# TỔ CHỨC DẠY HỌC STEM CHỦ ĐỀ "THIẾT KẾ MÔ HÌNH CẦU" THÔNG QUA VẬN DỤNG KIẾN THỨC HÌNH HỌC LỚP 8

**Đỗ Thị Ngọc Duyên**
**Trường THCS Thốt Nốt, phường Thốt Nốt, thành phố Cần Thơ**
**Email: dtn_duyen.c2thotnot.tn@cantho.edu.vn**

***Tóm tắt:*** *Bài viết trình bày việc tổ chức dạy học STEM chủ đề "Thiết kế mô hình cầu" cho học sinh lớp 8, vận dụng kiến thức về định lí Pythagore, tam giác và tứ giác để thiết kế, chế tạo các mô hình cầu. Tiến trình được triển khai qua 5 hoạt động của bài học STEM, kết hợp phiếu học tập và rubric đánh giá. Kết quả cho thấy học sinh có khả năng vận dụng kiến thức hình học vào giải quyết vấn đề thực tiễn, đồng thời phát triển năng lực giải quyết vấn đề, tư duy không gian, hợp tác và đánh giá sản phẩm.*

***Từ khóa:*** *Giáo dục STEM; Hình học lớp 8; thiết kế mô hình cầu; định lí Pythagore; năng lực giải quyết vấn đề; tư duy không gian.*

# ORGANIZING STEM TEACHING ON THE TOPIC "BRIDGE MODEL DESIGN" THROUGH THE APPLICATION OF GRADE 8 GEOMETRY KNOWLEDGE

***Abstract:*** *This paper presents the organization of STEM education through the topic "Bridge Model Design" for Grade 8 students, in which students apply knowledge of the Pythagorean theorem, triangles, and quadrilaterals to design and construct bridge models. The learning process consists of five STEM activities, combined with worksheets and a rubric-based assessment. The results indicate that students can effectively apply geometric knowledge to solve practical problems while developing problem-solving skills, spatial thinking, collaboration, and assessment competencies.*

***Keywords:*** *STEM education; Grade 8 Geometry; bridge model design; Pythagorean theorem; problem-solving skills; spatial thinking.*

*Nhận bài: 14/06/2026 Phản biện: 14/07/2026 Duyệt đăng: 17/07/2026*

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chương trình Giáo dục phổ thông 2018 môn Toán định hướng tăng cường vận dụng kiến thức vào thực tiễn, phát triển năng lực mô hình hóa và giải quyết vấn đề cho học sinh. Giáo dục STEM là một hướng tiếp cận hiệu quả nhằm gắn kiến thức toán học với hoạt động thiết kế, chế tạo và trải nghiệm thực tiễn.

Trong chương trình Toán 8, các nội dung như định lí Pythagore và các loại tứ giác có nhiều ứng dụng trong thiết kế công trình giao thông, đặc biệt là cầu. Tuy nhiên, học sinh thường học kiến thức một cách lí thuyết, ít trải nghiệm thực hành nên khó thấy được ý nghĩa thực tiễn của hình học.

Từ thực tế đó, nhóm tác giả xây dựng và tổ chức dạy học chủ đề STEM "Thiết kế mô hình cầu" cho học sinh lớp 8. Học sinh vận dụng kiến thức hình học để thiết kế, chế tạo và đánh giá mô hình cầu theo các tiêu chí cân bằng, bền vững và thẩm mĩ. Hoạt động góp phần nâng cao hứng thú học tập, phát triển năng lực vận dụng toán học và cung cấp cơ sở thực tiễn cho việc triển khai các chủ đề STEM trong dạy học Toán ở THCS.

