

DESIGNING AND IMPLEMENTING MOBILE GAMES FOR TEACHING GRADE 10 CHEMISTRY

Bui An Tuan¹, Vu Thi Thu Thao¹,
Pham Duc Thang¹, Bui Thi Yen Hang¹
and Do Thi Quynh Mai^{2,*}

¹*Student of the Faculty of Chemistry, Hanoi National
University of Education, Hanoi city, Vietnam*

²*Faculty of Chemistry, Hanoi National University
of Education, Hanoi city, Vietnam*

*Corresponding author: Do Thi Quynh Mai,
e-mail: maidtq@hnue.edu.vn

Received April 25, 2025.

Revised May 7, 2025.

Accepted May 14, 2025.

Abstract. The application of active teaching methods, such as game-based learning, remains limited, especially the use of specialized mobile games in science lessons in general and Chemistry teaching in particular. This study proposes design principles and an *ADD-ChEM* procedure, comprising six steps (Analysis - Design - Development - Check & Calibrate - Evaluation - Maintenance & Update), for developing mobile games to support Grade 10 Chemistry teaching. Each step in this procedure is illustrated in detail through the design and development of "*ChimicaRun*", a mobile game on the Roblox platform, integrating obstacle course gameplay with a Checkpoint-Quiz mechanism to practice and reinforce knowledge of "Reaction Rate" and "Halogens". The game incorporates features such as diverse question forms, a support system, and a classroom management interface for teachers. The study provides scientific guidelines supporting teachers in developing usable mobile games, helping to enhance students' interest, motivation, and learning effectiveness in Chemistry at high schools.

Keywords: mobile games, educational games, active teaching, chemistry education.

THIẾT KẾ VÀ SỬ DỤNG MOBILE GAMES TRONG DẠY HỌC MÔN HÓA HỌC LỚP 10

Bùi An Tuấn¹, Vũ Thị Thu Thảo¹,
Phạm Đức Thắng¹, Bùi Thị Yến Hằng¹
và Đỗ Thị Quỳnh Mai^{2,*}

¹*Sinh viên Khoa Hóa học, Trường Đại học Sư
phạm Hà Nội, thành phố Hà Nội, Việt Nam*

²*Khoa Hóa học, Trường Đại học Sư phạm Hà
Nội, thành phố Hà Nội, Việt Nam*

*Tác giả liên hệ: Đỗ Thị Quỳnh Mai,
e-mail: maidtq@hnue.edu.vn

Ngày nhận bài: 25/4/2025.

Ngày sửa bài: 7/5/2025.

Ngày nhận đăng: 14/5/2025.

Tóm tắt. Hiện nay việc ứng dụng các phương pháp dạy học tích cực như học tập dựa trên trò chơi còn hạn chế, nhất là việc sử dụng các "mobile games giáo dục" trong dạy học nói chung cũng như dạy học hóa học nói riêng. Nghiên cứu này đề xuất các nguyên tắc thiết kế và quy trình *ADD-ChEM*, gồm sáu bước (Phân tích - Thiết kế - Phát triển - Kiểm tra và Điều chỉnh - Đánh giá - Bảo trì và Cập nhật) để xây dựng mobile games hỗ trợ dạy học môn Hóa học lớp 10. Các bước thiết kế cụ thể của quy trình được minh họa chi tiết thông qua việc thiết kế và phát triển "*ChimicaRun*" - một mobile games trên nền tảng Roblox, kết hợp lối chơi vượt chướng ngại vật với cơ chế Checkpoint-Quiz để ôn tập, củng cố kiến thức về "Tốc độ phản ứng" và "Halogen". Trò chơi tích hợp các tính năng như ngân hàng câu hỏi đa dạng về hình thức, hệ thống trợ giúp, và giao diện quản lý lớp học cho giáo viên (GV). Nghiên cứu đã cung cấp những hướng dẫn khoa học cụ thể, hỗ trợ GV phát triển các "mobile games giáo dục" phù hợp, góp phần nâng cao hứng thú, và hiệu quả học tập môn Hóa học của học sinh (HS) ở trường phổ thông.

Từ khóa: mobile games, trò chơi dạy học, dạy học tích cực, dạy học môn Hóa học.

