

Giáo dục STEM/STEAM: từ tầm nhìn chiến lược đến thực tiễn triển khai trong hệ thống giáo dục phổ thông tại Hoa Kỳ

TS. Nguyễn Thành Hải

Viện Nghiên Cứu Giáo dục STEM, ĐH Missouri, Hoa Kỳ

Abstract

The Fourth Industrial Revolution of the twenty-first century has been a unique era of technological advances and spread of globalization that surpassed the events in previous decades. Recently, throughout the world, the Covid-19 pandemic is emerging as an urgent problem that needs groundbreaking solutions from science and industry. Educators around the world endeavour and make every effort to educate the next generation of students to become science literate and take interest in subjects such as science, technology, engineering, and mathematics (STEM) in the face of increased economic competitions. However, these subjects are not to be taught separately but to be integrated into a cohesive interdisciplinary approach. This approach connects among discrete disciplines and converges into an entity, known as STEM integration. Many jobs that are being taught now will become unnecessary tomorrow, so new educational models are needed to correspond to the changing paradigm of industrial production. Globally, interdisciplinary and transdisciplinary learning in schools has become an increasingly popular and growing area of interest for educational reform. Recently, many discussions about Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (STEAM), which is shifting educational paradigms toward art integration in STEM subjects. Many educators see STEAM as a way to engage students with interdisciplinary topics and to promote development professional skills within the school curriculum. This paper will provide an overview of STEM/STEAM education which has been proposed, studied, and implemented in the US K-12 educational system.

Tóm tắt:

Trong thế kỷ 21, sự tác động của khoa học công nghệ vào đời sống của con người ngày càng sâu sắc hơn bao giờ hết, cùng với sự toàn cầu hóa và làn sóng công nghiệp 4.0 đang khiến các quốc gia tìm lợi thế cạnh tranh trên nền tảng khoa học công nghệ cho mình. Đại dịch COVID-19 đang diễn ra trên khắp thế giới và cuộc chạy đua để tìm các giải pháp ứng phó vượt qua khủng hoảng là minh chứng cho thấy vai trò và sức mạnh của khoa học và công nghệ đối với thế giới chúng ta đang sống. Giáo dục vì thế cũng có những thay đổi quan trọng và cấp thiết trong cách tiếp cận để trang bị cho những thế hệ công dân mới. Một trong những cách tiếp cận mới có tính chiến lược đó là giúp cho học sinh có được những kiến thức tích hợp, đủ năng lực và kỹ năng về các môn khoa học (*Science*), công nghệ (*Technology*), kỹ thuật (*Engineering*) và toán (*Mathematics*)

(STEM) để giải quyết những vấn đề liên ngành (*interdisciplinary*) và xuyên ngành (*transdisciplinary*) phức tạp trong thế giới mới. Khái niệm giáo dục STEM đã ra đời tại Hoa Kỳ những năm đầu thế kỷ 21 và ngày càng trở nên quan trọng trong hệ thống giáo dục phổ thông và đại học tại nhiều quốc gia trên thế giới. Giáo dục STEM không chỉ dừng ở việc tạo ra các cơ hội cho học sinh được thực hành, trải nghiệm thực tế nhiều hơn so với trước, mà quan trọng hơn đó là đánh thức và nuôi dưỡng tư duy sáng tạo, kỹ năng giải quyết vấn đề dựa trên nền tảng ứng dụng khoa học công nghệ. Gần đây, giáo dục STEM đã có sự kết hợp với các môn nghệ thuật (Arts) tạo thành STEAM được xem là một xu hướng mới trong giáo dục hiện đại. Bài tham luận trình bày khái quát về những chính sách, nghiên cứu giáo dục STEM/STEAM và thực tiễn triển khai trong hệ thống giáo dục phổ thông tại Hoa Kỳ.

1. GIÁO DỤC STEM LÀ GÌ? (WHAT)

Lịch sử ra đời của khái niệm giáo dục STEM:

Trong các hội nghị giáo dục STEM thường niên tại Mỹ mà tôi có dịp tham dự, mọi người thường hay nhắc lại lịch sử ra đời chữ STEM. Đó là một tình huống khá hài hước. Vào những năm 1990, quỹ nghiên cứu quốc gia Mỹ (NSF) có các chương trình hỗ trợ cho các nhóm ngành Khoa học (Science), Toán (Mathematics), Kỹ thuật (Engineering) và Công nghệ (Technology). Vì phải viết lặp lại nhiều lần, nên người soạn thảo văn bản phải viết tắt thành SMET. Trong một buổi báo cáo giới thiệu về chương trình, nhân viên NSF đọc SMET nghe âm gần giống chữ smut (nghĩa là vết nhò, bệnh than) nghe kỳ quá, nên mọi người đề nghị nên sắp xếp lại trật tự các chữ, và viết SMET thành STEM. Đến năm 2001, việc sử dụng thuật ngữ STEM được NSF chính thức giới thiệu bởi Judith Ramaley, người lúc đó là giám đốc NSF¹. Mặc dù vậy chữ này cũng dễ bị lẫn lộn với chữ viết thường stem trong stem cell (tế bào gốc), nên mọi người đề nghị viết STEM phải đi kèm với các thuật ngữ theo nó, như STEM education, STEM fields, STEM careers. Về sau giáo dục STEM được tập trung nhiều, đi từ K-12 (chương trình phổ thông) cho đến K-16 (chương trình đại học).

