الفصل الثالث

تدريس العلوم في المرحلة الثانوية

د.ستيف كوكسون

أحيانًا، قد ترى رضيعًا عمره تسعة أشهر في عربة تسوُّق في متجر، وهو يلقي بالأشياء التي اشترتها أمه ليختبر كيف تعمل الجاذبية. إن ما يقوم به هذا الرضيع يشبه إلى حد كبير ما يقوم به أي عالم محترف، وهي خبرة لا يعرفها معظم طلاب المرحلة الثانوية. وفي الحقيقة يوجد تشابه كبير بين تدريس العلوم في معظم مدارس المرحلة الثانوية والعمل الحقيقي الذي يمارسه العلماء، فإذا كان الطلاب في الصف الأول والصف الثاني الثانويين محظوظين لوجودهم في مدرسة مجهزة بالمختبرات والمواد العلمية -وفي الواقع أن كثيرين من الطلاب غير محظوظين- فإنهم يتلقون عادة تعليمات لإجراء التجارب خطوة بخطوة.

وأفضل الطلاب في هذا النموذج يتوصلون ببساطة إلى نتيجة يعرفها المعلم مسبقًا ومعروفة للعلماء منذ زمن بعيد، ومع أن اتباع التعليمات أمر مهم، إلا أنه يجب النظر إلى تطوير مهارات المختبر وامتلاك قاعدة معرفة علمية، على أنهما الأرضية وليسا السقف، فعلى أرض الواقع، نرى أن مدارس كثيرة تدرب فنيين ولا تعد علماء، فالعلماء يبحثون عن أجوبة لأسئلة تنتظر إجابات، وعن حلول لمشكلات لم تُحلَّ بعد عن طريق منهجية دقيقة تشمل تصميم تجارب وتنفيذها.

وفي ما يخص طلاب المستويات كلها؛ من مرحلة ما قبل الروضة حتى المرحلة الثانوية وما بعدها، فإنهم يستطيعون تصميم تجاربهم وتنفيذها بأنفسهم للإجابة عن أسئلة ذات صلة

بمشكلات العالم الحقيقي، والمشاركة في هذا النموذج التركيبي لتدريس العلوم، وهذا الوضع مناقض تمامًا للتدريس في غرفة الصف التقليدية التي يُعدُّ فيها المعلم والنص المصدرين الرئيسين للمعلومات، ويكون العمل فرديًّا وبسيطًا بطبيعته مع مسائل ذات أجوبة وحيدة، وفي أجواء يسيطر فيها المعلم على الطلاب، ويحد من حركاتهم ونقاشاتهم وعاداتهم، وهذا النموذج التربوي لا يبدو أنه يطور التفكير والعادات العلمية، أو يحفز الطلاب ذوي القدرات العالية على متابعة المجالات العلمية على مستوى ما بعد المدرسة الثانوية. بدلًا من هذا الوضع، على المعلم أن يوجِد بيئة علمية حقيقية تتميز بمصادر معلومات متعددة، وعمل جماعي، ومشكلات واقعية معقدة يُعدُّ لها الطلاب تجارب، وينفذونها من أجل حلها، بينما يمارس المعلم دور الميسِّر والموجه.

فيما يخص طلاب المستويات كلها؛ من مرحلة ما قبل الروضة حتى المرحلة الثانوية وما بعدها، يستطيعون تصميم تجاربهم وتنفيذها بأنفسهم للإجابة عن أسئلة ذات صلة بمشكلات العالم الحقيقي، والمشاركة في هذا النموذج التركيبي لتدريس العلوم.

وفي الحقيقة إن تغيير هذا النموذج الفكري في المدارس يجب أن يحظى باهتمام كبير، فنموُّ اقتصاد الولايات المتحدة، كما يقول مجلس العلوم الوطني (NSB, 2010)، منذ الحرب العالمية الثانية على الأقل بُني على الابتكارات العلمية.

وعندما أطلق الاتحاد السوفييتي مركبة الفضاء سبوتنيك في العام 1975، أثار ذلك اهتمامًا كبيرًا داخل الولايات المتحدة، وزاد الإنفاق على التعليم العلمي، ومنذ ذلك الحين قادت الولايات المتحدة العالم في الإنتاج والابتكار العلمي.

لكن هذا الوضع قد يتغير، خاصة أن الأكاديمية الوطنية للعلوم (NAS, 2007) قد حذرت بأنه على الرغم من الأداء العالي للولايات المتحدة في الابتكار العلمي على مستوى العالم، إلا أن دولًا كثيرة أصبحت منافسة لها. وقد أكد المتحدثون في مؤتمر الطاولة المستديرة للأعمال، أن انتظار حدوث لحظة سبوتنيك أخرى قد يقوِّض التفوق العلمي للولايات المتحدة، ويتمثل هذا الخطر في قلة أعداد الشباب الراغبين في اقتحام المجال العلمي.

وعلى الرغم من أن مكتب إحصائيات العمل يتوقع ارتفاع الوظائف في مجالات (ستيم) بنسبة 17% في هذا العقد، إلا أن الحقائق تشير إلى أن عددًا قليلًا من خريجي المدارس الثانوية يتابعون تخصصهم الجامعي في مجالات (ستيم).

ومع أن 28% من طلاب الجامعات يلتحقون بتخصصات (ستيم) عند التسجيل، إلا أن نصفهم يغيرون هذه التخصصات أو يتركون الجامعة قبل التخرج (Chen & Soldner, 2013). وقد أكد مجلس العلوم الوطني أهمية التحاق الطلاب ذوي القدرات العالية بالمجالات العلمية، وقال إن التعليم العلمي الحقيقي في المدارس الثانوية قد يحفز الخريجين النابغين، ويعدُّهم لمتابعة دراستهم العلمية على مستوى الجامعة وما بعدها. في هذا الفصل، سوف نلخص العناصر الرئيسة لمنهج العلوم، ونناقش التعلم القائم على المشكلة؛ لكونها نماذج مثالية لتدريس العلوم في المرحلة الثانوية، إضافة إلى خيارات برامج الموهوبين التي تشمل المقررات العلمية المتقدمة، والمدارس الخاصة، والبرامج اللاصفية.

