



كلية التربية
المجلة التربوية



جامعة سوهاج

الممارسات العلمية والهندسية في معايير العلوم للجيل القادم

إعداد

أ.د/ عاصم محمد إبراهيم عمر

أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم

كلية التربية- جامعة سوهاج- جمهورية مصر العربية

كلية التربية- جامعة الملك خالد- المملكة العربية السعودية

تاريخ الاستلام: ١٩ سبتمبر ٢٠٢٠م - تاريخ القبول: ١ أكتوبر ٢٠٢٠م

DOI: 10.12816/EDUSOHAG.2021.137579

ملخص البحث:

تم نشر وثيقة معايير العلوم للجيل القادم (NGSS) وإتاحتها للجميع عام ٢٠١٣م، وفي عام ٢٠١٥م أصدر المجلس الوطني للبحوث بأمريكا دليلاً لكيفية تطبيق واستخدام معايير العلوم للجيل القادم. وتتكون معايير العلوم للجيل القادم من ثلاثة أبعاد، هي: الممارسات العلمية والهندسية (Scientific and Engineering Practices)، والمفاهيم العابرة (الشاملة أو المشتركة) (Crosscutting concepts)، والأفكار المنهجية الرئيسة (Disciplinary core ideas). وقد تم إصدار ثلاثة عشر ملحقاً لمعايير العلوم للجيل القادم من A إلى M؛ حيث توفر هذه الملحقات خلفية وتفاصيل حول المعايير، إلى جانب بعض نماذج التطبيق، وهذه الملحقات متاحة على الرابط:

<https://www.nextgenscience.org/resources/ngss-appendices>

ونظراً لأهمية هذه الملحقات لمعلمي العلوم، وللباحثين والخبراء المتخصصين في المناهج وطرق تدريس العلوم، ولمتخذي القرار وجميع المسؤولين عن تطوير تعليم وتعلم العلوم؛ فقد اهتمت هذه الورقة البحثية بترجمة الملحق (F) من هذه الملحقات، والمتعلق بالممارسات العلمية والهندسية؛ حيث تم توضيح المقصود بالممارسات العلمية والهندسية، وأنواعها الثمانية، والأساس المنطقي لها، والمبادئ التوجيهية الخاصة بها، تلا ذلك وصف كل ممارسة من الممارسات الثمانية بإيجاز، وانتهى كل وصف بجدول يوضح مكونات الممارسة التي يُتوقع من الطلاب إتقانها في نهاية كل نطاق دراسي، وانتهت الورقة البحثية بتقديم مصفوفة الممارسات العلمية والهندسية في معايير NGSS كما وردت في مسودة مارس ٢٠١٣.

الكلمات المفتاحية: معايير العلوم للجيل القادم - الممارسات العلمية والهندسية

Science and Engineering Practices in the NGSS

Abstract:

The Next Generation Science Standards (NGSS) document was published and became available to all in 2013, and in 2015 the National Research Council of America issued a guide on how to apply and use NGSS. The NGSS consist of three dimensions: Scientific and Engineering Practices, Crosscutting Concepts, and Disciplinary Core Ideas. Thirteen science standards appendices have been issued from A to M; These appendices provide background and details about the NGSS, along with some sample application, and these appendices are available at:

<https://www.nextgenscience.org/resources/ngss-appendices>.

Considering the importance of these appendices for science teachers, researchers and experts specializing in curricula and methods of teaching science, decision-makers and all those responsible for developing science education and learning; This research paper focused on translating Appendix (F) of these appendices, related to scientific and engineering practices. Where the meaning of the scientific and engineering practices, their eight types, the rationale for them, and their guidelines were clarified. Each of the eight practices was briefly described, and each description ended with a table showing the components of the practice that students are expected to master at the end of each academic scope. The research paper presents a matrix of scientific and engineering practices in NGSS as included in the March 2013 draft.

Keywords: Next Generation Science Standards - Scientific and Engineering Practices

مقدمة:

بدأت منظمة "تحقيق أو إنجاز" (Achieve Organization) في عام ٢٠١٠م بالتعاون مع الجمعية الأمريكية لتقدم العلوم (AAAS)، والجمعية الوطنية لمعلمي العلوم (National Science Teachers Association (NSTA)) في وضع معايير العلوم للجيل القادم (NGSS)؛ وذلك استجابةً للمخاوف المتعلقة بالحاجة إلى قوى عاملة مثقفة علمياً، وزيادة الاهتمام بالابتكارات في مجال العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM))، والحاجة إلى تطوير وثائق معايير العلوم القديمة، وكذلك الحاجة إلى مواطنين قادرين على: التنافس في الاقتصاد العالمي، والمشاركة بحرية وديموقراطية، واتخاذ القرارات الشخصية، وفهم الأحداث الجارية وإصدار الأحكام بناءً على الأدلة العلمية (عمر، ٢٠١٧).

وتم نشر وثيقة معايير العلوم للجيل القادم (NGSS) وإتاحتها للجميع عام ٢٠١٣م، وفي عام ٢٠١٥م أصدر المجلس الوطني للبحوث بأمريكا دليلاً لكيفية تطبيق واستخدام معايير العلوم للجيل القادم؛ لضمان تحقيق الرؤية الجديدة لهذه المعايير من أجل تحسين تعليم وتعلم العلوم على مستوى جميع الولايات الأمريكية، وتشجيع تعلم العلوم والهندسة، وجعل موضوعات العلوم واقفاً حياً يعيشه الطلاب، وتحقيق الاستمتاع بالاكتشاف والابتكار (National Research Council, 2015).

وتتكون معايير العلوم للجيل القادم من الأبعاد الثلاثة التالية (National Research

:Council, 2012)

١- الممارسات العلمية والهندسية (Scientific and Engineering Practices) وهي تصف الممارسات العلمية والهندسية سلوك العلماء أثناء انخراطهم في عمليات الاستقصاء وبناء النماذج والنظريات حول العالم الطبيعي.

٢- المفاهيم العابرة (الشاملة أو المشتركة) (Crosscutting concepts) وهي المفاهيم التي لها تطبيقات عبر جميع فروع العلوم، أي أنها طريقة لربط الفروع المختلفة للعلوم.

٣- الأفكار المنهجية الرئيسية (Disciplinary core ideas) والتي تركز على مناهج العلوم من الروضة وحتى الصف الثاني عشر وعلى عمليات التعليم والتقويم في أهم جوانب العلوم، وقد تم تجميع هذه الأفكار في أربعة مجالات، هي: العلوم الفيزيائية، وعلوم الحياة، وعلوم الأرض والفضاء، والهندسة والتكنولوجيا وتطبيقات العلم.

وللممارسات العلمية والهندسية أهمية كبيرة؛ حيث يساعد انخراط الطلاب في الممارسات العلمية على تعميق فهمهم حول كيفية تطور المعرفة العلمية، وذلك من خلال تنفيذهم للعديد من الأساليب التي استخدمها العلماء في استقصاء العالم ونمذجته وشرحه. كما يساعد انخراط الطلاب في الممارسات الهندسية على تعميق فهمهم لعمل المهندسين، وكذلك العلاقات بين الهندسة والعلوم. كما يساعد الانخراط في هذه الممارسات الطلاب على تكوين فهم متعمق للمفاهيم الشاملة والأفكار المنهجية للعلوم والهندسة؛ علاوة على ذلك، فإنه يجعل معرفة الطلاب أكثر فائدة ويدمجها بشكل أعمق في رؤيتهم للعالم... بالإضافة إلى ذلك فإن انخراط الطلاب في الممارسات العلمية والهندسية يزيد من إدراكهم للأدوار المهمة التي يمكن أن تسهم بها العلوم والهندسة في مواجهة العديد من التحديات الرئيسية التي تواجه المجتمع اليوم، مثل توليد الطاقة الكافية، والوقاية من الأمراض وعلاجها، والحفاظ على إمدادات المياه العذبة والغذاء، ومعالجة تغير المناخ (National Research Council, 2012).

وقد تم إصدار ثلاثة عشر ملحقاً لمعايير العلوم للجيل القادم من A إلى M؛ حيث توفر هذه الملحقات خلفية وتفصيل حول المعايير، إلى جانب بعض نماذج التطبيق، وهذه الملحقات متاحة على الرابط: <https://www.nextgenscience.org/resources/ngss-appendices>. هذا بالإضافة إلى مستندات الدعم الأخرى المتاحة على الرابط: <https://www.nextgenscience.org/get-to-know>.

ونظراً لأهمية هذه الملحقات لمعلمي العلوم، وللباحثين والخبراء المتخصصين في المناهج وطرق تدريس العلوم، ولمتخذي القرار وجميع المسؤولين عن تطوير تعليم وتعلم العلوم؛ فقد اهتمت هذه الورقة البحثية بترجمة الملحق (F) من هذه الملحقات، والمتعلق بالممارسات العلمية والهندسية؛ حيث تم توضيح المقصود بالممارسات العلمية والهندسية، وأنواعها الثمانية، والأساس المنطقي لها، والمبادئ التوجيهية الخاصة بها، تلا ذلك وصف كل ممارسة من الممارسات الثمانية بإيجاز، وانتهى كل وصف بجدول يوضح مكونات الممارسة التي يتوقع من الطلاب إتقانها في نهاية كل نطاق دراسي، وانتهت الورقة البحثية بتقديم مصفوفة الممارسات العلمية والهندسية في معايير NGSS كما وردت في مسودة مارس ٢٠١٣. وفيما يلي نص الترجمة:

الملحق F - الممارسات العلمية والهندسية في NGSS

يوفر إطار العلوم لتعليم العلوم من مرحلة الروضة حتى الصف الثاني عشر مخططاً لتطوير معايير العلوم للجيل القادم (NGSS). يعبر الإطار عن رؤية في تعليم العلوم تتطلب من الطلاب العمل على أساس ثلاثة أبعاد للتعلم، وهي: الممارسات العلمية والهندسية، والمفاهيم الشاملة، والأفكار المنهجية الأساسية. حدد الإطار عدداً صغيراً من الأفكار المنهجية الأساسية التي يجب على جميع الطلاب تعلمها مع زيادة العمق والتطور، من رياض الأطفال حتى الصف الثاني عشر. المفتاح للرؤية المعبر عنها في الإطار هو أن يتعلم الطلاب هذه الأفكار المنهجية الأساسية في سياق الممارسات العلمية والهندسية. تم توضيح أهمية الجمع بين الممارسات العلمية والهندسية والأفكار المنهجية الأساسية في الإطار على النحو التالي:

يجب أن تأخذ المعايير وتوقعات الأداء التي تتماشى مع الإطار في الاعتبار أنه لا يمكن للطلاب فهم الأفكار العلمية والهندسية بشكل كامل دون الانخراط في ممارسات الاستقصاء والمحادثات التي يتم من خلالها يتم تطوير هذه الأفكار وتحسينها. في الوقت نفسه، لا يمكنهم تعلم أو إظهار الكفاءة في الممارسات إلا في سياق محتوى معين. (NRC Framework, 2012, p. 218).

