



Original Article

Digital Pedagogical Competence of Pre-service Chemistry Teachers: An Assessment of the Current Situation and Development Solutions

Vu Thi Thu Hoai*

VNU University of Education, 144 Xuan Thuy, Cau Giay, Hanoi, Vietnam

Received 19th June 2025

Revised 12th March 2026; Accepted 16th March 2026

Abstract: A digitally competent teacher can effectively and safely utilize technology to support instructional goals. The integration of subject-matter knowledge, digital tools, and pedagogical methods forms the foundation of teacher education, equipping educators with the skills necessary to embed digital technology into their teaching practices meaningfully. However, there is still a lack of research focusing on the practical application of digital technology in teacher education to enhance the teaching competence of future Chemistry teachers. This study aims to address this gap by simultaneously developing both digital competence and pedagogical skills for pre-service teachers during their training process. A digital pedagogical competency (DPC) framework tailored for chemistry education students is proposed, serving as the basis for the development of a 20-item assessment tool to evaluate digital teaching competencies. The results indicate that students have achieved relatively high levels of chemistry content knowledge, in utilizing digital technologies to access subject-related information, and in designing and implementing instructional plans within digital environments. Nevertheless, notable disparities exist in students' confidence levels and hands-on experiences when it comes to designing and organizing digital teaching activities. To enhance DPC, it is recommended to establish a structured evaluation system, develop digital course resources, strengthen teacher guidance, and encourage independent, in-depth digital learning. These efforts not only empower students to master digital technologies in teaching but also contribute to the development of lifelong learning capacities and adaptability to the demands of modern education.

Keywords: Digital pedagogical competence; competency assessment; pre-service chemistry teachers.

* Corresponding author.

E-mail address: Hoaiytt@vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1159/vnuer.5327>

Năng lực sư phạm số của sinh viên sư phạm Hóa học: đánh giá thực trạng và giải pháp phát triển

Vũ Thị Thu Hoài*

Trường Đại học Giáo dục, Đại học Quốc gia Hà Nội, 144 Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 19 tháng 6 năm 2025

Chỉnh sửa ngày 12th tháng 3 năm 2026; Chấp nhận đăng ngày 16 tháng 3 năm 2026

Tóm tắt: Một giáo viên có năng lực số sẽ có thể sử dụng công nghệ để hỗ trợ các mục tiêu dạy học một cách hiệu quả và an toàn. Việc tích hợp kiến thức khoa học chuyên ngành, công nghệ, phương pháp sư phạm là nền tảng trong đào tạo giáo viên, trang bị cho các nhà giáo dục các kỹ năng để tích hợp hiệu quả công nghệ vào các hoạt động giảng dạy của họ. Tuy nhiên, hiện vẫn còn thiếu các nghiên cứu tập trung vào ứng dụng công nghệ số trong đào tạo nhằm nâng cao năng lực dạy học cho giáo viên Hóa học. Nghiên cứu này góp phần thu hẹp khoảng trống đó thông qua việc phát triển đồng thời năng lực số và năng lực dạy học cho sinh viên trong quá trình đào tạo. Một khung năng lực sư phạm số cho sinh viên ngành sư phạm hoá học được đề xuất làm cơ sở xây dựng bảng khảo sát gồm 20 tiêu chí đánh giá năng lực sư phạm số của sinh viên ngành sư phạm hoá học. Kết quả cho thấy sinh viên đã đạt những trình độ khá cao về năng lực chuyên môn hoá học, ứng dụng công nghệ số để tìm kiếm thông tin về kiến thức nội dung hoá học, năng lực xây dựng và sử dụng kế hoạch dạy học trong môi trường số. Tuy nhiên vẫn còn những sự khác biệt đáng kể trong mức độ tự tin hoặc trải nghiệm thực tế giữa các sinh viên khi thiết kế và tổ chức các hoạt động dạy học trong môi trường số. Theo đó, để nâng cao năng lực sư phạm số của sinh viên, cần xây dựng hệ thống đánh giá năng lực này, tạo nguồn tài nguyên khóa học số, tăng cường hướng dẫn học tập từ giáo viên và khuyến khích sinh viên tham gia học tập chuyên sâu độc lập, giúp sinh viên làm chủ công nghệ số trong dạy học mà còn phát triển năng lực học tập suốt đời và thích ứng yêu cầu nghề nghiệp với bối cảnh giáo dục hiện đại.

Từ khóa: Năng lực sư phạm số, đánh giá năng lực, sinh viên sư phạm hoá học.

1. Mở đầu

Trong bối cảnh chuyển đổi số trong giáo dục, năng lực số đã trở thành một trong những yêu cầu cốt lõi đối với giáo viên. Một giáo viên có năng lực số sẽ có mục tiêu dạy học một cách hiệu quả và an toàn. Việc tích hợp kiến thức công nghệ, phương pháp dạy học và kiến thức chuyên môn là nền tảng trong đào tạo giáo viên, trang bị cho các giáo viên tương lai các kỹ năng để tích hợp hiệu quả công nghệ vào các hoạt động giảng dạy của họ. Nhiều nghiên cứu quốc tế đã chỉ ra rằng việc tích hợp công nghệ vào dạy học không chỉ góp phần tăng cường

hứng thú học tập cho học sinh mà còn giúp giáo viên giảng dạy những khái niệm trừu tượng, mở rộng phạm vi bao phủ, đáp ứng nhiều phong cách học tập và thúc đẩy tính độc lập trong học tập [1-3]. Tuy nhiên, việc áp dụng công nghệ số trong đào tạo giáo viên vẫn đang đối mặt với nhiều thách thức, như sự thiếu tương tác trong học tập trực tuyến [4], hoặc việc sinh viên chưa nhận thức đầy đủ vai trò của công nghệ số trong học tập [5]. Mặc dù vậy, nhiều giáo viên và sinh viên vẫn đánh giá cao tiềm năng của công nghệ số trong việc đổi mới phương pháp dạy và học [6].

Trong đào tạo giáo viên Hóa học, việc trang bị năng lực số không chỉ hỗ trợ việc vận dụng công nghệ hiệu quả trong dạy học, mà còn góp phần phát triển tư duy phê phán, tư duy tích hợp

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: Hoai.vtt@vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1159/vnuer.5327>

và năng lực dạy học, mở rộng môi trường làm việc và kết nối toàn cầu.

