

# TIẾP CẬN DẠY HỌC STEAM TRONG GIÁO DỤC PHỔ THÔNG HIỆN NAY

Nguyễn Vinh Hiền – Nguyên Thứ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo

(*Tạp chí Giáo dục số 459 - kì 1, tháng 8/2019*)

*Ngày nhận bài: 03/6/2019; ngày chỉnh sửa: 11/6/2019; ngày duyệt đăng: 25/6/2019.*

**Abstract:** STEAM education is a hot issue of home education. There have been many articles about STEAM education, but there has been still no agreement on the awareness and approach to STEAM education. Therefore, we deeply analyze some contents about STEAM, that contributes to clarifying the main issues about the theory of STEAM teaching, its relevance to innovation of content, organizational forms and teaching methods in general education in Vietnam.

**Keywords:** STEAM teaching, general education, teacher, student.

## 1. Mở đầu

Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Chỉ thị 16/CT-TTg ngày 4/5/2017 chỉ đạo các bộ, ngành, địa phương triển khai đồng bộ nhiều giải pháp nhằm tăng cường năng lực tiếp cận cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư (còn gọi là cách mạng công nghiệp 4.0) [1]. Theo đó, phải thay đổi mạnh mẽ các chính sách, nội dung, phương pháp giáo dục và dạy nghề nhằm tạo ra nguồn nhân lực có khả năng tiếp nhận các xu thế công nghệ sản xuất mới; cần tập trung vào thúc đẩy giáo dục STEM bên cạnh ngoại ngữ, tin học. Bộ GD-ĐT xác định: “Giáo dục tin học ... cùng với các môn Toán, Khoa học tự nhiên, Vật lí, Hoá học, Sinh học, Công nghệ thực hiện giáo dục STEM” [2].

Mục tiêu của giáo dục STEM (STEAM thì đúng hơn) là tương đồng với mục tiêu của chương trình giáo dục phổ thông mới, nhưng việc đưa STEAM vào giáo dục phổ thông đang gặp một số khó khăn, ví dụ như: quy định thi cử, đánh giá chất lượng giáo dục còn lạc hậu; sự hạn chế về nhận thức và kĩ năng của đội ngũ giáo viên (GV); cơ sở vật chất ở các trường còn thiếu, nhất là ở vùng nông thôn, vùng sâu, vùng xa,...

Do đó, để áp dụng STEAM vào chương trình giáo dục phổ thông một cách bài bản, khoa học thì cần phải có kế hoạch lâu dài, có lộ trình áp dụng với nhiều mức độ và hình thức phù hợp chứ không chỉ là một xu hướng thời thượng, trước nhất là cần có sự thống nhất trong nhận thức của đội ngũ những người làm công tác chỉ đạo và các giáo viên. Mặc dù giáo dục STEAM đang là vấn đề nóng của giáo dục nước nhà, đã có rất nhiều tài liệu dành riêng cho giáo dục STEAM nhưng chúng ta vẫn chưa đạt được sự thống nhất về nhận thức và cách tiếp cận giáo dục STEAM. Trước thực tế đó, bài viết này mong muốn góp phần làm sáng tỏ thêm những vấn đề chủ yếu về lí luận của dạy học STEAM và sự liên quan của nó với đổi mới nội dung, hình thức tổ chức và phương pháp dạy học trong giáo dục phổ thông ở nước ta.

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Giải thích thuật ngữ STEAM

Hiệp hội giáo viên dạy khoa học Mỹ (National Science Teachers Association-NSTA) đã đề xuất ra khái niệm về giáo dục STEM (STEM education): Là dạy học dựa trên ý tưởng trang bị cho người học những kiến thức, kĩ năng liên quan đến các lĩnh vực khoa học, kĩ thuật, công nghệ và toán học theo cách tiếp cận liên môn và người học có thể áp dụng để giải quyết vấn đề trong cuộc sống hàng ngày. Thay vì dạy 4 môn học như các đối tượng cách biệt và rời rạc, STEM kết hợp chúng thành một mô hình học tập gắn kết dựa trên các ứng dụng thực tế: S (Science, Khoa học) – T (Technology, Công nghệ) - E (Engineering, Kỹ thuật) – M (Mathematics, Toán) – A (Art, Nghệ thuật).

Trong tiếng Việt, các từ khoa học, kĩ thuật, công nghệ đôi khi được dùng với nghĩa tương tự nhau hay được ghép lại với nhau (khoa học kĩ thuật, kĩ thuật công nghệ, khoa học công nghệ). Chúng ta có thể tìm hiểu các từ đó qua Từ điển Tiếng Việt [3] và Từ điển song ngữ Anh - Việt [4]:

Khoa học, theo Từ điển tiếng Việt, là “Hệ thống tri thức tích lũy trong quá trình lịch sử và được thực tiễn chứng minh, phản ánh những qui luật khách quan của thế giới bên ngoài cũng như của hoạt động tinh thần của con người, giúp con người có khả năng cải tạo thế giới hiện thực”; Science trong Từ điển song ngữ Anh – Việt cũng có nghĩa tương tự.

Kĩ thuật, theo Từ điển tiếng Việt, là “1. Tổng thể nói chung những phương tiện và tư liệu hoạt động của con người, được tạo ra để thực hiện quá trình sản xuất và phục vụ các nhu cầu phi sản xuất của xã hội. 2. Tổng thể nói chung những phương pháp, phương thức sử dụng trong một lĩnh vực hoạt động nào đó của con người”; Engineering theo Từ điển song ngữ Anh – Việt có nghĩa là “1. Kĩ thuật/công nghệ, 2. Ngành kĩ sư/kĩ thuật/chế tạo”.

Công nghệ: theo Từ điển Tiếng Việt là “1. Công nghiệp, 2. Tổng thể nói chung các phương pháp gia công, chế tạo, làm thay đổi trạng thái, tính chất, hình dáng nguyên vật liệu hay bán thành phẩm sử dụng trong quá trình sản xuất để tạo ra sản phẩm hoàn chỉnh”; Technology theo Từ điển song ngữ Anh – Việt có nghĩa là “1. Công nghệ, 2. Máy móc/thiết bị công nghệ.”