يحدد الإطار أن كل توقع للأداء يجب أن يجمع بين الممارسة العلمية أو الهندسية ذات الصلة، مع فكرة منهجية أساسية ومفهوم شامل، مناسب للطلاب من مستوى الصف المحدد. ربما يكون هذا التوجيه هو الطريقة الأكثر أهمية التي تختلف بها معايير NGSS عن وثائق المعايير السابقة. في المستقبل، لن تقيّم التقييمات العلمية فهم الطلاب للأفكار الأساسية بشكل منفصل عن قدراتهم على استخدام الممارسات العلمية والهندسية. سيتم تقييمهم معاً، بحيث لا يظهر الطلاب المفاهيم العلمية فقط "المعرفة"؛ ولكن أيضاً، يمكن للطلاب استخدام فهمهم لتقصي العالم الطبيعي من خلال ممارسات البحث العلمي، أو حل مشكلات ذات معنى من خلال ممارسات التصميم الهندسي. يستخدم الإطار مصطلح "الممارسات"، بدلاً من "العمليات العلمية" أو مهارات "الاستقصاء" لسبب محدد:

نستخدم مصطلح "الممارسات" بدلاً من مصطلح مثل "المهارات" للتأكيد على أن الانخراط في الاستقصاء العلمي لا يتطلب مهارة فحسب، بل يتطلب أيضاً المعرفة الخاصة بكل ممارسة. (NRC Framework, 2012, p. 30).

وتتمثل الممارسات الثماني للعلوم والهندسة التي حددها الإطار على أنها ضرورية

لجميع الطلاب للتعلم فيما يلي:

- ١- طرح الأسئلة (في العلوم) وتحديد المشكلات (في الهندسة)
- ٢- تطوير النماذج واستخدامها
- ٣- تخطيط الاستقصاءات وتنفيذها
- ٤- تحليل البيانات وتفسيرها
- ٥- استخدام الرياضيات والتفكير الحسابي
- ٦- بناء التفسيرات (في العلوم) وتصميم الحلول (في الهندسة)
- ٧- الانخراط في الجدل استناداً إلى أدلة
- ٨- الحصول على المعلومات وتقييمها وتوصيلها

الأساس المنطقي

يصف الفصل ٣ من الإطار كل من ممارسات العلوم والهندسة الثمانية ويعرض الأساس المنطقي التالي لسبب كونها ضرورية.

الانخراط في ممارسات العلوم يساعد الطلاب على فهم كيفية تطور المعرفة العلمية؛ يمنحهم هذا الانخراط المباشر تقديراً للمجموعة الواسعة من الأساليب التي يتم استخدامها لاستقصاء العالم ونمذجته وشرحه. كما يساعد الانخراط في ممارسات الهندسة الطلاب على فهم عمل المهندسين، وكذلك العلاقات بين الهندسة والعلوم. كما تساعد المشاركة في هذه الممارسات الطلاب على تكوين فهم للمفاهيم الشاملة والأفكار المنهجية للعلوم والهندسة؛ علاوة على ذلك، فإنه يجعل معرفة الطلاب أكثر فائدة ويدمجها بشكل أعمق في رؤيتهم للعالم.

يمكن أن يؤدي العمل الفعلي في العلوم أو الهندسة أيضاً إلى إثارة فضول الطلاب وجذب اهتمامهم وتحفيزهم على مواصلة دراستهم؛ وهكذا تساعد الأفكار المكتسبة على إدراك أن عمل العلماء والمهندسين هو جهد إبداعي أثر بعمق على العالم الذي يعيشون فيه. وقد يدرك الطلاب بعد ذلك أن العلوم والهندسة يمكنهما المساهمة في مواجهة العديد من التحديات الرئيسية التي تواجه المجتمع اليوم، مثل توليد الطاقة الكافية، والوقاية من الأمراض وعلاجها، والحفاظ على إمدادات المياه العذبة والغذاء، ومعالجة تغير المناخ.

أي تعليم يركز في الغالب على المنتجات التفصيلية للعمل العلمي (الحقائق العلمية) دون تطوير الفهم لكيفية الوصول إلى هذه الحقائق أو يتجاهل العديد من التطبيقات المهمة للعلوم في العالم، فإنه يسيء تمثيل العلوم ويهمش أهمية الهندسة. (NRC Framework (2012, pp. 42-43).

كما هو مقترح في الأساس المنطقي، أعلاه، يستمد الفصل ٣ الممارسات الثمانية بناءً على تحليل ما يفعله العلماء والمهندسون المحترفون. من المستحسن أن يقرأ مستخدمو معايير NGSS هذا الفصل بعناية، حيث يوفر رؤية قيمة حول طبيعة العلوم والهندسة، بالإضافة إلى العلاقات بين هذين المجالين المرتبطين بشكل وثيق. الغرض من هذا القسم من ملاحق NGSS هو أنه أكثر تحديداً لوصف ما تنطوي عليه كل من هذه الممارسات الثماني حول ما يمكن للطلاب القيام به. الغرض منه هو تمكين القراء من فهم توقعات الأداء بشكل أفضل. يتم تضمين "مصفوفة الممارسات"، التي تسرد القدرات المحددة المدرجة في كل ممارسة لكل نطاق دراسي (K-2، ٣-٥، ٦-٨، ٩-١٢).

المبادئ التوجيهية

قدمت عملية تطوير المعايير رؤية واضحة حول الممارسات العلمية والهندسية.

وتتضح هذه الرؤية في المبادئ التوجيهية التالية:

١- يجب على الطلاب في الصفوف من الروضة إلى الصف الثاني عشر المشاركة في جميع الممارسات الثمانية عبر كل نطاق دراسي. جميع الممارسات الثمانية متاحة على مستوى ما للأطفال الصغار؛ حيث تتزايد قدرات الطلاب على استخدام الممارسات بمرور الوقت. ومع ذلك، فإن معايير NGSS تحدد فقط القدرات التي يتوقع أن يكتسبها الطلاب بنهاية كل نطاق دراسي (K-2، ٣-٥، ٦-٨، ٩-١٢). ويحدد مطورو المناهج والمدرسون الاستراتيجيات التي تعزز قدرات الطلاب على استخدام الممارسات.

٢- الممارسات تنمو في التعقيد والتركيبة مع التقدم في الصفوف الدراسية. يقترح الإطار كيف يجب أن تتقدم قدرات الطلاب على استخدام كل من الممارسات عندما ينضجون وينخرطون في تعلم العلوم. على سبيل المثال، تبدأ ممارسة "التخطيط وإجراء الاستقصاءات" على مستوى رياض الأطفال مع المواقف الموجهة التي يحصل فيها الطلاب على المساعدة في تحديد الظواهر التي سيتم الاستقصاء فيها، وكيفية مراقبة

النتائج وقياسها وتسجيلها. في المدرسة الابتدائية العليا، يجب أن يكون الطلاب قادرين على تخطيط استقصاءاتهم الخاصة. من المتوقع أيضاً أن تزداد طبيعة الاستقصاءات التي يجب أن يتمكن الطلاب من التخطيط لها وتنفيذها مع نضوج الطلاب، بما في ذلك مدى تعقيد الأسئلة التي سيتم دراستها، والقدرة على تحديد نوع الاستقصاء المطلوب للإجابة على أنواع مختلفة من الأسئلة، سواء كانت هناك حاجة للتحكم في المتغيرات أم لا، أيهما الأكثر أهمية، وعلى مستوى المدرسة الثانوية، كيفية أخذ خطأ القياس في الاعتبار. كما هو مدرج في الجداول في هذا الفصل، فإن كل من الممارسات الثماني لها تقدمها الخاص، من رياض الأطفال إلى الصف الثاني عشر. في حين أن هذه التطورات مستمدة من الفصل ٣ من الإطار، يتم تحسينها بناءً على الخبرات في صياغة معايير NGSS والتعليقات المستلمة من المراجعين.

٣- قد تعكس كل ممارسة العلوم أو الهندسة. يمكن استخدام كل من الممارسات الثمانية في خدمة البحث العلمي أو التصميم الهندسي. أفضل طريقة لضمان استخدام ممارسة في العلوم أو الهندسة هي السؤال عن هدف النشاط. هل الهدف الإجابة على سؤال؟ إذا كان الأمر كذلك، فإن الطلاب يقومون بالعلوم. هل الغرض من السؤال تحديد المشكلة وحلها؟ إذا كان الأمر كذلك، فإن الطلاب يقومون بالهندسة. يوفر المربع ٣-٢ على الصفحات ٥٠-٥٣ من الإطار مقارنة جنباً إلى جنب لكيفية استخدام العلماء والمهندسين لهذه الممارسات. يلخص هذا الفصل بإيجاز ما "يبدو" للطلاب لاستخدام كل ممارسة في العلوم أو الهندسة.

٤- تمثل الممارسات ما يُتوقع من الطلاب القيام به، وليست طرق تدريس أو مناهج. يقدم إطار العمل من حين لآخر اقتراحات للتدريس، مثل كيف يمكن أن تبدأ وحدة علمية بإجراء استقصاء علمي، مما يؤدي بعد ذلك إلى حل مشكلة هندسية. تتجنب معايير NGSS مثل هذه الاقتراحات لأن الهدف هو وصف ما يجب أن يكون الطلاب قادرين على القيام به، بدلاً من كيفية تعليمهم. على سبيل المثال، اقترح على معايير NGSS أن توصي باستراتيجيات تدريس معينة مثل استخدام المحاكاة الحيوية- تطبيق السمات البيولوجية لحل مشكلات التصميم الهندسي. على الرغم من أن الوحدات التعليمية التي تستخدم المحاكاة الحيوية تبدو متوائمة بشكل جيد مع روح الإطار لتشجيع تكامل الأفكار

والممارسات الأساسية، فإن المحاكاة الحيوية وأساليب التدريس المشابهة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالمنهج الدراسي والتعليم أكثر من التقييم. وبالتالي، تم اتخاذ القرار بعدم تضمين المحاكاة الحيوية في معايير NGSS.

٥- الممارسات الثماني ليست منفصلة. أنها تتداخل وتترابط بشكل مقصود. كما أوضح بيل، وآخرون (Bell, et al (2012) أن الممارسات الثماني لا تعمل بمعزل عن غيرها. وبدلاً من ذلك، فإنها تميل إلى أن تتكشف بشكل متسلسل، بل وحتى تتداخل. على سبيل المثال، قد تؤدي ممارسة "طرح الأسئلة" إلى ممارسة "النمذجة" أو "التخطيط وإجراء الاستقصاء"، والتي قد تؤدي بدورها إلى "تحليل البيانات وتفسيرها". قد تتضمن ممارسة "التفكير الرياضي والحاسوبي" بعض جوانب "تحليل وتفسير البيانات". وكما أنه من المهم للطلاب تنفيذ كل من الممارسات بشكل مستقل، فمن المهم أيضاً بالنسبة لهم رؤية الروابط بين الممارسات الثماني.

٦- تركز توقعات الأداء على بعض القدرات المرتبطة بالممارسة وليس كلها. يحدد الإطار عددًا من الخصائص أو المكونات لكل ممارسة. تسرد مصفوفة الممارسات، الموصوفة في هذا القسم، مكونات كل ممارسة كقائمة نقطية داخل كل نطاق دراسي. مع تطور توقعات الأداء، أصبح من الواضح أنه من المبالغة توقع أن يعكس كل أداء جميع مكونات ممارسة معينة. يتم تحديد الجانب الأكثر ملاءمة من الممارسة لكل توقعات الأداء.