ومع أن 28% من طلاب الجامعات يلتحقون بتخصصات (ستيم) عند التسجيل، إلا أن نصفهم يغيرون هذه التخصصات أو يتركون الجامعة قبل التخرج (Chen & Soldner, 2013). وقد أكد مجلس العلوم الوطني أهمية التحاق الطلاب ذوي القدرات العالية بالمجالات العلمية، وقال إن التعليم العلمي الحقيقي في المدارس الثانوية قد يحفز الخريجين المتفوقين، ويعدُّهم لمتابعة دراستهم العلمية على مستوى الجامعة وما بعدها.

منهاج علوم للقرن الواحد والعشرين

ربطت فانتاسل - باسكا نموذج المنهج المتكامل بالحاجات الخاصة للطلاب الموهوبين، ويشمل المنهج الذي يُطوَّر بهذا النموذج محتوى متقدمًا، والعملية، والمنتج، وأبعاد المفهوم، ويساعد كل مكوِّن من مكونات النموذج على تلبية الحاجات الخاصة للطلاب الموهوبين، ويستجيب المحتوى المتقدم، مثل معايير الجيل الثاني للعلوم، ودروس التسكين المتقدم، للنضج التعليمي المبكر للطلاب الموهوبين. أما مكون العملية (المنتج)، فيستجيب لرغبة هؤلاء الطلاب الشديدة في التعلم عن طريق استخدام عمليات دقيقة مثل الطريقة العلمية لإنتاج منتجات حقيقية (مثل

عقد حلقة دراسية لعرض النتائج). أما الإدراك المفاهيمي فيعالج قدرة التفكير المعقدة للطلاب الموهوبين عن طريق تناول الأفكار الكبيرة مثل التطور والأنظمة والتغيير.

البنائية في درس علوم مرحلة ثانوية

يتطابق نموذج المنهج المتكامل بصورة جيدة مع إطار العمل الذي طرحه بروكس وبروكس (Brooks & Brooks, 1993) المؤلف من 12 نقطة عن غرف الصفوف البنائية، وهذا تلخيص لاستخدامها في دروس العلوم للمرحلة الثانوية:

1. شجّع الاستقلالية والمبادرة؛ إن وظائف العلوم من بين أكثر الوظائف مفتوحة النهايات، خصوصًا بالنسبة إلى أساتذة الجامعات والمبتكرين العلميين ورواد المشروعات، وهذا يتطلب تعزيز الدافعية الداخلية عند الطلاب، بدلًا من الهيمنة، وتعليمات الخطوة خطوة المفروضة.
2. استخدم المواد المادية والتفاعلية واليدوية؛ فالعمل اليدوي التجريبي ليس مهمًّا للأطفال فحسب، بل إن المراهقين والبالغين يتعلمون أفضل بهذه الطريقة، لذلك فمن المهم تعريض طلاب المرحلة الثانوية إلى خبرات لاستخدام مواد المختبر الأصيلة واستكشافها، ولمتابعة علوم الحياة في مجالات اهتماماتهم.
3. استخدم المصطلحات المعرفية؛ يتعين استخدام لغة العلم، وعدم تبسيطها للطلاب أبدًا؛ لأن طلاب الثانوية سوف يكونون مستعدين للجامعة والوظيفة أكثر إذا ما توافرت لهم الفرص لتعلم لغة العلم واستخدامها، وهذا أمر مهم بالنسبة إلى الطلاب الفقراء الذين قد لا يسمعون مثل هذه المصطلحات خارج أسوار المدرسة.
4. احتياجات الطلاب هي التي تحدد الدروس والإستراتيجيات والمحتوى، ومع أن معايير العلوم ومحتوى الاختبارات، مثل اختبارات التسكين المتقدم يمكن أن تولد محتوى الدرس، إلا أن بالإمكان منح الطلاب استقلالية أكبر في تحديد الكيفية التي يتعلمون بها، كما سنناقشها لاحقًا في التعلم القائم على المشروع والقائم على المشكلة، لذلك يجب تشجيع الطلاب إلى أقصى حد ممكن لاستكشاف مجالات المحتوى التي تهمهم.