Việc đánh giá năng lực dạy học trong môi trường số thường dựa vào tự báo cáo một cách định tính, thiếu các công cụ đo lường hiệu quả việc áp dụng công nghệ trong thực tế giảng dạy. Điều này gây khó khăn trong việc xác định mức độ thành thạo của giáo viên về cách họ sử dụng công nghệ trong giảng dạy và ảnh hưởng đến việc thiết kế các chương trình đào tạo phù hợp [7]. Xuất phát từ bối cảnh đó, nghiên cứu này được tiến hành nhằm phát triển công cụ đánh giá thực tiễn bằng cách xây dựng các công cụ đánh giá năng lực dạy học trong môi trường số dựa trên phiếu tự đánh giá, phiếu đánh giá đồng đẳng. Phiếu này có thể dùng để triển khai tự đánh giá, đánh giá đồng đẳng và làm công cụ đối sánh để quan sát, đánh giá năng lực dạy học trong môi trường số của sinh viên. Thiết kế này được triển khai trong giảng dạy học các học phần về phương pháp dạy học ở trường phổ thông cho sinh viên ngành sư phạm Hoá học để phát triển năng lực số cho sinh viên, đồng thời thúc đẩy năng lực dạy học trong môi trường số, với kỳ vọng góp phần đáp ứng yêu cầu đào tạo nguồn nhân lực có chất lượng trong kỷ nguyên số.

2. Tổng quan nghiên cứu

2.1. Năng lực số của sinh viên sư phạm

Trong bối cảnh chuyển đổi số mạnh mẽ diễn ra trên toàn cầu ở nhiều lĩnh vực, việc phát triển năng lực số cho các giáo viên, đặc biệt là giáo viên tương lai trở thành một yêu cầu cấp thiết. Có nhiều công trình khoa học trên thế giới đã quan tâm, nghiên cứu và áp dụng những giải pháp trong việc phát triển năng lực số cho giáo viên ở các cấp học. Nghiên cứu của Instefjord & Munthe (2017) đã chỉ ra giáo viên có năng lực số cần sử dụng hiệu quả và an toàn công nghệ số để hỗ trợ mục tiêu giảng dạy [8]. Mishra & Koehler (2006) khẳng định: việc tích hợp kiến thức chuyên môn, công nghệ và phương pháp sư phạm theo khung năng lực TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) đã và đang được coi là nền tảng trong đào tạo giáo viên hiện đại [9]. Liên quan

đến phát triển năng lực DPC cho sinh viên sư phạm, các nghiên cứu gần đây của (Redecker, 2017; Petko và các cộng sự, 2018) cũng nhấn mạnh vai trò của môi trường học tập số trong việc định hình năng lực nghề nghiệp cho sinh viên sư phạm [10, 11]. Đối với giáo viên Hoá học, tổng quan hệ thống của Lahse (2024) chứng minh vai trò ngày càng nổi bật của công nghệ số trong giảng dạy hoá học [12]. Tại Kazakhstan, nghiên cứu của Karmanova (2024) cho thấy rằng tài liệu số hoá và thực nghiệm với công nghệ giúp tăng cường năng lực chuyên môn và sư phạm của sinh viên ngành này [13]. Đồng thời, Mukhambetaliyeva và các cộng sự (2025) khuyến nghị tích hợp mục tiêu phát triển bền vững với chuyên môn Hoá học và phương pháp sư phạm số [14]. Các công trình của Jiménez Sierra và các cộng sự (2023) cũng đề xuất phương pháp nghiên cứu bài học như một chiến lược hiệu quả để nâng cao năng lực TPACK qua thực hành cụ thể [15]. Nghiên cứu của Priyambodo và Sofyan (2021) tại Đại học Bang Yogyakarta (Indonesia) cho thấy việc tích hợp công nghệ số vào giảng dạy thông qua mô hình TESI (Technology Embedded Scientific Inquiry) kết hợp các vấn đề khoa học xã hội (Socio-Scientific Issues - SSI) trong môn Hóa môi trường đã góp phần nâng cao năng lực số cho sinh viên sư phạm Hóa học. Mô hình TESI không chỉ tạo cơ hội cho người học sử dụng công cụ số trong quá trình điều tra khoa học, mà còn thúc đẩy sự phát triển kỹ năng sư phạm số một cách thực tiễn và bền vững [16]. Tuy nhiên, vẫn còn khoảng trống trong việc ứng dụng cụ thể công nghệ số vào chương trình đào tạo giáo viên bộ môn, như Hoá học. Hayati và các cộng sự (2022) cho thấy mặc dù giáo viên có nhận thức TPACK khá tốt, nhưng kế hoạch bài giảng chưa thể hiện rõ khả năng tích hợp công nghệ chuyên sâu [17]. Tương tự, Wohlfart và các cộng sự (2023) nhấn mạnh rằng các công cụ số phù hợp có thể nâng cao trải nghiệm học tập, nhưng giáo viên vẫn gặp khó khăn về thời gian, hạ tầng và hỗ trợ kỹ thuật [18].

Chuyển đổi số trong giáo dục tại Việt Nam đang diễn ra đồng bộ từ các cấp quản lý đến giảng dạy thực tiễn của giáo viên. Theo Thông tư 02/2025/TT-BGDĐT, khung năng lực số cho

người học được quy định gồm 8 bậc, từ cơ bản đến chuyên sâu, nhấn mạnh các kỹ năng sửa đổi, tích hợp nội dung số và sáng tạo tri thức số độc đáo [19]. Trong bối cảnh này, các nghiên cứu về năng lực số cho sinh viên sư phạm Hoá học Việt Nam cần dựa trên cơ sở pháp lý và mô hình khung năng lực đa bậc; đồng thời kết hợp thực tiễn đào tạo giáo viên tại các cơ sở giáo dục đại học. Từ đó có thể thấy, mặc dù có nhiều công trình nghiên cứu về năng lực số, việc phát triển một khung năng lực DPC (Digital Learning Pedagogy Competence) chuyên biệt cho sinh viên Sư phạm Hoá học vẫn là cần thiết. Nghiên cứu hiện tại đã đề xuất một bộ khung gồm ba thành phần năng lực, xây dựng 20 tiêu chí, làm cơ sở khảo sát và đánh giá năng lực chuyên môn hoá học, năng lực thiết kế bài giảng trong môi trường số và năng lực dạy học trong môi trường số. Đồng thời xây dựng hệ thống đánh giá năng lực DPC cho sinh viên và đề xuất các giải pháp phát triển năng lực DPC nói riêng và năng lực dạy học nói chung trong đào tạo giáo viên hoá học.

2.2. Môi trường học tập số và năng lực sư phạm số của sinh viên sư phạm

Môi trường học tập số (Digital Learning Environment – DLE) là hệ sinh thái dạy – học tích hợp công nghệ thông tin và truyền thông (ICT), bao gồm các nền tảng học tập trực tuyến (LMS), công cụ tương tác số, tài nguyên số hóa, kết nối mạng và các thiết kế sư phạm linh hoạt, nhằm cá nhân hóa và nâng cao hiệu quả học tập. Môi trường này cho phép người học truy cập tri thức mọi lúc, mọi nơi, đồng thời hỗ trợ người dạy tổ chức, giám sát và đánh giá quá trình học tập một cách hiệu quả [20-22].