1. Mở đầu

Môn Hóa học đóng vai trò quan trọng trong chương trình giáo dục phổ thông, cung cấp nền tảng kiến thức để HS hiểu về thế giới vật chất xung quanh. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng HS thường gặp nhiều khó khăn trong việc nắm bắt các khái niệm hóa học trừu tượng [1],[2]. Bản chất phức tạp của hóa học xuất phát từ nhiều yếu tố, bao gồm tính trừu tượng của các khái niệm, sự đa dạng trong biểu diễn (ký hiệu hóa học, tên gọi), thuật ngữ chuyên ngành và yêu cầu về tư duy logic cũng như kỹ năng giải quyết vấn đề [3]-[6]. Tại Việt Nam, việc dạy học hóa học còn đối diện với nhiều thách thức, đặc biệt khi môn Hóa học đã trở thành môn học lựa chọn ở cấp THPT. Mặc dù việc ứng dụng các mô hình và phương pháp dạy học tích cực như học tập dựa trên dự án, học tập kết hợp các trò chơi... đã và đang được sử dụng ngày càng nhiều [3],[7], các phương pháp giảng dạy truyền thống vẫn chiếm ưu thế. Điều này là do sự chưa phù hợp khi áp dụng các phương pháp này ở lớp học thực tế, ví dụ như: lớp học đông HS, GV mất nhiều thời gian chuẩn bị, các hoạt động của HS khó kiểm soát trong khuôn khổ lớp học, trang thiết bị còn nhiều hạn chế...[7]. Sự yêu thích hoặc thiếu động lực học tập của HS đối với môn Hóa học cũng là một vấn đề đáng lo ngại.

Học tập dựa trên trò chơi (Game-Based Learning - GBL) là phương pháp sử dụng các yếu tố trò chơi trong dạy học, đặc biệt để nâng cao động lực học tập của HS [7]-[12]. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của GBL trong việc cải thiện kết quả nhận thức, khả năng ghi nhớ và động lực học tập trong môn Hóa học và các môn khoa học khác [9], [11]. Học tập dựa trên trò chơi làm cho việc học trở nên thú vị và hấp dẫn hơn, biến quá trình học tập thành trải nghiệm thông qua tương tác, phản hồi tức thì và phần thưởng. Quan trọng hơn, các trò chơi có thể cải thiện hiệu quả học tập và hiểu biết khái niệm bằng cách trực quan hóa các chủ đề hóa học trừu tượng như cấu trúc phân tử (ví dụ: Foldit [13]), phản ứng hóa học (ví dụ: ChemCaper [14], ChemCraft [15]) và bảng tuần hoàn (ví dụ: E-Chemmend [16]); đồng thời cung cấp môi trường thực hành, mô phỏng tương tác và an toàn (ví dụ: PhET Simulators) [17]. Bên cạnh đó, phương pháp này còn hiệu quả trong việc phát triển các kỹ năng thiết yếu như giải quyết vấn đề, tư duy phản biện và hợp tác [10]. Sự phổ biến rộng rãi của điện thoại thông minh và máy tính bảng đã mở ra tiềm năng lớn cho GBL trên thiết bị di động [6],[7]. Các nghiên cứu quốc tế gần đây cho thấy nền tảng và công cụ phát triển trò chơi trực tuyến như Roblox, Minecraft, Meta mang lại môi trường học tập nhập vai, giúp học sinh tương tác và trải nghiệm kiến thức trực quan. Trong đó, việc gắn nội dung học tập với cơ chế trò chơi và phản hồi tức thì giúp tăng hứng thú và khả năng ghi nhớ. Bên cạnh đó, các môi trường học tập nhập vai kết hợp mô phỏng ảo và học tập di động đã chứng minh hiệu quả trong việc phát triển tư duy và nâng cao kết quả học tập, tạo cơ sở lý luận cho việc phát triển mobile games giáo dục trong nghiên cứu này [18]-[20].

Tại Việt Nam, phương pháp dạy học dựa trên trò chơi đã được sử dụng trong nhiều môn học như Văn học, tiếng Anh, Toán học và các môn Khoa học tự nhiên [21]-[24]. Trong dạy học hóa học, một số nghiên cứu của các tác giả Trần Trung Ninh, Võ Thuỷ Tiên và Thái Hoài Minh đã chỉ ra tiềm năng của việc sử dụng trò chơi nhằm hỗ trợ việc dạy học [24]-[26]. Tuy nhiên, các hình thức trò chơi này thường có các cấu trúc tương đối đơn giản, chẳng hạn như câu đố, giải ô chữ, ghép nối thông tin. Mặc dù sự quan tâm đến sử dụng trò chơi giáo dục có ứng dụng công nghệ thông tin ngày càng gia tăng, (ví dụ: Kahoot!, Quizizz, Minecraft: Education Edition), các trò chơi vẫn còn ở giai đoạn sơ khai và gặp những rào cản thực tiễn như hạn chế về cơ sở vật chất, GV chưa có nhiều kinh nghiệm về tích hợp trò chơi trong dạy học. Hơn nữa, các trò chơi Kahoot! Quizizz,... thuộc nhóm “công cụ học tập trực tuyến” (e-learning tools), gồm các câu hỏi trắc nghiệm, chưa có cốt truyện, nhân vật, hoạt động nhập vai, thao tác thực nghiệm ảo,...[27]. Mobile games trong dạy học (Mobile Game-Based Learning-MGBL), là một phương pháp sử dụng trò chơi trên thiết bị di động để hỗ trợ quá trình học tập. Phương pháp này kết hợp các yếu tố giải trí