5. المعلمون يكتشفون إدراك الطلاب للمفاهيم قبل مشاركتهم لفهمهم لها، وهذا يضع مسؤولية التعلم على عاتق الطلاب، ويتطلب تفكيرًا من الطلاب بدلًا من التلقي السلبي للمواد التي يقررها المعلم.
6. شجِّع الطلاب على المشاركة في النقاشات؛ في هذا النموذج، على المعلمين أن يمارسوا دور الموجهين، ويطرحوا الأسئلة لتوجيه النقاش، فإذا صمم أحد الطلاب تجربة غير منظمة مثلًا وفيها أخطاء، فيمكن للمعلم أن يطرح أسئلة موجهة لمساعدة الطالب على تبين الأخطاء بدلًا من ذكرها مباشرة.
7. شجِّع الاستقصاء عند الطالب؛ هذه النقطة تنسجم مع النقطة 4؛ حيث يمنح الطلاب الفرص لاستكشاف الموضوع باستقلالية كبيرة، ويمكن أن تثار أسئلة مناسبة لمزيد من الاستكشاف عن طريق إعادة التدقيق في المعلومات الموجودة باستخدام الإنترنت والمكتبة والمعرفة المتخصصة، وكذلك بوساطة التجريب إذا كانت المعلومات غير معروفة.
8. اطلب إسهابًا من الطلاب؛ على المعلمين ألا يقبلوا الأجوبة السطحية أو الضحلة، بل عليهم استخدام الأسئلة لتحفيز تفكير الطلاب وتعميقه. إن الإسهاب والاسترسال في الشرح والتفصيل مهارة مهمة في العلوم، بما في ذلك العملية الإبداعية، ولقد تراجع الإسهاب إلى درجة كبيرة أكثر من مجالات الإبداع الأخرى في ما عرف بأزمة الإبداع – إن التراجع الحاد في علامات اختبار الإبداع في العقدين الماضيين (Kim & Coxon, 2013) يتطلب الابتكار العلمي والمثابرة من أجل التوصل إلى حل نهائي ومنتج، فمشكلات الحياة العلمية الواقعية معقدة، ويجب أن تكون حلولها متعددة الأوجه ومفصلة.
9. اجعل الطلاب يمرون بخبرات يمكن أن تولد تناقضات، فالمشكلات العلمية الواقعية ليست واضحة وذات حلول جاهزة في الكتب، لذلك يجب أن تكون المسائل المعطاة في غرفة الصف غير منظمة؛ أي بمعنى أن تضم معلومات كثيرة بعضها غير مرتبط بالمسألة، ويجب أن توجد مسارات عدة للاستكشاف، ووسائل عدة للوصل إلى الحلول.
10. أعط وقت انتظار بعد طرح الأسئلة؛ لقد وجدت من خبرتي في التدريس أن هذه الطريقة صعبة جدًّا، وخاصة بالنسبة إلى المعلمين الجدد، ومع أن نموذج التدريس التقليدي يميل إلى الترديد السريع للأجوبة المحفوظة عن ظهر قلب، إلا أن الطريقة البنائية

تتطلب تفكيرًا عميقًا، وهذا يتطلب وقتًا، ومن المعلوم أن العلماء الناجحين يقضون وقتًا في التفكير في الأسئلة الصعبة قبل مواصلة العمل، وعلى الدروس في المرحلة الثانوية أن تكون على هذه الشاكلة.

11. أعط الطلاب وقتًا لبناء المعنى؛ كما شرحنا سابقًا، فإن الفهم يحتاج إلى وقت، وهو يعني أيضًا منح الطلاب الفرصة ليجربوا ويفشلوا من غير أن يؤثر ذلك في علاماتهم، فإذا ما صمم طالب تجربة -مثلًا- وفشلت في الإجابة عن سؤال البحث، فيجب إعطاء الطالب الفرصة لإجراء تعديلات، والمحاولة مرة أخرى. ولا شك في أن تعلم الصبر في مواجهة الفشل يعدّ مهارة حقيقية، فالعلماء يواصلون تجاربهم، ويتعلمون من التجارب الفاشلة، ويعدّلون كتابة النصوص ويعيدونها لتلبية متطلبات زملائهم الناقدين. ونحن نعرف من تجارب التاريخ أن محاولات الابتكار لم تكن كلها ناجحة؛ إذ يمكن رفض براءات الاختراع، بالإضافة إلى أن المشروعات الريادية لا تنجح دائمًا، لهذا فإن العلماء الناجحين يتعلمون من الفشل، ويتقدمون إلى الأمام. إن الجهد في مواجهة الفشل يحتاج إلى الوقت والفرص من أجل أن يتطور، والوقت نادرًا ما يتوافر في غرفة الصف التقليدية.

12. احتضن حب الاستطلاع الطبيعي عند الطلاب؛ لقد تعلمت من خبرتي في التدريس في المرحلة الابتدائية حتى الجامعة أن حب الاستطلاع يتراجع عند معظم الطلاب مع تقدمهم في العمر، فمن المعروف أن البشر فضوليون بطبيعتهم، ولكن يبدو أن غرفة الصف التقليدية تؤدي إلى قتل هذا الفضول بانتظام عن طريق تشجيع حفظ المعلومات المعروفة بدلاً من تشجيع اكتشاف المجهول. إن حب الاستطلاع أساسي بالنسبة إلى الإبداع والابتكار العلمي، فقد كان كبار العلماء، مثل أرسطو وغاليليو وآينشتاين، فضوليين وهم صغار، مثل معظم العلماء العظام الأحياء؛ لذلك قد يجد معلمو المرحلة الثانوية أن من الضروري إعادة تنشيط الفضول عند طلابهم اعتمادًا على خبرات الطلاب السابقة، ويمكن القيام بهذا عن طريق النمذجة، بما في ذلك التفكير بصوت عال من المعلم، وكذلك عن طريق الأساليب المذكورة لاحقًا في هذا الفصل.

أحرف C الأربعة

تتواءم غرفة الصف البنائية الموصوفة أعلاه ونموذج المنهج المتكامل مع تعلم القرن الواحد والعشرين؛ أي الإبداع (Creativity) والتفكير الناقد (Critical thinking) والتواصل (Communication) والتعاون (Collaboration)، وذلك لأن غرفة الصف البنائية توفر البيئة التعاونية، بينما يوفر نموذج المنهج المتكامل العمليات والمحتوى والتطور المفاهيمي الذي يعزز تقدم الطالب في التواصل والإبداع والتفكير الناقد. يعني التعاون في درس علوم القرن الواحد والعشرين للمرحلة الثانوية أن يعمل الطلاب معًا، ومع المعلم جنبًا إلى جنب، ومع طلاب آخرين بعيدين عنهم، ومع خبراء في الموضوع المطروح للدراسة.