Như vậy, trong cả tiếng Việt và tiếng Anh, 2 từ kĩ thuật và công nghệ đều khó phân biệt tường minh, nhưng qua việc tìm hiểu các khái niệm khoa học, kĩ thuật và công nghệ chúng ta thấy rõ là: Dạy học tích hợp khoa học – kĩ thuật – công nghệ là phải hướng tới mục tiêu phát triển ở người học các năng lực liên quan đến 3 lĩnh vực hoạt động: tìm tòi, khám phá kiến thức; sử dụng kiến thức để làm ra hoặc cải tiến phương tiện phục vụ cho hoạt động; sử dụng kiến thức và công cụ trong các hoạt động của con người. Trong Chương trình giáo dục phổ thông [2] các năng lực đó được diễn đạt bằng “yêu cầu cần đạt” qui định cho từng cấp học.

STEM có nền tảng từ giáo dục khoa học nên các chủ đề của nó rất đa dạng, từ sinh học, hóa học, vật lí học, đến khoa học môi trường, khoa học vũ trụ,... STEM không chỉ dành cho các cấp học cao, ở tuổi mẫu giáo và tiểu học, bài học STEM yêu cầu có nhiều hình ảnh và trải nghiệm với các giác quan, rất phù hợp đặc điểm tâm lí của trẻ nên quá trình học được dễ dàng và hứng thú hơn.

### STEAM

Giáo dục hiện đại đánh giá cao tầm quan trọng của giáo dục nghệ thuật vì nghệ thuật nuôi dưỡng và làm nảy sinh những ý tưởng mới, những giải pháp mới cho các vấn đề hiện tại và sau này. Đó chính là lí do tại sao giáo dục STEAM ra đời.

STEAM là ý tưởng sáng tạo ban đầu của Trường Thiết kế Rhode Island (Mỹ), sau đó được sử dụng bởi nhiều nhà giáo dục, dần dần lan rộng ra cả Hoa Kỳ và các nước khác. Đây là một tiếp cận giáo dục mới, trong đó Khoa học, Công nghệ, Kĩ thuật, Nghệ thuật, Toán học cùng được sử dụng để giảng dạy và hướng dẫn cho học sinh (HS) [5].

Theo từ điển song ngữ Anh – Việt [4], ngoài nghĩa “nghệ thuật”, từ **Art** còn có nghĩa là “Các ngành khoa học xã hội - nhân văn”. Do đó, chữ “A” trong STEAM là đại diện cho nghệ thuật tự do, nghệ thuật ngôn ngữ, nghiên cứu xã hội, nghệ thuật thể chất, mỹ thuật, âm nhạc,

văn hoá, nhân văn. Theo đó, có thể diễn đạt ngắn gọn chữ A trong STEAM là: Giáo dục Nhân văn.

Tư duy nghệ thuật được lồng ghép vào các hoạt động STEM là một bước tiếp cận gần hơn tới việc ứng dụng các kiến thức STEM để giải quyết những vấn đề thực tế cuộc sống. Theo Anna Feldman: “STEAM tập trung yếu tố con người chứ không phải các môn học; Nó đặt nhân cách HS và cá tính làm tiên phong. Với STEAM, không có áp lực trở thành nhà khoa học hoặc kỹ sư - bạn có thể là một nhà thiết kế, nghệ sĩ kỹ thuật số, người lập trình, giám đốc nghệ thuật và nhà khoa học và kỹ sư cùng một lúc. STEAM cho phép chúng ta có những kỹ sư giỏi hơn nhờ việc học cách suy nghĩ nghệ thuật và có thể thu hút các nghệ sĩ nhờ việc cho họ thấy STEM có thể ứng dụng trong nghệ thuật như thế nào. Nó rất thú vị, đặc biệt là trong một thế giới ngày càng liên ngành và số hoá. Trong STEAM, sáng tạo là nguyên lý trung tâm”. [6]

Ở Việt Nam, Nghị quyết số 29-NQ/TW về đổi mới căn bản, toàn diện giáo dục và đào tạo đã khẳng định mục tiêu tổng quát của đổi mới là “phát triển toàn diện và phát huy tốt nhất tiềm năng, khả năng sáng tạo của mỗi cá nhân”; “Chuyển mạnh quá trình giáo dục từ chủ yếu trang bị kiến thức sang phát triển toàn diện năng lực và phẩm chất người học” [7]. Chương trình giáo dục phổ thông mới (năm 2018) giải thích năng lực “là thuộc tính cá nhân được hình thành, phát triển nhờ tố chất sẵn có và quá trình học tập, rèn luyện, cho phép con người huy động tổng hợp các kiến thức, kỹ năng và các thuộc tính cá nhân khác như hứng thú, niềm tin, ý chí,... thực hiện thành công một loại hoạt động nhất định, đạt kết quả mong muốn trong những điều kiện cụ thể” và phẩm chất là “những tính tốt thể hiện ở thái độ, hành vi ứng xử của con người; cùng với năng lực tạo nên nhân cách con người” [2]. Có phẩm chất tốt mới có thể làm việc tốt. Điều đó cho thấy mục tiêu dạy học phát triển phẩm chất, năng lực và mục tiêu của giáo dục STEAM là tương đồng.

Có thể diễn đạt STEAM một cách hình ảnh sau:



Trong mô hình trên, quá trình học các môn khoa học tự nhiên sẽ cung cấp kiến thức để người học thực hiện các kỹ năng về kỹ thuật và thiết kế thành các quy trình hoạt động công nghệ; muốn cải tiến công nghệ hiện có hoặc sáng tạo ra các công nghệ mới thì cần có thêm kiến thức mới, và cứ như vậy khoa học, kỹ thuật và công nghệ tiến bộ không ngừng. Tất cả những hoạt động đó luôn cần có vai trò sáng tạo, kết nối của toán học, tin học và các giá trị nhân văn, với các yêu cầu cơ bản sau đây:

- *Dạy học tích hợp*: Cần có sự kết nối, hỗ trợ lẫn nhau giữa các môn học, các kiến thức thu được của HS nhằm mục đích giải quyết vấn đề có hiệu quả nhất. Nếu một chương trình học có nhiều môn, nhiều GV dạy các môn khác nhau mà không có sự kết nối và hỗ trợ lẫn nhau thì chưa được gọi là giáo dục STEAM.

- *Ứng dụng kiến thức để giải quyết các vấn đề thực tế*: giáo dục STEAM 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.

