

KHÁM PHÁ ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC SỬ DỤNG “MÔ PHÒNG PHET” ĐẾN NĂNG LỰC KHOA HỌC TỰ NHIÊN Ở HỌC SINH TRUNG HỌC CƠ SỞ: MỘT NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

Nguyễn Quang Linh¹⁺,
Trịnh Hương Quỳnh²,
Nguyễn Thị Phương²

¹Trường Đại học Sư phạm - Đại học Thái Nguyên;
²Sinh viên Khoa Vật lý, Trường Đại học Sư phạm - Đại học Thái Nguyên
+ Tác giả liên hệ • Email: linhnq@tnue.edu.vn

Article history

Received: 23/3/2024

Accepted: 15/4/2024

Published: 05/5/2024

Keywords

PhET Simulations,
competencies, natural science
competencies, digital
technology, teaching
strategies

ABSTRACT

In the context of digital technology playing an increasingly important role in education, the adoption of software in teaching, including PhET simulations, is an inevitable trend and of interest to many teachers. This study aims to explore the impact of PhET simulations on students' natural science competences. The results show that using PhET simulations in teaching provides students with the opportunity to demonstrate the component competencies of natural science competence. This means that it is possible to cultivate students' natural science competence through the use of PhET simulations in teaching. The research results encourage teachers to increase the use of PhET simulations in teaching to develop students' natural science competence and to overcome the current lack of teaching equipment in secondary schools.

1. Mở đầu

Trong thời đại kỹ thuật số ngày nay, việc áp dụng công nghệ vào giáo dục đã trở thành một xu hướng không thể tránh khỏi, đặc biệt là trong lĩnh vực khoa học tự nhiên (KHTN). “Mô phỏng PhET” được phát triển bởi Đại học Colorado Boulder, là một trong những công cụ độc đáo hiện nay để hỗ trợ việc giảng dạy và học tập các khái niệm khoa học phức tạp thông qua trải nghiệm thực hành ảo (Perkins et al., 2006). Sử dụng mô phỏng PhET cũng cải thiện đáng kể sự tham gia tích cực và nâng cao hiệu quả học tập của HS (Wieman et al., 2010). Công cụ này cung cấp một cách tiếp cận mới và thú vị cho HS, giúp HS tăng cường hiểu biết và quan tâm hơn đến khoa học.

Bài báo này tìm hiểu ảnh hưởng của việc sử dụng mô phỏng PhET trong dạy học chủ đề “Điện” (KHTN 8) đối với việc phát triển năng lực KHTN cho HS và tập trung vào việc đánh giá sự xuất hiện của các năng lực thành tố trong năng lực KHTN của HS khi tham gia vào các bài học có sử dụng mô phỏng PhET. Bằng cách thiết kế và triển khai hai kế hoạch bài dạy sử dụng mô phỏng PhET tại hai trường phổ thông khác nhau, nghiên cứu này không chỉ kiểm tra khả năng bồi dưỡng năng lực KHTN thông qua mô phỏng mà còn đánh giá sự phù hợp và hiệu quả của phương pháp này trong môi trường giáo dục Việt Nam.

2. Kết quả nghiên cứu

2.1. Sử dụng mô phỏng trong dạy học

Trong những năm gần đây, việc áp dụng công nghệ thông tin vào giáo dục đã mở ra những cách tiếp cận mới trong dạy và học, đặc biệt là trong lĩnh vực dạy học các môn KHTN. Mô phỏng trực tuyến, như PhET được phát triển bởi Đại học Colorado Boulder, đã trở thành công cụ quan trọng giúp giảng dạy các khái niệm khoa học một cách sinh động và trực quan (Wieman et al., 2010). Sử dụng mô phỏng vào quá trình dạy học không chỉ thúc đẩy sự tích cực tham gia các hoạt động học tập của HS mà còn cải thiện sự hiểu biết sâu cũng như sự ghi nhớ kiến thức lâu dài các tri thức khoa học của HS (Trần Thị Ngọc Ánh và cộng sự, 2021). Sử dụng mô phỏng trong dạy học giúp HS có thể tham gia các hoạt động thực hành và tương tác với các mô hình khoa học mà không gặp rủi ro, mất an toàn. Nó cũng khắc phục được tình trạng thiếu trang thiết bị trong dạy học ở các trường phổ thông hiện nay (Phạm Thị Hồng Tú và cộng sự, 2023).