أما التواصل فيعني التحدث والاستماع والقراءة والكتابة بصور متعددة، فتتطلب قراءة روايات الخيال وغيرها مثلًا مهارات مختلفة، أما الكتابة تحديدًا فمجموعة من المهارات التي ستميز فيها الدقة العالية الأفراد الناجحين مهنيًّا من الأفراد الطارئين على هذا المجال؛ فأن تكون مبدعًا بحق يتطلب إيجاد شيء جديد أو محسَّن له قيمة، وفي مجال العلوم، قد يكون هذا فكرة وراء منتج تقني سيتم تصميمه وهندسته لاحقًا، فيمكن -مثلًا- عدُّ الهواتف الذكية تحسينات إبداعية لنسخ الهواتف الجوالة القديمة التي احتاجت إلى تكامل من مجالات (ستيم) كلها المبنية على التفكير العلمي. أما التفكير الناقد فيعني تطبيق المعايير العقلية لتحسين جودة التفكير، وقد وصف كوكسون التفكير الناقد بأنه عملية دقيقة ضرورية لنجاح عمليات أخرى، فحتى تكون مبدعًا بحق، عليك -مثلًا- أن تكون دقيقًا في تحديد أي الأفكار التي تود تطويرها.

ومن المهم ملاحظة أنه لا يوجد جانب مهم في تعلم الطالب أكثر من المعلم، مع أن التقنية أصبحت فيها بؤرة الاهتمام مناقشة تعلم القرن الواحد والعشرين.

ونحن نقول إن من الطبيعي أن يتمكن الطلاب من الوصول إلى التقنية ذات العلاقة، وأن يتعلموا كيفية استخدامها بصفتها أدوات مساعدة على ممارسة العلوم والتواصل والتعاون وإجراء البحوث، وعمل منتجات من صنعهم لمشاركة الآخرين فيها، ومن حيث المبدأ، فإن مقررات العلوم ذات الجودة العالية المخصصة للطلاب ذوي القدرات العالية تدمج المنهج القوي في بيئة بنائية مع أحرف (C) الأربعة لنمذجة عمل العلماء المحترفين.

ومع ذلك، لن يستفيد الطلاب كثيرًا من التقنية المتطورة أو المنهج المنظم جيدًا بلا توجيه من معلم رائع. في بقية هذا الفصل، شرحنا أساليب التدريس وفقًا لهذا الفهم، وكذلك البرامج، مثل المدرسة الخاصة النموذجية، والبرامج اللاصفية التي تناسب هذه الأبعاد. إن هذه الأبعاد كلها في الحقيقة مهمة، لكن حجر الأساس في كل هذا هو المعلم الممتاز.

أساليب التدريس

بناء على هذا الفهم لغرفة صف العلوم في القرن الواحد والعشرين، فإن أكثر طريقتين قويتين لتدريس العلوم للمرحلة الثانوية هما التدريس المبني على المشروع، والتدريس المبني على المشكلة، وقد أورد كوتابيش وآخرون (Cotabish. Et. 2014) وصفًا موجزًا لهذين الأسلوبين، ويمكن وصف التعلم القائم على المشروع عمومًا بأنه أي مقرر يشمل إيجاد منتج، سواء أكان ملصق بحث أو نصًّا إلكترونيًّا، أما التعلم القائم على المشكلة فيمكن وصفة بأنه موضوع ما للتعلم المبني على المشروع يكون فيه المنتج النهائي نتيجة عمل الطلاب لإيجاد حل لمشكلة حياتية واقعية. وحتى يستطيع المعلمون تنفيذ المنهج بأسلوبي التدريس هذين، فيجب أن يخضعوا إلى تطوير مهني جذري، خاصة إذا كانوا سيعيدون كتابة المنهج ليكون قائمًا على المشكلة.

التعلم القائم على المشروع

يتعين أن يكون التعلم القائم على المشروع في درس العلوم للمرحلة الثانوية، مبنيًّا على العالم الواقعي والعلم الحديث، وأن يشمل جمهورًا لعرض المنتج عليه.

وهذان العاملان يجعلان العملية جاذبة أكثر للطلاب، ويمكن أن يكون المنتج النهائي مؤتمرًا علميًّا تعرض فيه أوراق البحث أو الملصقات على أولياء الأمور أو الطلاب الصغار أو أي مجموعة أخرى مهتمة بالموضوع، ويُنصح بأن يختار الطلاب لمنتج النهائي، وذلك لغايات تعزيز الدافعية، ولمحاكاة عمل العلماء المحترفين في القرن الواحد والعشرين، ومن المهم من وجهة نظر عملية أن يشتمل التعلم القائم على المشكلة أدوات فوق معرفية مثل الرسومات البيانية للتخطيط، وإعداد الجداول الزمنية، ويمكن أن يشارك الطلاب أيضًا في إعداد المصفوفات، وفي

تقييم نتاجاتهم، وهذا قد يساعد على تعزيز الدافعية الداخلية، وتحفيز الطبيعة الناقدة التي على العلماء أن يلاحظوا عملهم عن طريقها.

التعلم القائم على المشكلة

هذا النوع من التعلم هو تعلم قائم على المشروع، يعطى فيه الطلاب نص مشكلة واقعية غير منظمة، وعليهم أن يعملوا في فرق تعاونية، وأن يحددوا ما الذي يعرفوه، وما الذي عليهم أن يعرفوه، وكيف يخططون لإيجاد الحل باستخدام الموارد مثل الخبراء والعمليات، ومثل الطريقة العلمية والتفكير الناقد والبحث، وعلى الطلاب أن يجروا تجارب من تصميمهم لينخرطوا في العلوم مثل العلماء، وهذا فرق كبير عن الأعمال المخبرية الأخرى التي يطبق فيها الطلاب الخطوات التي يحددها المعلم. وقد أثبتت الدراسات التي تناولت وحدات التعلم القائمة على المشكلة في مستوى المرحلة الثانوية حدوث تحسُّن في تعلم الطلاب، وذلك عندما أجرت فانتاسل باسكا وآخرون بحثًا عن وحدات العلوم باستخدام نصوص المشكلات، فوجدوا تحسنًا كبيرًا في تعلم الطلاب، وخاصة في العملية العلمية. ويمكن إعادة ترتيب أي وحدة علوم وجعلها مبنية على المشكلة عن طريق وضع صيغة مشكلة عن الموضوع، وإعطاء الطلاب شيئًا من المعرفة السابقة، ثم منحهم الوقت الكافي للبحث، وبخاصة التجريب العلمي، والتوصل إلى منتجات نهائية تظهر تعلمهم.