- *Kết nối trường học, cộng đồng đến các tổ chức toàn cầu*: trước yêu cầu của thế giới phẳng và cách mạng công nghiệp 4.0, giáo dục STEAM không chỉ hướng đến vấn đề cụ thể của địa phương mà phải đặt trong mối liên hệ với những vấn đề chung của thế giới. Ví dụ: giáo dục phát triển bền vững (ESD), biến đổi khí hậu, năng lượng tái tạo,... [8]

## **2.2. Các tiêu chí thể hiện tính ưu việt của bài học STEAM**

### **2.2.1. Chủ đề bài học STEAM gắn liền với các vấn đề thực tiễn**

Xuất phát từ một vấn đề nào đó của thực tiễn, bài học STEAM đặt HS trước các vấn đề thực tiễn xã hội, kinh tế, môi trường và yêu cầu tìm giải pháp. Để giải quyết vấn đề đó HS phải tìm tòi, nghiên cứu những kiến thức có liên quan với nhau trong các môn học và liên quan đến vấn đề cần giải quyết (qua sách giáo khoa, học liệu, thiết bị thí nghiệm, thiết bị công nghệ) và buộc phải vận dụng tổng hợp các kiến thức đó. Chính vì vậy STEAM vừa đặt ra yêu cầu, vừa là cơ hội cho việc dạy học tích hợp. STEAM sẽ tạo ra những con người có năng lực thực tiễn trong môi trường làm việc có tính sáng tạo cao với những công việc đòi hỏi những kỹ năng của thế kỷ XXI, nhất là kỹ năng thực hành nghề nghiệp để mưu sinh trong điều kiện thường xuyên thay đổi (kỹ năng chuyên đổi, thực hành nghề nghiệp).

Có thể nêu một ví dụ đơn giản: trước thực tế những chiếc bàn HS trong lớp học có một số đặc điểm chưa hợp lý về kích thước, vật liệu, màu sắc,... GV yêu cầu HS nghiên cứu cải tiến bàn học. Sẽ có rất nhiều câu hỏi được đặt ra, liên quan đến kiến thức của nhiều lĩnh vực khác nhau (toán, nhân trắc học, hoá học, mỹ thuật,...) như: một chiếc bàn học tốt nhất cần có những đặc điểm gì? Chiều cao của HS lớp mình là bao nhiêu, có giống nhau không? Tương quan giữa chiều cao của người học với chiều cao của bàn học? Nên là bàn cá nhân hay bàn cho 2 người? Vật liệu nào để làm bàn học sẽ tiện dụng, tiết kiệm và thân thiện với môi trường? Màu sắc nào của mặt bàn là thích hợp với mắt nhìn của người học?... Những chiếc bàn của lớp đã đáp ứng được những yêu cầu gì, có gì cần thay đổi, làm thế nào để thay đổi được? Bản thiết kế mới những chiếc bàn nên được mô tả bằng gì (bản thuyết trình, hình vẽ 2D/3D,...). Để giải quyết được nhiệm vụ này, dạy học STEAM phải triển khai theo các tiêu chí tiếp theo dưới đây.

### **2.2.2. Bài học STEAM đưa học sinh vào hoạt động nhóm kiến tạo, tìm tòi, khám phá, định hướng hành động, trải nghiệm và tạo ra sản phẩm học**

Trong bài học STEAM, hoạt động của HS được thực hiện theo hướng mở có “khung khổ” về các điều kiện mà HS được sử dụng (chẳng hạn điều kiện về các phương tiện học tập). Hoạt động học là hoạt động tự giác và hợp tác; tự tin và mạnh dạn, mở rộng hiểu biết với thế giới bên ngoài. HS tự học và trao đổi thông tin để chia sẻ ý tưởng, mở rộng và điều chỉnh kiến thức, điều chỉnh các ý tưởng của mình và thiết kế hoạt động tìm tòi, khám phá của bản thân cho phù hợp với tình huống có vấn đề đang phải giải quyết. *Điều quan trọng là sản phẩm hay giải pháp phải do chính HS làm ra và phải có tính mới (sự thay đổi, cải tiến cái cũ hay làm ra cái mới), tính hơn (đẹp hơn, hợp lý hơn, tiết kiệm hơn, ...) cái hiện có.*

Công việc của GV là đặt ra những câu hỏi dạng mở, khơi gợi trí tưởng tượng cho học sinh; khuyến khích HS đặt câu hỏi và kiên nhẫn với các câu hỏi “đến cùng” của các em. Kết quả học tập chỉ có thể đạt được dựa trên sự nỗ lực của từng cá nhân và phát huy tác dụng cộng hưởng qua tương tác trong và ngoài từng nhóm. Điều đó sẽ có hiệu quả cao nếu nhà trường xây dựng được những tập thể lớp tự chủ, cho HS giao lưu rộng rãi với nhiều người trong xã hội, bạn bè cùng trang lứa ở nơi công cộng cũng như trường học để hỗ trợ cho các hoạt động học tập.

### **2.2.3. Bài học STEAM có nội dung được xây dựng chủ yếu từ các nội dung khoa học tự nhiên, khoa học xã hội – nhân văn, kỹ thuật, công nghệ và toán học mà học sinh đã và đang học**

Các bài học STEAM phải bám sát với trình độ kiến thức các môn học của HS; kết nối những kiến thức, vốn sống đã có của HS để gợi mở các nhiệm vụ mới; đồng thời do yêu cầu

của nhiệm vụ học tập hiện tại mà HS có nhu cầu tìm đến các kiến thức mới; GV sẽ thông qua đó mà dạy kiến thức mới, đồng hành, hỗ trợ, hướng dẫn HS tìm tòi, khám phá. Cũng cần tạo ra một môi trường học liệu phong phú trong điều kiện cho phép, tạo cơ hội sẵn sàng cho HS tham gia vào các hoạt động STEAM. Tuy vậy, không nhất thiết phải có nhiều thiết bị hiện đại mới dạy học được theo STEAM; trong giáo dục phổ thông bên cạnh máy tính và các thiết bị hiện đại khác, nên chú ý sử dụng các đồ tái chế như: chai lọ, vỏ hộp, ống hút, dây buộc các loại, túi giấy,... và các vật liệu dễ tìm khác.

Mặc dù trong các bài học STEAM cần phải tích hợp một cách có mục đích nội dung từ các môn khoa học, công nghệ, toán và nghệ thuật nhưng với mỗi bài học chủ đề STEAM cần xác định lĩnh vực kiến thức nào (toán/ lí/ hoá/ sinh, ...) được huy động nhiều nhất để lựa chọn GV dạy phù hợp nhất hoặc chọn GV đầu mối/ chủ trì cùng các GV bộ môn khác dạy bài học đó. GV đầu mối là người lập kế hoạch hợp tác để các GV có liên quan đều hiểu rõ cần làm những gì, làm thế nào để các mục tiêu dạy học có thể tích hợp trong một bài học đã cho và từ đó, HS dần thấy rằng khoa học, công nghệ, toán và nghệ thuật không phải là các môn học độc lập, mà chúng liên kết với nhau để giải quyết các vấn đề.