Sử dụng mô phỏng trong dạy học chủ đề “Điện” (KHTN 8) có thể giúp HS được tiếp cận với các khái niệm khoa học qua hình thức trực quan và có sự tương tác. Qua đó, HS không chỉ dễ dàng tiếp thu kiến thức hơn mà còn có khả năng áp dụng kiến thức đó vào giải quyết các vấn đề thực tiễn (Trần Thị Ngọc Ánh và cộng sự, 2021). Các mô phỏng cung cấp một môi trường an toàn cho HS thực hành và thử nghiệm, qua đó họ có thể tự phát triển năng lực khoa học thông qua việc học hỏi từ những sai lầm trong thực hành mà không gặp phải rủi ro về mặt an toàn khi thực hiện các mô phỏng (Habibi et al., 2020). Các mô phỏng cũng giúp GV có nhiều thời gian hơn trong việc tổ chức các hoạt

động dạy học bởi các mô phỏng giúp HS đưa ra kết quả thí nghiệm một cách nhanh chóng và chính xác (Wieman et al., 2010).

Bằng cách cho phép HS tương tác trực tiếp với các mô hình khoa học, mô phỏng PhET giúp GV giải quyết một số khó khăn trong việc dạy học các chủ đề phức tạp. HS có thể thay đổi các biến số và quan sát kết quả ngay lập tức, giúp họ hiểu rõ hơn về mối quan hệ nguyên nhân - kết quả trong các hệ thống khoa học (Perkins et al., 2006). Điều này cũng khuyến khích sự khám phá và học hỏi tự giác, đồng thời phát triển tư duy phản biện và năng lực giải quyết vấn đề. Mô phỏng PhET cũng giúp HS có thể dễ dàng nghiên cứu bài học ở nhà vào bất kể thời điểm nào một cách thuận lợi nhất (Wieman et al., 2010).

Tuy nhiên, để mô phỏng PhET đạt được hiệu quả cao nhất, việc lựa chọn và tích hợp chúng vào kế hoạch bài dạy cần được thực hiện một cách cẩn thận. GV cần xác định rõ mục tiêu học tập và lựa chọn những mô phỏng phù hợp nhất để hỗ trợ việc đạt được mục tiêu đó. Ngoài ra, việc hướng dẫn và khuyến khích HS suy nghĩ một cách có phản biện khi sử dụng mô phỏng là yếu tố quan trọng giúp tăng cường hiệu quả học tập.

2.2. Cấu trúc năng lực khoa học tự nhiên

Năng lực KHTN là khả năng tổng hợp và áp dụng kiến thức, kỹ năng, và thái độ để giải quyết các vấn đề trong bối cảnh thực tiễn, đóng một vai trò quan trọng trong sự phát triển của cá nhân và cộng đồng (Nguyễn Thị Hằng và cộng sự, 2024). Điểm nổi bật của năng lực KHTN không chỉ nằm ở sự kết hợp các yếu tố nhận thức, hành vi và giá trị quan điểm một cách cơ học mà còn ở sự vận dụng linh hoạt chúng để đạt được giải pháp hiệu quả và có thể đo lường được (Nguyễn Quang Linh và Trần Thị Thu Huệ, 2023).

Dựa trên sự đánh giá của các tổ chức và nghiên cứu quốc tế như PISA (Cao Cự Giác và cộng sự, 2019) và Tổ chức hợp tác và phát triển kinh tế (OECD, 2019) cũng như Chương trình giáo dục phổ thông 2018 (Bộ GD-ĐT, 2018) thì năng lực KHTN có những điểm chung như: Khả năng sử dụng kiến thức khoa học để đưa các câu hỏi (phát hiện được vấn đề cần giải quyết), đề xuất giải pháp cho các vấn đề trong thế giới tự nhiên và thay đổi do con người tạo ra.