٧- الانخراط في الممارسات يتطلب استخدام اللغة بشكل مكثف ويتطلب من الطلاب المشاركة في المناقشات العلمية في الفصول الدراسية. تقدم الممارسات فرصاً وطلبات غنية لتعلم اللغة مع التقدم في تعلم العلوم لجميع الطلاب (Lee, Quinn, & Valdés, in press). إن متعلمي اللغة الإنجليزية، والطلاب ذوي الإعاقات التي تشمل معالجة اللغة، والطلاب ذوي التطور المحدود في معرفة القراءة والكتابة، والطلاب الذين يتحدثون أنواعاً اجتماعية أو إقليمية من اللغة الإنجليزية والتي يشار إليها عمومًا باسم "اللغة الإنجليزية غير القياسية"، يمكنهم الاستفادة من تعلم العلوم الذي يتضمن الممارسات العلمية والهندسية كثيفة اللغة. عند دعمهم بشكل مناسب، يكون هؤلاء الطلاب قادرين على تعلم العلوم من خلال لغتهم الناشئة وفهم وتنفيذ وظائف لغوية معقدة (على سبيل المثال،

الجدل بالأدلة، وتقديم التفسيرات، وتطوير النماذج) باستخدام مستوى لغة إنجليزية أقل من المتميز. علاوة على ذلك، من خلال الانخراط في مثل هذه الممارسات، فإنهم يبنون في وقت واحد على فهمهم للعلم وإتقان لغتهم (أي القدرة على فعل المزيد مع اللغة). في الصفحات التالية، تم وصف كل من الممارسات الثماني بإيجاز. ينتهي كل وصف بجدول يوضح مكونات الممارسة التي يُتوقع من الطلاب إتقانها في نهاية كل نطاق دراسي. تضم جميع الجداول الثمانية مصفوفة الممارسات. أثناء تطوير معايير NGSS، تم تعديل مصفوفة الممارسات عدة مرات لتعكس الفهم المحسن لكيفية ارتباط الممارسات مع الأفكار المنهجية الأساسية.

ممارسة ١: طرح الأسئلة وتحديد المشكلات (Asking Questions and Defining Problems)

يجب أن يكون الطلاب في أي مستوى من الصفوف قادرين على طرح أسئلة لبعضهم البعض حول النصوص التي يقرؤونها، وخصائص الظواهر التي يلاحظونها، والاستنتاجات التي يستخلصونها من نماذجهم أو استقصاءاتهم العلمية. بالنسبة للهندسة، يجب أن يطرحوا أسئلة لتحديد المشكلة التي يتعين حلها واستنباط الأفكار التي تؤدي إلى قيود ومواصفات حلها. (NRC Framework 2012, p. 56).

تنشأ الأسئلة العلمية بطرق متنوعة. يمكن أن تكون مدفوعة بالفضول حول العالم، مستوحاة من تنبؤات نموذج أو نظرية أو نتائج من الاستقصاءات السابقة، أو يمكن تحفيزها بالحاجة إلى حل مشكلة. تتميز الأسئلة العلمية عن أنواع أخرى من الأسئلة في أن الإجابات تكمن في تفسيرات مدعومة بأدلة تجريبية، بما في ذلك الأدلة التي يجمعها الآخرون أو من خلال التقصي.

بينما يبدأ العلم بأسئلة، تبدأ الهندسة بتحديد مشكلة لحلها. ومع ذلك، قد تتضمن الهندسة أيضًا طرح أسئلة لتحديد مشكلة، مثل: ما هي الحاجة أو الرغبة التي تكمن وراء المشكلة؟ ما هي معايير الحل الناجح؟ تنشأ أسئلة أخرى عند توليد الأفكار، أو اختبار الحلول الممكنة، مثل: ما هي المقايضات المحتملة؟ ما هو الدليل الضروري لتحديد الحل الأفضل؟ يتضمن طرح الأسئلة وتحديد المشكلات أيضًا طرح أسئلة حول البيانات والافتراضات المقدمة والتصميمات المقترحة. من المهم أن ندرك أن طرح سؤال يؤدي أيضًا إلى الانخراط

في ممارسة أخرى. يمكن للطالب طرح سؤال حول البيانات التي ستؤدي إلى مزيد من التحليل والتفسير. أو قد يطرح الطالب سؤالاً يؤدي إلى التخطيط والتصميم، أو الاستقصاء، أو تحسين التصميم.

سواءً كنت منخرطاً في العلوم أو الهندسة، فإن القدرة على طرح أسئلة جيدة وتحديد المشاكل بوضوح أمر ضروري للجميع. يلخص التقدم التالي في الممارسة ١ ما يجب أن يكون الطلاب قادرين على القيام به بحلول نهاية كل نطاق دراسي. يؤدي كل من أمثلة طرح الأسئلة أدناه إلى مشاركة الطلاب في ممارسات علمية أخرى.

الصفوف (٩-١٢)	الصفوف (٦-٨)	الصفوف (٣-٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
<p>إن طرح الأسئلة وتحديد المشكلات في الصفوف (٩-١٢) يبني على خبرات الصفوف (الروضة-٨) والتقدم المحرز في صياغة وتحسين وتقييم الأسئلة القابلة للاختبار تجريبياً ومشكلات التصميم باستخدام النماذج والمحاكاة.</p> <p>• طرح الأسئلة: ○ التي تنشأ من المراقبة الدقيقة للظواهر، أو النتائج غير المتوقعة، لتوضيح و / أو طلب معلومات إضافية.</p> <p>○ التي تنشأ من فحص النماذج أو النظرية لتوضيح و / أو البحث عن معلومات وعلاقات إضافية.</p> <p>○ لتحديد العلاقات، بما في ذلك العلاقات الكمية، بين المتغيرات المستقلة والتابعة.</p>	<p>إن طرح الأسئلة وتحديد المشكلات في الصفوف (٦-٨) يبني على خبرات الصفوف (الروضة-٥) ويتقدم في تحديد العلاقات بين المتغيرات، وتوضيح الحجج والنماذج.</p> <p>• طرح الأسئلة: ○ التي تنشأ من المراقبة الدقيقة للظواهر أو النماذج غير المتوقعة، لتوضيح و / أو طلب معلومات إضافية.</p> <p>○ لتحديد و / أو توضيح الأدلة و / أو فرضية (افتراضات) الخاصة بالمناقشة أو الجدل.</p> <p>○ لتحديد العلاقات بين المتغيرات المستقلة والتابعة في النماذج.</p> <p>○ لتوضيح و / أو تنقيح نموذج أو</p>	<p>طرح الأسئلة وتحديد المشكلات في الصفوف (٣-٥) يبني على خبرات الصفوف من الروضة إلى الصف الثاني (K-2) ويتقدم في تحديد العلاقات النوعية.</p> <p>• طرح أسئلة عما سيحدث إذا تم تغيير متغير.</p> <p>• تحديد الأسئلة العلمية (القابلة للاختبار) وغير العلمية (غير القابلة للمنافسة).</p> <p>• اطرح أسئلة يمكن التحقيق فيها والتنبؤ بنتائج معقولة بناءً على أنماط مثل علاقات السبب والنتيجة.</p> <p>• استخدم المعرفة السابقة لوصف المشاكل التي يمكن حلها.</p> <p>• تحديد مشكلة تصميم بسيطة يمكن حلها من خلال تطوير كائن أو أداة أو عملية</p>	<p>إن طرح الأسئلة وتعريف المشكلات في الروضة الثانية يعتمد على الخبرات السابقة ويتقدم إلى الأسئلة الوصفية البسيطة التي يمكن اختبارها.</p> <p>• طرح أسئلة استناداً إلى الملاحظات للعثور على مزيد من المعلومات (أو العالم الطبيعي و / أو المصمم).</p> <p>• طرح و / أو تحديد الأسئلة التي يمكن أن يجيب عليها التحقيق.</p> <p>• تحديد مشكلة بسيطة يمكن حلها من خلال تطوير كائن أو أداة جديدة أو محسنة.</p>

الصفوف من الروضة إلى الثاني	الصفوف (٣- ٥)	الصفوف (٦- ٨)	الصفوف (٩- ١٢)
	<p>أو نظام وتتضمن عدة معايير للنجاح وقيود على المواد أو الوقت أو التكلفة.</p>	<p>تفسير أو مشكلة هندسية.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ التي تتطلب أدلة تجريبية كافية ومناسبة للإجابة. ○ التي يمكن استقصائها أو التحقق منها داخل نطاق الفصل الدراسي، والبيئة الخارجية، والمتاحف والمرافق العامة الأخرى بالموارد المتاحة، وعند الضرورة، تأطير فرضية تستند إلى الملاحظات والمبادئ العلمية. ○ التي تتحدى فرضية (افتراضات) لمناقشة أو جدل أو تفسير مجموعة من البيانات. ● تحديد مشكلة في التصميم يمكن حلها من خلال تطوير كائن أو أداة أو عملية أو نظام وتتضمن معايير وقيودًا متعددة، بما في ذلك المعرفة العلمية التي قد تحد من الحلول الممكنة. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ لتوضيح وتنقيح نموذج أو تفسير أو مشكلة هندسية. ● تقييم سؤال لتحديد ما إذا كان قابلاً للاختبار وذا صلة. ● طرح الأسئلة التي يمكن التحقق فيها ضمن نطاق مختبر المدرسة أو مرافق البحث أو المجال (مثل البيئة الخارجية) بالموارد المتاحة، وإذا تطلب الأمر، وضع إطار لفرضية تستند إلى نموذج أو نظرية. ● طرح و / أو تقييم الأسئلة التي تتحدى فرضية (افتراضات) لمناقشة أو جدل، أو تفسير مجموعة من البيانات، أو للتأكد من ملاءمة التصميم. ● تحديد مشكلة في التصميم تنطوي على تطوير عملية أو نظام يتفاعل مع المكونات والمعايير والقيود التي قد تتضمن اعتبارات اجتماعية و / أو تقنية و / أو بيئية.

ممارسة ٢: تطوير النماذج واستخدامها (Developing and Using Models)

يمكن أن تبدأ النمذجة في الصفوف الأولى، مع تقدم نماذج الطلاب من "صور" محسوسة و / أو نماذج مجسمة (مثل سيارة لعبة) إلى تمثيلات مجردة أكثر للعلاقات ذات الصلة في الصفوف اللاحقة، مثل رسم تخطيطي يمثل القوى المؤثرة على كائن معين في النظام. (NRC Framework, 2012, p. 58).

تشمل النماذج الرسوم البيانية، والنسخ المادية، والتمثيلات الرياضية، والقياسات، والمحاكاة الحاسوبية. على الرغم من أن النماذج لا تتوافق تمامًا مع العالم الحقيقي، إلا إنها تركز على بعض الخصائص في حين تحجب خصائص أخرى. تحتوي جميع النماذج على تقديرات وافتراضات تحد من نطاق الصلاحية والقدرة التنبؤية، لذلك من المهم للطلاب التعرف على هذه القيود أو المحددات.

