد تختلف بالنسبة إلى كل واحد منهما، وربما يمكن عرض المشكلة في مشهد متخيل، وربما لا يمكن ذلك، ولأنه نشاط تعلم بني على المشروع، فإن المنتج النهائي قد يتطلب عرضه أمام جمهور مناسب بغض النظر عن أي نوع (PBL) يُستخدَم، إلا أن كليهما يقدمان إطارًا قيّمًا لجذب الطلاب إلى الممارسات الهندسية.

استخدام المعايير لدمج الهندسة في المنهج

استخدام معايير (The Next Generation Science Standards – NGSS) لدمج الهندسة في المنتج يتطلب تخطيطًا متأنيًا، وقد أعطى ميلانو مثالًا رائعًا لكيفية دمج توقعات أداء هذه المعايير مع أسئلة إرشادية لتوجيه تعلم الطلاب (انظر الجدول 5.2) في هذا المثال، يوضع الطلاب في مشكلة حياتية واقعية، ويتعلمون عن الطقس، وعن آثار تسخين الشمس، وهم يشاركون في ممارسات علمية وهندسية حقيقية.

الجدول 5.2

حزمة الطقس والمناخ والتصميم الهندسي

المعيار	حزمة الطقس والمناخ والتصميم الهندسي	أسئلة إرشادية
K–PS3–1	اطرح ملاحظات لتحديد أثر ضوء الشمس في سطح الأرض [الجملة الإيضاحيّة: الأمثلة على سطح الأرض يمكن أن تشمل الرمل والتربة والصخور والماء]. [حدود القياس: قياس الحرارة محدد بقياسات نسبية مثل أبرد/شديد الحرارة].	ماذا يحدث للرمل في صندوق الرمل عندما يتعرض لأشعة الشمس طوال اليوم؟

K–2–ETSI–1	اطرح أسئلة، واطرح ملاحظات وتعليقات، واجمع المعلومات عن وضع يريد الناس تغييره، لتحديد مشكلة بسيطة يمكن حلها عن طريق تطوير شيء أو أداة جديدة أو محسنة.	لا يستطيع الطلاب الجلوس في صندوق الرمل لأنه ساخن جدًّا. ما الذي علينا معرفته للمساعدة على حل هذه المشكلة.
K–PS3–2	استخدم أدوات ومواد لتصميم (بناء) وإقامته، للتقليل من أثر تسخين أشعة الشمس في منطقة ما. [الجملة التوضيحية: أمثلة على البناء يمكن أن تشمل مظلة وخيامًا].	ما نوع البناء الذي سيُبقي الرمل في الصندوق باردًا؟

مأخوذ من The Next Generation Science Standards and Engineering for Young Learners: Beyond Bridges and Egg Drops," by M. Milano, 2013, *Science and Children, 51*(2), 10–16. Copyright 2013 by National Science Teachers Association. Adapted with permission.

لاحظ التباين في الأسئلة الإرشادية؛ ففي السؤال الأول، طلب إلى الطلاب توقع ما الذي سيحدث لحرارة الرمل عندما تسطع عليه الشمس طوال اليوم، أما في السؤال الثاني فقد طلب إلى الطلاب البحث عن معلومات لحل مشكلة الرمل الحار. وفي السؤال الثالث، طلب إلى الطلاب التفكير في بناء قد يساعدهم على حل المشكلة. هذا المثال يوضح كيفية دمج الممارسات بالمحتوى.

الخلاصة

يمكن للممارسات الهندسية أن توفر سياقًا ثريًّا لتطوير كثير من مهارات القرن الواحد والعشرين مثل التفكير الناقد، وحل المشكلات، والقراءة، خاصة عندما يعالج التدريس طبيعة العلوم، ويشجع استخدام ممارسات الهندسة.