Trong nghiên cứu của mình, chúng tôi xác định năng lực KHTN của HS gồm ba năng lực thành tố: Nhận thức kiến thức KHTN, Khám phá khoa học, và Vận dụng kiến thức khoa học (Bộ GD-ĐT, 2018; Hán Thị Hương Thủy và Đỗ Hương Trà, 2023). Mỗi năng lực thành phần này được đánh giá qua các biểu hiện hành vi tương ứng với 3 mức độ, qua đó thể hiện sự tiến triển trong khả năng tổng hợp và áp dụng kiến thức, kỹ năng và thái độ của HS để giải quyết các vấn đề trong bối cảnh thực tiễn. Ví dụ, trong năng lực thành tố Nhận thức kiến thức KHTN, biểu hiện hành vi được đánh giá từ mức gọi tên các hiện tượng, khái niệm, quy luật của quá trình tự nhiên (mức 1) đến mức vận dụng kiến thức trong các tình huống quen thuộc hoặc không quen thuộc để phân tích, tổng hợp, đánh giá (mức 3). Năng lực thành tố Khám phá khoa học, các biểu hiện hành vi được đánh giá từ mức nhận diện được vấn đề, đặt ra câu hỏi giải quyết (mức 1), đến lập kế hoạch và thực hiện kế hoạch một cách có căn cứ và khoa học (mức 3). Cấu trúc này giúp người nghiên cứu xác định được rõ ràng các mức độ biểu hiện của năng lực KHTN của HS từ đó “đo lường” được năng lực này ở HS.

2.3. Tiến trình dạy học chủ đề “Điện” (KHTN 8) nhằm phát triển năng lực khoa học của học sinh

Trong nghiên cứu của mình, chúng tôi lựa chọn chủ đề “Điện” (KHTN 8) để minh họa do chủ đề này có nhiều kiến thức mang tính trừu tượng cao gây khó khăn trong việc nhận biết các hiện tượng khoa học ở HS. Hai bài học cụ thể, “Hiện tượng nhiễm điện do cọ xát” và “Mạch điện đơn giản”, được lựa chọn với mục tiêu nhằm cung cấp cho HS cái nhìn sâu sắc và thực tế về các khái niệm điện học cơ bản. Bằng việc sử dụng mô phỏng PhET, kế hoạch bài dạy được xây dựng hướng đến việc tạo ra một môi trường học tập động, tương tác cao, nơi HS có thể trải nghiệm và thực hành với các hiện tượng và nguyên lý điện học một cách trực quan và thực tiễn.

Bài học “Hiện tượng nhiễm điện do cọ xát” giới thiệu cơ chế của sự nhiễm điện thông qua hoạt động cọ xát, một khái niệm cơ bản trong dạy học về điện nhưng thường gây khó khăn cho HS khi học thông qua phương pháp truyền thống. Mô phỏng PhET cho phép HS thấy được hiện tượng này một cách rõ ràng, từ đó hiểu rõ về sự dịch chuyển electron và các tác động liên quan. Bài học được thiết kế gồm 6 hoạt động (bảng 1).

Bảng 1. Các hoạt động trong tổ chức bài dạy “Hiện tượng nhiễm điện do cọ xát” (KHTN 8)

Yêu cầu cần đạt:

- Giải thích được nguyên nhân một vật cách điện bị nhiễm điện do cọ xát và khả năng hút vật khác của vật bị nhiễm điện;
- Thực hiện được thí nghiệm về sự nhiễm điện do cọ xát bằng các đồ vật xung quanh mình;
- Giải thích được một số hiện tượng thực tế liên quan đến sự nhiễm điện do cọ xát.