في العلوم، تُستخدم النماذج لتمثيل نظام (أو أجزاء من النظام) قيد الدراسة، للمساعدة في تطوير الأسئلة والتفسيرات، ولإنشاء البيانات التي يمكن استخدامها لإجراء التنبؤات، ونقل الأفكار للآخرين. يمكن توقع أن يقوم الطلاب بتقييم النماذج وصقلها من خلال دورة تكرارية لمقارنة تنبؤاتهم مع العالم الحقيقي ثم تعديلها للحصول على نظرة ثاقبة للظاهرة التي يتم تصميمها. على هذا النحو، تستند النماذج على الأدلة. وعندما يتم الكشف عن أدلة جديدة لا يمكن للنماذج تفسيرها، فيتم تعديل هذه النماذج.

في الهندسة، يمكن استخدام النماذج لتحليل نظام لمعرفة أين أو في أي ظروف قد تتطور العيوب، أو لاختبار الحلول الممكنة لمشكلة ما. يمكن أيضًا استخدام النماذج لتصوير وتنقيح التصميم، وإيصال خصائص التصميم للآخرين، وكنماذج أولية لاختبار أداء التصميم.

الصفوف (٩-١٢)	الصفوف (٦-٨)	الصفوف (٣-٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
تعتمد النمذجة في الصفوف (٩-١٢) على خبرات الصفوف (الروضة إلى ٨) وتتقدم في استخدام النماذج وتوليدها وتطويرها للتنبؤ وإظهار العلاقات بين المتغيرات بين الأنظمة ومكوناتها في العوالم الطبيعية والمصممة.	تستند النمذجة في الصفوف (٦-٨) إلى خبرات الصفوف (الروضة- ٥) وتقدمها في تطوير واستخدام ومراجعة النماذج لوصف واختبار والتنبؤ بمزيد من الظواهر المجردة وأنظمة التصميم.	تعتمد النمذجة في الصفوف (٣-٥) على خبرات الصفوف (الروضة-٢) وتتقدم في بناء ومراجعة النماذج البسيطة واستخدام النماذج لتمثيل الأحداث وحلول التصميم.	تستند النمذجة في الصفوف (الروضة- ٢) إلى الخبرات السابقة والتقدم المحرز لتضمين استخدام وتطوير النماذج (أي المخططات، الرسم، المجسمات، الديوراما، الدراما، أو القصة المصورة) التي تمثل أحداثًا ملموسة أو حلول تصميم.
	• تقييم حدود نموذج كائن أو أداة	• تحديد قيود النماذج. • تطوير و / أو	

الصفوف (٩-١٢)	الصفوف (٦-٨)	الصفوف (٣-٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
<ul style="list-style-type: none"> تقييم مزايا وحدود نموذجين مختلفين للأداة أو العملية أو الآلية أو النظام المقترح من أجل تحديد أو مراجعة نموذج يناسب الأدلة أو معايير التصميم. تصميم اختبار لنموذج للتأكد من موثوقيته. تطوير ومراجعة و / أو استخدام نموذج قائم على أدلة لتوضيح و / أو التنبؤ بالعلاقات بين الأنظمة أو بين مكونات النظام. تطوير و / أو استخدام أنواع متعددة من النماذج لتقديم حسابات ميكانيكية و / أو توقع الظواهر، والانتقال بمرونة بين أنواع النماذج بناءً على المزايا والقيود. تطوير نموذج معقد يسمح بمعالجة واختبار عملية أو نظام مقترح. تطوير و / أو استخدام نموذج (بما في ذلك الرياضيات والحاسبات) لتوليد البيانات لتفسيرات والتنبؤ بالظواهر وتحليل النظم و / أو حل المشكلات. 	<ul style="list-style-type: none"> مقترحة. تطوير أو تعديل نموذج - بناءً على الأدلة - لمطابقة ما يحدث إذا تم تغيير متغير أو مكون من النظام. استخدام و / أو تطوير نموذج للأنظمة البسيطة بعوامل غير مؤكدة وغير متوقعة. تطوير و / أو مراجعة نموذج لإظهار العلاقات بين المتغيرات، بما في ذلك تلك التي لا يمكن ملاحظتها ولكنها تتنبأ بظواهر يمكن ملاحظتها. تطوير و / أو استخدام نموذج للتنبؤ و / أو وصف الظواهر. تطوير نموذج لوصف الآليات التي لا يمكن ملاحظتها. تطوير و / أو استخدام نموذج لتوليد البيانات لاختبار الأفكار حول الظواهر في النظم الطبيعية أو المصممة، بما في ذلك تلك التي تمثل المدخلات والمخرجات، وتلك التي لا يمكن ملاحظتها. 	<ul style="list-style-type: none"> مراجعة نموذج تعاوني بناءً على أدلة توضح العلاقات بين المتغيرات للأحداث المتكررة والمنتظمة. تطوير نموذج باستخدام تشبيه أو مثال أو تمثيل مجرد لوصف مبدأ علمي أو حل تصميم. تطوير و / أو استخدام النماذج لوصف و / أو التنبؤ بالظواهر. تطوير مخطط أو نموذج مادي بسيط لمحاكاة كائن أو أداة أو عملية مقترحة. استخدام نموذجًا لاختبار العلاقات أو التفاعلات بين السبب والنتيجة فيما يتعلق بعمل النظام الطبيعي أو المصمم. 	<ul style="list-style-type: none"> التمييز بين النموذج والكائن الفعلي و / أو العملية و / أو الأحداث التي يمثلها النموذج. مقارنة النماذج لتحديد الخصائص المشتركة والاختلافات. تطوير و / أو استخدام نموذج لتمثيل المقادير، العلاقات، المقاييس النسبية (أكبر، أصغر)، و / أو أنماط في العالم الطبيعي والمصمم. تطوير نموذج بسيط يعتمد على الأدلة لتمثيل كائن أو أداة مقترحة.

ممارسة ٣: تخطيط الاستقصاءات وتنفيذها (Planning and Carrying Out Investigations)

يجب أن نتاح للطلاب فرص للتخطيط وتنفيذ عدة أنواع مختلفة من الاستقصاءات خلال الصفوف الدراسية المختلفة من الروضة وحتى الثاني عشر. على جميع المستويات، يجب أن ينخرطوا في الاستقصاءات التي تتدرج من تلك التي يبنها المعلم - من أجل التعرف على مشكلة أو سؤال من غير المحتمل أن يستكشفوه بمفردهم (على سبيل المثال، قياس خصائص معينة للمواد)- إلى تلك التي تظهر من أسئلة الطلاب الخاصة. (NRC Framework, 2012, p. 61)

يمكن تنفيذ استقصاءات علمية لوصف ظاهرة، أو لاختبار نظرية أو نموذج لكيفية عمل العالم. قد يكون الغرض من الاستقصاءات الهندسية معرفة كيفية إصلاح أو تحسين أداء نظام تكنولوجي أو مقارنة الحلول المختلفة لمعرفة أفضل حل للمشكلة. سواء كان الطلاب يعملون في العلوم أو الهندسة، من المهم دائماً بالنسبة لهم تحديد هدف الاستقصاء، والتنبؤ بالنتائج، وتخطيط مسار عمل يوفر أفضل دليل لدعم استنتاجاتهم. يجب على الطلاب تصميم الاستقصاءات التي تولد البيانات لتقديم أدلة لدعم الادعاءات التي يدلون بها حول الظواهر. البيانات ليست دليلاً حتى يتم استخدامها في عملية دعم ادعاء. يجب على الطلاب استخدام المنطق والأفكار والمبادئ والنظريات العلمية لتوضيح لماذا يمكن اعتبار البيانات دليلاً.

مع مرور الوقت، من المتوقع أن يصبح الطلاب أكثر منهجية وحرصاً في أساليبهم. في التجارب المعملية، يُتوقع من الطلاب أن يقرروا المتغيرات التي يجب التعامل معها على أنها نتائج أو مخرجات، وتلك التي يجب التعامل معها كمدخلات والتي تتميز بالتنوع عن قصد من تجربة إلى أخرى، وتلك التي يجب التحكم فيها، أو الاحتفاظ بها كما هي عبر التجارب. في حالة الملاحظات الميدانية، يشمل التخطيط تحديد كيفية جمع عينات مختلفة من البيانات في ظل ظروف مختلفة، على الرغم من أن الظروف ليست كلها تحت السيطرة المباشرة للمستقصي. قد يشمل التخطيط وتنفيذ الاستقصاءات عناصر من جميع الممارسات الأخرى.

الصفوف (٩-١٢)	الصفوف (٦-٨)	الصفوف (٣-٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
<p>يعتمد التخطيط وتنفيذ الاستقصاءات في الصفوف (من ٩ إلى ١٢) على خبرات الصفوف (من الروضة إلى ٨) والتقدم المحرز ليشمل الاستقصاءات التي تقدم أدلة واختبار النماذج المفاهيمية والرياضية والفيزيائية والتجريبية.</p> <ul style="list-style-type: none"> التخطيط لاستقصاء أو اختبار تصميم فردي وتعاوني لإنتاج البيانات لتكون بمثابة أساس للأدلة كجزء من بناء ومراجعة النماذج، ودعم تفسيرات للظواهر، أو اختبار الحلول للمشاكل. ضع في اعتبارك المتغيرات أو التأثيرات المركبة المحتملة، وقم بتقييم تصميم الاستقصاء لضمان التحكم في المتغيرات. تخطيط وتنفيذ استقصاء فردي وتعاوني لإنتاج البيانات لتكون بمثابة أساس للأدلة، وفي التصميم: تحديد أنواع البيانات المطلوبة وكميتها ودقتها لإنتاج قياسات موثوق بها والنظر في القيود 	<p>يعتمد التخطيط وتنفيذ الاستقصاءات في الصفوف (٦-٨) على خبرات الصفوف (الروضة-٥) والتقدم المحرز ليشمل الاستقصاءات التي تستخدم متغيرات متعددة وتقدم أدلة لدعم التفسيرات أو الحلول.</p> <ul style="list-style-type: none"> التخطيط لتنفيذ استقصاء فردي وتعاوني، وفي التصميم: تحديد المتغيرات المستقلة والتابعة والضوابط (العوامل الضابطة)، والأدوات اللازمة للقيام بالتجميع، وكيفية تسجيل القياسات، وعدد البيانات اللازمة لدعم الادعاء. تنفيذ استقصاء و / أو تقييم و / أو مراجعة التصميم التجريبي لإنتاج البيانات لتكون بمثابة أساس للأدلة التي تلي أهداف الاستقصاء. تقييم دقة الطرق المختلفة لجمع البيانات. جمع البيانات لإنتاج البيانات لتكون بمثابة أساس للأدلة للإجابة على الأسئلة العلمية أو اختبار حلول مصممة تحت مجموعة من 	<p>التخطيط وتنفيذ الاستقصاءات للإجابة على الأسئلة أو اختبار الحلول للمشكلات في الصفوف (٣-٥) يعتمد على خبرات الصفوف (الروضة-٢) والتقدم ليشمل الاستقصاءات التي تتحكم في المتغيرات وتوفر الأدلة لدعم التفسيرات أو حلول التصميم.</p> <ul style="list-style-type: none"> تخطيط وتنفيذ استقصاء بشكل تعاوني لإنتاج البيانات لتكون بمثابة أساس للأدلة، وذلك باستخدام اختبارات عادلة يتم فيها التحكم في المتغيرات وعدد التجارب التي تم النظر فيها. تقييم الأساليب و / أو الأدوات المناسبة لجمع البيانات. عمل ملاحظات و / أو قياسات لإنتاج البيانات لتكون بمثابة أساس للأدلة لتفسير ظاهرة أو اختبار حل تم تصميمه. عمل تنبؤات حول ما سيحدث إذا تغير متغير. اختبار نموذجين مختلفين لنفس الكائن أو الأداة أو العملية المقترحة 	<p>التخطيط وتنفيذ الاستقصاءات للإجابة على الأسئلة أو اختبار الحلول للمشكلات في الصفوف (الروضة-٢) يبني على الخبرات السابقة والتقدم في الاستقصاءات البسيطة، بناءً على الاختبارات العادلة، التي توفر بيانات لدعم التفسيرات أو حلول التصميم.</p> <ul style="list-style-type: none"> من خلال التوجيه، يتم تخطيط وتنفيذ استقصاء بالتعاون مع الأقران (للروضة). تخطيط وتنفيذ استقصاء بشكل تعاوني لإنتاج بيانات لاستخدامها كأساس للأدلة اللازمة للإجابة على سؤال. تقييم الطرق المختلفة لرصد و / أو قياس الظاهرة لتحديد الطريقة التي يمكن من خلالها الإجابة على سؤال. عمل ملاحظات (مباشرة أو من وسائل الإعلام) و / أو قياسات لجمع البيانات التي يمكن استخدامها لإجراء مقارنات. عمل ملاحظات (مباشرة أو من الوسائط) و / أو قياسات كائن أو أداة