## II. CƠ SỞ LÍ LUẬN

### 2.1. Giáo dục STEM và quy trình bài học STEM

Bybee (2013) quan niệm giáo dục STEM là cách tiếp cận liên ngành giữa Khoa học, Công nghệ, Kĩ thuật và Toán học, hướng tới trang bị cho người học năng lực vận dụng kiến thức để giải quyết các vấn đề thực tiễn. Cùng quan điểm đó, Lantz (2009) cho rằng giáo dục STEM là một cách học liên ngành, gắn kết kiến thức các lĩnh vực khoa học, công nghệ, kĩ thuật và toán học với thực tiễn cuộc sống. Tại Việt Nam, Bộ Giáo dục và Đào tạo (2020) đã ban hành Công văn số 3089/BGDĐT-GDTrH hướng dẫn triển khai giáo dục STEM trong giáo dục trung học, trong đó quy định bài học STEM cần được tổ chức theo 5 hoạt động: (1) Xác định vấn đề; (2) Nghiên cứu kiến thức nền và đề xuất giải pháp; (3) Lựa chọn giải pháp; (4) Chế tạo mẫu, thử nghiệm và đánh giá; (5) Chia sẻ, thảo luận, điều chỉnh. Đây chính là căn cứ pháp lí và chuyên môn để nhóm tác giả xây dựng tiến trình dạy học chủ đề "THIẾT KẾ MÔ HÌNH CẦU".

### 2.2. Vai trò tích hợp Toán học – Kĩ thuật qua hoạt động thiết kế công trình

Trong dạy học Toán theo định hướng STEM, các dạng hình học phẳng không chỉ được xem xét ở khía cạnh lí thuyết mà còn được khai thác như công cụ thiết kế kĩ thuật. Định lí Pythagore cho phép xác định chính xác độ dài các đoạn thẳng (dây treo, thanh giằng, thanh chống) trong không

gian ba chiều dựa trên các kích thước đã biết; tính chất tam giác – hình có cấu trúc không biến dạng khi chịu lực – được vận dụng để tăng độ cứng cho khung kết cấu, dù cầu được thiết kế theo dạng treo, vòm, …; các loại tứ giác được sử dụng để tạo hình: trụ, lan can bảo đảm tính thẩm mĩ và cân đối. Việc tổ chức cho học sinh trải nghiệm thiết kế, chế tạo, đánh giá một mô hình kĩ thuật cụ thể (ở đây là mô hình cây cầu, mà mỗi nhóm được tự lựa chọn dạng cầu phù hợp với ý tưởng của mình) chính là con đường để hiện thực hóa mối liên hệ giữa kiến thức hình học và năng lực giải quyết vấn đề kĩ thuật, phù hợp với khung năng lực toán học của Chương trình Giáo dục phổ thông 2018 (Bộ Giáo dục và Đào tạo, 2018).

## III. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP TỔ CHỨC DẠY HỌC

### 3.1. Đối tượng và phạm vi triển khai

Chủ đề STEM "THIẾT KẾ MÔ HÌNH CẦU" được thiết kế cho học sinh lớp 8, tổ chức trong 3 tiết học (không kể thời gian học sinh tự chế tạo mô hình ngoài giờ lên lớp), theo hình thức làm việc nhóm (4 học sinh/nhóm). Mỗi nhóm được quyền tự lựa chọn dạng cầu muốn thiết kế (cầu treo, cầu vòm hoặc cầu dàn) trên cơ sở vận dụng kiến thức Hình học Chương 3 (Định lí Pythagore và các loại tứ giác thường gặp) của môn Toán 8, phù hợp với ý tưởng và điều kiện vật liệu của nhóm.

### 3.2. Nội dung kiến thức Toán học vận dụng

Định lí Pythagore: vận dụng để tính độ dài các thanh giằng, dây treo, thanh chống hoặc nhịp cầu trong tam giác vuông mô phỏng, tùy theo dạng cầu mà nhóm lựa chọn. Các loại tứ giác (hình thang, hình bình hành, hình chữ nhật, hình vuông): vận dụng trong thiết kế mặt cầu, trụ cầu và khung lan can. Tính đối xứng và tỉ lệ: bố trí các bộ phận đối xứng qua trục giữa để bảo đảm cầu cân bằng, hài hòa về hình thức.

### 3.3. Tiến trình tổ chức dạy học

Căn cứ quy trình bài học STEM theo Công văn số 3089/BGDĐT-GDTrH (Bộ Giáo dục và Đào tạo, 2020), tiến trình dạy học chủ đề được tổ chức thành 5 hoạt động như trình bày ở Bảng 1.