Hoạt động	Tên hoạt động	Mô tả hoạt động
Hoạt động 1	Khởi động	GV cho HS thực hiện một số thí nghiệm thể hiện hiện tượng nhiễm điện do cọ xát. GV yêu cầu HS mô tả lại hiện tượng quan sát được và giải thích. Do sự giải thích về các hiện tượng quan sát được chưa đầy đủ dẫn tới cần tìm hiểu nội dung bài học “Hiện tượng nhiễm điện do cọ xát”.
Hoạt động 2	Tìm hiểu về vật nhiễm điện	GV tổ chức cho HS hoàn thành phiếu học tập số 1 (nhằm tìm hiểu về sự tương tác hút, đẩy giữa các vật nhiễm điện). Sau đó GV tổ chức cho HS báo cáo, thảo luận về kết quả làm việc. Cuối cùng, GV chốt lại các kiến thức cần thiết về sự nhiễm điện của một vật.
Hoạt động 3	Giải thích sơ lược về sự nhiễm điện do cọ xát	GV tổ chức cho HS quan sát thí nghiệm hiện tượng nhiễm điện do cọ xát thông qua mô phỏng PhET, thảo luận nhóm và hoàn thành phiếu học tập số 2. Mô phỏng PhET mô tả lại hiện tượng HS đã làm với thí nghiệm thật nhưng bổ sung thêm sự dịch chuyển của electron ở các vật khi chúng nhiễm điện giúp HS dễ dàng hình dung ra nguyên nhân một vật nhiễm điện do cọ xát.
Hoạt động 4	Tìm hiểu và giải thích một số hiện tượng liên quan đến sự nhiễm điện do cọ xát trong cuộc sống	GV tổ chức cho HS thảo luận nhóm, trả lời các câu hỏi và quan sát hình ảnh, video về các hiện tượng liên quan đến sự nhiễm điện do cọ xát trong cuộc sống.
Hoạt động 5	Luyện tập	GV đưa ra các câu hỏi trắc nghiệm trên phần mềm Plickers để HS củng cố kiến thức đã học trong bài “Hiện tượng nhiễm điện do cọ xát”.
Hoạt động 6	Vận dụng	GV tổ chức cho HS quan sát một số mô phỏng được thiết kế trên mô phỏng PhET về các hiện tượng liên quan đến sự nhiễm điện do cọ xát và trả lời các câu hỏi được thiết kế trên phần mềm Microsoft PowerPoint GV tổ chức cho HS thực hiện lại thí nghiệm trên vật thật để kiểm tra lại một số thí nghiệm được mô tả trên mô phỏng PhET.

Bài học “Mạch điện đơn giản” nhằm cung cấp cho HS cái nhìn thực tế về cách thức một mạch điện hoạt động, từ đó phát triển kỹ năng thiết kế và phân tích mạch điện (bảng 2). Mô phỏng PhET được sử dụng để giúp HS dễ dàng thực hành và kiểm tra hiểu biết của bản thân thông qua việc tạo ra và điều chỉnh các mạch điện ảo, qua đó bồi dưỡng năng lực KHTN thông qua việc áp dụng lý thuyết vào thực hành.

Bảng 2. Các hoạt động trong tổ chức bài dạy “Mạch điện đơn giản” (KHTN 8)

Yêu cầu cần đạt:

- Vẽ được sơ đồ mạch điện với các kí hiệu mô tả: Biến trở, điện trở, vôn kế, ampe kế, điôt, điôt phát quang, chuông điện,....;
- Mắc được mạch điện đơn giản với các dụng cụ: bóng đèn, công tắc, dây nối và pin;
- Mô tả được sơ lược công dụng của: cầu chì, role, cầu dao tự động và chuông điện;
- Nêu được cách sử dụng điện an toàn.