الصفوف (٩- ١٢)	الصفوف (٦- ٨)	الصفوف (٣- ٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
<p>المفروضة على دقة البيانات (على سبيل المثال، عدد التجارب والتكلفة والمخاطر والوقت)، وصقل التصميم وفقاً لذلك.</p> <ul style="list-style-type: none"> تخطيط وتنفيذ استقصاء أو اختبار حل مصمم بطريقة آمنة وأخلاقية بما في ذلك اعتبارات التأثيرات البيئية والاجتماعية والشخصية. حدد الأدوات المناسبة لجمع وتسجيل وتحليل وتقييم البيانات. عمل فرضيات موجهة تحدد ما يحدث للمتغير التابع عند معالجة متغير مستقل. معالجة المتغيرات وجمع البيانات حول نموذج معقد للعملية أو النظام المقترح لتحديد نقاط الضعف أو تحسين الأداء نسبة إلى معايير النجاح أو المتغيرات الأخرى. 	<p>الشروط.</p> <ul style="list-style-type: none"> جمع البيانات حول أداء كائن أو أداة أو عملية أو نظام مقترح في ظل مجموعة من الشروط. 	<p>لتحديد أيهما يلبي معايير النجاح بشكل أفضل.</p>	<p>أو حل مقترح لتحديد ما إذا كان يحل مشكلة أو يحقق هدفاً.</p> <ul style="list-style-type: none"> عمل تنبؤات بناءً على الخبرات السابقة.

ممارسة ٤: تحليل البيانات وتفسيرها (Analyzing and Interpreting Data)

بمجرد جمع البيانات، يجب تقديمها في شكل يمكن أن يكشف عن أي أنماط وعلاقات ويسمح بتوضيح النتائج للآخرين. نظرًا لأن البيانات الخام على هذا النحو ليس لها معنى كبير، فإن الممارسة الرئيسية للعلماء هي تنظيم البيانات وتفسيرها من خلال الجداول أو الرسوم البيانية أو التحليل الإحصائي. يمكن لمثل هذا التحليل أن يبرز معنى البيانات-

وأهميتها- بحيث يمكن استخدامها كدليل. يتخذ المهندسون أيضاً قرارات بناءً على دليل على أن تصميمًا معينًا سيعمل. نادرًا ما يعتمدون على التجربة والخطأ.

غالبًا ما يقوم المهندسون بتحليل التصميم من خلال إنشاء نموذج أو نموذج أولي وجمع بيانات واسعة حول كيفية أدائه في كافة الظروف، بما في ذلك الظروف القاسية. تحليل هذا النوع من البيانات لا يخبر بقرارات التصميم ويتيح التنبؤ بالأداء أو تقييمه فحسب، بل يساعد أيضًا في تحديد المشكلات أو توضيحها، وتحديد الجدوى الاقتصادية، وتقييم البدائل، واستقصاء حالات الفشل. (NRC Framework, 2012, p. 61-62)

عندما ينضج الطلاب، يُتوقع منهم توسيع قدراتهم لاستخدام مجموعة من الأدوات لإعداد الجداول والتمثيل البياني والتصور والتحليل الإحصائي. يُتوقع من الطلاب أيضًا تحسين قدراتهم على تفسير البيانات من خلال تحديد الخصائص والأنماط المهمة، واستخدام الرياضيات لتمثيل العلاقات بين المتغيرات، ومراعاة مصادر الخطأ. عندما يكون ذلك ممكنًا وملائمًا، يجب على الطلاب استخدام الأدوات الرقمية لتحليل وتفسير البيانات. سواء كان تحليل البيانات لغرض العلوم أو الهندسة، فمن المهم أن يقدم الطلاب البيانات كدليل لدعم استنتاجاتهم.

الصفوف (٩-١٢)	الصفوف (٦-٨)	الصفوف (٣-٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
يعتمد تحليل البيانات في الصفوف من التاسع إلى الثاني عشر على خبرات الصفوف من الروضة إلى الصف الثامن، ويتطور من خلال تقديم تحليل إحصائي أكثر تفصيلاً، ومقارنة مجموعات البيانات من أجل الاتساق، واستخدام النماذج لإنشاء البيانات وتحليلها.	يعتمد تحليل البيانات في الصفوف من السادس إلى الثامن على خبرات الصفوف من الروضة إلى الصف الخامس، ويتقدم من خلال توسيع التحليل الكمي إلى الاستقصاءات، والتمييز بين العلاقات الارتباطية والسببية، والتقنيات الإحصائية الأساسية للبيانات وتحليل الأخطاء.	يعتمد تحليل البيانات في الصفوف من الثالث إلى الخامس على خبرات الصفوف من الروضة إلى الثاني ويتطور من خلال تقديم مناهج كمية لجمع البيانات وإجراء تجارب متعددة للملاحظات النوعية. وعندما يكون ذلك ممكنًا وملائمًا، ينبغي استخدام الأدوات الرقمية.	يعتمد تحليل البيانات في الصفوف من الروضة إلى الصف الثاني على الخبرات السابقة والتقدم في جمع الملاحظات وتسجيلها ومشاركتها.
• تحليل البيانات باستخدام الأدوات والتقنيات و / أو النماذج (على سبيل المثال، الحسابية والرياضية) من أجل تقديم ادعاءات علمية	• إنشاء وتحليل و / أو تفسير التمثيلات الرسومية للبيانات و / أو مجموعات البيانات الكبيرة لتحديد العلاقات الخطية وغير	• تمثيل البيانات في الجداول و	• تسجيل المعلومات (الملاحظات والأفكار والأفكار). استخدام وتبادل الصور

الصفوف (٩- ١٢)	الصفوف (٦- ٨)	الصفوف (٣- ٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
<p>صالحة وموثوقة أو تحديد تصميم حل مثالي.</p> <ul style="list-style-type: none"> تطبيق مفاهيم الإحصاء والاحتمالات (بما في ذلك تحديد الوظيفة المناسبة للبيانات، والانحدار، والتفاعل، ومعامل الارتباط للمتناسبات الخطية) على الأسئلة والمشكلات العلمية والهندسية، باستخدام الأدوات الرقمية عندما يكون ذلك ممكناً. مراعاة قيود تحليل البيانات (على سبيل المثال، خطأ القياس، اختيار العينة) عند تحليل البيانات وتفسيرها. مقارنة ومضاهاة أنواع مختلفة من مجموعات البيانات (على سبيل المثال، التي تم إنشاؤها ذاتياً، أو المحفوظة في الأرشفة) لفحص اتساق القياسات والملاحظات. تقييم تأثير البيانات الجديدة على تفسير عملي و / أو نموذج للعملية أو النظام المقترح. تحليل البيانات لتحديد ميزات أو خصائص التصميم لمكونات 	<p>الخطية.</p> <ul style="list-style-type: none"> استخدم التمثيلات الرسومية (مثل الخرائط والأشكال والرسوم البيانية و / أو الجداول) لمجموعات البيانات الكبيرة لتحديد العلاقات الزمنية والمكانية. التمييز بين العلاقات الارتباطية والسببية في البيانات. تحليل وتفسير البيانات لتقديم أدلة على الظواهر. تطبيق مفاهيم الإحصاء والاحتمالات (بما في ذلك المتوسط والوسيط والمنوال والتباين) لتحليل البيانات وتوصيفها باستخدام الأدوات الرقمية عندما يكون ذلك ممكناً. مراعاة قيود تحليل البيانات (على سبيل المثال، خطأ القياس)، و / أو السعي إلى تحسين ضبط ودقة البيانات باستخدام أدوات وأساليب تكنولوجية أفضل (على سبيل المثال، تجارب متعددة). تحليل وتفسير البيانات لتحديد أوجه التشابه والاختلاف في النتائج. تحليل البيانات لتحديد 	<p>/ أو الرسوم البيانية المختلفة (التمثيل بالأعمدة و / أو القطاعات الدائرية و / أو التمثيل بالخطوط) للكشف عن الأنماط التي تشير إلى العلاقات.</p> <ul style="list-style-type: none"> تحليل وتفسير البيانات لفهم الظواهر، باستخدام الاستدلال المنطقي والرياضيات و / أو الحساب. مقارنة ومضاهاة البيانات التي تم جمعها بواسطة مجموعات مختلفة من أجل مناقشة أوجه التشابه والاختلاف في النتائج التي توصلوا إليها. تحليل البيانات لتحسين بيان المشكلة أو تصميم كائن أو أداة أو عملية مقترحة. 	<p>والرسومات و / أو كتابات الملاحظات.</p> <ul style="list-style-type: none"> استخدام الملاحظات (مباشرة أو من وسائل الإعلام) لوصف الأنماط و / أو العلاقات في العالم (العالم) الطبيعي والمُصمم من أجل الإجابة على الأسئلة العلمية وحل المشكلات. مقارنة التوقعات (بناءً على الخبرات السابقة) بما يحدث (الأحداث الملحوظة). تحليل البيانات من اختبارات كائن أو أداة لتحديد ما إذا كان يعمل على النحو المنشود.

الصفوف من الروضة إلى الثاني	الصفوف (٣- ٥)	الصفوف (٦- ٨)	الصفوف (٩- ١٢)
	• استخدام البيانات لتقييم وتحسين الحلول المصممة.	النطاق التشغيلي الأمثل لكانن أو أداة أو عملية أو نظام مقترح يلبي معايير النجاح على أفضل وجه.	العملية أو النظام المقترح بالنسبة لمعايير النجاح.