**Bảng 1. Tiến trình tổ chức dạy học chủ đề "THIẾT KẾ MÔ HÌNH CẦU"**

| Hoạt động | Mục đích | Sản phẩm học tập của học sinh |
|---|---|---|
| **1. Xác định vấn đề** | Quan sát các loại cầu, xác định yêu cầu thiết kế cầu cân bằng, bền, đẹp. | Phiếu học tập, chọn dạng cầu. |
| **2. Nghiên cứu kiến thức nền và đề xuất giải pháp** | Ôn định lí Pythagore, tính chất tam giác – tứ giác và đặc điểm các dạng cầu. | Bản phác thảo, đề xuất giải pháp. |
| **3. Lựa chọn giải pháp** | So sánh các phương án theo tiêu chí bền, cân bằng, thẩm mỹ, dễ chế tạo. | Bản thiết kế được chọn. |
| **4. Chế tạo mẫu, thử nghiệm và đánh giá** | Chế tạo mô hình cầu theo dạng đã chọn và bản thiết kế; thử nghiệm sơ bộ; ghi chép hiện tượng quan sát được. | Mô hình cầu hoàn chỉnh; bảng kết quả thử nghiệm sơ bộ. |
| **5. Chia sẻ, thảo luận, điều chỉnh** | Trình bày sản phẩm, đánh giá chéo và cải tiến. | Bài thuyết minh, phiếu đánh giá và tự đánh giá. |

Để cụ thể hóa Bảng 1 thành kế hoạch bài dạy có thể triển khai trên lớp, tiến trình dạy học được phân bổ chi tiết theo từng tiết học như trình bày ở Bảng 2, đồng thời mục tiêu, hoạt động của giáo viên (GV), hoạt động của học sinh (HS), phương tiện dạy học và sản phẩm dự kiến của mỗi hoạt động được mô tả cụ thể ngay sau bảng.

**Bảng 2. Phân bổ thời lượng tiến trình dạy học theo tiết học**

| Buổi/Tiết | Hoạt động | Thời gian | Nội dung trọng tâm |
|---|---|---|---|
| Tiết 1 | 1. Xác định vấn đề | 15 phút | Quan sát cầu thực tế, thảo luận, đặt vấn đề thiết kế mô hình cầu. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tiết 1 | 2. Nghiên cứu kiến thức nền và đề xuất giải pháp (phần 1) | 30 phút | Ôn tập Pythagore, tam giác, tứ giác; so sánh các dạng cầu; phác thảo ý tưởng thiết kế ban đầu. |
| Tiết 2 | 2 (tiếp) và 3. Lựa chọn giải pháp | 45 phút | Hoàn thiện bản thiết kế, so sánh phương án, lựa chọn dạng cầu và giải pháp tối ưu. |
| Ngoài giờ lên lớp | 4. Chế tạo mẫu (giai đoạn chế tạo) | 3-5 ngày | HS chế tạo mô hình cầu theo bản thiết kế đã chọn, có sự hướng dẫn và giám sát an toàn của GV/phụ huynh. |
| Tiết 3 | 4 (tiếp). Thử nghiệm và đánh giá sơ bộ | 20 phút | Thử tải trọng tăng dần theo bước 100 g, ghi nhận hiện tượng quan sát được. |
| Tiết 3 | 5. Chia sẻ, thảo luận, điều chỉnh | 25 phút | Thuyết trình, đánh giá chéo sản phẩm cầu giữa các nhóm theo rubric; tự đánh giá. |