Hoạt động	Tên hoạt động	Mô tả hoạt động
Hoạt động 1	Khởi động	GV tổ chức trò chơi “Ô chữ bí ẩn”. Yêu cầu HS trả lời các câu hỏi để mở các ô chữ nhằm tìm ra ô chữ bí ẩn là các câu hỏi liên quan tới kiến thức về dòng điện, mạch điện
Hoạt động 2	Tìm hiểu mạch điện và các bộ phận của mạch điện	GV sử dụng phần mềm mô phỏng PhET để mô phỏng một mạch điện đơn giản, sau đó tổ chức cho HS làm thí nghiệm thật mắc mạch điện đơn giản và yêu cầu HS hoàn thành phiếu học tập số 1 (tìm hiểu về mạch điện, các bộ phận của mạch điện). Ở hoạt động này, mô phỏng PhET giúp GV dễ dàng truyền đạt kiến thức về mạch điện cho HS trước khi HS thực hiện lắp ráp một thí nghiệm từ các vật thật.
Hoạt động 3	Tìm hiểu quy ước chiều dòng điện	GV sử dụng phần mềm mô phỏng PhET mô phỏng sự dịch chuyển của electron trong mạch điện, chiều dòng điện và yêu cầu HS hoàn thành các bài tập về quy ước chiều dòng điện. Do sự dịch chuyển của electron HS không nhìn thấy nên mô phỏng PhET trong hoạt động này giúp HS dễ dàng hình dung ra sự dịch chuyển của electron cũng như chiều dòng điện quy ước.

Hoạt động 4	Tìm hiểu công dụng của cầu chì, cầu dao tự động, rơ le, chuông điện	GV chiếu các hình ảnh về các sự cố do điện gây ra, tổ chức cho HS làm việc theo nhóm và hoàn thành phiếu học tập số 2 (tìm hiểu về công dụng của cầu chì, cầu dao, rơ le, chuông điện).
Hoạt động 5	Luyện tập	GV đưa ra các câu hỏi với hình thức trắc nghiệm bằng phần mềm Plickers để HS củng cố thêm kiến thức.
Hoạt động 6	Vận dụng	GV yêu cầu HS kể tên các thiết bị bảo vệ mạch điện, cảnh báo sự cố được sử dụng ở nhà, ở trường và đề xuất các biện pháp an toàn khi sử dụng điện.

2.4. Kết quả đánh giá năng lực khoa học tự nhiên của học sinh

Để hình thành và phát triển được năng lực KHTN của HS thì qua mỗi bài học, GV cần đưa HS vào các hoạt động mà ở đó HS có cơ hội thể hiện các thành tố của năng lực KHTN. Kế hoạch hai bài dạy được đưa ra ở bảng 1 và bảng 2 được thiết kế nhằm hướng tới phát triển năng lực KHTN của HS. Để đánh giá năng lực KHTN của HS trong dạy học các bài học trên, nhóm nghiên cứu đã tiến hành thực nghiệm sư phạm. Bài “Hiện tượng nhiễm điện do cọ xát” được thực nghiệm ngày 29/01/2024, tại lớp 8A, Trường THCS Bắc Sơn (Uông Bí, Quảng Ninh). Bài “Mạch điện đơn giản” được thực nghiệm ngày 25/01/2024, tại lớp 8A1, Trường THCS Nguyễn Du (TP. Thái Nguyên) (hình 1).