Năng lực sư phạm số (DPC) được hiểu là khả năng khai thác, áp dụng và đánh giá các công nghệ số để hỗ trợ giáo dục, gồm: thiết kế bài giảng số, dạy học trực tuyến, sử dụng các công cụ phản hồi số, đánh giá trực tuyến, tương tác số an toàn và đạo đức số [9]. Theo tài liệu tham khảo của Digcom Edu [10], có ít nhất sáu năng lực số mà giáo viên cảm thấy cần phải đạt được và phát triển, đó là: i) Sự tham gia chuyên nghiệp, đặc biệt là năng lực sử dụng công nghệ số như một nỗ lực nhằm nâng cao tính chuyên

nghiệp của giáo viên; ii) Tài nguyên số, đặc biệt là các năng lực tạo nội dung số và liên quan đến nhiều kỹ năng khác nhau để phát triển, tích hợp và xây dựng lại nội dung số trong đó có bảo vệ dữ liệu số; iii) Giảng dạy và học tập, bao gồm việc sử dụng và theo dõi, đánh giá các hoạt động học tập thông qua nội dung số; iv) Đánh giá: các năng lực bao gồm đánh giá các khía cạnh của học tập kỹ thuật số; v) Trao quyền cho người học, trao quyền cho học sinh trong các hoạt động học tập bằng cách sử dụng nội dung số; và vi) Phát triển năng lực số cho người học, đặc biệt là năng lực bao gồm nỗ lực trang bị cho học sinh đạo đức và kỹ năng số. Các lĩnh vực này đều tương thích và có thể tích hợp vào xây dựng năng lực DPC để nâng cao năng lực toàn diện cho sinh viên sư phạm trước khi vào nghề. Việc tích hợp công nghệ số không chỉ cải thiện kết quả học tập mà còn nâng cao khả năng phản xạ sư phạm, kỹ năng tổ chức lớp học trực tuyến, thiết kế bài giảng số và sử dụng công cụ đánh giá trực tuyến. Điều này góp phần tạo nền tảng cho việc phát triển năng lực số bền vững, phù hợp với khung năng lực DigCompEdu. Do đó, khi kết hợp với học phần chuyên ngành lí luận và phương pháp dạy học bộ môn Hoá học trong chương trình đào tạo giáo viên và các chuyên ngành hoá học cơ bản như Hóa học cơ sở, Hoá học hữu cơ,... Công nghệ được ứng dụng dưới nhiều hình thức như: phần mềm mô phỏng, ứng dụng di động, môi trường học tập số, nền tảng LMS,... Từ đó giúp sinh viên phát triển các kỹ năng công nghệ sư phạm, đồng thời nâng cao chất lượng dạy học Hóa học trong thực tiễn.

3. Khung năng lực DPC của sinh viên sư phạm Hoá học

Trên cơ sở những nghiên cứu mô hình TPACK của Mishra và Koehler [9], Khung năng lực số của các nhà giáo dục châu Âu [10], Quy định về Khung năng lực số cho người học (TT02/2025) [19], nghiên cứu này xây dựng khung năng lực DPC của sinh viên sư phạm hoá học gồm ba năng lực thành phần: (1) Năng lực chuyên môn hoá học (Chemical Content Knowledge - CCK), gồm 7 năng lực thành

phần; (2) Năng lực xây dựng kế hoạch dạy học trong môi trường số (Digital Learning Pedagogy Competence - DLPC), gồm 4 năng lực thành phần; (3) Năng lực dạy học trong môi trường số (Digital Teaching Competence – DTC), gồm 6 năng lực thành phần. Khung năng

lực này làm cơ sở để bài báo xác định các mức độ biểu hiện của các tiêu chí, xây dựng công cụ đánh giá năng lực DPC của sinh viên ngành sư phạm Hoá học và đề xuất một số biện pháp phát triển năng lực này cho sinh viên (Hình 1).



Hình 1. Khung năng lực DPC của sinh viên sư phạm Hoá học.

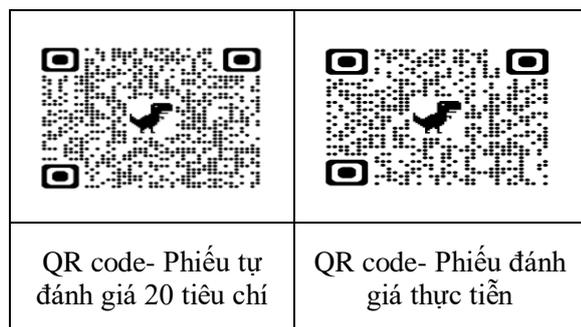
4. Phương pháp nghiên cứu

Bài báo sử dụng phương pháp phân tích tài liệu, tổng quan nghiên cứu vấn đề, phương pháp điều tra khảo sát bằng phiếu đánh giá. Do vậy, Phương pháp mô tả và phân tích định lượng kết hợp định tính được sử dụng: khảo sát, phân tích dữ liệu bằng công cụ thống kê và phân tích, đánh giá kết quả điều tra.

Mục đích của việc khảo sát nhằm đánh giá các mức độ đạt được về các năng lực thành phần của năng lực DPC, đồng thời góp phần định hướng cải tiến chương trình đào tạo và phương pháp giảng dạy. Trên cơ sở Khung DPC đã đề xuất để thiết kế phiếu khảo sát đánh giá năng lực DPC của sinh viên sư phạm Hoá học thông qua nền tảng Google Forms. Nội dung phiếu khảo sát này gồm 2 phần, phần thông tin chung của sinh viên gồm 4 câu hỏi. Phần thứ hai là thang đánh giá năng lực DPC dành cho sinh viên ngành sư phạm hoá học, bao gồm 3 thang phụ với 20 tiêu chí. Thang điểm Likert được sử dụng với các tùy chọn trả lời

dao động từ 1 đến 5, đại diện cho 5 mức độ từ chưa đáp ứng đến đáp ứng rất tốt. Nội dung các tiêu chí để xây dựng phiếu khảo sát đánh giá năng lực DPC đã trở thành một trong những yêu cầu cốt lõi đối với giáo viên. Một giáo viên có năng lực số sẽ có 3 năng lực thành phần trong Khung năng lực DPC.

Phiếu khảo sát được triển khai đối với sinh viên ngành Sư phạm Hoá học đang theo học tại Trường Đại học Giáo dục, Đại học Quốc gia Hà Nội trong năm học 2024-2025, sau khi hoàn thành các học phần liên quan đến phương pháp dạy học. Trong khuôn khổ của nghiên cứu này, một phiếu tự đánh giá các mức độ đạt được về năng lực DPC được gửi đến sinh viên. Một phiếu đánh giá thực tiễn thông qua phiếu đánh giá đồng đẳng về năng lực xây dựng kế hoạch bài dạy trong môi trường số. Các dữ liệu định lượng thu được được mã hóa và phân tích bằng phần mềm SPSS. Nội dung 20 tiêu chí đánh giá và phiếu đánh giá thực tiễn được trình bày trong QR code.