*2.2.4. Bài học STEAM được đánh giá theo nhiều mục tiêu, cần tính đến có nhiều đáp án đúng và coi thất bại như là một sự cần thiết của quá trình học*

Một câu hỏi nghiên cứu đặt ra, có thể đề xuất nhiều giả thuyết khoa học; một vấn đề cần giải quyết, có thể đề xuất nhiều phương án, và lựa chọn phương án tối ưu. Các bài học STEAM không nhất thiết chỉ có một kết quả đúng. Tiêu chí này cho thấy vai trò quan trọng của năng lực giải quyết vấn đề và sáng tạo trong bài học STEAM.

Hãy cho HS quan sát và thực hiện các thí nghiệm khoa học, làm thử, làm lại, làm thêm các thao tác, các quy trình; hãy tập trung vào việc đặt câu hỏi để HS tự nói ra những thay đổi, những hiện tượng mà các em nhận ra nhờ các giác quan.

STEAM là một sự chuyển đổi từ cách thức giáo dục truyền thống, dựa vào kết quả để đánh giá, sang một phương pháp giáo dục hiện đại, trong đó quá trình học và kết quả học cùng được xem trọng như nhau. Ngoài những yêu cầu về khoa học, công nghệ, kĩ thuật và toán học, bài học STEAM cần được đánh giá cả về sự sẵn sàng, ý thức tham gia, tinh thần cộng tác và những kĩ năng cần thiết cho HS ở thế kỉ XXI như: kĩ năng giải quyết vấn đề, tư duy phản biện, kĩ năng hợp tác, kĩ năng giao tiếp, tư duy biện chứng, đánh giá bằng chứng và đưa ra giải pháp, hướng nghiệp,... [9]

### **2.3. Tiếp cận dạy học STEAM từ thực trạng giáo dục phổ thông hiện nay**

Học đi đôi với hành, giáo dục gắn liền với thực tiễn cuộc sống đã là nguyên lí của giáo dục nước nhà, nhưng chúng ta chưa có nhận thức đầy đủ và chưa thật sự coi trọng điều đó hoặc chưa biết cách thực hiện sao cho có kết quả thật sự. Vận dụng giáo dục STEAM sẽ đem đến nhận thức và cách thức mới để đạt mục tiêu.

Hiện nay có nhiều tổ chức, nhà trường triển khai các hoạt động giáo dục/dạy học có thể rất khác nhau nhưng đều tự giới thiệu đó là giáo dục/dạy học STEAM hay STEM. Điều đó phản ánh một thực tế: Giáo dục/dạy học STEAM không phải là một loại nội dung, phương pháp hay hình thức dạy học cụ thể mà là một quan điểm hay một cách tiếp cận trong giáo dục/dạy học. Dựa trên những đặc trưng hay tiêu chí chung, STEAM có thể áp dụng ở phạm vi môn học, cấp học khác nhau, bằng nhiều hình thức, phương pháp dạy học khác nhau, với những mức độ thực hiện khác nhau các tiêu chí của giáo dục/dạy học STEAM. Không nên cho rằng giáo dục STEAM là vấn đề hoàn toàn mới và chỉ có thể thực hiện được nếu có đầy đủ các thiết bị dạy học hiện đại và các điều kiện dạy học tiên tiến. Thực tế là, nếu biết đặt mục tiêu phù hợp và có sự cố gắng của GV và nhà trường thì trong bất cứ hoàn cảnh nào cũng có thể tiếp cận dạy học STEAM.

Tuy nhiên, để chuyển nền giáo dục từ nặng về truyền thụ kiến thức sang phát triển ở HS khả năng tư duy phản biện, năng lực phát hiện và giải quyết vấn đề của cuộc sống hiện đại đòi hỏi phải có cách làm, bước đi phù hợp. Trước hết, hãy bắt đầu từ thực trạng của giáo dục phổ thông Việt Nam hiện nay so với yêu cầu của giáo dục STEAM để có phương hướng chung cho việc tiếp cận STEAM. Chúng tôi tóm tắt thực trạng tình hình và định hướng thay đổi trong bảng dưới đây:

Dạy học	Thực trạng và vấn đề	Để tiếp cận giáo dục STEAM cần...
Toán và Khoa học tự nhiên	Đạt được khá tốt về mục tiêu kiến thức. Nhưng HS còn yếu về năng lực phát hiện vấn đề, kĩ năng thực hành thí nghiệm, vận dụng kiến thức để giải quyết vấn đề trong cuộc sống.	- <i>Về nội dung dạy học</i> : chuyển từ từng môn học quan tâm liên hệ thực tế sang tăng cường xuất phát từ những vấn đề của cuộc sống, của HS để xây dựng các tình huống và vận dụng tổng hợp kiến thức các môn học để giải quyết các tình huống đó. - <i>Về hình thức tổ chức dạy học</i> : Chuyển từ chỉ tập trung vào hình thức học trên lớp sang coi trọng các hình thức học tập ngoài tự nhiên, tại các cơ sở sản xuất, kinh doanh, các di tích, thắng cảnh,...
Tin học	Tiểu học và trung học cơ sở mới chỉ là môn học tự chọn. Trung học phổ thông ít dạy về sử dụng công nghệ thông tin.	- <i>Về phương pháp dạy học</i> : Chuyển từ “truyền thụ một chiều”, nặng về dạy lí thuyết, ít tương tác sang tăng cường tổ chức các hoạt động học cá nhân phối hợp học hợp tác để HS tự phát hiện vấn đề, tìm tòi kiến thức và vận dụng kiến thức để giải quyết vấn đề thực tiễn, coi trọng cả học và hành, chấp nhận thất bại như là thử thách phải có của quá trình học tập.
Kĩ thuật - công nghệ	Chưa được coi trọng; HS còn yếu về thực hành, nhà trường thiếu cơ sở vật chất để dạy học.	- <i>Về kiểm tra đánh giá</i> : Đánh giá quá trình kết hợp đánh giá kết quả học; có thể chấp nhận nhiều phương án đúng; đánh giá cả về kiến thức, thái độ và các kĩ năng.
Khoa học xã hội - nhân văn	Chưa được coi trọng; còn nặng về áp đặt kiến thức và tư tưởng; ít quan tâm đến cảm xúc của học sinh; thiếu gắn kết với cuộc sống.	- <i>Về phương tiện dạy học</i> : tận dụng, khai thác nhiều nhất các điều kiện hiện có, đồng thời từng bước trang bị thêm các thiết bị hiện đại, nhất là thiết bị về công nghệ thông tin.
Tích hợp	Chưa tốt. Một số cố gắng bước đầu (dạy học theo chủ đề liên môn, hội thi khoa học kĩ thuật,...)	
Phương pháp dạy học	Dạy là trung tâm; kiểm tra đánh giá chú trọng vào kết quả nhớ kiến thức; chưa quan tâm phát triển kĩ năng tư duy cho học sinh.	