Hình 1. Một số hình ảnh thực nghiệm sư phạm

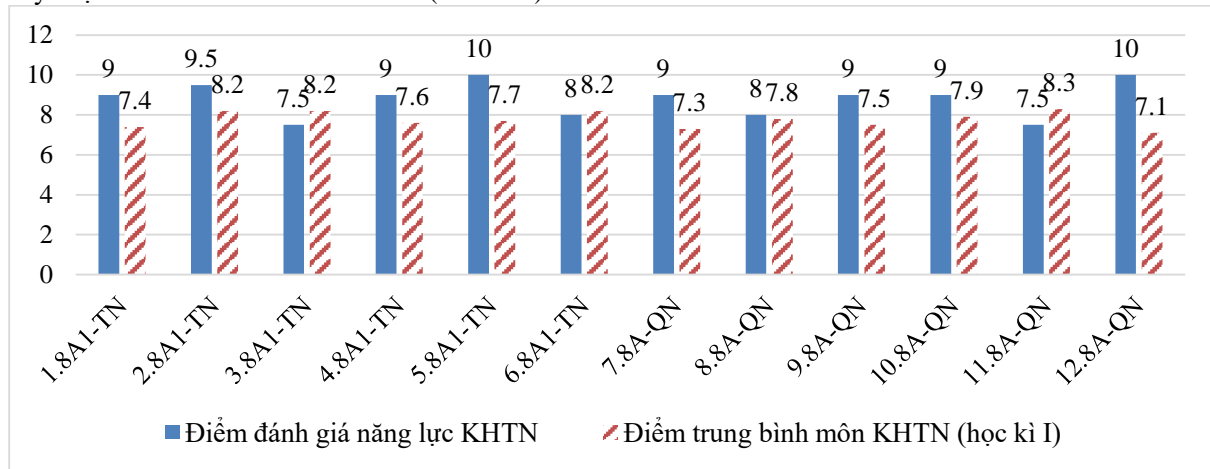
Trong quá trình dạy học chúng tôi đã “đo lường” năng lực KHTN của HS thông qua các biểu hiện của năng lực KHTN (được cụ thể hoá từ các tiêu chí được mô tả ở tiêu mục 2.1 của bài báo này). Trong quá trình thực nghiệm, mỗi lớp được chia thành 6 nhóm, mỗi nhóm chúng tôi chọn ngẫu nhiên 1 HS để quan sát. Chúng tôi quy ước, nếu HS có biểu hiện thành tố năng lực KHTN ở chất lượng hành vi mức 1 sẽ được 1 điểm, tương tự với mức 2 và mức 3. Sau đó tổng điểm này được quy ra thang điểm 10 với quy ước 20 điểm đánh giá năng lực KHTN sẽ tương ứng với 10 điểm trong thang điểm 10.

Kết quả “đo lường” năng lực KHTN của 6 HS của trong dạy học bài “Mạch điện đơn giản” được thể hiện trên bảng 3. Điều này cũng được thực hiện tương tự với 6 HS còn lại ở bài “Hiện tượng nhiễm điện do cọ xát”.

Bảng 3. Kết quả “đo lường” năng lực KHTN của 6 HS trong dạy học bài “Mạch điện đơn giản”

Mã HS	Mức độ biểu hiện	Nhận thức KHTN (NT)	Khám phá khoa học (KP)					Vận dụng kiến thức khoa học (VD)		Tổng điểm	Quy đổi
			NT 1	KP 1	KP 2	KP 3	KP 4	KP 5	VD 1		
1. N1.8A1-TN	M3		√			√	√			18	9,0
	M2	√		√			√	√			
	M1							√			
2. N2.8A1-TN	M3				√	√		√		19	9,5
	M2	√	√	√			√	√			
	M1										
3. N3.8A1-TN	M3									15	7,5
	M2	√	√			√	√		√		
	M1			√	√			√			
4. N4.8A1-TN	M3			√		√	√			18	9,0
	M2	√	√		√			√	√		
	M1										
5. N1.8A1-TN	M3				√	√	√	√		20	10,0
	M2	√	√	√					√		
	M1										
6. N2.8A1-TN	M3									16	8,0
	M2	√	√	√	√	√	√	√	√		
	M1										

Kết quả “đo lường” năng lực KHTN của 12 HS được chúng tôi quan sát được thể hiện trên biểu đồ 1. Các HS này được mã hoá và đánh số từ 1 tới 12 (biểu đồ 1).



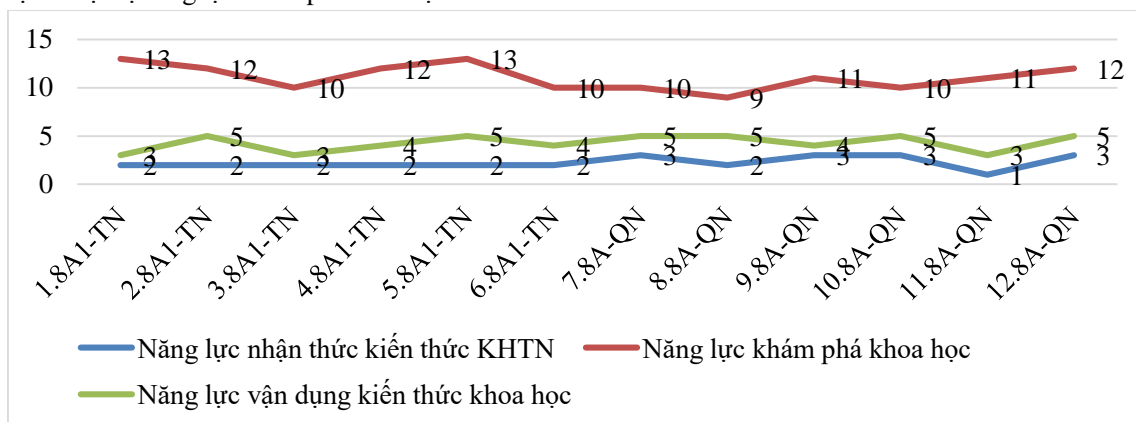
Biểu đồ 1. Điểm đánh giá năng lực KHTN và điểm trung bình học kì I - môn KHTN của HS