**Hoạt động 1: Xác định vấn đề (15 phút, Tiết 1)**

| | |
|---|---|
| **Mục tiêu** | Học sinh nhận biết yêu cầu thiết kế mô hình cầu (cân bằng, bền vững, thẩm mĩ) và vận dụng kiến thức hình học (tam giác, tứ giác) vào kết cấu cầu. |
| **Phương tiện, sản phẩm** | Hình ảnh/video các loại cầu (treo, vòm, dàn), Phiếu học tập số 1, rubric đánh giá sản phẩm. |

| Hoạt động của giáo viên (GV) | Hoạt động của học sinh (HS) |
|---|---|
| Chiếu hình ảnh/video các loại cầu; đặt câu hỏi về vai trò của tam giác, tứ giác trong kết cấu cầu; giao nhiệm vụ nhóm thiết kế mô hình cầu đáp ứng các tiêu chí cân bằng, bền vững, thẩm mĩ và giới thiệu rubric đánh giá. | Quan sát, thảo luận nhóm, hoàn thành Phiếu học tập số 1; xác định vấn đề STEM cần giải quyết và lựa chọn dạng cầu phù hợp để thiết kế. |

**Hoạt động 2: Nghiên cứu kiến thức nền và đề xuất giải pháp (30 phút Tiết 1, tiếp tục đầu Tiết 2)**

| | |
|---|---|
| **Mục tiêu** | Học sinh ôn lại định lí Pythagore, tính chất tam giác và tứ giác; vận dụng để ước tính kích thước các bộ phận cầu và đề xuất ít nhất một phương án thiết kế có tính toán. |
| **Phương tiện, sản phẩm** | Phiếu kiến thức nền, giấy A4/bút vẽ, máy tính cầm tay. Sản phẩm gồm phiếu tổng hợp kiến thức và 1–2 bản phác thảo cầu có ghi số liệu tính toán. |

| Hoạt động của giáo viên (GV) | Hoạt động của học sinh (HS) |
|---|---|
| Ôn tập nhanh kiến thức Pythagore, tam giác và tứ giác; giới thiệu ưu, nhược điểm của các dạng cầu; hướng dẫn học sinh tính toán kích thước cơ bản và phác thảo thiết kế; hỗ trợ các nhóm khi gặp khó khăn. | Làm bài tập vận dụng; thảo luận so sánh các dạng cầu; đề xuất ý tưởng thiết kế; lựa chọn phương án phù hợp và hoàn thành bản phác thảo kèm số liệu tính toán. |

**Hoạt động 3: Lựa chọn giải pháp (phần còn lại của Tiết 2)**

| | |
|---|---|
| Mục tiêu | Học sinh so sánh, phản biện các phương án thiết kế cầu theo các tiêu chí: vận dụng kiến thức Toán học, độ cân bằng, độ bền, tính thẩm mỹ và khả năng chế tạo; từ đó chọn phương án tối ưu. |
| Phương tiện, sản phẩm | Phiếu so sánh phương án, bản phác thảo ở Hoạt động 2; sản phẩm gồm bảng chấm điểm và bản thiết kế kỹ thuật cuối cùng ghi rõ dạng cầu. |

| Hoạt động của giáo viên (GV) | Hoạt động của học sinh (HS) |
|---|---|
| Phát phiếu đánh giá (thang điểm 1–5), tổ chức trình bày và thảo luận; đặt câu hỏi phản biện; hướng dẫn hoàn thiện bản thiết kế cuối cùng (dạng cầu, kích thước, vật liệu). | Đại diện nhóm trình bày phương án; các nhóm góp ý, phản biện và chấm điểm; lựa chọn phương án có điểm cao nhất và hoàn thiện bản thiết kế kèm danh mục vật liệu dự kiến. |

**Hoạt động 4: Chế tạo mẫu, thử nghiệm và đánh giá (chế tạo ngoài giờ lên lớp; 20 phút Tiết 3 dành cho thử nghiệm)**

| | |
|---|---|
| Mục tiêu | HS chế tạo mô hình cầu theo thiết kế đã chọn (treo, vòm hoặc dàn), thử nghiệm chịu tải theo quy trình đơn giản (tăng tải, quan sát, ghi số liệu) và rèn kĩ năng thực hành, tư duy dựa trên dữ liệu |
| Phương tiện, sản phẩm | Phiếu ghi kết quả thử nghiệm; sản phẩm dự kiến là mô hình cầu hoàn chỉnh (theo dạng đã chọn) và bảng kết quả thử nghiệm sơ bộ. |

| Hoạt động của giáo viên (GV) | Hoạt động của học sinh (HS) |
|---|---|
| Hướng dẫn an toàn khi sử dụng dụng cụ; cung cấp danh mục vật liệu và quy định thời hạn nộp sản phẩm | Chế tạo mô hình cầu theo bản thiết kế; điều chỉnh khi cần; thử tải tăng dần, quan sát và ghi kết quả vào phiếu thử nghiệm. |