ويمكن إعادة ترتيب أي وحدة علوم وجعلها مبنية على المشكلة عن طريق وضع صيغة مشكلة عن الموضوع، وإعطاء الطلاب شيئًا من المعرفة السابقة، ثم منحهم الوقت الكافي للبحث، وبخاصة التجريب العلمي، والتوصل إلى منتجات نهائية تظهر تعلمهم. ومن المهم أن يصمم المعلمون المنتجات والمشكلات لتكون متناسبة مع استعداد الطلاب، وأن يوفروا التعليم التدعيمي لتقديم تركيبة للمشكلة متناسبة مع مراحل قصيرة ضمن المشروعات الكبيرة.

ومن المهم أن يصمم المعلمون المنتجات والمشكلات لتكون متناسبة مع استعداد الطلاب، وأن يوفروا التعليم التدعيمي لتقديم تركيبة للمشكلة، متناسبة مع مراحل قصيرة ضمن المشروعات الكبيرة. وفي هذا السياق، توجد وحدات عدة، خصوصًا لطلاب المرحلة المتوسطة، من ضمنها تلك التي أعدها مركز تربية الموهوبين ونشرها كيندال هنت، مثل الحمض، والحمض

في كل مكان والمجتمعات الحيوانية. مثل هذا المنهج يجب أن يدرس ضمن سياقات مناسبة للطلاب الموهوبين.

خيارات البرامج

المقررات المتقدمة

غياب التدريس النوعي للعلوم في المرحلة الابتدائية هو الذي قيّد مستوى التحصيل الذي يحققه خريجو المدارس الثانوية والجامعات.

للتسريع أثر قوي في التحصل الأكاديمي للطلاب الموهوبين، ومثلما هي الحال مع الرياضيات، من المهم أن يبدأ الطلاب دراسة العلوم في مرحلة مبكرة، وأن يُسمح لهم بالتقدم بسرعة تناسب قدراتهم، وقد أثبتت دراسات نوفاك (Novak, 2005) الطولية على مدى عقود أن تدريس العلوم في المرحلة الابتدائية يؤدي إلى نتائج أفضل لطلاب الصف الثاني الثانوي، فالطلاب الذين يدرسون العلوم وهم في الصف الثاني يعرفون عن العلوم أكثر مما يعرفه الطلاب الذين يبدأون دراسة العلوم في المرحلة المتوسطة، ومع أن كل مدرسة ابتدائية تقريبًا تقول إنها تبدأ تدريس العلوم في بداية المرحلة الابتدائية، إلا أني لاحظت في جولاتي في عشرات المقاطعات في ثلاث ولايات أمريكية أن تدريس العلوم بانتظام وعلى يد معلمين لديهم معرفة علمية كافية نادرًا ما يبدأ قبل المرحلة المتوسطة، ووفقًا لدراسات نوفاك، يبدو من المحتمل أن غياب التدريس النوعي للعلوم في المرحلة الابتدائية قيّد مستوى التحصيل الذي يحققه خريجو المدارس الثانوية والجامعات. وعلى الرغم من هذا الوضع، إلا أنه توجد خيارات لكثير من الطلاب الأمريكيين لدراسة مقررات علوم متقدمة.

من هذه الخيارات مقررات التسكين المتقدم وبرنامج البكالوريا العالمي، وكلاهما يقدِّمان لطلاب المرحلة الثانوية خيارات في العلوم المتقدمة، أما استخدامات هذين البرنامجين فقد وصفها هيرتبيرج - ديفيز وكلاهان (Hertberg – Davis and Callahan, 2014) اللذان تتبعا نشأة فصول التسكين المتقدم لطلاب السنة الجامعية الأولى في خمسينيات القرن الماضي، وتشمل

دروس العلوم في التسكين المتقدم والفيزياء والكيمياء والأحياء وعلم البيئة، ويقدم طلاب المرحلة الثانوية اختبارًا في نهاية المقرر تقاس علاماته بمقياس علامات طلاب السنة الجامعية الأولى.

وربما تكون مقررات التسكين المتقدم أكثر نموذج شائع للتعليم المتقدم في المدارس الثانوية الأمريكية، وقد تقدم لامتحان التسكين المتقدم نحو مليوني طالب في العام 2011، وهذه الاختبارات صعبة إلى حد ما، وقد حصل 18% فقط من أولئك الطلاب على 3 نقاط أو أكثر، وهي العلامة المقبولة لدخول الجامعات، أما برنامج البكالوريا العالمية فقد اعتمد في ثمانينيات القرن الماضي ليكون برنامجًا تحضيريًّا للجامعة، وتُقدَّم هذه البرامج في مدارس مختارة، وقد توسعت لتشمل برامج للمدارس الابتدائية والمتوسطة، ويؤدي برنامج المرحلة الثانوية إلى حصول الطالب على دبلوم خاص، وقد التحق بهذا البرنامج أكثر من 2200 طالب ثانوي منذ العام 2011.