ممارسة ٥: استخدام التفكير الرياضي والحسابي (Using Mathematics and Computational Thinking)

على الرغم من وجود اختلافات في كيفية تطبيق الرياضيات والتفكير الحسابي في العلوم والهندسة، غالبًا ما تجمع الرياضيات هذين الحقلين معًا من خلال تمكين المهندسين من تطبيق الشكل الرياضي للنظريات العلمية، وتمكين العلماء من استخدام تقنيات المعلومات القوية التي صممها المهندسون. يمكن لكلا النوعين من المهنيين إنجاز الاستقصاءات والتحليلات وبناء نماذج معقدة، والتي قد تكون غير واردة في الحساب. (NRC Framework, 2012, p. 65)

يُتوقع من الطلاب استخدام الرياضيات لتمثيل المتغيرات المادية وعلاقتها، وإجراء تنبؤات كمية. تشمل التطبيقات الأخرى للرياضيات في العلوم والهندسة كل من المنطق والهندسة وفي المستويات الأعلى التفاضل والتكامل. يمكن لأجهزة الكمبيوتر والأدوات الرقمية تعزيز قوة الرياضيات عن طريق أتمتة العمليات الحسابية، وتقريب الحلول للمشكلات التي لا يمكن حلها بدقة، وتحليل مجموعات البيانات الكبيرة المتاحة لتحديد الأنماط ذات المغزى. يتوقع من الطلاب استخدام أدوات مخبرية متصلة بأجهزة الكمبيوتر لمراقبة البيانات وقياسها وتسجيلها ومعالجتها. من المتوقع أيضًا أن ينخرط الطلاب في التفكير الحسابي، والذي يتضمن استراتيجيات لتنظيم البيانات والبحث عنها، وإنشاء تسلسلات من الخطوات تسمى الخوارزميات، واستخدام وتطوير محاكاة جديدة للأنظمة الطبيعية والمصممة. الرياضيات هي أداة أساسية لفهم العلم. على هذا النحو، يجب أن يتضمن التدريس في الفصول الدراسية مهارات الرياضيات الهامة. تعرض معايير NGSS العديد من تلك المهارات من خلال توقعات الأداء، ولكن تعليمات الفصل الدراسي يجب أن تعزز كل العلوم من خلال استخدام التفكير الرياضي والحسابي عالي الجودة.

الصفوف (٩-١٢)	الصفوف (٦-٨)	الصفوف (٣-٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
<p>يعتمد التفكير الرياضي والحسابي في الصفوف من التاسع إلى الثاني عشر على خبرات الصفوف من الروضة إلى الصف الثامن، ويتقدم من خلال استخدام التحليل والتفكير الجبري، واستخدام مجموعة من الوظائف الخطية وغير الخطية بما في ذلك الدوال المثلثية والأسس واللوغاريتمات والأدوات الحسابية اللازمة للتحليل الإحصائي لتحليل وتمثيل ونمذجة البيانات. يتم إنشاء المحاكاة الحسابية البسيطة واستخدامها على أساس النماذج الرياضية لافتراضات الأساسية.</p> <ul style="list-style-type: none"> • إنشاء و / أو مراجعة نموذج حسابي أو محاكاة لظاهرة أو جهاز أو عملية أو نظام مصمم. • استخدام التمثيلات الرياضية و / أو الحسابية و / أو الخوارزمية للظواهر أو تصميم الحلول لوصف و / أو دعم الادعاءات و / أو التفسيرات. • تطبيق تقنيات الجبر والوظائف لتمثيل وحل المشكلات العلمية والهندسية. • استخدام حالات محدودة بسيطة لاختبار التعبيرات الرياضية أو برامج الكمبيوتر أو الخوارزميات أو محاكاة عملية أو نظام لمعرفة ما إذا كان النموذج "منطقيًا" من خلال مقارنة النتائج مع ما هو معروف عن العالم الحقيقي. • تطبيق النسب والمعدلات والنسب المئوية وتحولات الوحدات في سياق مشكلات القياس المعقدة التي تنطوي على كميات ذات وحدات مشتقة أو مركبة. 	<p>يعتمد التفكير الرياضي والحسابي في الصفوف من السادس إلى الثامن على خبرات الصفوف من الروضة إلى الصف الخامس، ويتقدم من خلال تحديد الأنماط في مجموعات البيانات الكبيرة واستخدام المفاهيم الرياضية لدعم التفسيرات والحجج.</p> <ul style="list-style-type: none"> • استخدام الأدوات الرقمية (مثل أجهزة الكمبيوتر) لتحليل مجموعات بيانات كبيرة جدًا للأنماط والاتجاهات. • استخدام التمثيلات الرياضية لوصف و / أو دعم الاستنتاجات العلمية وحلول التصميم. • إنشاء خوارزميات (سلسلة من الخطوات المرتبة) لحل مشكلة. • تطبيق المفاهيم و / أو العمليات الرياضية (على سبيل المثال، النسبة، المعدل، النسبة المئوية، العمليات الأساسية، الجبر البسيط) على الأسئلة والمشكلات العلمية والهندسية. • استخدام الأدوات الرقمية و / أو المفاهيم والحجج الرياضية لاختبار ومقارنة الحلول المقترحة لمشكلة التصميم الهندسي. 	<p>يعتمد التفكير الرياضي والحسابي في الصفوف من الثالث إلى الخامس على خبرات الصفوف من الروضة إلى الصف الثاني، ويتقدم من خلال توسيع القياسات الكمية لمجموعة متنوعة من الخصائص الفيزيائية واستخدام الحساب والرياضيات لتحليل البيانات ومقارنة حلول التصميم البديلة.</p> <ul style="list-style-type: none"> • تقرير ما إذا كانت البيانات النوعية أو الكمية هي الأفضل لتحديد ما إذا كان الكائن أو الأداة المقترحة تفي بمعايير النجاح. • تنظيم مجموعات بيانات بسيطة للكشف عن الأنماط التي توحي بالعلاقات. • وصف وتقدير و / أو تمثيل الكميات بيانياً (على سبيل المثال، المساحة والحجم والوزن والوقت) لمعالجة الأسئلة والمشكلات العلمية والهندسية. • إنشاء و / أو استخدام الأشكال التخطيطية و / أو الرسوم البيانية الناتجة عن الخوارزميات البسيطة لمقارنة الحلول البديلة لمشكلة هندسية. 	<p>يبني التفكير الرياضي والحسابي في الصفوف من الروضة إلى الصف الثاني على أساس الخبرة السابقة، ويتقدم للتعرف على أنه يمكن استخدام الرياضيات لوصف العالم الطبيعي والعالم المصمم.</p> <ul style="list-style-type: none"> • تقرير متى تستخدم البيانات النوعية مقابل البيانات الكمية. • استخدام العد والأرقام لتحديد ووصف الأنماط في العالم الطبيعي والمصمم. • وصف وقياس و / أو مقارنة السمات الكمية للكائنات المختلفة وعرض البيانات باستخدام الرسوم البيانية البسيطة. • استخدم البيانات الكمية لمقارنة حلين بديلين لمشكلة ما.

ممارسة ٦: بناء التفسيرات وتصميم الحلول (Constructing Explanations and Designing Solutions)

الهدف من العلم هو بناء تفسيرات لأسباب الظواهر. يُتوقع من الطلاب إنشاء تفسيراتهم الخاصة، بالإضافة إلى تطبيق التفسيرات القياسية التي يتعلمون عنها من معلمهم أو القراءة. يوضح الإطار ما يلي حول التفسيرات:

"إن هدف العلم هو بناء النظريات التي تقدم تفسيرات للعالم. تصبح النظرية مقبولة عندما يكون لديها خطوط متعددة من الأدلة التجريبية وقدرة تفسيرية أكبر للظواهر من النظريات السابقة." (NRC Framework, 2012, p. 52)

يتضمن التفسير ادعاء يتعلق بكيفية ارتباط متغير أو متغيرات بمتغير آخر أو مجموعة من المتغيرات. غالبًا ما يتم تقديم الادعاء ردًا على سؤال، وفي عملية الإجابة على السؤال غالبًا ما يصمم العلماء الاستقصاءات للوصول إلى البيانات.

الهدف من الهندسة هو حل المشكلات. يعد تصميم الحلول للمشكلات عملية منهجية تتضمن تحديد المشكلة، ثم توليد الحلول واختبارها وتحسينها. يتم وصف هذه الممارسة في الإطار على النحو التالي:

إن مطالبة الطلاب بإظهار فهمهم الخاص للآثار المترتبة على فكرة علمية من خلال تطوير تفسيراتهم الخاصة للظواهر، سواء على أساس الملاحظات التي قاموا بها أو النماذج التي قاموا بتطويرها، تُشركهم في جزء أساسي من العملية التي يمكن من خلالها حدوث التغيير المفاهيمي.

في الهندسة، الهدف هو التصميم وليس التفسير. عملية تطوير التصميم تكرارية ومنهجية، وكذلك عملية تطوير تفسير أو نظرية في العلوم. ومع ذلك، فإن أنشطة المهندسين لها عناصر متميزة عن تلك الخاصة بالعلماء. تتضمن هذه العناصر تحديد القيود والمعايير الخاصة بالخصائص المطلوبة للحل، ووضع خطة تصميم، وإنتاج واختبار نماذج أو نماذج أولية، والاختيار من بين خصائص التصميم البديلة لتحسين تحقيق معايير التصميم، وتنقيح أفكار التصميم بناءً على أداء النموذج الأولي أو المحاكاة. (NRC Framework, 2012, p. 68-69)