Nền tảng của giáo dục STEM chính là giáo dục khoa học (Science education). Chính giáo dục khoa học là lĩnh vực đề xuất ra các chương trình giáo dục STEM hiện nay². Tại Mỹ, giáo dục khoa học được xem là ngành khoa học nghiên cứu cơ bản và nền tảng giúp đẩy mạnh nền khoa học từ gốc rễ là con người thông qua đào tạo giáo viên dạy khoa học và xây dựng các chương trình giáo dục từ chính quy (formal) và không chính quy (informal) bắt đầu các chương trình giáo dục mầm non đến bậc đại học, từ gia đình đến các hoạt động giáo dục khoa học ngoài xã

¹ Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.

² National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. National Academies Press.

hội³. Tổ chức uy tín nhất hiện nay trong lĩnh giáo dục khoa học trên thế giới là Hiệp hội các giáo viên dạy khoa học quốc gia Mỹ (National Science Teachers Association - NSTA) được thành lập năm 1944, đã đề xuất ra khái niệm giáo dục STEM (STEM education) với cách định nghĩa ban đầu như sau:

“STEM education is an interdisciplinary approach to learning where rigorous academic concepts are coupled with real-world lessons as students apply science, technology, engineering, and mathematics in contexts that make connections between school, community, work, and the global enterprise enabling the development of STEM literacy and with it the ability to compete in the new economy. (Tsupros, Kohler, & Hallinen, 2009)⁴

Tạm dịch:

“Giáo dục STEM là một cách tiếp cận liên ngành trong quá trình học, trong đó các khái niệm học thuật mang tính nguyên tắc được lồng ghép với các bài học trong thế giới thực, ở đó các học sinh áp dụng các kiến thức trong khoa học, công nghệ, kỹ thuật và toán vào trong các bối cảnh cụ thể, giúp kết nối giữa trường học, cộng đồng, nơi làm việc và các tổ chức toàn cầu, để từ đó phát triển các năng lực trong lĩnh vực STEM và cùng với đó có thể cạnh tranh trong nền kinh tế mới”.

Từ cách định nghĩa trên, có 3 đặc điểm quan trọng khi nói về giáo dục STEM:

1. **Cách tiếp cận liên ngành.** Xin lưu ý “liên ngành” khác với “đa ngành”. Mặc dù cũng là có nhiều ngành, nhiều lĩnh vực như “liên ngành” thể hiện sự kết nối và bổ trợ lẫn nhau trong các ngành⁵. Do vậy, nếu một chương trình học, một trường học chỉ có nhiều môn, nhiều giáo viên dạy các ngành khác nhau mà không có sự kết nối và bổ trợ lẫn nhau thì chưa được gọi là giáo dục STEM.
2. **Lồng ghép với các bài học trong thế giới thực.** Đó là thể hiện tính thực tiễn và tính ứng dụng kiến thức trong giải quyết các vấn đề của thực tế. Ở đây, không còn rào cản của việc học kiến thức lý thuyết với ứng dụng. Do vậy, các chương trình giáo dục STEM nhất thiết phải hướng đến các hoạt động thực hành và vận dụng kiến thức để tạo ra sản phẩm hoặc giải quyết các vấn đề của thực tế cuộc sống.
3. **Kết nối với cộng đồng tại địa phương và toàn cầu.** Đó là kỷ nguyên của thế giới phẳng, sự liên lạc giữa các các nhân dễ dàng hơn, những vấn đề được dạy được kết nối với các vấn đề của địa phương và của cả toàn cầu khi làn sóng công nghiệp 4.0 đang diễn

³ Basham, J. D., Israel, M., & Maynard, K. (2010). An ecological model of STEM education: Operationalizing STEM for all. *Journal of Special Education Technology*, 25(3), 9-19.

⁴ Tsupros, N., Kohler, R., and Hallinen, J. (2009). STEM education: A project to identify the missing components, Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania.

⁵ Clark, B., & Button, C. (2011). Sustainability transdisciplinary education model: interface of arts, science, and community (STEM). *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 12(1), 41-54

ra khắp mọi nơi⁶. Do vậy, quá trình giáo dục STEM không chỉ hướng đến vấn đề cụ thể của địa phương mà phải đặt trong mối liên hệ với bối cảnh kinh tế toàn cầu và các xu hướng chung của thế giới. Ví dụ: biến đổi khí hậu, năng lượng tái tạo, an ninh lương thực, nguồn nước ngọt cho con người... Trong bài phát biểu ra trường tại ĐH Harvard năm 2017, Mark Zuckerberg cũng đã nói về sự quan trọng của kết nối toàn cầu. rằng: *“Progress now requires humanity coming together not just as cities or nations, but also as a global community...By increasing the diversity of our ideas and strengthening our common understanding, our community can have the greatest positive impact on the world... This is not a battle of nations, this is a battle of ideas”*. Tạm dịch: “Sự tiến bộ giờ đây cần cả yếu tố nhân văn đi chung, chứ không chỉ là giữa các thành phố hay các quốc gia, mà đó là một cộng đồng toàn cầu....Bằng việc gia tăng sự đa dạng trong các ý tưởng của chúng ta và làm sâu sắc hơn sự hiểu biết chung, cộng đồng của chúng ta có thể mang lại một ảnh hưởng lớn nhất đối với thế giới...thật sự đó không phải là cuộc chiến giữa các quốc gia, đó là cuộc chiến giữa các ý tưởng”.