ومع ذلك، فإن فوائد التسكين المتقدم والبكالوريا العالمية بالنسبة إلى الطلاب الموهوبين والنابغين لا تزال موضوع خلاف، فقد توصل تحليل روجر (Roger, 2007) البعدي الذي شمل 22 دراسة عن التسكين المتقدم والبكالوريا العالمية إلى وجود حجم أثر ضئيل (ES = 0.29)، بالمقابل أظهرت 32 دراسة عن تخطي الصفوف وجود حجم أثر كبير (= 1)، وإذا حدث أن سُرِّعت مقررات التسكين المتقدم بسنة واحدة (التي يأخذ فيها طلاب الصف الثاني الثانوي عادة مقررات السنة الجامعية الأولى)، فإن حجم الأثر يجب أن يكون متشابهًا، ومع أن المعلمين والطلاب يقولون إنهم راضون عن المقررات والتدريس في مساقات التسكين المتقدم أكثر من رضاهم عن مقررات المرحلة الثانوية العادية، إلا إن بعض الباحثين (Scott, Tolson & Lee, 2010) توصلوا إلى وجود حجم أثر ذي دلالة (d = .80) في علامات الطلاب في الفصل الأول في جامعة تكساس بالنسبة إلى الطلاب الذين سبق لهم أن أخذوا دروس تسكين متقدم في المرحلة الثانوية، وقد وجد أن التسكين المتقدم والبكالوريا العالمية والتسجيل المزدوج جميعها مرتبطة بالنجاح في الجامعة، لكن علاقة الارتباط لا تعني السببية، فمن المحتمل أن مثل هذه المقررات تحسِّن من فرص نجاح الطالب، أو من المحتمل أن الطلاب الذين يمكن أن ينجحوا أكثر من غيرهم (مثل الطلاب ذوي القدرات العالية، أو الذين درسوا في مدارس أفضل أو الذين ينتمون إلى عائلات ذات مستوى اجتماعي - اقتصادي مرتفع) هم الأكثر احتمالًا للمشاركة في برامج المرحلة الثانوية؛ لذلك فإن توفير مساق متقدم في البكالوريا العالمية، أو دروس تسكين متقدم

مبكرة في المرحلة الثانوية قد تكون لها آثار إيجابية في التحصيل، أما التسجيل المزدوج، عندما يكون متاحًا في الكليات والجامعات القوية، فيعدُّ فرصة كبيرة لتعزيز التحصيل الأكاديمي للطلاب ذوي القدرات العالية، وتوفر المدارس الخاصة ميزة إضافية لجمع طلاب الصف المتشابهين في القدرات وفي العمر الزمني معًا.

المدارس الخاصة

تتمتع المدارس الخاصة بمزايا كثيرة بالنسبة إلى الطلاب الموهوبين: أكاديمية واجتماعية وعاطفية (Coleman & Cross, 2005). والمدارس الخاصة التي تركز على موضوعات (ستيم) للطلاب النابغين نادرة، لكنها مثالية، وعند توافرها، فإن هذه المدارس تكون عادة بمستوى المرحلة الثانوية فقط، وهي تسمح للطلاب ذوي القدرات العالية بمتابعة المجالات التي تستهويهم قبل مدة من التحاقهم بالجامعة. وإذا ما عممت هذه المدارس، فإن مدارس (ستيم) الخاصة للمرحلة الثانوية يمكن أن تساعد على زيادة عدد طلاب الجامعة الذين يواصلون دراستهم في تخصصات (ستيم).

إن أفضل مثال على هذا النوع من المدارس هو أكاديمية ألينوي للرياضيات والعلوم Illinois Mathematics & Science Academy (IMSA; 2014)، وهي مدرسة داخلية عامة يعتمد الدخول إليها على التنافس مقرها في مدينة شيكاغو، وقد أسس هذه المدرسة الحائز على جائزة نوبل ليون ليدرمان (Leon Lederman) في عام 1986، وتستوعب 650 طالبًا من الصف 10–12. وكما وصفنا سابقًا، فإن منهج هذه الأكاديمية قائم على المشروع والمشكلة مع ربط وثيق بالعالم الحقيقي، وتخصيص وقت للطلاب لمتابعة اهتماماتهم الأكاديمية، فقد وصف فنلي (Finley, 2013) مثلًا كيف صمم الطلاب ذراعًا آلية في أثناء الوقت الحر؛ عندما علموا أن مدير الأكاديمية مصاب بمرض التصلب العضلي الضموري أو مرض لوجيرنغ (Lou Gehrig). ويشارك الطلاب في هذه المدرسة بالبحوث مع علماء محترفين، ويعرضونها في المؤتمرات الوطنية، وقد حققت هذه الأكاديمية نتائج متميزة، حيث يواصل ثلثا خريجيها دراستهم الجامعية في تخصصات (ستيم) مقارنة مع 28% فقط من طلاب السنة الأولى الجامعية في عموم الولايات المتحدة، وقد اكتشف الطلاب نظامًا شمسيًّا جديدًا، وساعدوا على إنشاء شركات مثل بيبول

(PayPal) ويوتيوب، وتثبت هذه الأكاديمية كيف يمكن لسياق القدرات المتشابهة المترافق مع تعلم مبني على المشروع والمشكلة في بيئة بنائية مع معلمين ممتازين، أن يحقق أفضل النتاجات في العلوم لطلاب الثانوية ذوي القدرات العالية، ويمكن للأنشطة غير الصفية أن تسهم أيضًا في تعزيز مثل هذه البرامج المثالية، أو يمكن أن تكون بديلًا جزئيًّا في حال غياب هذه البرامج.