5. Kết quả và thảo luận

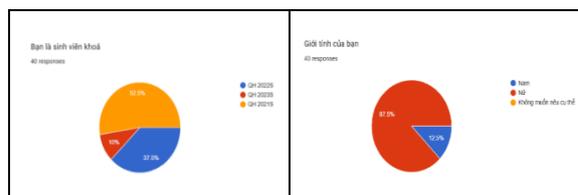
5.1. Kết quả

Để kiểm tra mức độ tin cậy và tính giá trị của thang đánh giá năng lực DPC cho sinh viên sư phạm hoá học (phần thứ hai của bảng khảo sát trên) và xác minh tính hợp lý của cấu trúc năng lực DPC của sinh viên, thang đo đã được tiến hành phân tích nhân tố khám phá (EFA) và phân tích độ tin cậy. Phân tích độ tin cậy của thang đo cho thấy hệ số Cronbach'Alpha của thang đo chung là 0,968 với 20 mục khảo sát, điều này cho thấy thang đo có mức độ tin cậy cao. Đồng thời kết quả kiểm định KMO = 0,784 và Bartlett's Test có ý nghĩa thống kê ($\chi^2 = 875,285$; $df = 190$; $p < 0,001$), cho thấy dữ liệu phù hợp để có thể sử dụng trong phạm vi điều tra rộng hơn (Bảng 1).

Bảng 1. Các thông số tổng hợp theo phân tích nhân tố EFA

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0,784
Bartlett's Test of Sphericity		
40	Approx. Chi-Square	875,265
40	df	90
40	Sig.	0,000

Trong nghiên cứu này, tổng cộng có 41 phiếu tự đánh giá của sinh viên ngành sư phạm hoá học được thu nhận, trong đó có 40 phiếu được coi là hợp lệ (chiếm 97,56%). Thông tin cơ bản của mẫu khảo sát được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Biểu đồ mô tả thông tin cơ bản của sinh viên tham gia khảo sát đánh giá năng lực DPC.

Kết quả khảo sát tự đánh giá năng lực DPC của sinh viên sư phạm hoá học

a) Mức độ đạt được về năng lực chuyên môn Hoá học CCK

Bảng 2. Số liệu thống kê mô tả kết quả đánh giá của sinh viên về 7 năng lực thành phần CCK

Thành tố	N	Min	Max	Mean	SD
CCK1	40	3	5	4,13	0,791
CCK2	40	3	5	4,20	0,758
CCK3	40	2	5	4,20	0,791
CCK4	40	2	5	4,03	0,800
CCK5	40	3	5	3,93	0,694
CCK6	40	2	5	3,93	0,859
CCK7	40	3	5	3,88	0,686

Bảng 2 thống kê mô tả cho thấy điểm trung bình của 7 thành phần năng lực chuyên môn (CCK1 – CCK7) của sinh viên sư phạm hoá học dao động từ 3.88 đến 4.20 trên thang điểm 5, cho thấy mức độ tự đánh giá tương đối cao của người học đối với các năng lực này. Hai thành phần có điểm trung bình cao nhất là CCK2 và CCK3 (Mean = 4,20), đồng thời có độ lệch chuẩn dưới 0,8 (SD = 0,758 và 0,791), phản ánh mức độ phân tán phản hồi tương đối thấp và thể hiện sự đánh giá tích cực nhất của người học đối với năng lực phân tích cấu trúc các chất hoá học và giải thích các hiện tượng thực tiễn bằng kiến thức hoá học. CCK1 (Mean = 4,13; SD = 0,791) và CCK4, ứng dụng công nghệ số để tìm kiếm thông tin về kiến thức nội dung hoá học (Mean = 4,03; SD = 0,800) cũng đạt mức trung bình cao, cho thấy năng lực được đánh giá tích cực nhưng có phân tán lớn hơn, đặc biệt ở CCK4. Ba thành phần còn lại gồm CCK5, CCK6 và CCK7 có điểm trung bình thấp hơn (từ 3,88 đến 3,93), cho thấy đây

có thể là những khía cạnh cần được cải thiện trong quá trình đào tạo. Trong đó, CCK7, đánh giá độ tin cậy của tài liệu khoá học trực tuyến về chuyên môn hoá học có điểm trung bình thấp nhất (Mean = 3,88) và độ lệch chuẩn thấp nhất (SD = 0,686), phản ánh các phản hồi của sinh viên có xu hướng tập trung quanh mức trung bình. Như vậy, kết quả này phản ánh rằng sinh viên có nhận thức và đánh giá tích cực đối với năng lực chuyên môn hoá học, tuy nhiên vẫn có sự khác biệt giữa các thành phần, cần được cân nhắc để điều chỉnh chương trình đào tạo phù hợp hơn với nhu cầu thực tiễn và định hướng phát triển năng lực toàn diện.

b) Mức độ đạt được về năng lực xây dựng kế hoạch dạy học trong môi trường số DLPC

Trên cơ sở Khung DPC (Hình 1), ứng với bốn năng lực thành phần, nghiên cứu xây dựng nội dung đánh giá năng lực DLPC của sinh viên sư phạm hoá học gồm 7 tiêu chí để sinh viên đánh giá trong Bảng 3.

Bảng 3. Nội dung đánh giá về năng lực DLPC

STT	Nội dung đánh giá
DLPC1	Chuẩn bị và sử dụng kiến thức công nghệ có liên quan kiến thức nội dung hoá học;
DLPC2	Xây dựng kiến thức nội dung hoá học;
DLPC3	Kiến thức công nghệ nội dung hoá học;
DLPC4	Lựa chọn kiến thức sư phạm;
DLPC5	Kiến thức công nghệ sư phạm;
DLPC6	Kiến thức đánh giá sư phạm hoá học;
DLPC7	Kiến thức công nghệ, sư phạm và nội dung hoá học.