Như vậy, cách định nghĩa về giáo dục STEM nói đến một cách tiếp cận liên ngành, liên môn học trong một chương trình đào tạo, cụ thể phải có bốn lĩnh vực: Khoa học, công nghệ, kỹ thuật và toán. Giáo dục STEM giúp học sinh nhận thấy được tầm quan trọng của kiến thức các môn khoa học, toán và công nghệ và hướng đến sự vận dụng kỹ thuật trong việc giải quyết các vấn đề. Giáo dục STEM tại Mỹ khá đa dạng và được dạy theo chủ đề. Không chỉ có hoạt động dạy làm robot mới được xem là giáo dục STEM. Ngay những trẻ em mẫu giáo, tiểu học cũng đã được học các chương trình tích hợp STEM, ví dụ như thông qua các trò chơi làm mô hình núi lửa, làm bong bóng bay, làm chong chóng quay... Mặc dù chỉ là các trò chơi đơn giản, nhưng được xây dựng và tổ chức có hệ thống và có sự kết nối các nhóm kiến thức với nhau. Mục đích chính của các chương trình giáo dục STEM không phải để đào tạo ra các nhà khoa học, nhà toán học, kỹ sư mà chính là nằm ở truyền cảm hứng trong học tập, thấy được mối liên hệ giữa các kiến thức (nhất là kiến thức khoa học và toán), và nhận thức được tầm quan trọng của các kiến thức STEM ảnh hưởng đến thế giới và sự phát triển của xã hội thực tại và trong tương lai. Ngoài ra, các kỹ năng thực hành khoa học và kỹ thuật (Science and Engineering practices) cũng góp phần quan trọng trong việc vận dụng các kiến thức được học trong việc giải quyết vấn đề và tạo thành sản phẩm. Ở Mỹ giáo dục tích hợp STEM ở bậc phổ thông không phải để đào tạo học sinh theo chuyên ngành hẹp từ sớm, mà chính là hướng đến một chất lượng của sự nhận thức và hiểu biết trong lĩnh vực STEM, gọi là STEM literacy (tạm dịch là năng lực STEM phổ thông)⁷.

⁶ Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239.

⁷ (Trong ngôn ngữ, literacy được hiểu là kỹ năng đọc viết, nghĩa là có thể sử dụng được, ở đây STEM literacy được hiểu theo nghĩa rộng là khả năng vừa hiểu và vận dụng các kiến thức phổ thông trong bốn lĩnh vực STEM. Một số tác giả Việt Nam dịch literacy là kỹ năng là chưa rõ nghĩa và thiếu chuẩn xác)



Hình 1. Diễn đàn và triển lãm giáo dục STEM do Hiệp hội giáo viên khoa học Hoa Kỳ (NSTA) được tổ chức hàng năm, được xem là sự kiện lớn nhất trong ngành, quy tụ hơn 20 ngàn các nhà giáo dục, sư phạm và chuyên gia trong lĩnh vực giáo dục STEM trên khắp thế giới.

2. TẠI SAO GIÁO DỤC STEM LẠI QUAN TRỌNG? (WHY)

Giáo dục STEM quan trọng vì nền kinh tế tương lai của các quốc gia, sự thịnh vượng chung của nhân loại phụ thuộc vào rất nhiều sự tiến bộ và phát triển của khoa học, công nghệ, kỹ thuật và toán học, trong tiếng Anh người ta thường gọi là “economic driver”. Các lĩnh vực như nông nghiệp, thực phẩm, chăm sóc sức khỏe, sản xuất hàng hóa, trao đổi thông tin chắc chắn không thể không thiếu được trong một cuộc sống xã hội con người ngày nay. Mặc dù, điều đó đã là quan trọng từ hàng thế kỷ nay, nhưng tại sao bây giờ chúng ta lại phải tiếp tục nói về nó? Bởi vì, nhu cầu về việc làm hiện nay trong các ngành này đang tăng cao, và dự báo tiếp tục tăng trong hàng chục năm tới. Một thực tế rõ ràng, đó là ở Mỹ những công việc trong các lĩnh vực STEM đang được trả lương trung bình cao hơn các lĩnh vực khác⁸.

⁸ Xue, Y., & Larson, R. C. (2015). STEM crisis or STEM surplus? Yes and yes. *Monthly labor review*, 2015.

Cách mạng công nghiệp lần thứ tư đang diễn ra thông qua hàng loạt các phát minh và sự phát triển nhảy vọt trong các lĩnh vực như: Internet vạn vật (IoT), trí tuệ nhân tạo (AI), thực tế ảo (VR), tương tác thực tại ảo (AR), mạng xã hội (Social), di động (Mobile), phân tích dữ liệu lớn (analytics of big data) và điện toán đám mây (Cloud) (viết tắt thành SMAC)... để chuyển hóa phần lớn thông tin thế giới thực thành thế giới số. Cụm từ công nghiệp 4.0 (Industrie 4.0 - theo tiếng Đức) được thủ tướng Đức Angela Merkel nhắc đến trong Diễn đàn kinh tế thế giới tại Davos tháng 1/2015. Cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 đang tác động mạnh mẽ trên nhiều lĩnh vực và nhiều quốc gia⁹. Trong tương lai có nhiều việc làm chân tay sẽ không còn nữa, được thay thế bằng robot, nhưng cũng sẽ có những ngành nghề mới ra đời với ứng dụng mới mẻ của kỹ thuật số mà chúng ta vẫn chưa hình dung hết được, chẳng hạn như nghề bác sĩ cho robot. Trong đó, ngành công nghiệp chế tạo vẫn tiếp tục đóng vai trò chủ đạo cho sự phát triển kinh tế của toàn cầu. Hơn 90% các đầu tư trong lĩnh vực nghiên cứu và phát triển nằm ở lĩnh vực chế tạo¹⁰. Dự kiến trong 15 năm tới, mức tiêu thụ hàng hoá toàn cầu sẽ tăng gấp đôi, đạt 64 nghìn tỉ USD, dẫn đến nhu cầu về các hàng hoá và dịch vụ ngày càng cao¹¹. Xuất phát từ những thay đổi trong nền kinh tế, các kỹ năng của người lao động cũng đòi hỏi phải thay đổi để đáp ứng cho phù hợp¹².