الصفوف من الروضة إلى الثاني	الصفوف (٥ - ٣)	الصفوف (٨ - ٦)	الصفوف (١٢ - ٩)
<p>بناء التفسيرات وتصميم الحلول في الصفوف من الروضة إلى الصف الثاني يبني الخبرات السابقة، ويتقدم من خلال استخدام الأدلة والأفكار في بناء حسابات تستند إلى الأدلة للظواهر الطبيعية وتصميم الحلول.</p> <ul style="list-style-type: none"> • إبداع الملاحظات (مباشرة أو من وسائل الإعلام) لإنشاء حساب قائمة على الأدلة للظواهر الطبيعية. • استخدام أدوات و / أو مواد لتصميم جهاز يحل مشكلة معينة أو حل لمشكلة معينة. • إنشاء و / أو مقارنة حلول متعددة لمشكلة ما. 	<p>يعتمد بناء التفسيرات وتصميم الحلول في الصفوف من الثالث إلى الخامس على خبرات الصفوف من الروضة إلى الصف الثاني، ويتقدم من خلال استخدام الأدلة في بناء تفسيرات المتغيرات التي تصف الظواهر وتتنبأ بها وفي تصميم حلول متعددة لمشاكل التصميم.</p> <ul style="list-style-type: none"> • إنشاء تفسير (على سبيل المثال، توزيع النباتات في الفناء الخلفي). • استخدام الأدلة (مثل القياسات والملاحظات والأنماط) لإنشاء أو دعم تفسير أو تصميم حل لمشكلة. • تحديد الأدلة التي تدعم نقاط معينة في التفسير. • تطبيق الأفكار العلمية لحل مشاكل التصميم. • إنشاء ومقارنة حلول متعددة لمشكلة بناءً على مدى استيفائها لمعايير وقيود حل التصميم. 	<p>يعتمد بناء التفسيرات وتصميم الحلول في الصفوف من السادس إلى الثامن على خبرات الصفوف من الثالث إلى الصف الخامس، ويتقدم ليشمل بناء التفسيرات وتصميم الحلول المدعومة بمصادر متعددة من الأدلة بما يتفق مع الأفكار والمبادئ والنظريات العلمية.</p> <ul style="list-style-type: none"> • بناء تفسير يتضمن العلاقات النوعية أو الكمية بين المتغيرات التي تتنبأ بـ و / أو تصف الظواهر. • إنشاء تفسير باستخدام النماذج أو التمثيلات. • بناء تفسير علمي قائم على أدلة صالحة وموثوقة تم الحصول عليها من المصادر متنوعة من المصادر (بما في ذلك الاستقصاءات الخاصة بالطلاب، والنماذج، والنظريات، والمحاكاة، ومراجعة الأقران) وافترض أن القوانين التي تصف العالم الطبيعي تعمل اليوم كما كانت في الماضي وستستمر في القيام بذلك في المستقبل. • تطبيق الأفكار والمبادئ و / أو الأدلة العلمية لتقديم تفسير للظواهر وحل مشاكل التصميم، مع مراعاة الآثار غير المتوقعة المحتملة. • تطبيق الاستدلال العلمي والنظرية و / أو النماذج لربط الأدلة بالادعاءات لتقييم مدى دعم الاستدلال والبيانات 	<p>يعتمد بناء التفسيرات وتصميم الحلول في الصفوف من التاسع إلى الثاني عشر على خبرات الصفوف من السادس إلى الصف الثامن، ويتقدم من خلال التفسيرات والتصميمات التي تدعمها مصادر أدلة متعددة ومستقلة أنشأها الطلاب تتوافق مع الأفكار والمبادئ والنظريات العلمية.</p> <ul style="list-style-type: none"> • تقديم ادعاء كمي و / أو نوعي فيما يتعلق بالعلاقة بين المتغيرات التابعة والمستقلة. • إنشاء ومراجعة تفسير يستند إلى أدلة صالحة وموثوقة تم الحصول عليها من مجموعة متنوعة من المصادر (بما في ذلك الاستقصاءات الخاصة بالطلاب، والنماذج، والنظريات، والمحاكاة، ومراجعة الأقران) وافترض أن القوانين التي تصف العالم الطبيعي تعمل اليوم كما في الماضي وستستمر في القيام بذلك في المستقبل. • تطبيق الأفكار والمبادئ و / أو الأدلة العلمية لتقديم تفسير للظواهر وحل مشاكل التصميم، مع مراعاة الآثار غير المتوقعة المحتملة. • تطبيق الاستدلال العلمي والنظرية و / أو النماذج لربط الأدلة بالادعاءات لتقييم مدى دعم الاستدلال والبيانات

الصفوف من الروضة إلى الثاني	الصفوف (٥ - ٣)	الصفوف (٨ - ٦)	الصفوف (٩ - ١٢)
		<ul style="list-style-type: none"> تصميم كائن أو أداة أو عملية أو نظام. تنفيذ مشروع تصميم، والانخراط في دورة التصميم، لبناء و / أو تنفيذ حل يلبي معايير وقيود التصميم المحددة. تحسين أداء التصميم من خلال تحديد أولويات المعايير، وإجراء المقايضات (التنازل عن ميزات من أجل الحصول على ميزات أخرى)، والاختبار، والمراجعة، وإعادة الاختبار. 	<ul style="list-style-type: none"> التفسير أو الاستنتاج. تصميم وتقييم و / أو صقل حل لمشكلة معقدة في العالم الحقيقي، بناءً على المعرفة العلمية ومصادر الأدلة التي يولدها الطلاب والمعايير ذات الأولوية واعتبارات المقايضة (التنازل عن ميزة من أجل الحصول على أخرى).

ممارسة ٧: الانخراط في الجدل استناداً إلى أدلة (Engaging in Argument from Evidence)

يجب أن تنتج دراسة العلوم والهندسة إحساساً بعملية الجدل اللازمة للتقدم والدفاع عن فكرة جديدة أو تفسير لظاهرة ومعايير إجراء مثل هذه المجادلات. وبهذه الروح، يجب أن يجادل الطلاب في التفسيرات التي يقومون ببنائها، والدفاع عن تفسيراتهم للبيانات المرتبطة، والدعوة للتصميمات التي يقترحونها. (NRC Framework, 2012, p. 73)

الجدل هو عملية للتوصل إلى اتفاقات حول التفسيرات وحلول التصميم. في العلوم، يعتبر الاستدلال والجدل القائم على الأدلة ضرورياً في تحديد أفضل تفسير لظاهرة طبيعية. في الهندسة، هناك حاجة إلى الاستدلال والجدل لتحديد أفضل حل لمشكلة التصميم. تعد مشاركة الطلاب في الجدل العلمي أمراً بالغ الأهمية إذا أراد الطلاب فهم الثقافة التي يعيش فيها العلماء، وكيفية تطبيق العلوم والهندسة لصالح المجتمع. على هذا النحو، فإن الجدل هي تلك العملية التي تقوم على الأدلة والاستدلال، وتؤدي إلى تفسيرات مقبولة من المجتمع العلمي وحلول تصميم مقبولة من قبل المجتمع الهندسي.

الجدل في العلوم يتجاوز التوصل إلى اتفاقات في التفسيرات وحلول التصميم. سواء استقصاء ظاهرة أو اختبار تصميم أو بناء نموذج لتوفير آلية للتفسير، يتوقع من الطلاب استخدام الجدل للاستماع إلى الأفكار والأساليب المتنافسة ومقارنتها وتقييمها بناءً على

مزايها. يخرط العلماء والمهندسون في الجدل عند استقصاء ظاهرة ما، واختبار حل التصميم، وحل الأسئلة المتعلقة بالقياسات، وبناء نماذج البيانات، واستخدام الأدلة لتقييم الادعاءات.

الصفوف (٩-١٢)	الصفوف (٦-٨)	الصفوف (٣-٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
<p>إن الانخراط في الجدل المستند إلى الأدلة في الصفوف من التاسع إلى الثاني عشر يبني على خبرات الصفوف من السادس إلى الصف الثامن، ويتقدم من خلال استخدام الأدلة المناسبة والكافية والمنطق العلمي للدفاع عن وانتقاد الادعاءات والتفسيرات حول العالم الطبيعي والمصمم. قد تأتي المجادلات أيضًا من الحلقات العلمية الحالية أو التاريخية في العلوم.</p> <ul style="list-style-type: none"> مقارنة وتقييم المجادلات (الحجج) المتنافسة أو حلول التصميم في ضوء التفسيرات المقبولة حاليًا، والأدلة الجديدة، والمحددات (مثل المقايضات)، والقيود، والقضايا الأخلاقية. تقييم الادعاءات والأدلة و / أو المنطق وراء المقبولة حاليًا لتحديد مزايا المجادلات (الحجج). تقديم الانتقادات و / أو تلقيها باحترام أثناء المجادلات العلمية عن طريق فحص الاستدلال والأدلة، وتحدي الأفكار والاستنتاجات، والرد بعناية على وجهات النظر المتنوعة، وتحديد المعلومات 	<p>إن الانخراط في الجدل المستند إلى الأدلة في الصفوف من السادس إلى الثامن يبني على خبرات الصفوف من الثالث إلى الصف الخامس، ويتقدم لبناء جدال مقنع يدعم أو يدحض الادعاءات إما لتفسيرات أو حلول حول العالم الطبيعي والمصمم.</p> <ul style="list-style-type: none"> مقارنة ونقد جدالين (حجتين) حول نفس الموضوع وتحليل ما إذا كانا يؤكدان على أدلة و / أو تفسيرات لحقائق مماثلة أو مختلفة. تقديم النقد وتلقيه باحترام بشأن التفسيرات والإجراءات والنماذج والأسئلة التي يقدمها المرء من خلال الاستشهاد بالأدلة ذات الصلة وطرح الأسئلة التي تستدعي تفاصيل واضحة وذات صلة والرد عليها. بناء واستخدام و / أو تقديم جدال (حجة) شفوي ومكتوب مدعوم بأدلة تجريبية 	<p>إن الانخراط في الجدل المستند إلى الأدلة في الصفوف من الثالث إلى الخامس يبني على خبرات الصفوف من الروضة إلى الصف الثاني، ويتقدم من خلال نقد التفسيرات أو الحلول العلمية التي اقترحها الأقران من خلال الاستشهاد بالأدلة ذات الصلة حول العالم الطبيعي والمصمم.</p> <ul style="list-style-type: none"> مقارنة وتحسين المجادلات (المنافشات) على أساس تقييم الأدلة المقدمة. التمييز بين الحقائق، والحكم المنطقي المستند إلى نتائج البحث، والتخمين في التفسير. تقديم النقد وتلقيه باحترام من الزملاء حول إجراء مقترح أو تفسير أو نموذج من خلال الاستشهاد بالأدلة ذات الصلة وطرح أسئلة محددة. 	<p>إن الانخراط في الجدل المستند إلى الأدلة في الصف الثاني يبني على الخبرات السابقة ويتقدم من خلال مقارنة الأفكار والتمثيلات حول العالم الطبيعي والمصمم.</p> <ul style="list-style-type: none"> تحديد المجادلات (المنافشات) التي تدعمها الأدلة. التمييز بين التفسيرات التي تدعمها جميع الأدلة التي تم جمعها وتلك التي لا تدعمها الأدلة. تحليل سبب مناسبة بعض الأدلة لسؤال علمي وعدم مناسبة البعض الآخر. التمييز بين الآراء والأدلة في تفسيرات المرء. الاستماع بفاعلية إلى المجادلات (المنافشات) للثبوت من الاتفاق أو عدم الاتفاق المستند إلى الأدلة، و / أو لإعادة سرد النقاط الرئيسية للجدال. بناء جدال مستند إلى أدلة لدعم ادعاء. تقديم ادعاء حول فعالية شيء أو أداة أو حل مدعوم بالأدلة ذات الصلة.