Bảng 4 trình bày số liệu thống kê mô tả liên quan đến các mức độ cụ thể của bốn năng lực DLPC với bảy thành tố. Dữ liệu thống kê mô tả cho thấy các thành tố năng lực số (DLPC1–DLPC7) đều có giá trị trung bình dao động từ 3,98 đến 4,15 trên thang đo 5 điểm. Điều này phản ánh rằng sinh viên sư phạm đánh giá các năng lực số ở mức độ khá đến tốt. Trong đó, DLPC4 (4,15) là thành tố có điểm trung bình cao nhất, cho thấy sự tự tin tương đối trong khai thác và vận dụng hiệu quả các phương pháp dạy học tích cực phù hợp với các vấn đề cụ thể

trong học tập và thực tiễn. Trong đó, tiêu chí DLPC3 (Mean = 3,98) là thành tố có trung bình thấp nhất, cho thấy rằng sinh viên có thể gặp khó khăn hoặc chưa thực sự tự tin trong việc tích hợp các kiến thức công nghệ với nội dung chuyên môn hoá học. Các thành tố còn lại như DLPC1, DLPC2, DLPC5, DLPC6, DLPC7 có điểm trung bình từ 4,00 đến 4,13, phản ánh sự ổn định và khá đồng đều trong nhận thức về các năng lực thành phần.

Bảng 4. Đặc điểm năng lực DLPC của sinh viên sư phạm Hoá học

Năng lực thành phần	Các thành tố năng lực DLPC	Min	Max	Mean	SD
DL1	DLPC1	2	5	4,05	0,783
	DLPC2	2	5	4,13	0,883
	DLPC3	2	5	3,98	0,733
DL2	DLPC4	2	5	4,15	0,921
	DLPC5	2	5	4,10	0,841
DL3	DLPC6	2	5	4,10	0,841
DL4	DLPC7	2	5	4,00	0,847

Có thể khẳng định, nhiều sinh viên ngành sư phạm hoá học thể hiện khả năng xây dựng kế hoạch dạy học trong môi trường số tương đối tốt và có kỳ vọng tích cực về kết quả học tập. Tuy nhiên, độ lệch chuẩn (SD) nằm trong khoảng 0,733 - 0,921, cho thấy có sự dao động nhất định giữa các cá nhân trong quá trình tự đánh giá. Độ lệch chuẩn (SD) trong khoảng từ 0,733 đến 0,921 cho thấy mức độ phân tán phản ánh sự đa dạng trong mức độ thành thạo giữa các sinh viên. Trong đó, DLPC3 có độ lệch chuẩn thấp nhất (SD = 0,733), đồng thời là tiêu chí có điểm trung bình thấp nhất (Mean = 3,98). Điều này cho thấy các phản hồi của sinh viên về năng lực này tương đối ít phân tán, tập trung quanh mức trung bình khá, phản ánh một xu hướng tự đánh giá năng lực này ở mức chưa cao. Với tiêu chí DLPC4 (SD = 0,921) có độ lệch chuẩn cao nhất, thể hiện sự khác biệt trong mức độ tự tin hoặc trải nghiệm thực tế giữa các sinh viên khi thiết kế nội dung dạy học trong môi trường số. Điều này có thể giải thích bởi chương trình đào tạo của sinh viên ở các khoá

có sự thay đổi, sinh viên từ khoá QH 2022s được tiếp cận với môi trường học tập số ở nhiều học phần khác nhau trong chương trình đào tạo. Đây là một ví dụ minh họa cho cơ sở thực tiễn cho việc thúc đẩy chương trình đào tạo năng lực số cho sinh viên.

c) Mức độ đạt được về năng lực dạy học trong môi trường số DTC

Bảng 5. Đặc điểm năng lực dạy học trong môi trường số DTC của sinh viên sư phạm Hoá học

Thành tố	Mean	Std. Deviation
DTC 1	3,75	1,01
DTC 2	4,15	0,86
DTC 3	4,30	0,61
DTC 4	4,03	0,77
DTC 5	4,25	0,71
DTC 6	4,08	0,92

Kết quả thống kê mô tả từ Bảng 5 cho thấy mức độ đánh giá các thành tố trong năng lực dạy học trong môi trường số (DTC) của sinh viên sư phạm Hóa học nhìn chung là tích cực, với giá trị trung bình (Mean) dao động từ 3,75 đến 4,30 trên thang điểm 5. Tuy nhiên, sự chênh lệch giữa các thành tố và độ lệch chuẩn (SD) phản ánh những bất đồng hoặc mức độ chưa đồng đều trong việc phát triển các thành phần năng lực. DTC 3 (Mean = 4,30; SD = 0,61) là thành tố có giá trị trung bình cao nhất và độ lệch chuẩn thấp nhất, cho thấy sinh viên có nhận thức tích cực và đồng đều về kỹ năng khai thác và sử dụng công cụ số trong dạy học Hóa học. Đây có thể là kết quả của việc tăng cường ứng dụng công nghệ vào nội dung học phần, đặc biệt trong thiết kế bài giảng, thí nghiệm ảo, hay phần mềm mô phỏng hóa học. Trong khi đó, DTC 1, năng lực sử dụng công cụ công nghệ trong dạy học hoá học (Mean = 3,75; SD = 1,00) có mức điểm thấp nhất và SD cao nhất, phản ánh sự phân hóa lớn trong nhận thức và kỹ năng giữa các sinh viên về năng lực thiết kế nội dung dạy học số. Đây là điểm đáng lưu ý vì năng lực này là nền tảng trong việc tích hợp công nghệ thông tin vào dạy học một cách có hệ thống và hiệu quả. Một số thành tố khác như

DTC 4 (Mean = 4,03, SD = 0,77) và DTC 6 (Mean = 4,08, SD = 0,92) tuy có điểm trung bình khá, nhưng độ lệch chuẩn ở mức trung bình đến cao, cho thấy vẫn còn sinh viên gặp khó khăn trong việc thích nghi với môi trường dạy học số linh hoạt (Bảng 5).

Như có thể thấy từ Hình 1, có ba thành tố năng lực tương quan với các cấp độ năng lực dạy học trong môi trường số DLP của sinh viên ngành sư phạm hoá học: i) DT1. Sử dụng công cụ công nghệ trong dạy học hóa học; ii) DT2. Tương tác và hỗ trợ người học trong môi trường số; và iii) DT3. Tổ chức hoạt động dạy học tương tác trong môi trường số. Các thành tố còn lại (Từ DT4- DT6) có thể phù hợp khi đánh giá năng lực dạy học của sinh viên trong môi trường số trong một nghiên cứu khác thông qua việc thực hiện các học phần thực tập sư phạm và rèn nghề trong chương trình đào tạo, khi đó các sinh viên được trực tiếp tham gia giảng dạy trong môi trường trải nghiệm thực tế là trường phổ thông.

Kết quả đánh giá năng lực DPC của sinh viên qua quan sát, đánh giá thực tiễn.

Các kết quả đánh giá năng lực DPC qua các hoạt động thực tiễn là sản phẩm đầu ra bài giữa kỳ của học phần về phương pháp dạy học hoá học ở trường phổ thông cho sinh viên. Nội dung bài giữa kỳ tích hợp các thành tố trong khung năng lực DPC, nhấn mạnh các yếu tố sử dụng công cụ số trong học tập và dạy học được thể hiện trong (link số 2). Từ số liệu trong link thứ hai trong bài báo về đánh giá thực tiễn thu được từ 46 phiếu chấm điểm (23 phiếu kết quả tự đánh giá và 23 phiếu kết quả đánh giá đồng đẳng), kết quả được tổng hợp thông qua các tham số thống kê trong bảng 6.