**Hoạt động 5: Chia sẻ, thảo luận, điều chỉnh (25 phút, Tiết 3)**

| | |
|---|---|
| Mục tiêu | Học sinh trình bày và bảo vệ phương án thiết kế, kết quả thử nghiệm; đánh giá chéo sản phẩm theo rubric để nhận xét ưu điểm, hạn chế và đề xuất cải tiến; thực hiện tự đánh giá và đánh giá đồng đẳng. |
| Phương tiện, sản phẩm | Mô hình cầu của các nhóm (treo, vòm, dàn…); phiếu đánh giá chéo rubric 100 điểm; phiếu tự đánh giá; bài thuyết minh sản phẩm. |

| Hoạt động của giáo viên (GV) | Hoạt động của học sinh (HS) |
|---|---|
| Tổ chức trưng bày sản phẩm; điều hành thuyết trình (3–4 phút/nhóm); hướng dẫn đánh giá chéo theo rubric; tổng hợp kết quả, nhận xét và gợi ý hướng cải tiến cho từng nhóm. | Đại diện nhóm thuyết trình về thiết kế và kết quả thử nghiệm; quan sát, đánh giá sản phẩm nhóm khác; đặt câu hỏi, góp ý; tự đánh giá và ghi nhận đề xuất cải tiến mô hình. |

### 3.4. Công cụ đánh giá

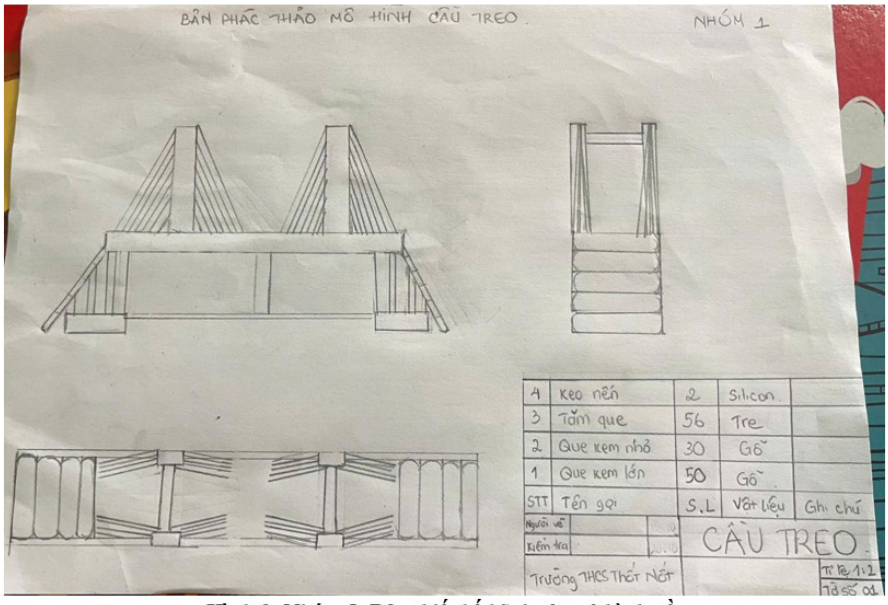
Để đánh giá quá trình và kết quả học tập, mỗi hoạt động được xây dựng một phiếu học tập kèm rubric đánh giá theo thang 100 điểm, phân chia 4 mức độ (Xuất sắc, Tốt, Đạt, Chưa đạt) trên các tiêu chí: mức độ vận dụng kiến thức Toán học, chất lượng sản phẩm kĩ thuật, khả năng thuyết trình – phản biện và tinh thần hợp tác nhóm. Trong đó, Phiếu đánh giá chéo sản phẩm cầu giữa các nhóm ở Hoạt động 5 giữ vai trò công cụ trung tâm để ghi nhận kết quả cuối cùng của chủ đề, cho phép so sánh khách quan các dạng cầu (treo, vòm, dàn) do các nhóm khác nhau chế tạo trên cùng một bộ tiêu chí. Đây là công cụ giúp giáo viên đánh giá đồng thời năng lực toán học và các năng lực chung (giải quyết vấn đề và sáng tạo, giao tiếp và hợp tác, tự chủ và tự học) theo yêu cầu của Chương trình Giáo dục phổ thông 2018.