Theo đó, những thay đổi cần thiết, chủ yếu nhất trong dạy học hiện nay có thể là: Tăng cường dạy học tích hợp; tăng cường dạy học các kiến thức và kĩ năng về kĩ thuật - công nghệ; tăng cường dạy cách học và quan tâm đến cảm xúc của HS để phát triển năng lực phát hiện và giải quyết vấn đề của cuộc sống, phát triển tư duy phản biện, kĩ năng giao tiếp và hợp tác của HS.

#### **2.4. Các hình thức tổ chức dạy học tiếp cận giáo dục STEAM**

Ở Việt Nam hiện nay, giáo dục STEAM trong các nhà trường phổ thông đã đạt được những kết quả bước đầu và ngày càng lan toả, tạo tiền đề thuận lợi cho các bước triển khai tiếp theo mang tính đại trà và hiệu quả. Thực hiện sự chỉ đạo của Bộ GD-ĐT về xây dựng và thực hiện chương trình giáo dục nhà trường, trong những năm gần đây các nhà trường phổ thông Việt Nam đã triển khai dạy học STEAM dưới nhiều hình thức và mức độ [10] (nhưng trong một số trường hợp chính người thực hiện cũng chưa có ý thức rõ về tiếp cận dạy học STEAM). Các hình thức đó là: Tăng cường tính tích hợp, trải nghiệm và vận dụng kiến thức để giải quyết các vấn đề thực tế khi dạy học các bài theo sách giáo khoa (tạm gọi là bài học thông thường); xây dựng các bài học theo chủ đề tích hợp kiến thức nhiều môn học vào giải quyết tình huống thực tiễn; áp dụng phương pháp dạy học dựa trên dự án; cuộc thi khoa học kĩ thuật dành cho HS trung học (đã áp dụng 2 bộ tiêu chí đánh giá khác nhau cho 2 loại dự án kĩ thuật và dự án khoa học) [11]; sinh hoạt ngoại khóa câu lạc bộ STEAM; các hoạt động trải nghiệm sáng tạo; các sự kiện STEAM, ngày hội STEAM, hội thi robotic,... Bằng các hoạt động đó, nhà trường

đã mở rộng xã hội hoá giáo dục, thu hút được nhiều tổ chức, cá nhân, các trường đại học, các cơ sở nghiên cứu tham gia tổ chức, hướng dẫn các hoạt động học tập của học sinh, khắc phục bớt những khó khăn về trí lực, vật lực của nhà trường phổ thông. Tuy nhiên, nhìn chung các hoạt động đó mới ở phạm vi hẹp, chưa trở thành hoạt động thường xuyên, phổ biến của GV và nhà trường phổ thông; chưa đem đến những nhận thức đầy đủ về giáo dục STEAM trong và ngoài ngành giáo dục; làm xuất hiện dấu hiệu của việc lạm dụng STEAM để mua bán các thiết bị hiện đại mà chưa gắn liền với hiệu quả sử dụng.

Với mong muốn góp phần nâng cao hiệu quả dạy học STEAM, tác giả giới thiệu 3 hình thức dạy học tiếp cận STEAM thường được áp dụng nhất trong trường phổ thông như sau:

#### 2.4.1. Bài học chủ đề STEAM

Bài học chủ đề STEAM diễn ra theo quy trình thiết kế kỹ thuật, là một tiến trình linh hoạt đưa HS từ việc xác định một vấn đề hoặc một yêu cầu thiết kế đến sáng tạo và phát triển giải pháp; cho phép áp dụng linh hoạt các nội dung và phương pháp dạy học khác nhau, có thể tiến hành bài học theo lớp hoặc theo nhóm hay các câu lạc bộ học sinh. Cần nhắc các vấn đề cần giải quyết trong thực tế cuộc sống (của địa phương, đất nước hay toàn cầu), GV (hay nhóm GV) lựa chọn nội dung/chủ đề bài học phù hợp với tiến độ chương trình các môn học và trình độ nhận thức của HS, đòi hỏi phải vận dụng những kiến thức liên môn/liên ngành để giải quyết vấn đề. Lưu ý là bài học chủ đề STEAM thường cần có thời lượng dài (trong vài tiết học hoặc một số ngày, một số tuần) nên phải được ghi vào chương trình/kế hoạch giáo dục của nhà trường.

Trong quy trình bài học, các nhóm HS thử nghiệm các ý tưởng dựa trên nghiên cứu của mình, sử dụng nhiều cách tiếp cận khác nhau, có thể mắc sai lầm, chấp nhận và học từ sai lầm, và thử lại. Sự tập trung của HS là phát triển các giải pháp.

Dựa theo nghiên cứu của Billy Nguyễn [7], tác giả giới thiệu Quy trình bài học STEAM gồm 7 bước, quy trình này có thể được vận dụng linh hoạt cho các hình thức dạy học STEAM khác:

1) *Xác định vấn đề*: HS được đặt trước tình huống thực tế có vấn đề, làm xuất hiện các câu hỏi cần trả lời: cái/vấn đề gì cần làm/ giải quyết/ chỉnh sửa/ hoàn thiện,...? Cần thêm kiến thức gì để thực hiện việc đó?...