البرامج اللاصفية

يمكن للمسابقات العلمية والبرامج الصيفية والفرص المشابهة الأخرى تلبية الاحتياجات الدراسية والوجدانية لطلاب المرحلة الثانوية ذوي القدرات العالية إذا ما اختيرت بعناية؛ أي أن تشرك معلمين ماهرين، وتركز على اهتمامات الطلاب وجوانب قوتهم، ومن حيث المبدأ، فإن البرامج اللاصفية تكمل البرامج المدرسية المتميزة، لكن هذه البرامج هي كل ما يتوافر في معظم الأوقات لتلبية احتياجات الطلاب الموهوبين عندما تفشل المدارس في تقديم برامج تسريع في العلوم، وتتميز هذه البرامج بمنافع كثيرة للطلاب الموهوبين، بما في ذلك تطوير الموهبة العلمية وفرص التلمذة الحقيقية والمشكلات ذات النهايات المفتوحة، والتفكير من الرتبة العالية والواجبات الصعبة، وعدم تحديد سقف التميز وفرص العمل مع زملاء يتمتعون بالقدرة ذاتها.

تنظم جامعات ومدارس كثيرة برامج صيفية، وبرامج ما بعد انتهاء اليوم المدرسي، وعدد كبير من المسابقات العلمية والعالمية؛ لذلك حاول قدر الإمكان أن تبحث عن البرامج المخصصة للطلاب الموهوبين أو النابغين، فمركز جونز هوبكنز للشباب الموهوبين في مدينة بالتيمور يقدم مثلًا برامج في عدد من المجالات، منها العلوم، ودروس علوم على الإنترنت للطلاب حتى صف 12، لمزيد من التفاصيل، انظر: http://cty.jhu.edu/grade_by_grades9_12. وقد تعزز المسابقات الإبداع والدافعية، وتحسِّن مفهوم الذات، وتساعد الطلاب على وضع أهداف سامية، وتوجد مسابقات علمية مخصصة لطلاب المرحلة الثانوية، بما فيها أولمبياد العلوم، ومعرض إنتل العالمي للعلوم والهندسة، وجوائز علماء الطبيعة الصغار. أما مسابقات فيرست للروبوتات (FIRST Robotics) فيشترك فيها الطلاب من الصف 1–12 في مكونات (ستيم) كلها بصورة خاصة للعام 2014، وتشمل المسابقات مشكلة علمية واقعية تتعلق بالغرض الذي سيصمم

المشـاركون الإنسـان الآلـي ويبرمجونه لأدائه، فقـد حدث مثلًا في إحدى المسـابقات الماضية أن تعلم الطلاب عن اسـتخدامات الطاقة، فبرمجوا الإنسـان الآلي ليصنع حمامًا شمسـيًّا من الليغو على بيت من الليغو، ثم صمموا مشروعًا علميًّا لقياس استهلاك الكهرباء في بناية حقيقية، وأتبعوا ذلك ببحث عن إمكانية تحسـين اسـتخدامات الطاقة في ذلك الموقع. للقائمة الكاملة بالمعارض والمسـابقات العلميـة، زر موقـع http://www.sciencebuddies.org/science-fairprojects/sofair.shtml.

الخلاصة

مـن المهـم جدًّا أن يلتحق الطـلاب ذوو القدرات العالية بالميادين العلمية، وهذا يتطلب أن يكون تدريس العلوم جاذبًا للطلاب ولصيقًا بالعلم المهني؛ لذلك فإن صفوف العلوم البنائية التي تسـتخدم التعلم القائم على المشـروع والمشـكلة لتدريس العمليات العلمية والمحتوى والمفاهيم قـد تكـون النموذج الأمثل لتحقيـق هذه المهمة الحيويـة عندما يتولى ذلك معلمـون ماهرون؛ لهذا فإن تقديم برامج متقدمة للطلاب الموهوبين، بما في ذلك دروس التسـكين المبكرة، والمدارس الخاصـة، والبرامج اللاصفيـة، كلها خيارات تلبي احتياجات الطلاب الموهوبين من أجل الارتقاء بتطوير موهبتهم في العلوم.

توصيات رئيسة

1. ركِّز الموارد على العلوم، وشدِّد على جذب المعلمين الماهرين والاحتفاظ بهم.
2. وفِّر للطلاب الموهوبين برامج البكالوريا العالمية المسـرعة، ودروس التسريع المتقدم المبكـرة فـي المدرسـة الثانويـة، مع خيار التسـجيل المـزدوج في الجامعة فـي المرحلة الثانوية النهائية، وطالب بإنشاء مدارس (ستيم) خاصة في المناطق التي لا توجد فيها.
3. وفِّر تطويرًا مهنيًّا للمعلمين في التعلم القائم على المشروع والمشروع.
4. عند تطبيق التعلم المبني على المشكلة والمشروع، صمِّم المنتجات والمشكلات بحسب استعداد الطلاب، ووفِّر التعليم التدعيمي.

5. ابحث عن المسابقات العلمية والبرامج اللاصفية الأخرى للطلاب ذوي القدرات العالية في منطقتك.

أسئلة للنقاش

1. صف كيف تتطابق فصول العلوم في مدرستك مع إطار عمل بروكس وبروكس الوارد في الفصل المكون من 12 نقطة الخاص بغرف الصفوف البنائية، وحدِّد أهمية مجالات التحسين الرئيسة، واشرحها.
2. إذا كنت فعلًا تطبق التعلم القائم على المشروع أو المشكلة في صفك، صف خبراتك وجوانب التركيز من أجل التحسين، وإذا لم تكن تطبق أيًّا من الطريقتين، صف كيف يمكنك البدء باستخدام وحدة تدريس معينة.
3. ما خيارات المقررات المتقدمة المركزة على العلوم والأنشطة اللاصفية المتوافرة للطلاب في منطقتك؟ ما الأشياء الأخرى التي يمكن القيام بها لدعم تطوير الموهبة العلمية للطلاب في منطقتك؟ ضع قائمة بالأولويات وتوصية مفصلة، وارفعها الى صناع القرار في مدرستك.