الجدول 5.3

حزمة التصميم الهندسي والطاقة ونقل الطاقة

المعيار	حزمة التصميم الهندسي والطاقة ونقل الطاقة	أسئلة إرشادية
MS–PS3–3	طبّق المبادئ العلمية لتصميم جهاز قد يزيد أو يخفض النقل الحراري للطاقة، وبنائه واختباره. [الجملة التوضيحية: الأمثلة على الأجهزة يمكن أن تشمل صندوقًا معزولاً مبطنًا)، طباخًا شمسيًّا، وكوبًا]. [حدود القياس: القياس لا يشمل حساب كمية الطاقة الحرارية المنقولة].	ما نوع الجهاز الذي يمكن أن يبقي قهوتك ساخنة في أثناء مباراة كرة قدم في يوم بارد؟
MS–PS3–4	خطط استقصاء لتحديد العلاقة بين الطاقة المنقولة ونوع المادة والحجم والتغيير في معدل الطاقة الحركية للجزيئات، وقيست عن طريق حرارة العينة. [الجملة التوضيحية: أمثلة التجارب يمكن أن تشمل مقارنة درجة حرارة الماء النهائية بعد ذوبان كميات من الثلج في كمية الماء ذاته بالحرارة الأولية ذاتها، وهي مع كمية مختلفة عند إضافة كمية محددة من الطاقة]. [حدود القياس: القياس لا يشمل حساب الكمية الكلية للطاقة الحرارية المنقولة].	كيف تقارن الطاقة الحركية لقهوتك في الأجهزة التي صممتها أو أوجدتها؟
MS–PS3–5	ضع تفسيرات واستخدمها واعرضها لدعم فكرة أنه عندما تتغير الطاقة الحركية للشيء، فإن الطاقة تنتقل منه أو إليه. [الجملة التوضيحية: أمثلة البرهان التجريبي المستخدم في التفسير يمكن أن يشمل مظاهر الطاقة قبل الانتقال وبعده في صورة تغيير في الحرارة أو حركة الجسم]. [حدود القياس: القياس لا يشمل حساب الطاقة].	ما الذي حدث للطاقة الحركية للجزيئات في القهوة عندما تركت لتبرد؟ ما برهانك لدعم هذا القول؟ (إلى أين ذهبت الطاقة الحرارية؟).
MS–ETSI–4	اصنع نموذجًا للحصول على بيانات لاختبار تكراري، وتعديل جسم أو أداة أو عملية مقترحة بحيث يمكن تحقيق إنجاز تصميم مثالي.	كيف يمكن تحسين جهازك؟

مقتبس من The Next Generation Science Standards and Engineering for Young Learners: Beyond Bridges and Egg Drops," by M. Milano, 2013, *Science and Children, 51*(2), 10–16. Copyright 2013 by National Science Teachers Association. Adapted with permission

إن الاستفادة من فهم العلوم التطبيقية وقدرات حل المشكلات تعدُّ اعتبارات مهمة لتخطيط المنهج، وعلى الرغم من أن دمج الممارسات الهندسية جديدة بالنسبة إلى معايير علوم الجيل الثاني، إلا أن مفاهيم تكامل المحتوى والتمايز وتسهيل الفهم التطبيقي عن طريق أنشطة حل المشكلات ليست مفاهيم جديدة على ميدان تربية الموهوبين، بل هي في الحقيقة ملازمة له. إن التحدي الأكبر لتربية الموهوبين في ما يتعلق بدمج الممارسات الهندسية في المنهج الحالي سوف يكون تضمين الأنشطة التطبيقية في محتوى العلوم. ومع أننا ندرك أن العلوم قد تكون موضوع تخصص لمعلمي الطلاب الموهوبين جميعًا أو قد لا تكون، إلا أن ما يطمئننا هو أن نعرف أن الهندسة مجال معرفي تطبيقي يخدم الطلاب إلى حد كبير عندما يكون موجهًا إليهم.

أسئلة للنقاش

1. بالنظر إلى توقعات الأداء والأسئلة الإرشادية في الجدول 5.3، كيف يمكنك أن تمايز المحتوى والعملية أو المنتج للطلاب الموهوبين أو النابغين؟
2. في ما يخص دمج ممارسات الهندسة، كيف تسطيع تحويل التعليم المبني على المشكلة والمشروع إلى أنشطة هندسية مركزة على العلوم؟

المراجع

Achieve, Inc. (2014). Next Generation Science Standards. Washington, DC: Author.

Adams, A., Cotabish, A., & Dailey, D. (2015). A teacher's guide to using the Next Generation Science Standards with gifted and advanced learners. Waco, TX: Prufrock Press.

Change the Equation. (2012). Vital signs: Reports on the condition of STEM learning in the U.S. Retrieved from http://changetheequation.org/sites/ default/files/CTEq_ VitalSigns_Supply(2).pdf

Finkle, S. L., & Torp, L. L. (1995). Introductory documents. Aurora, IL: Center for Problem-Based Learning.

Milano, M. (2013). The Next Generation Science Standards and engineering for young learners: Beyond bridges and egg drops. *Science and Children,51*(2), 10-16.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education:Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, bystates*. Washington, DC: The National Academies Press.

VanTassel-Baska, J., & Educational Resources Information Center. (1998). *Planning science programs for high ability learners*. Reston, VA: ERIC Clearinghouse on Disabilities and Gifted Education, Council for Exceptional Children.