Nghiên cứu đi tìm mối tương quan giữa điểm đánh giá năng lực KHTN và điểm trung bình học kì I năm học 2023-2024 của HS (bảng 4). Kết quả phân tích trên phần mềm SPSS 20.0 cho thấy trị trung bình, trung vị của hai điểm số (đánh giá năng lực HS và điểm trung bình học kì I) là khá gần nhau. Độ lệch chuẩn có giá trị thấp cho thấy mức độ phân tán điểm số của HS quanh trị trung bình là thấp. Ngoài ra, phép kiểm định T-Test độc lập cho thấy giá trị Sig. = 0.026 (nhỏ hơn 0.05) cho thấy không có sự khác biệt giữa hai điểm số này. Điều này cho thấy các bài kiểm tra mà HS đã tham gia ở học kì I có thể đã chú ý tới đánh giá năng lực HS.

Bảng 4. So sánh một số thông số của HS trong nhóm thực nghiệm

Statistics		Diem_danh_gia_NL_KHT_N	Diem_trung_binh_KH_I
N	Valid	12	12
	Missing	0	0
	Mean	8.7917	7.7667
	Median	9.0000	7.7500
	Std. Deviation	.86493	.40076

Khi đánh giá từng năng lực thành tố (biểu đồ 2) cho thấy năng lực thành tố ở từng HS có thể khác nhau nhưng sự khác nhau ở mỗi năng lực thành tố là không nhiều. Điều này cho thấy các năng lực thành tố ở mỗi HS được phát triển khá đồng đều. Năng lực nhận thức có xu hướng thấp hơn hai năng lực còn lại, năng lực khám phá khoa học có điểm số cao hơn hẳn hai năng lực thành tố còn lại điều này có thể là do trong quá trình tổ chức bài học HS có nhiều cơ hội để bộc lộ năng lực khám phá khoa học hơn.



Biểu đồ 2. Điểm đánh giá năng lực KHTN của HS theo từng năng lực thành tố

3. Kết luận

Nghiên cứu này đã làm sáng tỏ vai trò quan trọng của mô phỏng PhET trong việc phát triển năng lực KHTN của HS THCS thông qua việc áp dụng công nghệ vào dạy học chủ đề “Điện” (KHTN 8). Kết quả thực nghiệm cho thấy việc sử dụng mô phỏng PhET tạo cơ hội cho HS bộc lộ được các biểu hiện của năng lực KHTN, qua đó góp phần phát triển năng lực KHTN của HS. Việc sử dụng PhET trong dạy học không chỉ giúp cải thiện năng lực nhận thức kiến thức khoa học, khả năng khám phá khoa học, mà còn tăng cường năng lực vận dụng kiến thức khoa học vào giải quyết các vấn đề thực tiễn. Ngoài ra, việc áp dụng mô phỏng PhET đã thúc đẩy sự tham gia tích cực của HS, giúp họ hiểu sâu sắc hơn về các khái niệm và quy luật khoa học, đồng thời phát triển kỹ năng giải quyết vấn đề thông qua các hoạt động thực hành ảo. Điều này không chỉ nâng cao hiệu quả học tập mà còn khuyến khích HS áp dụng kiến thức vào thực tiễn, góp phần vào sự phát triển toàn diện năng lực KHTN.