المراجع

Brooks.J. G., & Brooks, M. G. (1993). *The case for Constructivist classrooms.* Alexandria, VA: ASCD.

Chen, X., & Soldner, M. (2013). *STEM attrition: College students' paths into and out of STEM fields statistical analysis report.* Institute for Educational Statistics: National Center for Educational Statistics. Retrieved from http://nces.ed.gov/pubs2014/2014001rev.pdf

Chetty, R., Friedman, J. N., Hilger, N., Saez., E., Schanzenbach, D. W., & Yagan, D. (2011). How does your kindergarten classroom affect your earnings? Evidence from Project Star. *The Quarterly Journal of Economics, 126*(4), 1593-1660.

Colangelo, N., Assouline, S., & Gross, M. (Eds.). (2004). *A nation deceived: How schools hold back America's brightest students.* Iowa City: University of Iowa, The Connie

Belin and Jacqueline N. Blank International Center for Gifted Education and Talent Development.

Coleman, L. J., & Cross, T. R. (2005). *Being gifted in school* (2nd ed.). Waco, TX: Prufrock Press.

Coxon, S. V. (2009). Challenging neglected spatially gifted students with FIRST LEGO League. In J. VanTassel-Baska (Ed.), *Addendum to leading change in gifted education.* Williamsburg, VA: Center for Gifted Education.

Coxon, S. V. (2014). Scientifically speaking: Nurturing student thinking isn't a frill: It's critical! *Teaching for High Potential, Summer,* 4.

Elder, L., & Paul, R. (2008). *Intellectual standards: The words that name them and the criteria that define them.* Berkeley, CA: The Foundation for Critical Thinking.

Finley, K. (2013, May 31). Hogwarts for hackers: Inside the science and tech school of tomorrow. *Wired*. Retrieved from http://www.wired. com/2013/05/hogwarts-for-hackers/

Hertberg-Davis, H., & Callahan, C. M. (2008). A narrow escape: Gifted students' perceptions of Advanced Placement and International Baccalaureate Programs. *Gifted Child Quarterly, 52,* 199-216.

Hertberg-Davis, H., & Callahan, C. M. (2014). Advanced Placement and International. Baccalaureate programs. In J. A. Plucker & C. M. Callahan (Eds.), *Critical issues and practices in gifted education* (pp. 47-64). Waco, TX: Prufrock Press.

Hertberg-Davis, H., Callahan, C. M., & Kyburg, R. M. (2006). *Advanced Placement and International Baccalaureate programs: A fit for gifted learners?* (RM06222). Storrs: University of Connecticut, The National Research Center on the Gifted and Talented.

Illinois Mathematics and Science Academy. (2014). *About IMSA*. Retrieved from https:// www.imsa.edu/discover

Kim, K. H., & Coxon, S. V. (2013). The creativity crisis, possible causes, and what schools can do about it. In J. B. Jones. & L. J. Flint (Eds.), *The creative imperative: School*

librarians and teachers cultivating curiosity together (pp. 53-70). Santa Barbara, CA: Libraries Unlimited.

Langdon, D, McKittrick, G., Beede, D., Khan, B., & Doms, M. (2011, July). *STEM: Good jobs now and for the future.* U.S. Department of Commerce Economics and Statistics Administration, Office of the Chief Economist, Issue Brief #03-11. Retrieved from http://www.esa.doc.gov/sites/default/ files/reports/documents/stemfinalyjuly14_1.pdf

National Academy of Sciences. (2007). *Rising above the gathering storm.* Washington, D.C.: National Academy Press. Retrieved from http://www. nap.edu/catalog.php?record_ id=11463

National Science Board. (2010). *Preparing the next generation of STEM innovators: Identifying and developing our nation's human capital.* Arlington, VA: National Science Foundation.

Novak, J. D. (2005). Results and implications of a 12-year longitudinal study of science concept learning. *Research in Science Education, 35*(1), 23-40.

Omdal, S. N., & Richards, M. R. E. (2008). Academic competitions. In Plucker, J. A. & Callahan, C. M. (Eds.), *Critcal issues and practices in gifted education,* (pp. 5-14). Waco, TX: Prufrock Press.

Ozturk, M. A., & Debelak, C. (2008). Affective benefits from academic competitions for middle school gifted students. *Gifted Child Today, 31*(2), 48-53.

Paul, R. (1992). *Critical thinking: What every person needs to survive in a rapidly changing world.* Berkeley, CA: The Foundation for Critical Thinking.

Rogers, K. B. (2007). Lessons learned about educating the gifted and talented: A synthesis of the research on educational practice. *Gifted Child Quarterly, 51*(4), 382-396.

Sanders, W. L., & Horn, S. P. (1998). Research findings from the Tennessee Value-Added Assessment System (TVAAS) Database: Implications for educational evaluation and research. *Journal of Personnel Evaluation in Education, 12*(3), 247-256.

Scott, T. P., Tolson, H., & Lee, Y-H. (2010). Assessment for Advanced Placement participation and university academic success in the first semester: Controlling for high school academic abilities. *Journal of College Admission, Summer, 208,* 27-30.

VanTassel-Baska, J. (1992). *Planning effective curriculum for gifted learners.* Denver, CO: Love Publishing.

VanTassel-Baska, J., Avery, L. D., Hughes, C. E., & Little, C. A. (2000). An evaluation of the implementation of curriculum innovation: The impact of William and Mary units on schools. *Journal for the Education of the Gifted, 23,* 244-272.

VanTassel-Baska, J., & Bass, G. (1998). A national study of science curriculum effectiveness with high ability learners. *Gifted Child Quarterly, 42*(4), 200-211.