الصفوف (٩-١٢)	الصفوف (٦-٨)	الصفوف (٣-٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
<p>الإضافية المطلوبة لحل التناقضات.</p> <ul style="list-style-type: none"> • بناء واستخدام و / أو تقديم حجة شفوية ومكتوبة أو حجج مضادة استناداً إلى البيانات والأدلة. • تقديم ادعاء والدفاع عنه بناءً على أدلة حول العالم الطبيعي أو فعالية حل تصميم يعكس المعرفة العلمية والأدلة التي يولدها الطلاب. • تقييم حلول التصميم المتنافسة لمشكلة في العالم الحقيقي على أساس الأفكار والمبادئ العلمية، والأدلة التجريبية، و / أو الحجج المنطقية فيما يتعلق بالعوامل ذات الصلة (مثل الاعتبارات الاقتصادية والمجتمعية والبيئية والأخلاقية). 	<p>ومنطق علمي لدعم أو دحض تفسير أو نموذج لظاهرة أو حل لمشكلة.</p> <ul style="list-style-type: none"> • تقديم حجة شفوية أو مكتوبة تدعم أو تدحض الأداء المعن لجهاز أو عملية أو نظام بناءً على أدلة تجريبية تتعلق بما إذا كانت التكنولوجيا تفي بالمعايير والقيود ذات الصلة أم لا. • تقييم حلول التصميم المتنافسة على أساس محكات التصميم المتفق عليها والمطورة بشكل مشترك. 	<ul style="list-style-type: none"> • بناء و / أو دعم جدال بأدلة و / أو بيانات و / أو نموذج. • استخدام البيانات لتقييم الادعاءات حول السبب والنتيجة. • تقديم ادعاء حول ميزة حل لمشكلة عن طريق الاستشهاد بالأدلة ذات الصلة حول كيفية استيفائها لمعايير وقيود المشكلة. 	

ممارسة ٨: الحصول على المعلومات وتقييمها وتوصيلها (Obtaining, Evaluating, and Communicating Information)

يحتاج أي تعليم في العلوم والهندسة إلى تطوير قدرة الطلاب على قراءة وإنتاج نص خاص بالمجال. على هذا النحو، كل درس في العلوم أو الهندسة يتضمن جزءاً منه درس في اللغة، وخاصة قراءة وإنتاج أنواع النصوص التي تعتبر جوهرية في العلوم والهندسة. (NRC Framework, 2012, p. 76)

إن القدرة على قراءة النصوص العلمية والتقنية وتفسيرها وإنتاجها هي ممارسات أساسية للعلوم والهندسة، مثل القدرة على التواصل بشكل واضح ومقتع. يتطلب كونك مستهلكاً حاسماً للمعلومات حول العلوم والهندسة القدرة على قراءة أو عرض تقارير التطورات أو التطبيقات العلمية أو التكنولوجية (سواءً وجدت في الصحافة أو الإنترنت أو في اجتماع المدينة) والتعرف على الأفكار البارزة وتحديد المصادر الخطأ والعيوب المنهجية، وتمييز

الملاحظات عن الاستدلالات، والحجج عن التفسيرات، والادعاءات عن الأدلة. يستخدم العلماء والمهندسون مصادر متعددة للحصول على المعلومات المستخدمة لتقييم جدارة وصحة الادعاءات والأساليب والتصاميم. يمكن إجراء نقل المعلومات والأدلة والأفكار بطرق متعددة: استخدام الجداول والأشكال التخطيطية والرسوم البيانية والنماذج والعروض التفاعلية والمعادلات وكذلك شفهيًا وكتابيًا ومن خلال المناقشات الموسعة.

الصفوف (٩-١٢)	الصفوف (٦-٨)	الصفوف (٣-٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
<p>إن الحصول على المعلومات وتقييمها وتوصيلها في الصفوف التاسع إلى الثاني عشر يعتمد على خبرات الصفوف من السادس إلى الصف الثامن، ويتقدم من خلال تقييم صحة وموثوقية الادعاءات والأساليب والتصاميم.</p> <ul style="list-style-type: none"> • قراءة الأدبيات العلمية التي تم تكييفها لاستخدامها في الفصل الدراسي لتحديد الأفكار أو الاستنتاجات المركزية و / أو للحصول على معلومات علمية و / أو تقنية لتلخيص الأدلة المعقدة أو المفاهيم أو العمليات أو المعلومات المقدمة في نص من خلال إعادة صياغتها في صورة أبسط مع الاحتفاظ بدقة مصطلحاتها. • مقارنة ودمج وتقييم مصادر المعلومات المقدمة في وسائط أو تنسيقات مختلفة (على سبيل المثال، بصريًا وكميًا) وكذلك في الكلمات من أجل معالجة سؤال علمي 	<p>إن الحصول على المعلومات وتقييمها وتوصيلها في الصفوف من السادس إلى الثامن يعتمد على خبرات الصفوف من الثالث إلى الصف الخامس، ويتقدم من خلال تقييم صلاحية وصحة الأفكار والأساليب.</p> <ul style="list-style-type: none"> • قراءة النصوص العلمية التي تم تكييفها لاستخدامها في الفصول الدراسية لتحديد الأفكار المركزية و / أو الحصول على معلومات علمية و / أو تقنية لوصف الأنماط في و / أو أدلة حول العالم الطبيعي والمصمم. • دمج المعلومات العلمية و / أو الكمية النوعية و / أو الكمية في نص مكتوب مع تلك الموجودة في الوسائط والعروض المرئية لتوضيح المطالبات والنتائج. • جمع وقراءة وتوليف المعلومات من مصادر متعددة 	<p>إن الحصول على المعلومات وتقييمها وتوصيلها في الصفوف من الثالث إلى الخامس يعتمد على خبرات الصفوف من الروضة إلى الصف الثاني، ويتقدم من خلال تقييم مزايا ودقة الأفكار والأساليب.</p> <ul style="list-style-type: none"> • قراءة وفهم النصوص المعقدة المناسبة و / أو غيرها من الوسائط الموثوقة لتلخيص الأفكار العلمية والتقنية والحصول عليها ووصف كيفية دعمها بالأدلة. • مقارنة و / أو الجمع بين النصوص المعقدة و / أو الوسائط الموثوقة الأخرى لدعم المشاركة في الممارسات العلمية و / أو الهندسية الأخرى. • دمج المعلومات في نص مكتوب مع تلك الواردة في الجداول والأشكال التخطيطية و / أو الرسوم البيانية المقابلة لدعم الانخراط في الممارسات العلمية 	<p>يعتمد الحصول على المعلومات وتقييمها وإبلاغها في الصفوف من الروضة إلى الصف الثاني على الخبرات السابقة، ويستخدم الملاحظات والنصوص لإيصال المعلومات الجديدة.</p> <ul style="list-style-type: none"> • قراءة النصوص و / أو استخدام وسائل الإعلام المناسبة للصف للحصول على معلومات علمية و / أو تقنية لتحديد الأنماط في و / أو الأدلة حول العالم الطبيعي والمصمم. • وصف كيف تدعم صور معينة (على سبيل المثال، رسم بياني يوضح كيفية عمل الآلة) فكرة علمية أو هندسية. • الحصول على معلومات باستخدام نصوص متنوعة وميزات نصية (على سبيل المثال، العناوين وجدول

الصفوف (٩-١٢)	الصفوف (٦-٨)	الصفوف (٣-٥)	الصفوف من الروضة إلى الثاني
<ul style="list-style-type: none"> • أو حل مشكلة. جمع وقراءة وتقييم المعلومات العلمية و / أو التقنية من مصادر موثوقة متعددة، وتقييم الأدلة وفائدة كل مصدر. • تقييم صحة وموثوقية و / أو توليف عدة ادعاءات و / أو طرق و / أو تصميمات تظهر في النصوص العلمية والتقنية أو التقارير الإعلامية، والتحقق من البيانات إن أمكن. • توصيل المعلومات أو الأفكار العلمية و / أو التقنية (على سبيل المثال حول الظواهر و / أو عملية التطوير وتصميم وتنفيذ عملية أو نظام مقترح) بأشكال متعددة (أي شفهيًا أو رسوميًا أو نصيًا أو رياضيًا). 	<ul style="list-style-type: none"> • مناسبة وتقييم المصادقية والدقة والتحيز المحتمل لكل والأساليب المستخدمة، ووصف كيف يتم دعمها أو عدم دعمها بالأدلة. • تقييم البيانات والفرضيات و / أو الاستنتاجات في النصوص العلمية والتقنية في ضوء المعلومات الحسابات المتنافسة. • توصيل المعلومات العلمية و / أو التقنية (على سبيل المثال حول كائن أو أداة أو عملية أو نظام مقترح) كتابيًا و / أو من خلال العروض الشفوية. 	<ul style="list-style-type: none"> • و / أو الهندسية الأخرى. الحصول على ودمج المعلومات من الكتب و / أو غيرها من الوسائط الموثوقة لشرح الظواهر أو الحلول لمشكلة مصممة. • توصيل المعلومات العلمية و / أو التقنية شفويًا و / أو في أشكال مكتوبة، بما في ذلك أشكال مختلفة من وسائل الإعلام والجدول والأشكال التخطيطية والرسوم البيانية. 	<ul style="list-style-type: none"> • المحتويات والمعاجم والقوائم الإلكترونية والأيقونات) والوسائط الأخرى التي ستكون مفيدة في الإجابة عن سؤال علمي و / أو دعم ادعاء علمي. • توصيل المعلومات أو أفكار التصميم و / أو الحلول مع الآخرين في أشكال شفوية و / أو مكتوبة باستخدام النماذج أو الرسومات أو الكتابة أو الأرقام التي توفر تفاصيل حول الأفكار العلمية والممارسات و / أو أفكار التصميم.

التأمل في الانخراط في الممارسات العلمية والهندسية

إن ممارسات العلوم والهندسة الموضحة في هذا القسم لا تكفي الطلاب لتثقيفهم علمياً. من المهم أيضاً للطلاب أن يقفوا مرة أخرى ويتأملوا في كيفية مساهمة هذه الممارسات في تطوير قدراتهم الخاصة، وفي تراكم المعرفة العلمية والإنجازات الهندسية على مر العصور. يعد تحقيق ذلك أمراً يتعلق بالمنهج والتعليم، وليس المعايير، لذلك لا يتم توفير إرشادات محددة في هذا المستند. ومع ذلك، لن يكتمل هذا القسم دون الإقرار بأن التأمل ضروري إذا أصبح الطلاب على دراية بأنفسهم كمتعلمين فاعلين أكفاء وفاعلين في مجالات العلوم والهندسة.

المراجع

أولاً: المراجع العربية:

عمر، عاصم محمد إبراهيم (٢٠١٧). تقويم محتوى مناهج علوم الحياة بالمرحلة الثانوية بجمهورية مصر العربية في ضوء معايير العلوم للجيل القادم NGSS. *المجلة المصرية للتربية العلمية: الجمعية المصرية للتربية العلمية*. ٢٠ (١٢). ١٣٧-١٨٢.

ثانياً: المراجع الاجنبية:

APPENDIX F – Science and Engineering Practices in the NGSS. Available at: <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/resource/files/Appendix%20F%20%20Science%20and%20Engineering%20Practices%20in%20the%20NGSS%20-%20FINAL%20060513.pdf>

Bell, P., Bricker, L., Tzou, Carrie, Lee, T., and Van Horne, K. (2012). Exploring the science framework; Engaging learners in science practices related to obtaining, evaluating, and communicating information. *Science Scope*, 36(3), 18-22.

Get to Know the Standards. Available at: <https://www.nextgenscience.org/get-to-know>

Lee, O., Quinn, H., & Valdés, G. (2013). Science and language for English language learners in relation to Next Generation Science Standards and with implications for Common Core State Standards for English language arts and mathematics. *Educational Researcher*

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

National Research Council. (2015). *Guide to Implementing the Next Generation Science Standards*. Washington, DC: The National Academies Press.

NGSS Appendices. Available at: <https://www.nextgenscience.org/resources/ngss-appendices>