## IV. KẾT QUẢ TRIỂN KHAI

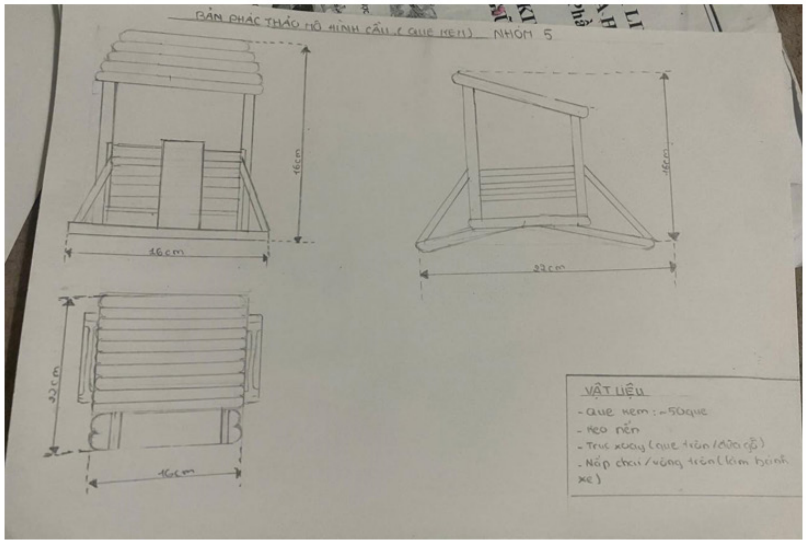
### 4.1. Sản phẩm thiết kế của học sinh

Kết thúc Hoạt động 3, các nhóm học sinh đã lựa chọn các dạng cầu khác nhau, phù hợp với ý tưởng và điều kiện vật liệu của mỗi nhóm: một số nhóm lựa chọn cầu treo một trụ giữa (khai thác hệ dây treo bố trí đối xứng và trụ neo lực), một số nhóm lựa chọn cầu vòm (khai thác dạng cung và tứ giác chịu nén), và một số nhóm lựa chọn cầu dàn (khai thác hệ tam giác liên kết chịu lực). Dù khác nhau về dạng cầu, các mô hình đều thể hiện rõ việc vận dụng tam giác (kết cấu chịu lực), tứ giác (mặt cầu, lan can) và tính đối xứng, tỉ lệ trong thiết kế, đồng thời khả thi về mặt chế tạo với vật liệu đơn giản (que gỗ/que nhựa, dây nhựa/xích nhựa, bìa cứng/mica mỏng, keo nến), phù hợp điều kiện học tập ở trường trung học cơ sở.

*Hình 1. Nhóm 1. Bản thiết kế kỹ thuật mô hình cầu*




*Hình 2. Nhóm 5. Bản thiết kế kỹ thuật mô hình cầu*




*Hình 3. Hình ảnh trưng bày sản phẩm của các nhóm*



**4.2. Kết quả đánh giá sản phẩm cầu của các nhóm**

Tại Hoạt động 5, sau khi trưng bày và thuyết trình sản phẩm, các nhóm học sinh tiến hành đánh giá chéo sản phẩm cầu của nhóm bạn theo Phiếu đánh giá chéo (rubric 100 điểm) trên 5 tiêu chí: (1) mức độ vận dụng kiến thức Toán học; (2) độ cân bằng – bền vững của kết cấu; (3) tính thẩm mĩ; (4) khả năng chế tạo, hoàn thiện sản phẩm; (5) kĩ năng thuyết trình – phản biện. Kết quả tổng hợp điểm đánh giá chéo (điểm trung bình do các nhóm khác chấm) của một lớp thực nghiệm đại diện (5 nhóm) được trình bày ở Bảng 3.