Trong xu hướng của cách mạng công nghiệp 4.0, nguồn lao động chất lượng cao không chỉ cần có kiến thức chuyên ngành mà đòi hỏi có sự hiểu biết của liên ngành (interdisciplinary)¹³. Ngoài ra các kỹ năng sử dụng kiến thức để giải quyết vấn đề, tạo sản phẩm sáng tạo và làm việc nhóm ngày càng được đề cao. Trong khi đó, ảnh hưởng của khoa học, công nghệ, đặc biệt công nghệ thông tin dần chiếm ưu thế trên mọi mặt của đời sống. Giáo dục STEM là một hướng tiếp cận mới giúp trang bị cho học sinh những kiến thức cần thiết liên quan đến 4 lĩnh vực là khoa học (Science), công nghệ (Technology), kỹ thuật (Engineering) và toán (Mathematics). Các kiến thức và kỹ năng này gọi là năng lực STEM (STEM literacy). Điểm nổi bật của STEM là kết nối, liên hệ thông tin giữa các lĩnh vực vào trong thực tế cuộc sống.

⁹ Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or hype?[industry forum]. *IEEE industrial electronics magazine*, 8(2), 56-58.

¹⁰ The McKinsey Global Institute (MGI) - 2012

¹¹ <https://hbr.org/2015/10/the-future-and-how-to-survive-it>

¹² Davies, A., Fidler, D., & Gorbis, M. (2011). Future work skills 2020. *Institute for the Future for University of Phoenix Research Institute*, 540.

¹³ Borrego, M., & Newswander, L. K. (2010). Definitions of interdisciplinary research: Toward graduate-level interdisciplinary learning outcomes. *The Review of Higher Education*, 34(1), 61-84.

Đạo luật “America COMPETES” năm 2007 (America COMPETES Act) được Quốc hội Hoa Kỳ thông qua nhằm về thúc đẩy Khoa học, Công nghệ và Giáo dục của Hoa Kỳ (America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act). Tổng thống Barack Obama năm 2010 đã có bài phát biểu nhấn mạnh tầm quan trọng cần đẩy mạnh giáo dục STEM ở các trường phổ thông để tạo ra một thế hệ lãnh đạo toàn cầu trong sự phát triển của nền kinh tế trong thế kỷ 21. Theo các báo cáo mới nhất của Hội đồng giáo dục Hoa Kỳ (Education Commission of the States - ECS), từ năm 2017 đến năm 2027, tỉ lệ việc làm trong nhóm ngành STEM tăng 13%, trong khi đó các nhóm ngành không phải STEM chỉ tăng 9%. Ngoài ra, 93% các công việc trong ngành STEM cũng có mức lương cao hơn mức trung bình của các ngành nghề. Chính vì lẽ đó, hiệp hội các nhà khoa học cấp tiến Mỹ (AAAS) ngay sau đó đã đề ra chiến lược nghiên cứu và phát triển giáo dục STEM hướng đến mục tiêu năm 2061 (Project2061) để toàn dân Mỹ đều có năng lực và hiểu biết về STEM mang tính phổ quát (STEM literacy). Cùng chính phủ, các tổ chức và doanh nghiệp xã hội đều có nhiều chương trình tài trợ và đầu tư chú trọng vào cải cách giáo dục STEM từ mầm non (kindergarten) đến sau tiến sĩ (postdoctoral) trên khắp nước Mỹ trong suốt một thập niên qua. Trong đó có thể kể đến các quỹ nghiên cứu lớn như National Science Foundation (NSF), Project Lead the Way (PLTW), National Aeronautics and Space Administration (NASA), Viện sức khỏe quốc gia (NIH) dành rất nhiều tiền cho xây dựng các chương trình giáo dục và đào tạo giáo viên.

Quá trình dạy và học liên ngành (interdisciplinary) sẽ trở thành đặc trưng của xu hướng giáo dục tương lai, trong đó sẽ có những ngành nghề cũ mất đi, và sẽ có những ngành nghề mới ra đời. Quá trình dạy và học STEM cũng cần linh hoạt và đặt trong một hệ sinh thái học tập STEM (STEM learning ecosystem) đa dạng và gắn liền với bối cảnh phát triển của kinh tế - xã hội.

3. GIÁO DỤC STEM ĐƯỢC TRIỂN KHAI TẠI HOA KỲ NHƯ THẾ NÀO ? (HOW)

Dạy học chú trọng trải nghiệm thực hành (hands-on)

Các lớp học STEM luôn chú trọng các kỹ năng thực hành và trải nghiệm thực tế (trong tiếng Anh gọi chung đó là Hands-on). Để giúp học sinh có thể có được những trải nghiệm thực tế, trước hết, các lớp học STEM phổ thông tại Mỹ được trang bị đầy đủ các thiết bị và nguồn tài nguyên học tập để học sinh có thể tự tiến hành các thí nghiệm hoặc các lớp học được tổ chức ở ngoài lớp học như đi tham quan sở thú, thăm viện bảo tàng.... Thông qua hoạt động thí nghiệm, học sinh rèn luyện kỹ năng quan sát, lấy số liệu và ghi chép.



Hình 2. Các em học sinh lớp 3 đang tiến hành khảo sát thí nghiệm về tính thấm hút của các vật liệu khác nhau. Thông qua thí nghiệm này, giáo viên gợi mở các câu hỏi giúp học sinh quan sát, thu thập số liệu và tập tranh luận (argumentation) về các giả thiết ban đầu.