Ví dụ bài học về **Phòng chống tác hại của thuốc lá**:

- HS (hoặc từng nhóm) trưng bày và giới thiệu các tư liệu sưu tầm được (tranh ảnh, bài viết,...) về tác hại của thuốc lá và cách phòng chống. Mỗi tư liệu đều được người sưu tầm giới thiệu và đưa ra lời nhận xét, có thể là: tác dụng của tư liệu, những mặt tốt hoặc mặt hạn chế của tư liệu (về nội dung, hình thức, mức độ phổ biến,...), đề xuất cải tiến tư liệu (thêm, bớt, sửa về nội dung, hình thức) hoặc ý tưởng thay thế bằng một sản phẩm khác,...

- Người xem góp ý, thảo luận, đề xuất thêm ý tưởng, đặt thêm câu hỏi,...

- Mỗi nhóm thảo luận, tự xác nhận ý tưởng về một dự án cải tiến hay làm mới sản phẩm.

2) *Nghiên cứu kiến thức nền*: Học bằng nhiều hình thức khác nhau (đọc, thảo luận, thí nghiệm, thực hành...) để tìm tòi, phát triển các kiến thức, kỹ năng có liên quan, cần thiết cho việc tìm hiểu thêm vấn đề, giải quyết vấn đề đã được xác định.

Với ví dụ đã nêu, từng nhóm HS tìm tòi kiến thức có liên quan để phục vụ cho việc chuẩn bị triển khai dự án. Ví dụ, về nguyên nhân và hậu quả của tác hại do khói thuốc lá gây ra (dự án về tuyên truyền); các giải pháp nâng cao hiệu quả của việc tuyên truyền, quảng cáo có mục đích (dự án về tuyên truyền); cơ chế tác dụng và hiệu quả của các phương pháp cai nghiện thuốc lá (dự án về cai nghiện); ảnh hưởng của các yếu tố xã hội - môi trường đối với việc làm tăng hay làm giảm số người hút thuốc lá (dự án về giáo dục); lợi nhuận của việc trồng, chế biến, kinh doanh thuốc lá và các khả năng thay thế các nghề này, kinh nghiệm của thế giới và

Việt Nam (dự án về sản xuất - kinh doanh); sự thay đổi về số lượng, tỉ lệ người nghiện thuốc lá thay đổi theo những đặc điểm của tập quán sinh hoạt, trình độ dân trí, thu nhập,... của người dân, vùng miền (dự án về giáo dục); cơ chế tác động của đầu lọc thuốc làm giảm hàm lượng côcain trong khói thuốc (giải pháp về công nghệ); ý nghĩa và tính khả thi của pháp luật phòng chống tác hại của thuốc lá (dự án về pháp luật),...

3) *Đề xuất nhiều giải pháp cho mỗi ý tưởng*: Từng HS trong nhóm đề xuất một hoặc một số giải pháp cho dự án của nhóm. Ví dụ dự án về tuyên truyền có thể là những thay đổi (cái gì, như thế nào) hay làm mới về nội dung, hình thức, vị trí, thời gian, đối tượng áp dụng,...

4) *Lựa chọn giải pháp tối ưu*: Nhóm thảo luận và quyết định chọn 1 giải pháp trong số các giải pháp đã được đề xuất và góp ý bổ sung thêm các chi tiết.

5) *Phát triển và chế tạo một mô hình (nguyên mẫu theo lựa chọn của nhóm)*: Thiết kế kĩ thuật hay đề cương/ kế hoạch công việc và triển khai thực hiện để đạt được sản phẩm theo thiết kế/ kế hoạch. Phân công nhiệm vụ cho từng thành viên của nhóm tham gia thực hiện và hoàn thiện sản phẩm dự án của nhóm theo phương án đã được chọn và thiết kế từ bước trên. Ví dụ: sản phẩm tuyên truyền về tác hại của thuốc lá có thể là 1 tranh vẽ 2D hay 3D, 1 bài thuyết trình, 1 bản thông kê số liệu, 1 trình diễn thí nghiệm,... Bước này có thể phải làm lại, chỉnh sửa nhiều lần.

6) *Thử nghiệm và đánh giá*: Áp dụng, vận hành thử sản phẩm vừa làm ra; phân tích, đánh giá, xin góp ý,... về các ưu điểm, hạn chế và cách khắc phục.

Với ví dụ trên, từng nhóm/dự án đưa sản phẩm của mình ra thực tế (treo tranh cổ động, thuyết trình trước đám đông, tìm người dùng thử đầu lọc khói thuốc mới,...) thu thập các thông tin về hiệu quả của sản phẩm (những lời khen/ chê, kết quả thí nghiệm,...) rồi viết báo cáo, cử đại diện báo cáo kết quả trước lớp; lớp thảo luận, góp ý cho từng dự án.

7) *Hoàn thiện thiết kế, đặt tên cho sản phẩm và đề xuất các phương án quảng bá sản phẩm (quảng cáo, thuyết trình, xuất bản, phát hành,...)*: Từng nhóm dựa trên việc tiếp thu góp ý của lớp để hoàn thiện sản phẩm, quyết định đặt tên chính thức cho sản phẩm của nhóm mình và thảo luận, quyết định lựa chọn phương án quảng bá sản phẩm (chọn nơi trưng bày, nơi thuyết trình, xuất bản, phát hành...).

#### 2.4.2. Bài học theo chủ đề của môn khoa học (dựa theo mô hình 5E)

Mô hình 5E dựa trên lí thuyết kiến tạo (constructivism) về học tập, theo đó người học xây dựng kiến thức từ quá trình trải nghiệm. Thông qua cách hiểu và phản ánh về các hoạt động đã trải qua, vừa mang tính cá nhân và tính xã hội, người học có thể hòa hợp kiến thức mới với những khái niệm đã biết trước đó. Mô hình này được đề xuất lần đầu vào khoảng năm 1987 bởi tiến sĩ Rodger W. Bybee cùng với các cộng sự làm việc trong tổ chức Nghiên cứu khung Chương trình dạy sinh học (BSCS - Biological Sciences Curriculum Study), có trụ sở tại Colorado, Hoa Kỳ. Mô hình này áp dụng thuận lợi cho những bài học được thiết theo chủ đề khoa học, với thời lượng khoảng 3 tiết trở lên nhưng không cần kéo dài liên tục [12].

5E là viết tắt của Engage (gắn kết), Explore (khảo sát), Explain (giải thích), Elaborate (áp dụng cụ thể) và Evaluate (đánh giá).