Trên cơ sở những phát hiện này, chúng tôi khuyến nghị GV tích cực sử dụng mô phỏng PhET vào bài giảng, đặc biệt trong dạy học môn KHTN. Để tăng cường hiệu quả sử dụng mô phỏng, GV nên thiết kế các hoạt động dạy học phù hợp, kết hợp giữa lý thuyết và thực hành, nhấn mạnh vào sự tương tác và khám phá của HS. Đồng thời, nghiên cứu cũng mở ra hướng tiếp theo là khám phá sự ảnh hưởng của mô phỏng PhET đối với các kỹ năng mềm và năng lực KHTN của HS, từ đó đề xuất các phương pháp và chiến lược giáo dục khoa học hiệu quả hơn trong thời đại số.

Tài liệu tham khảo

- Bộ GD-ĐT (2018). *Chương trình giáo dục phổ thông môn Khoa học tự nhiên* (ban hành kèm theo Thông tư số 32/2018/TT-BGDĐT ngày 26/12/2018 của Bộ trưởng Bộ GD-ĐT).
- Cao Cự Giác, Lê Danh Bình, Nguyễn Thị Diễm Hằng (2019). Xây dựng khung năng lực khoa học tự nhiên của học sinh trung học cơ sở theo cách đánh giá của PISA. *Tạp chí Giáo dục*, 463, 25-29.
- Habibi, H., Jumadi, J., & Mundilarto, M. (2020). PhET simulation as means to trigger the creative thinking skills of physics concepts. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(6), 166-172.
- Hán Thị Hương Thủy, Đỗ Hương Trà (2022). Xây dựng khung năng lực khoa học tự nhiên trong dạy học chủ đề STEM môn Khoa học tự nhiên. *Tạp chí Giáo dục*, 22(số đặc biệt 11), 70-76.
- Hán Thị Hương Thủy, Đỗ Hương Trà. (2023). Tổ chức dạy học dựa trên vấn đề bài học STEM “hiện tượng bay hơi và ngưng tụ” (Khoa học tự nhiên 6) nhằm phát triển năng lực khoa học tự nhiên cho học sinh. *Tạp chí Giáo dục*, 23(13), 29-35.
- Nguyễn Quang Linh, Trần Thị Thu Huệ (2023). Dạy học chủ đề “Năng lượng tái tạo” (Vật lí 11) theo định hướng giáo dục STEMS nhằm phát triển năng lực khoa học cho học sinh. *Tạp chí Giáo dục*, 23(22), 17-22.
- Nguyễn Thị Hằng, Phạm Thị Hồng Tú, Nguyễn Thu Trang, Hà Văn Dũng, Nguyễn Thị Hằng Nga (2024). Vận dụng phương pháp khoa học để phát triển năng lực tìm hiểu thế giới sống cho học sinh trong dạy học chủ đề “Sinh học vi sinh vật và virus” (Sinh học 10). *Tạp chí Giáo dục*, 24(5), 11-16.
- OECD (2019). *Social Impact Investment 2019 The Impact Imperative for Sustainable Development*. OECD.
- Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C., & LeMaster, R. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher*, 44(1), 18-23. <https://doi.org/10.1119/1.2150754>
- Phạm Thị Hồng Tú, Nguyễn Thị Hằng, Hoàng Thanh Tâm, Hà Văn Dũng, Nguyễn Thu Ngọc, Nguyễn Thị Thủy. (2023). Sử dụng thí nghiệm để phát triển năng lực tìm hiểu tự nhiên cho học sinh trong dạy học chủ đề “Quang hợp” (Khoa học tự nhiên 7). *Tạp chí Giáo dục*, 23(6), 26-31.
- Trần Thị Ngọc Ánh, Lê Thị Chung, Nguyễn Thị Năm, Trần Minh Ngọc Giang (2021). Sử dụng phòng thí nghiệm ảo trong dạy học Vật lí: trường hợp dạy học chương “Chất khí” (Vật lí 10). *Tạp chí Giáo dục*, 509, 30-34.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225-227. <https://doi.org/10.1119/1.3361987>