Luôn bắt đầu bằng những mục tiêu học tập cụ thể

Trước khi bắt đầu vào việc soạn bài dạy STEM, các giáo viên ở Mỹ luôn xác định những kết quả học tập mong muốn học sinh của mình đạt được sau khi kết thúc buổi học hoặc một chương trình học. Những mục tiêu đó thường được dựa trên một bộ tiêu chuẩn trong giáo dục khoa học theo từng bang hoặc theo hệ thống tiêu chuẩn chung của liên bang. Việc xây dựng các mục tiêu học tập dựa trên các tiêu chuẩn này giúp cho các bài soạn STEM của các giáo viên ở Mỹ có tính hệ thống chặt chẽ rất cao, đảm bảo được tính kế thừa từ các bài học trước đó, cũng như giúp học sinh đạt được những kết quả mới tốt hơn.

Ví dụ: theo tiêu chuẩn NGSS, một trong những mục tiêu học tập dành cho trình độ mẫu giáo đến lớp 2 đó là học sinh thực hiện khảo sát có tính khoa học để tìm ra những bằng chứng chứng minh sự dao động của các vật liệu giúp tạo ra âm thanh và ngược lại âm thanh cũng làm cho các vật liệu khác dao động. Dựa vào tiêu chuẩn này, giáo viên có thể đặt ra những mục tiêu học tập đa

dạng khác nhau phù hợp với bối cảnh cụ thể của lớp học. Giáo viên có thể đặt mục tiêu học sinh thiết kế thiết bị truyền âm, hoặc quan sát sự dao động của nước dưới tác động của âm thanh.



Hình 3. Các học sinh trong giờ học STEM luôn được khuyến khích vận dụng các kỹ năng thực hành khoa học và kỹ thuật (Science and Engineering Practices) nên không gia lớp học khá linh hoạt cho các hoạt động học tập đa dạng của học sinh.

Xây dựng bài học dựa trên những tình huống thực tế cuộc sống

Những câu chuyện hoặc những vấn đề xảy ra trong thực tế luôn được các giáo viên chọn lọc và đưa vào trong các bài học STEM. Chẳng hạn, hiện tượng hố tử thần xuất hiện ở các thành phố lớn được đưa vào bài học cấu trúc bề mặt trái đất và các mạch nước ngầm. Hoặc câu chuyện NASA phóng tàu thám hiểm vũ trụ lên sao hỏa cũng được giáo viên đưa vào bài học về sự sống. Thông thường, các tình huống thực tế ấy được các giáo viên chọn lọc từ các tin tức thời sự hoặc phim tài liệu khoa học. Nhờ đó, học sinh cảm thấy những bài học trở nên sinh động và gắn liền với những câu chuyện hằng ngày mà học sinh thường nghe nói đến. Ngoài ra, các bài học còn giới thiệu những hoạt động thực tế từ các xưởng sản xuất (makerspace) và các chỗ làm việc

(workplace) trong các ngành nghề liên quan đến khoa học và công nghệ. Điều này giúp cho các học sinh dễ dàng hình dung hơn các công việc, ngành nghề tương lai.



Hình 4. Các em học sinh lớp 5 đang thực hành thiết kế mô hình robot đi trên sao hỏa để thu thập các dữ liệu, các tình huống học tập được lấy cảm hứng từ câu chuyện thực tế trong chương trình khám phá Sao Hỏa của NASA 2020 (Mars 2020 Perseverance Rover).

Sắp xếp các bài học thành những dự án học tập (project-based learning)

Trong các bài soạn STEM, thông thường các giáo viên lồng ghép với các dự án học tập. Các dự án thường kéo dài vài buổi học trong đó yêu cầu các học sinh làm việc theo nhóm hoặc làm việc cá nhân, trên cơ sở vận dụng kiến thức của các bài học đa ngành (Multidisciplinary Project-Based Learning - MPBL) hoặc liên ngành (Interdisciplinary/Transdisciplinary Project-Based Learning - I/TPBL) để cùng tạo một sản phẩm gắn liền với thực tế^{14,15}. Chẳng hạn, các bài học về thực vật được phát triển thành dự án trồng cây không dùng đất, hay dự án thu thập các mẫu lá. Tùy theo trình độ của lớp học mà các dự án có thể đi từ đơn giản, thực hiện tại lớp học

¹⁴ Basham, J. D., Israel, M., & Maynard, K. (2010). An ecological model of STEM education: Operationalizing STEM for all. *Journal of Special Education Technology*, 25(3), 9-19.

¹⁵ Clark, B., & Button, C. (2011). Sustainability transdisciplinary education model: interface of arts, science, and community (STEM). *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 12(1), 41-54.

hoặc tại nhà, đến những dự án phức tạp, đòi hỏi phải đi thực tế hoặc tìm hiểu các nguồn dữ liệu từ trên mạng hoặc tại các thư viện, bảo tàng¹⁶.



Hình 5. Bắt đầu mỗi dự án, các học sinh được sử dụng iPad để tra cứu và tìm hiểu vấn đề. Trong quá trình tra cứu, giáo viên luôn có các bộ câu hỏi hướng dẫn cho các học sinh thảo luận theo nhóm.