Bảng 6. Bảng thống kê mô tả quan sát, đánh giá (ĐG) thực tiễn

Loại ĐG	Mean	SD	t	p	
Tự ĐG	9,02	1,30			
ĐG đồng đẳng	7,57	1,50	4,35	0,00	Điểm ĐG

Kết quả phân tích cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê rõ rệt giữa tự đánh giá và

đánh giá đồng đẳng về năng lực sư phạm số (DPC) của sinh viên sư phạm Hóa học. Cụ thể, điểm trung bình tự đánh giá đạt $M = 9,02$, $SD = 1,30$, trong khi đánh giá đồng đẳng chỉ đạt $M = 7,57$, $SD = 1,50$, với kết quả kiểm định t-test cho thấy $t(23) = 4,35$, $p = 0,00023$. Điều này chứng minh rằng sinh viên có xu hướng đánh giá bản thân cao hơn đáng kể so với nhận định từ bạn học – một khoảng cách nhận thức mang ý nghĩa thống kê trong khoa học giáo dục. Sự sai lệch này phản ánh khả năng tồn tại của hiện tượng tự tin thái quá (*overconfidence*), hoặc trách nhiệm chưa cao trong tự đánh giá năng lực DPC của bản thân sinh viên. Do đó, khả năng tự đánh giá và điều chỉnh việc ứng dụng công nghệ trong đánh giá năng lực số còn thấp. Đáng chú ý, khoảng cách trung bình giữa hai loại đánh giá lên đến 1,45 điểm trên thang 10, cho thấy đây không phải là sai số ngẫu nhiên mà là một vấn đề có hệ thống trong quá trình tự đánh giá. Bên cạnh đó, độ lệch chuẩn thấp hơn ở nhóm tự đánh giá (1,30 so với 1,50) cho thấy sự nhất quán trong xu hướng tự đánh giá cao hơn thực tế đạt được từ phía sinh viên, phản ánh sự thiếu nhận thức tự đánh giá hoặc chưa trải nghiệm thực tiễn đầy đủ trong việc vận dụng công nghệ số vào dạy học.

Điều này đặt ra yêu cầu cần thiết trong đào tạo giáo viên: cần tích hợp các công cụ đánh giá khách quan hơn, như: sản phẩm học tập số, bài giảng minh chứng, đánh giá từ giảng viên hoặc công cụ chuẩn hóa dựa trên khung năng lực DPC.

5.2. Thảo luận về một số giải pháp phát triển năng lực DPC cho sinh viên ngành sư phạm hoá học

Dựa trên kết quả phân tích dữ liệu về các thành phần năng lực DTC (năng lực dạy học trong môi trường số), trong đó các năng lực như xây dựng kế hoạch dạy học số, sử dụng nền tảng số, thiết kế nội dung số hay năng lực tự học số có mức trung bình khá cao nhưng vẫn tồn tại độ lệch chuẩn còn lớn, điều này cho thấy sinh viên còn có sự phân hóa trong mức độ thành thạo giữa các cá nhân và cần được hỗ trợ phát triển toàn diện hơn. Các phát hiện nghiên cứu cung cấp cơ sở thực tiễn và lý luận cho việc đề xuất các định hướng đổi mới trong công tác

đào tạo và bồi dưỡng giáo viên: thứ nhất, cần thiết lập hệ thống đánh giá đa chiều và dựa trên chứng cứ, trong đó kết hợp giữa tự đánh giá, đánh giá đồng đẳng, đánh giá của giảng viên và phân tích các sản phẩm học tập số. Thứ hai, quá trình đào tạo cần lồng ghép hoạt động tự đánh giá có hướng dẫn (guided reflection), sử dụng rubric cụ thể theo khung năng lực DPC theo từng chuyên ngành cụ thể hoặc DigCompEdu, hoặc theo quy định của Bộ Giáo dục và Đào tạo,... để giúp sinh viên hình thành nhận thức thực tế và đúng đắn hơn về năng lực nghề nghiệp trong môi trường giáo dục số. Cụ thể các giải pháp như sau:

i). *Thiết lập hệ thống đánh giá năng lực DPC của sinh viên.* Một trong những yếu tố quan trọng giúp sinh viên phát triển năng lực DPC là nhận thức rõ ràng về mức độ năng lực hiện có. Việc xây dựng một hệ thống đánh giá toàn diện (tự đánh giá, phản hồi từ giảng viên và đánh giá đồng đẳng, công cụ đánh giá trực tuyến,...) sẽ giúp sinh viên nhận biết rõ các điểm mạnh và hạn chế trong từng thành phần năng lực như: sử dụng công cụ số, thiết kế tài liệu số, tổ chức dạy học kết hợp công nghệ,... Từ đó, sinh viên có thể có định hướng cụ thể trong việc cải thiện và bồi dưỡng các năng lực dạy học cần thiết trong bối cảnh công nghệ đi vào mọi khía cạnh của cuộc sống trong đó có giáo dục;

ii) *Xây dựng và khai thác nguồn tài nguyên học liệu số.* Chuyển đổi số trong chương trình đào tạo các học phần phương pháp dạy học Hóa học là nền tảng quan trọng. Các tài nguyên như học liệu mở, video bài giảng, tình huống mô phỏng tương tác, các bài tập số hóa được tích hợp với dữ liệu lớn (big data) hoặc trí tuệ nhân tạo sẽ hỗ trợ sinh viên hình thành kỹ năng dạy học trong môi trường số. Bên cạnh đó, việc thiết kế chương trình số theo lộ trình từ dễ đến khó, phù hợp với năng lực từng năm học (đặc biệt nhấn mạnh ở năm hai và ba - giai đoạn chuyển hóa tư duy), sẽ giúp sinh viên dần hình thành thói quen học số hiệu quả và phát triển năng lực dạy học số bền vững.

iii) *Tăng cường vai trò hướng dẫn và đồng hành của giảng viên.* Giảng viên đóng vai trò trung tâm trong việc định hướng phương pháp học tập cho sinh viên. Để phát triển năng lực