1) *Engage (gắn kết)*: trong bước đầu tiên này thầy cô giáo thu hút HS vào nội dung bài học hay hoạt động bằng cách khơi gợi sự quan tâm, hứng thú của học sinh. Đây cũng là bước để thầy cô đánh giá, xem xét, nhận định qua những kiến thức sẵn có của HS về đề tài. Nếu thấy HS biết quá rõ rồi thì phải điều chỉnh những bước tiếp theo của mô hình 5E. Trong bước này HS thường đặt câu hỏi về hiện tượng, đề tài (sẽ được tìm hiểu và có câu trả lời ở các bước hoạt động sau).

Ví dụ bài học về **Xác định các yếu tố ảnh hưởng đến đời sống của thực vật**



HS sưu tầm, giới thiệu rất phong phú các tư liệu thực tế hay các tài liệu mô tả những cây trồng hoặc cây đại sinh trưởng, phát triển tốt và nêu dự đoán về nguyên nhân cây (đó) sống tốt; những cây sống yếu hoặc bị chết và dự đoán nguyên nhân cây (đó) sống yếu hoặc bị chết.

2) *Explore (khảo sát)*: HS tự đưa ra giả định, phỏng đoán, tự kiểm chứng và tự rút ra kết luận thông qua bắt tay vào làm thí nghiệm, tìm tòi, khám phá, từ đó tự có thêm những hiểu biết về chủ đề được học.

GV chỉ đóng vai trò điều phối, giám sát, cung cấp nguyên vật liệu; giúp HS khám phá và dùng suy nghĩ phản biện (critical thinking) bằng cách đặt rất nhiều câu hỏi, thu thập và phân tích dữ liệu (data analysis). GV chia nhóm HS, phân công việc cụ thể cho từng thành viên của nhóm. Quan trọng là dù làm nhiệm vụ gì thì ai cũng cảm thấy mình quan trọng và là những nhà khoa học thực sự.

Với ví dụ trên, HS thảo luận, nêu và lựa chọn giả thuyết: để cho cây sống tốt, cần những điều kiện/ yếu tố ngoại cảnh nào, những điều kiện/yếu tố nào kìm hãm hay tiêu diệt cuộc sống của cây (ví dụ: nước, ánh sáng, nhiệt độ, phân bón,...); phân công từng nhóm thiết kế thí nghiệm và làm thí nghiệm, theo dõi, ghi chép diễn biến và kết quả thí nghiệm nhằm chứng minh các giả thuyết về mỗi điều kiện/yếu tố đã nêu.

3) *Explain (giải thích)*: GV và HS cùng giải thích hiện tượng, tìm câu trả lời cho phỏng đoán của mình. Trong bước này HS giải thích, trao đổi với nhau và với GV những gì học được, những gì đã nhìn thấy và làm được. Đây cũng là bước để GV giải thích các thuật ngữ liên quan đến bài học và những hiểu lầm (nếu có).

Trong ví dụ trên, các nhóm báo cáo tư liệu theo dõi thí nghiệm và kết quả thí nghiệm, đối chiếu với giả thuyết và nêu kết luận. Nhóm hoặc lớp thảo luận bổ sung; rút kinh nghiệm cho từng nhóm/thí nghiệm về ưu, nhược điểm của cách làm thí nghiệm, quá trình theo dõi, ghi chép, báo cáo,... điều chỉnh, bổ sung các kết luận được rút ra.

4) *Elaborate (áp dụng cụ thể) hay còn gọi là Extend (mở rộng)*: mở rộng đề tài, liên hệ với những chủ đề khác tương tự trong các môn học hoặc làm những hoạt động khác liên quan đến chủ đề thông qua các môn học khác. Elaborate cũng còn có nghĩa là mở rộng kiến thức học được từ bài học áp dụng vào đời sống, liên hệ với những chủ đề khác liên quan. Bước này giúp các em nhìn thế giới xung quanh với lăng kính, góc nhìn mới.

Trong ví dụ bài học đã nêu, HS được yêu cầu tìm hiểu, giải thích, chứng minh bằng các thí nghiệm hay bằng chứng thực tế các hiện tượng liên quan đến bài học, ví dụ: tại sao có những loại cây chỉ sống được trong bóng râm, những loại cây khác lại chỉ sống khoẻ ở nơi có nhiều ánh sáng? Có phải tất cả các loại cây đều có nhu cầu giống nhau về các loại phân bón? Giải thích câu tục ngữ: “lúa chiêm lấp ló đầu bờ, hễ nghe tiếng sấm phất cờ mà lên”; Dựa vào những điều đã biết đề xuất các biện pháp kỹ thuật mới đối với một loại cây trồng nào đó của địa phương..

5) *Evaluate (đánh giá)*: trong bước này, HS cùng GV nhìn lại, đánh giá xem đã học được điều gì, tại sao thành công, điều gì làm chưa tốt và lí do, những sáng kiến nào là hay nhất,... so sánh đối chiếu kiến thức vừa thu thập được với kiến thức sẵn có.

Công cụ đánh giá rất đa dạng. Có thể là những ghi chép, hình minh họa của HS trong suốt quá trình của những E trên, có thể là những bài trình bày hay sản phẩm chứ không nhất thiết đánh giá phải là bài kiểm tra. Việc đánh giá đã được phân nào thực hiện ở những bước trước, trong suốt quá trình trên, qua quan sát của GV, qua việc HS giao tiếp với nhau và với GV,...

#### 2.4.3. Bài học thông thường

Với mỗi bài học thông thường, dù chưa đạt được mục tiêu dạy học STEAM nhưng nếu có ý thức thì GV cần có những cố gắng nhất định để gia công về nội dung, phương pháp,

phương tiện dạy học để tiếp cận gần đến STEAM hơn, mức độ đạt được tùy thuộc vào đặc điểm về nội dung kiến thức và khả năng của HS cũng như điều kiện dạy học. Sau đây chúng tôi đưa ra một số gợi ý chung cho việc này.

Thông tư số 33/2017/TT-BGDĐT ngày 22/12/2017 quy định về sách giáo khoa đã hướng dẫn quy trình mỗi bài học gồm 4 bước [13]: mở đầu, kiến thức mới, luyện tập, vận dụng. Để tiếp cận dạy học STEAM, theo chúng tôi mỗi bước cần có lưu ý riêng và có thể chia bước vận dụng thành 2 mức.