***Bảng 3. Kết quả đánh giá chéo sản phẩm cầu giữa các nhóm***

| Nhóm | Vận dụng KT Toán (25đ) | Cân bằng, bền vững (25đ) | Thẩm mĩ (20đ) | Khả năng chế tạo (15đ) | Thuyết trình (15đ) | Tổng điểm (100) | Xếp loại |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nhóm 1 | 22 | 21 | 17 | 13 | 13 | 86 | Tốt |
| Nhóm 2 | 20 | 18 | 18 | 12 | 12 | 80 | Tốt |
| Nhóm 3 | 23 | 22 | 15 | 13 | 12 | 85 | Tốt |
| Nhóm 4 | 19 | 17 | 16 | 11 | 11 | 74 | Đạt |
| Nhóm 5 | 21 | 19 | 18 | 13 | 13 | 84 | Tốt |

Kết quả đánh giá chéo cho thấy đa số các nhóm (4/5 nhóm) đạt mức Tốt trở lên (tổng điểm ≥ 80/100), một nhóm đạt mức Đạt, không có nhóm nào ở mức Chưa đạt. Xét theo dạng cầu, các nhóm lựa chọn cầu treo và cầu dàn thường được đánh giá cao ở tiêu chí cân bằng, bền vững, do khai thác tốt hệ tam giác chịu lực và bố trí đối xứng hai bên. Quá trình đánh giá chéo giữa các nhóm cũng giúp học sinh nhận diện rõ hơn ưu điểm và hạn chế của từng dạng cầu, từ đó đề xuất được các hướng cải tiến cụ thể cho sản phẩm của mình, ví dụ nhóm chọn cầu treo đề xuất tăng số lượng dây treo để phân bố lực đều hơn, còn nhóm chọn cầu vòm đề xuất gia cố thêm phần chân đế để tăng độ ổn định.

**4.3. Biểu hiện năng lực của học sinh qua quá trình thực hiện**

Qua quá trình thực hiện và đánh giá sản phẩm, học sinh bước đầu thể hiện năng lực vận dụng kiến thức hình học vào thiết kế cầu, sử dụng định lí Pythagore để ước lượng kích thước các bộ phận cầu, đồng thời rèn luyện năng lực đánh giá theo tiêu chí và học hỏi lẫn nhau qua hoạt động đánh giá chéo. Kết quả hiện chủ yếu mang tính định tính và cần được kiểm chứng thêm ở nghiên cứu với mẫu lớn hơn

## V. KẾT LUẬN

Chủ đề STEM "Thiết kế mô hình cầu" đã vận dụng hiệu quả kiến thức Hình học lớp 8 vào thực hành thiết kế và chế tạo cầu. Học sinh được trải nghiệm quy trình STEM, phát triển tư duy không gian, giải quyết vấn đề, hợp tác và tự đánh giá sản phẩm. Kết quả cho thấy việc tích hợp Toán học với hoạt động STEM góp phần nâng cao năng lực toán học và năng lực STEM của học sinh THCS. Trong thời gian tới cần mở rộng thực nghiệm và bổ sung công cụ đánh giá để xác định hiệu quả chính xác hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bộ Giáo dục và Đào tạo. (2018). Chương trình giáo dục phổ thông môn Toán (ban hành kèm theo Thông tư số 32/2018/TT-BGDĐT ngày 26/12/2018).

Bộ Giáo dục và Đào tạo. (2020). Công văn số 3089/BGDĐT-GDTrH ngày 14/8/2020 về việc triển khai thực hiện giáo dục STEM trong giáo dục trung học.

Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA Press.

Lantz, H. B. (2009). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: What form? What function? Currtech Integrations.

Lê Xuân Quang. (2017). Dạy học môn Công nghệ phổ thông theo định hướng giáo dục STEM (Luận án tiến sĩ Khoa học giáo dục). Viện Khoa học Giáo dục Việt Nam.

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

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. The Technology Teacher, 68(4), 20–26.