DPC, giảng viên cần đổi mới phương pháp giảng dạy, sử dụng các phương pháp như: dạy học dựa trên dự án, dựa trên vấn đề, dạy học theo tình huống và học tập khám phá. Các hình thức tổ chức lớp học cộng tác số, nơi sinh viên có thể cùng nhau thiết kế bài giảng số, sản phẩm học tập, hoặc phản biện, đánh giá lẫn nhau trên môi trường số, sẽ tạo điều kiện phát triển năng lực phối hợp, phản biện và sáng tạo kỹ thuật số. Đồng thời, giảng viên cũng cần sử dụng công nghệ số để cá thể hóa việc hướng dẫn, theo dõi sát quá trình học tập của từng sinh viên để có phản hồi và hỗ trợ kịp thời;

iv) *Khuyến khích học sâu tự chủ trong học tập kỹ thuật số.* Một kết quả đáng chú ý từ khảo sát, đánh giá thực tiễn cho thấy năng lực tự học trong môi trường số của sinh viên chưa đồng đều, đặc biệt là trong khả năng lập kế hoạch, giám sát, và đánh giá hoạt động học tập số. Vì vậy, cần thúc đẩy sinh viên phát triển ý thức tự đánh giá đúng và học tập sâu thông qua các hoạt động như: Thiết lập mục tiêu học tập rõ ràng và cá nhân hóa; Sử dụng nhật ký học tập số, công cụ phản ánh tự động; Tăng cường các bài tập tình huống liên ngành có yếu tố tích hợp công nghệ; Phát triển cộng đồng học tập kỹ thuật số giúp sinh viên trao đổi, hợp tác và phát triển tư duy phản biện, sáng tạo; Gắn học tập số với các vấn đề thực tiễn nghề nghiệp, như thiết kế bài giảng số cho chương trình giáo dục phổ thông hiện hành, xây dựng hệ thống câu hỏi trắc nghiệm trực tuyến, video thí nghiệm mô phỏng, sử dụng các công cụ phần mềm thí nghiệm ảo, AR, VR,... hỗ trợ nghiên cứu các nội dung của các chuyên đề chuyên ngành hoá học và các ngành mà sinh viên sẽ trực tiếp phụ trách giảng dạy và phát triển chương trình khi trở thành giáo viên;

v) *Lồng ghép phát triển năng lực DPC vào các học phần phương pháp giảng dạy.* Thay vì tách biệt, năng lực DPC cần được tích hợp một cách tự nhiên trong nội dung, phương pháp, và sản phẩm của từng học phần. Cụ thể:

Trong học phần "Phương pháp dạy học Hóa học ở trường phổ thông", sinh viên được giao thiết kế bài giảng E-learning với các công cụ như Canva, Genially, Google Sites; các mô phỏng thí nghiệm, các phần mềm thí nghiệm ảo,

sử dụng các công nghệ hiện đại, có vai trò lớn trong việc hỗ trợ giáo viên, học sinh thực hiện giảng dạy trong môi trường số.

Trong các học phần về phương pháp dạy học khác, các đề cương học phần đã xác định rõ sản phẩm đầu ra của sinh viên cần đạt được là có khả năng thực hành giảng dạy các nội dung chương trình Hoá học phổ thông, sinh viên cần tổ chức các hoạt động dạy học mô phỏng trên ClassIn, Zoom, hoặc Google Meet, kết hợp đánh giá bằng Google Forms và Padlet; Trong hoạt động "Thực hành giảng dạy": khuyến khích sinh viên quay video bài giảng, phản ánh và chỉnh sửa dựa trên phân tích học tập số;

vi) *Ứng dụng phân tích học tập (Learning Analytics).* Sử dụng các công cụ số để theo dõi tiến trình học tập, phát hiện những phần nội dung sinh viên gặp khó khăn, hoặc những kỹ năng số chưa đạt chuẩn. Từ đó, cung cấp phản hồi cá nhân hóa, có cơ sở dữ liệu để cải thiện giảng dạy và giúp sinh viên điều chỉnh phương pháp học tập;

vii) *Tạo động lực phát triển DPC thông qua học tập gắn với thực tiễn.* Tổ chức các cuộc thi thiết kế bài giảng số, sáng tạo tình huống dạy học kỹ thuật số, làm poster tương tác, ứng dụng AR/VR trong dạy học Hóa học,... là những cách hiệu quả để sinh viên vận dụng kiến thức đã học vào tình huống thực tế. Bên cạnh đó, việc mời giáo viên phổ thông giúp sinh viên thấy được ý nghĩa thực tiễn của việc phát triển năng lực DPC.

Tóm lại, để phát triển toàn diện năng lực dạy học trong môi trường số (DPC) cho sinh viên sư phạm Hóa học, cần sự kết hợp đồng bộ giữa việc đánh giá đúng, đa dạng, tạo môi trường học tập số chất lượng, đổi mới phương pháp học tập và làm việc trong môi trường số. Các giải pháp này đã được tác giả đề xuất và áp dụng vào giảng dạy các học phần về phương pháp giảng dạy cho sinh viên sư phạm hoá học. Việc đánh giá những kết quả cụ thể của những đề xuất sẽ được công bố trong các nghiên cứu tiếp theo, với kỳ vọng thông qua các đề xuất và thực hiện trong thực tiễn thực hiện chương trình đào tạo tích hợp các nội dung số không chỉ giúp sinh viên làm chủ công nghệ số trong dạy học

mà còn phát triển năng lực học tập suốt đời và thích ứng với bối cảnh giáo dục hiện đại.

6. Kết luận

Nghiên cứu đã đề xuất và kiểm định khung năng lực sư phạm số (DPC) dành cho sinh viên ngành Sư phạm Hóa học, bao gồm ba thành phần: i) Năng lực chuyên môn hóa học; ii) Năng lực thiết kế kế hoạch dạy học trong môi trường số; và iii) Năng lực tổ chức dạy học số. Việc kiểm định được thực hiện dựa trên bộ công cụ gồm 20 tiêu chí đánh giá, phản ánh tương đối đầy đủ các năng lực thiết yếu trong bối cảnh giáo dục hiện đại.

Kết quả phân tích cho thấy sinh viên đạt mức năng lực DPC khá tốt, song tồn tại khoảng cách rõ rệt giữa tự đánh giá và đánh giá đồng đẳng ($M_{\text{tự đánh giá}} = 9,02$; $M_{\text{đồng đẳng}} = 7,57$; $t(23) = 4,35$; $p < 0,001$). Điều này cho thấy xu hướng đánh giá cao bản thân, cũng như hạn chế trong nhận thức tự đánh giá - phù hợp với các cảnh báo của Redecker (2017) trong khung DigCompEdu về việc giáo viên cần năng lực tự phản ánh và tự điều chỉnh việc tích hợp công nghệ [10]. Đồng thời, một số điểm yếu được ghi nhận liên quan đến kỹ năng thiết kế học liệu số chuyên sâu và đánh giá độ tin cậy của tài liệu học tập, phù hợp với quan điểm tích hợp công nghệ - nội dung - phương pháp sư phạm trong mô hình TPACK [9].