Xây dựng quy trình học tập phù hợp với mục tiêu bài học

Có rất nhiều cách để xây dựng bài học, một trong những cách khá phổ biến mà các giáo viên dạy STEM ở Mỹ thường chọn đó là mô hình dạy học 5E, viết tắt của 5 bước: Gắn kết (Engage), Khám phá (Explore), Diễn giải (Explain), Củng cố (Elaborate), Đánh giá (Evaluate). Mô hình dạy học 5E trở thành một công cụ hiệu hữu hiệu giúp cho cho cả người học và người dạy đều cảm thấy bài học có tính hệ thống, liền mạch, có cơ hội phát triển theo tâm lý thích được tự khám phá và kiến tạo kiến thức. Quy trình dạy học này giúp giáo viên giảm được thời lượng

¹⁶ Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (Eds.). (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Springer Science & Business Media

dạy quá nhiều lý thuyết mà thay vào đó, tạo ra các hoạt động thực hành và khám phá. Ngoài ra, theo mô hình dạy 5E này, học sinh từng bước khám phá kiến thức mới dựa trên các kiến thức đã biết trước đó, có thể cá nhân hóa quá trình học của mình, tạo được sự gắn kết với quá trình học hơn. Gần đây, mô hình 5E còn được mở rộng thành 6E (thêm yếu tố công nghệ - Engineering) và 7E (thêm yếu tố Khơi gợi - Elicit, và Mở rộng Extend) tùy theo đặc thù của từng buổi học. Mặc dù vậy, mô hình cốt lõi 5E vẫn được vận dụng phổ biến nhất.

Thúc đẩy kỹ năng thực hành qua quy trình thiết kế kỹ thuật (Engineering Design Process)

Với những bài học cần tích hợp các kỹ năng vận dụng kiến thức khoa học vào giải quyết các vấn đề mang tính kỹ thuật và công nghệ, thông thường giáo viên soạn bài học dựa trên quy trình thiết kế công nghệ. Quy trình này bắt đầu từ việc học sinh nêu ra các vấn đề, sau đó đề xuất các giải pháp dựa trên trí tưởng tượng và kiến thức đã học. Tiếp theo học sinh phải xây dựng một kế hoạch để có thể triển khai ý tưởng. Sau khi đã có kế hoạch chi tiết, học sinh bắt tay vào việc thực hiện ý tưởng với việc vận dụng và rèn luyện các kỹ năng thực hành, thiết kế. Sản phẩm tạo ra sẽ được kiểm tra và đánh giá. Nếu phát hiện sự cố hoặc chưa hoàn thiện, học sinh có thể điều chỉnh hoặc gia cố lại. Cuối cùng, học sinh sẽ có cơ hội chia sẻ thành quả của mình với bạn bè hoặc cộng đồng. Dựa trên phản hồi của cộng đồng, các vấn đề mới lại nảy sinh và quy trình lại tiếp tục lặp lại. Việc dạy học theo quy trình thiết kế công nghệ không chỉ giúp học sinh thực hành những kỹ năng giống như những kỹ sư thực thụ trong các bộ phận làm nghiên cứu và phát triển sản phẩm, mà quan trọng hơn đó là giúp cho học sinh cảm thấy tự tin hơn vào bản thân khi tự mình có thể giải quyết được những vấn đề thay vì trông chờ vào một giải pháp có sẵn từ các giáo viên¹⁷.

Gắn các bài học với việc đọc sách và tra cứu

Trong các bài soạn STEM, giáo viên Mỹ thường liên hệ và giới thiệu rất nhiều loại sách tham khảo khác nhau. Đối với học sinh tiểu học, thường là các loại sách tranh ảnh, truyện kể với các hình ảnh minh họa sinh động^[5], không chỉ giúp học sinh dễ hình dung về những khái niệm trừu tượng, những hiện tượng hay sự vật mà mắt thường không nhìn thấy được, mà còn giúp cho các em cơ hội tăng vốn từ vựng để diễn đạt và hình thành tư duy khoa học. Đối với các học sinh ở trình độ trung học, các thể loại sách tham khảo cả phi hư cấu (non-fiction) và hư cấu (fiction) gắn liền với chủ đề bài học đều được khuyến khích đọc thêm, giúp học sinh mở rộng kiến thức chuyên ngành và phát triển kỹ năng đọc hiểu và kỹ năng viết về sau¹⁸. Hầu hết các trường học tại Mỹ đều có thư viện rất lớn và có hệ thống mượn sách ebook liên thông giữa các thư viện. Đây cũng chính là một trong những điểm nổi bật của các chương trình giáo dục STEM tại Mỹ.

¹⁷ Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (Eds.). (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Springer Science & Business Media

¹⁸ Lefever-Davis, S., & Pearman, C. J. (2015). Reading, Writing and Relevancy: Integrating 3R's into STEM. *The Open Communication Journal*, 9(1)

Bên cạnh các hoạt động thực hành, các học sinh còn được khuyến khích sự tranh luận và phản biện để phát triển tư duy bậc cao, gồm có tổng hợp, phân tích, phản biện, sáng tạo để làm sâu sắc hơn về những trải nghiệm đó và bài học rút ra cho bản thân (trong tiếng Anh gọi chung đó là Minds-on).