Các bước của bài học	Mục đích hoạt động dạy học	Mức độ nhận thức cần đạt	Tiếp cận dạy học STEAM
Mở đầu	Thu hút HS vào nội dung bài học; Nhận định qua những kiến thức sẵn có của HS về đề tài; HS đặt câu hỏi về hiện tượng, đề tài.	Đưa ra được câu hỏi nhận thức, phỏng đoán, giả thuyết, kế hoạch (sơ lược) giải quyết vấn đề,...	GV lựa chọn các tình huống trong thực tế cuộc sống để xây dựng tình huống dạy học/tình huống có vấn đề
Kiến thức mới	Hình thành kiến thức, phát triển kỹ năng	Nhớ, nhận biết, nhắc lại/mô tả lại được kiến thức, kỹ năng đã học.	Tăng cường hoạt động thí nghiệm, thực hành để tìm tòi kiến thức; liên hệ kiến thức với thực tế
Luyện tập	Chính xác hoá kiến thức, rèn luyện kỹ năng	Hiểu kiến thức, kỹ năng đã học (trình bày, giải thích, phân tích, so sánh được kiến thức theo cách hiểu của cá nhân); áp dụng trực tiếp (làm theo mẫu) kiến thức, kỹ năng đã biết để giải quyết các vấn đề trong học tập	Ra câu hỏi, bài tập định hướng giải quyết các vấn đề của thực tế cuộc sống thông qua hoạt động thí nghiệm, thực hành, thu thập số liệu.
Vận dụng	Củng cố kiến thức, kỹ năng; tăng cường ý thức và năng lực vận dụng kiến thức	Biết vận dụng kiến thức, kỹ năng đã học để giải quyết vấn đề quen thuộc, tương tự trong học tập, trong cuộc sống.	GV ra các bài tập yêu cầu HS vận dụng linh hoạt các kiến thức đã có (chủ yếu là kiến thức vừa học) để giải quyết vấn đề trong cuộc sống
Vận dụng cao, tìm tòi mở rộng	Tăng cường ý thức tìm hiểu, ứng dụng kiến thức, năng lực sáng tạo; hiểu giá trị của việc học, học tập suốt đời	Vận dụng kiến thức, kỹ năng đã học để giải quyết vấn đề mới hoặc đưa ra những phản hồi hợp lý trong học tập, trong cuộc sống một cách linh hoạt	GV ra các bài tập yêu cầu HS vận dụng tổng hợp các kiến thức đã có để giải quyết vấn đề thực tế; tìm hiểu mở rộng vấn đề; đưa sản phẩm học ra áp dụng trong cuộc sống

### 3. Kết luận

Giáo dục/dạy học STEAM không phải là vấn đề hoàn toàn mới nhưng là một bước phát triển mới của lí luận và thực tiễn dạy học trên thế giới, hướng tới đào tạo ra con người có những kỹ năng của thế kỉ XXI, năng động, phát hiện và giải quyết sáng tạo, hiệu quả các vấn đề thực tế, thích ứng với cuộc sống thường xuyên thay đổi của thời đại mới. Mục tiêu của giáo dục STEAM tương đồng với mục tiêu của chương trình giáo dục phổ thông mới [2], đội ngũ GV và nhà trường Việt Nam cần chủ động nghiên cứu và áp dụng sáng tạo trong những hoàn cảnh dạy học cụ thể, khác nhau. Cần khắc phục cả 2 khuynh hướng cho rằng: không thể thực hiện được giáo dục STEAM trong các điều kiện hiện nay hoặc ngược lại, chỉ cần những cải tiến nào đó các bài học hiện nay là có thể đạt được yêu cầu của dạy học STEAM. Các cấp quản lí cần tập trung chỉ đạo, có những quy định mới để tạo điều kiện cho GV và nhà trường thực hiện.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Thủ tướng Chính phủ (2017). *Chỉ thị 16/CT-TTg ngày 4/5/2017 của Thủ tướng Chính phủ về việc tăng cường năng lực tiếp cận cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4.*
- [2] Bộ GD-ĐT (2018). *Chương trình giáo dục phổ thông - Chương trình tổng thể*
- [3] Hoàng Phê (chủ biên) (1995). *Từ điển Tiếng Việt.* NXB Đà Nẵng.
- [4] Joanna Turnbull (chủ biên) (2014). *Oxford Advanced Learner's Dictionary with Vietnamese Translation.* Đinh Điền dịch thuật. NXB Trẻ.
- [5] Nguyễn Thành Hải (2016). *Từ giáo dục STEM đến giáo dục STEAM: những gợi ý cho đổi mới giáo dục Việt Nam.* sinhvienusa.org.
- [6] Anna Feldman (2015). *Why we need to put the art into STEM education.* slate.com.
- [7] Ban Chấp hành Trung ương (2013). *Nghị quyết số 29-NQ/TW ngày 04/11/2013 về đổi mới căn bản, toàn diện giáo dục và đào tạo đáp ứng yêu cầu công nghiệp hóa, hiện đại hóa trong điều kiện kinh tế thị trường định hướng xã hội chủ nghĩa và hội nhập quốc tế.*
- [8] Nguyễn Thành Hải (2019). *Đặc điểm của giáo dục STEM là gì?* hocvienstem.com.
- [9] Billy Nguyễn (2019). *Tiêu chí để thiết kế bài học STEM.* hourofcode.vn.
- [10] Nguyễn Sĩ Nam - Đào Ngọc Chính - Phan Thị Bích Lợi (2018). *Một số vấn đề giáo dục STEM trong nhà trường phổ thông đáp ứng chương trình giáo dục mới.* Tạp chí Giáo dục, Số đặc biệt tháng 9/2018, tr 25-29.
- [11] Bộ GD-ĐT (2019). *Cuộc thi khoa học kỹ thuật cấp quốc gia học sinh trung học năm học 2018 - 2019.* Tài liệu lưu hành nội bộ, tháng 3/2019.
- [12] Nguyễn Thành Hải (2019). *Cách soạn bài giảng STEM ở Mỹ như thế nào.* Hocvienkhampha.vn.
- [13] Bộ GD-ĐT (2017). *Thông tư số 33/2017/TT-BGDĐT ngày 22/12/2017 của Bộ GD-ĐT về việc ban hành quy định về tiêu chuẩn, quy trình biên soạn, chỉnh sửa sách giáo khoa; tiêu chuẩn tổ chức, cá nhân biên soạn sách giáo khoa; tổ chức và hoạt động của Hội đồng Quốc gia thẩm định sách giáo khoa.*
- [14] Bộ GD-ĐT (2018). *Thông tư Số: 32/2018/TT-BGDĐT ngày 26 tháng 12 năm 2018 ban hành chương trình giáo dục phổ thông*