Từ kết quả nghiên cứu, bảy nhóm giải pháp phát triển năng lực DPC đã được đề xuất và áp dụng nhằm nâng cao hiệu quả đào tạo giáo viên Hóa học trong bối cảnh chuyển đổi số. Nghiên cứu không chỉ góp phần làm rõ cấu trúc thành phần của DPC, mà còn mở rộng hướng tiếp cận lý luận và thực tiễn đối với việc đánh giá và bồi dưỡng năng lực sư phạm số cho sinh viên trong các cơ sở đào tạo giáo viên. Tuy nhiên, nghiên cứu này vẫn còn một số hạn chế nhất định, đặc biệt là ở quy mô mẫu khảo sát tương đối nhỏ - chỉ gồm 23 sinh viên ngành Sư phạm Hóa học và tập trung vào 20 tiêu chí đánh giá năng lực sư phạm số. Quy mô mẫu hạn chế này có thể ảnh hưởng đến tính khái quát của kết quả nghiên cứu. Do đó, trong các nghiên cứu tiếp theo, cần mở rộng quy mô và phạm vi khảo sát,

đồng thời tập trung phân tích sâu mối quan hệ giữa các thành tố năng lực sư phạm số, cũng như thử nghiệm và đánh giá hiệu quả của các giải pháp phát triển năng lực số trong những bối cảnh đào tạo đa dạng hơn.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu xin cảm ơn sự tham gia thực nghiệm và khảo sát của các sinh viên ngành Sư phạm Hoá học, Trường đại học Giáo dục- Đại học Quốc gia Hà Nội trong năm học 2024 - 2025.

Tài liệu tham khảo

- [1] J. G. Galán, Media Education in the ICT Era: Theoretical Structure for Creative Teaching Styles, *Information*, Vol. 11, No. 5, 2020, pp. 276, <https://doi.org/10.3390/info11050276>.
- [2] I. Bellou, N. M. Papachristos, T. A. Mikropoulos, Digital Learning Technologies in Chemistry Education: A Review, in: D. Sampson, D. Ifenthaler, J. Spector, P. Isaías (Eds.), *Digital Technologies: Sustainable Innovations for Improving Teaching and Learning*, Springer, Cham, 2018.
- [3] S. K. Mandal, ICT Embedded Science Education, *Journal of Education and Development*, Vol. 9, No. 17, 2019, pp. 573-578.
- [4] A. M. Nortvig, A. K. Petersen, S. H. Balle, A Literature Review of the Factors Influencing E-learning and Blended Learning about Learning Outcome, Student Satisfaction, and Engagement, *The Electronic Journal of E-Learning*, Vol. 16, No. 1, 2018, pp. 46-55.
- [5] G. Toto, From Educational Context to Addiction: The Role of Technology in Teaching Methods and Prevention as an Educational Function, *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, Vol. 14, No. 2, 2018, pp. 203-212, <https://doi.org/10.20368/1971-8829/1504>.
- [6] K. Fulgence, Developing Digital Fluency among Teacher Educators: Evidence from Tanzanian Schools of Education, *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, Vol. 16, No. 2, 2020, pp. 158-175.
- [7] F. Ferri, V. Grion, G. Margarita, Measuring Student and Educator Digital Competence Beyond Self-assessment: Developing and Validating Two Rubric-based Frameworks, *Education and Information Technologies*, 2023.

- [8] E. J. Instefjord, E. Munthe, Educating Digitally Competent Teachers: A Study of Integration of Professional Digital Competence in Teacher Education, *Teaching and Teacher Education*, Vol. 67, 2017, pp. 37-45, <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.05.016>.
- [9] P. Mishra, M. J. Koehler, Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge, *Teachers College Record*, Vol. 108, No. 6, 2006, pp. 1017-1054, <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>.
- [10] C. Redecker, Y. Punie, A European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017.
- [11] D. Petko, D. Prasse, A. Cantieni, Predicting Preservice Teachers' Perceived Preparedness to use ICT: A Comparison of Two Models, *Educational Technology Research and Development*, Vol. 66, No. 5, 2018, pp. 1121-1137, <https://doi.org/10.1080/07380569.2018.1428007>.
- [12] B. Lahse, Digital Technologies in Chemistry Teaching: A Systematic Literature Review, *Latin American Journal of Science Education*, Vol. 11, 2024, pp. 12001.
- [13] A. Karmanova, G. Madybekova, N. Kavak, B. Ualikhanova, A. Zharylkassyn, Z. Umarova, Developing the Professional Competence of Future Chemistry Teachers through Digital Technologies: A Case Study of Kazakhstan, *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 14, No. 8, 2024, pp. 1124-1134.
- [14] Z. Mukhambetaliyeva, S. Zeinolla, A. Uzakova, Pedagogical Aspects of Aligning Chemistry Teachers' Professional Competence with the Sustainable Development Goals. *Preprint*, 2025, <http://doi.org/10.20944/preprints202502.2192.v1>.
- [15] Á. A. Jiménez Sierra et al., Development of the Teacher's TPACK from the Lesson Study: A Systematic Review, *Frontiers in Education*, 2023.
- [16] E. Priyambodo, H. Sofyan, A. Wiyarsi, Fostering Preservice Chemistry Teachers' Digital Competence through a Socio-scientific Issue Based Technology Embedded Scientific Inquiry (TESI) Model, *International Journal of Oriental Research*, Vol. 5, No. 10, 2024, pp. 4990-4995, <https://doi.org/10.61707/ewn92y42>.
- [17] N. Hayati, A. Kadarohman, W. Sopandi, Chemistry Teachers' TPACK Competence: Teacher Perception and Lesson Plan Analysis, *Technium Social Sciences Journal*, Vol. 34, 2022, pp. 237-247, <https://doi.org/10.47577/tssj.v34i1.7079>.
- [18] O. Wohlfart, A. L. Wagner, I. Wagner, Digital Tools in Secondary Chemistry Education - Added Value or Modern Gimmicks, *Frontiers in Education*, Vol. 8, 2023, pp. 1197296, <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1197296>.
- [19] Ministry of Education and Training (MOET), Circular No. 02/2025/TT-BGDĐT on the Digital Competence Framework for Learners, January 24th, 2025 (in Vietnamese).
- [20] Ministry of Education and Training (MOET), Digital Transformation in Education and Training by 2025, with Orientation to 2030 [Decision No. 131/QĐ-TTg], Hanoi: Government Office, 2021 (in Vietnamese).
- [21] T. H. Tran, V. H. Nguyen, Application of Digital Technology in Developing a Modern Learning Environment, *Vietnam Journal of Educational Sciences*, Vol. 18, No. 4, 2022, pp. 55-62 (in Vietnamese).
- [22] A. Calder, K. O. Cass, The DTALE Model: Designing Digital and Physical Spaces for Learning Environments, *Technology, Pedagogy and Education*, 2024.