Mở rộng từ STEM đến STEAM

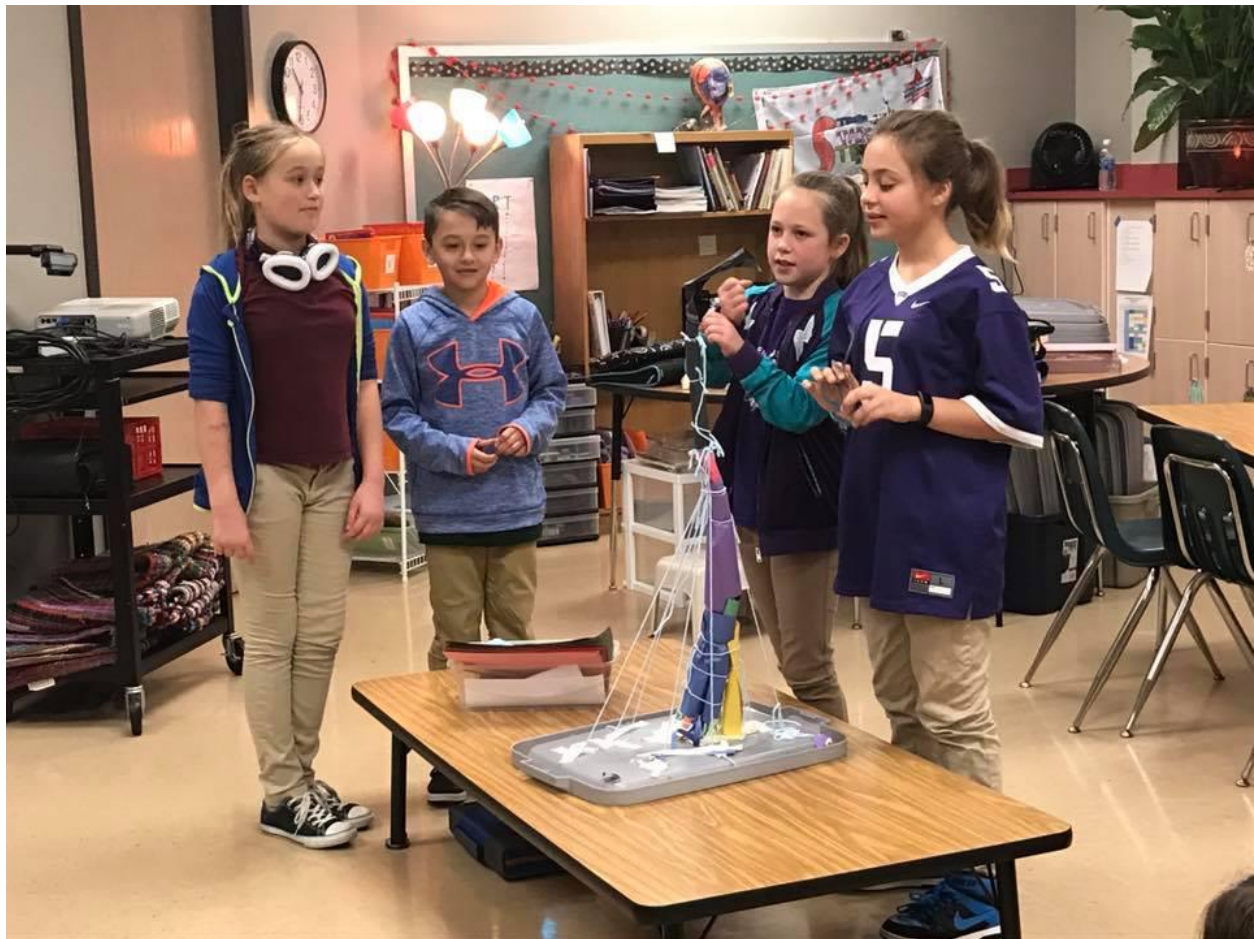
Giáo dục STEM không chỉ gói gọn trọng sự liên môn giữa các nhóm kiến thức khoa học tự nhiên mà giờ đây các giáo viên đã chủ động lồng ghép thêm các yếu tố về văn hóa, xã hội, nhân văn, nghệ thuật (gọi chung là các môn nghệ thuật khai phóng - liberal arts)¹⁹. Do vậy STEM đã được phát triển lên thành STEAM. Thành thạo STEAM được viết thành STE(A)M với chữ A được viết trong ngoặc đơn với chủ đích diễn tả các chương trình học có nhấn mạnh các môn nghệ thuật khai phóng trên nền tảng của giáo dục STEM nói chung. Việc soạn các bài học STEM luôn dành một khoảng không gian cho việc kết nối với các chủ đề về xã hội, văn hóa, và các môn nghệ thuật. Ở đó, học sinh được khuyến khích vận dụng óc sáng tạo về các môn nghệ thuật, các kiến thức về lịch sử và nhân văn để tạo ra một sản phẩm mới, có giá trị và ý nghĩa cho xã hội. Chẳng hạn, các em học sinh lớp 6 được làm quen với phần mềm SketchUp và Google Earth (cả hai đều miễn phí) để vẽ những khu vui chơi dành cho các trẻ em ở những vùng nông thôn khó khăn.

Nhiều nghiên cứu giáo dục gần đây cho thấy: Khi học sinh tham gia vào một hoạt động nghệ thuật nào đó thì khả năng có kết quả học tập được đánh giá cao hơn học sinh không tham gia hoạt động nghệ thuật. Đặc biệt đối với học sinh xuất thân từ tầng lớp gia đình có thu nhập thấp nhưng tích cực tham gia các hoạt động nghệ thuật thường xuyên, các kết quả thống kê cũng cho thấy các em có tỷ lệ nghỉ học rất thấp, ở mức 4% và ít hơn gần 5 lần so với các bạn cùng hoàn cảnh nhưng không tham gia. Ngoài ra, nếu học sinh tham gia liên tục 4 năm trong các lớp nghệ thuật và âm nhạc, các em cũng có điểm thi SAT trung bình cao hơn 100 điểm so với các bạn cùng trang lứa chỉ học nửa năm hoặc ít hơn. Còn đối với sinh viên đại học, mặc dù các em xuất thân từ các gia đình có thu nhập thấp, nhưng nếu các em có tham gia các hoạt động nghệ thuật, các nghiên cứu cũng cho thấy các em có tỉ lệ tốt nghiệp cao hơn các bạn cùng hoàn cảnh nhưng không tham gia. Một điều thú vị nữa là đối với thị trường lao động, có đến 72% các nhà lãnh đạo doanh nghiệp đều nói rằng kỹ năng sáng tạo là tiêu chí hàng đầu trong tuyển dụng nhân sự, xếp sau đó mới đến các kỹ năng về học vấn và nghề nghiệp. Hiện nay, 48/50 bang của nước Mỹ đã thống nhất các tiêu chuẩn về giáo dục nghệ thuật trong chương trình học phổ thông.

Vào tháng 9 năm 2010, tổ chức giáo dục nghệ thuật Wolf Trap Foundation đã nhận được tài trợ \$1,15 triệu đôla để phát triển một chương trình tích hợp nghệ thuật vào học STEM dành cho hơn 100.000 trẻ em và giáo viên mẫu giáo với tên gọi “First-of-Its-Kind”. Vào tháng 1 năm 2013, nhóm các đại biểu Hạ viện Hoa Kỳ và Thượng viện Hoa Kỳ đã họp đề xuất các kế hoạch

¹⁹ Boy, G. A. (2013, August). From STEM to STEAM: toward a human-centred education, creativity & learning thinking. In *Proceedings of the 31st European conference on cognitive ergonomics* (p. 3). ACM.

về đưa giáo dục STEAM vào các chương trình giáo dục tại Hoa Kỳ. Kể từ đó, các nghiên cứu về giáo dục STEAM bắt đầu được quan tâm. Các trường ĐH lớn tại Hoa Kỳ cũng bắt đầu mở các chương trình đào tạo giáo viên và cao học về giáo dục STEAM. Chẳng hạn như University of San Diego và William Paterson University có chương trình thạc sĩ giáo dục chuyên về STEAM, .



Hình 6. Học sinh lớp 4 tại một trường tiểu học ở Burleson, Texas đang trình bày mô hình tháp đứng bằng dây. Trong buổi học, nhiều em làm mô hình bị thất bại, giáo viên động viên các em bằng cách gọi thất bại là “nỗ lực đầu tiên của việc học” (*FAIL = First Attempt In Learning*)

Khuyến khích phong cách sáng tạo riêng của giáo viên

Trong thời gian làm việc với hàng trăm giáo viên dạy STEM tại Mỹ, tôi chưa bao giờ bắt gặp bài soạn STEM nào giống nhau, mỗi giáo viên đều có một cách tiếp cận trình bày bài giảng rất riêng. Có giáo viên thích nêu những vấn đề của địa phương (local issues), có giáo viên thích nêu những vấn đề toàn cầu (global issues). Về phương pháp dạy học, có giáo viên chọn dạy theo một vài phương pháp mang tính xuyên suốt, nhưng cũng có giáo viên chọn kết hợp đa dạng các phương pháp trong mỗi buổi học. Có giáo viên chú trọng vào làm việc nhóm, nhưng cũng có giáo viên chú trọng vào việc gửi các nhận xét và phản hồi cho từng cá nhân. Ngoài ra, có giáo

viên hứng thú liên hệ nội dung bài học STEM với các phim thiếu nhi nổi tiếng, nhưng cũng có giáo viên thích những bài hát hoặc bản nhạc đề cập các khái niệm khoa học. Mỗi phương pháp dạy học đều có điểm mạnh và điểm yếu riêng. Việc áp dụng một cách linh hoạt, tùy theo từng chủ đề, nội dung và bối cảnh của lớp học được xem là giải pháp tốt nhất giúp cho học sinh cảm thấy yêu thích bài học hơn. Các giáo viên thường chia sẻ với tôi một ý khá giống nhau là sự đa dạng là chìa khóa của sự sáng tạo (diversity is the key to creativity). Một điểm đặc trưng trong giáo dục của nước Mỹ là khuyến khích yếu tố đa dạng văn hóa và chủng tộc, hơn thế nữa, các chiến dịch khuyến khích người Mỹ gốc Phi tham gia nhiều hơn vào các ngành nghề STEM cũng được đẩy mạnh trong thời gian gần đây, đã giúp cho các chương trình giáo dục STEM thêm nhiều màu sắc mới mẻ.



Hình 7. Học sinh được hướng dẫn phát thảo ý tưởng trước khi tiến hành chế tạo. Trong quá trình phát thảo ý tưởng, giáo viên đặt ra các câu hỏi gợi mở kích thích sự tưởng tượng và liên hệ với kiến thức đã được học.

Xây dựng hệ sinh thái học tập STEM (STEM learning ecosystem):

Với sự phát triển cả hệ thống giáo dục chính quy và không chính quy, quá trình học và thực thành ngày trở nên linh hoạt hơn. Tuy nhiên, giáo dục không chỉ trông chờ vào một đơn vị, một tổ chức mà cần có sự liên kết với nhau tạo thành một hệ sinh thái học tập STEM giúp người học có thể tiếp cận được một cách dễ dàng và tránh sự thiên lệch trong việc tiếp cận nguồn thông tin²⁰. Một hệ sinh thái học tập STEM cần được xây dựng sớm giúp học sinh có được cơ hội tiếp cận đa dạng các trải nghiệm học tập và liên tục ngay từ mẫu giáo cho đến bậc đại học²¹. Ưu điểm của hệ sinh thái học tập STEM giúp người học có cơ hội đa dạng môi trường học tập, chia sẻ được nguồn tài nguyên học tập và xây dựng được chiến lược lựa chọn ngành nghề tương lai. Điều này nói lên tính phát triển mở rộng (scale-up) của các môi trường giáo dục.

© Tác giả giữ bản quyền bài viết này.

@ corresponding author: nguyenthanhaiedu@gmail.com

²⁰ Reid, J., McLaughlin, P., Kennedy, B., Poronnik, P., Dowling, D., Brodie, L., ... & Kavanagh, L. (2016). The STEM Ecosystem: building cross-disciplinary leadership capacity in science, technology, engineering and mathematics.

²¹ Corin, E. N., Jones, M. G., Andre, T., Childers, G. M., & Stevens, V. (2017). Science hobbyists: Active users of the science-learning ecosystem. *International Journal of Science Education, Part B*, 7(2), 161-180.