của trò chơi với mục tiêu giáo dục, nhằm tăng cường sự tham gia, động lực và hiệu quả học tập của người học [12]. Qua quá trình tìm hiểu chúng tôi hầu như chưa tìm được bài báo, công trình nghiên cứu một cách hệ thống về mobile games trong dạy học hóa học.

Điều này dẫn đến một khoảng trống nghiên cứu đáng kể trong quy trình thiết kế, phát triển và đánh giá hiệu quả của các trò chơi giáo dục, đặc biệt rõ rệt đối với các "mobile games" (trò chơi trên thiết bị di động) cho các môn học đòi hỏi tính trực quan và trừu tượng cao như môn Hóa học. Nhằm góp phần giải quyết hạn chế nêu trên, nghiên cứu này tập trung vào việc đề xuất các nguyên tắc và quy trình thiết kế mobile games ứng dụng trong dạy học hóa học, dựa trên sự tổng hợp các cơ sở lý luận và kết quả khảo sát thực tiễn. Chúng tôi đã đề xuất và phân tích chi tiết quy trình thiết kế ADD-ChEM gồm sáu bước, đồng thời minh họa tính khả thi và các bước triển khai cụ thể thông qua quá trình thiết kế trò chơi "ChimicaRun". Mục tiêu của nghiên cứu là xây dựng những hướng dẫn khoa học, mang tính định hướng cơ bản, hỗ trợ GV trong việc phát triển hoặc điều chỉnh các mobile games phù hợp, từ đó nâng cao hiệu quả tương tác, tạo dựng sự yêu thích môn học và cải thiện kết quả học tập của HS.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Tổng quan về mobile games trong dạy học

Học tập trên thiết bị di động (mobile learning), là hình thức học tập thông qua các công nghệ di động như điện thoại, máy tính hoặc máy tính bảng. Phương pháp này tạo điều kiện cho việc học tập diễn ra ở mọi lúc mọi nơi, thông qua sự tương tác giữa người học, nội dung học tập và thiết bị di động [28].

Mobile games là các trò chơi kỹ thuật số được thiết kế riêng cho thiết bị di động (điện thoại thông minh, máy tính bảng) như một công cụ hỗ trợ trong quá trình giảng dạy và tiếp thu kiến thức hoá học [29]. Mobile games có thể được thiết kế tích hợp cùng các khái niệm, nguyên tắc, phản ứng và bài tập hóa học vào cơ chế và mục tiêu trò chơi [9]. Nhờ ứng dụng yếu tố trò chơi như thử thách, điểm số, phần thưởng và phản hồi tức thời, mobile games tạo ra môi trường học tập tương tác, hấp dẫn, giàu động lực, giúp tăng hứng thú, cải thiện ghi nhớ, phát triển tư duy khoa học và nâng cao hiệu quả học tập của HS. Với tính linh hoạt của thiết bị di động, phương pháp này cho phép người học chủ động tiếp cận kiến thức mọi lúc, mọi nơi [28]-[31].

Mobile games có các đặc trưng cơ bản sau:

- Tính di động và linh hoạt: mobile games được thiết kế để chơi trên điện thoại hoặc máy tính bảng, cho phép người dùng chơi mọi lúc, mọi nơi, phù hợp với lối sống bận rộn.
- Tối ưu hóa cho màn hình cảm ứng: Giao diện và cách điều khiển được thiết kế để tương thích với màn hình cảm ứng, sử dụng các thao tác như chạm, vuốt, hoặc nghiêng thiết bị.
- Thời gian chơi ngắn và dễ tiếp cận: Các phiên chơi thường ngắn (vài phút đến 15 phút), phù hợp với thời gian rảnh rỗi của người dùng. Mobile games thường có độ khó vừa phải, dễ tiếp cận cho nhiều đối tượng, kể cả người mới.
- Tích hợp yếu tố tương tác và gamification: Sử dụng các yếu tố trò chơi như điểm số, bảng xếp hạng, phần thưởng, hoặc thử thách để tăng sự hứng thú.
- Hỗ trợ đa nền tảng và kết nối internet: Mobile games thường có phiên bản trên cả iOS và Android, và nhiều game yêu cầu kết nối internet để chơi trực tuyến hoặc đồng bộ dữ liệu.
- Mô hình kinh doanh linh hoạt: Hầu hết mobile games miễn phí tải về (freemium), với các tùy chọn mua hàng trong ứng dụng (in-app purchases) hoặc hiển thị quảng cáo. Trong bối cảnh giáo dục, game có thể miễn phí hoàn toàn hoặc được tài trợ bởi trường học.
- Đa dạng thể loại và mục đích: Mobile games không chỉ phục vụ giải trí mà còn có thể hỗ trợ học tập, xã hội hóa, hoặc rèn luyện kỹ năng.

2.2. Ưu điểm và nhược điểm của việc sử dụng mobile games trong dạy học

Việc ứng dụng mobile games trong dạy học nói chung và dạy học hóa học nói riêng mang lại nhiều ưu điểm. *Thứ nhất*, mobile games tạo điều kiện linh hoạt, cá nhân hóa và tương tác cao trong học tập. Các trò chơi giáo dục với lộ trình học tập thích ứng có thể cá nhân hóa trải nghiệm học tập dựa trên sự tiến bộ theo thời gian thực của HS [9], [12], [27]. *Thứ hai*, khả năng tiếp cận mọi lúc mọi nơi của mobile games cho phép HS truy cập tài liệu học tập ở bất kỳ đâu và bất kỳ khi nào cần. Với sự phát triển mạnh mẽ của internet, các ứng dụng di động để học hóa học có thể được sử dụng mọi lúc, mọi nơi. HS có thể chơi các trò chơi hóa học này tại nhà, hoặc tại lớp học, hoặc bất cứ địa điểm nào có kết nối internet [27]. *Thứ ba*, mobile games với các yếu tố như điểm số, bảng xếp hạng có thể tăng cường đáng kể động lực và sự tham gia của HS, do đó có thể cải thiện thành tích và kết quả học tập của HS [7], [8], [31]. *Thứ tư*, mobile games hỗ trợ trực quan hóa các khái niệm trừu tượng trong hóa học. Công nghệ thực tế tăng cường (AR) tích hợp với “mobile learning” có thể giúp hình dung các tài liệu dạy học hóa học một cách chính xác, làm cho các khái niệm trừu tượng trở nên dễ hiểu hơn [32]. Tuy nhiên, việc sử dụng mobile games trong dạy học hóa học cũng tồn tại một số nhược điểm [27], [29]. *Đầu tiên*, học tập dựa trên mobile games phụ thuộc nhiều vào kết nối internet, điều này có thể gây khó khăn ở những khu vực có phủ sóng mạng kém. HS cũng có thể gặp rào cản do thiết bị di động không đủ bộ nhớ, dung lượng lưu trữ hoặc thời lượng pin hạn chế. *Thứ hai*, HS có thể bị xao nhãng bởi các ứng dụng khác, đòi hỏi người học phải có tính tự giác cao. Tính chất thú vị của trò chơi cũng có thể lấn át mục tiêu giáo dục nếu không được quản lý hợp lý. *Thứ ba*, việc phát triển các trò chơi giáo dục chất lượng cao có thể phức tạp, tốn nhiều công sức và chi phí. *Thứ tư*, việc tích hợp hiệu quả trò chơi với chương trình học là một thách thức, GV cần đảm bảo trò chơi thực sự hỗ trợ mục tiêu học tập.

2.3. Thực trạng sử dụng mobile games trong dạy học hóa học

Khảo sát trên 223 HS trung học phổ thông tại ở một số trường THPT trên địa bàn Hà Nội (THPT Trương Định, THPT Yên Hòa, THPT Phan Huy Chú) và tỉnh Hải Dương (THPT Trần Phú, THPT Thanh Hà) cho thấy tiềm năng lớn của mobile games trong dạy học hóa học. Kết quả cho thấy 95,9% HS sở hữu và sử dụng thiết bị di động cá nhân cho học tập và giải trí. Thói quen chơi mobile games rất phổ biến, với 41,9% HS dành hơn 1 giờ mỗi ngày, trong đó một số em chơi trên 2 giờ, chứng tỏ sức hút mạnh mẽ của loại hình này đối với lứa tuổi HS. Tuy nhiên, việc ứng dụng mobile games trong học tập, đặc biệt là môn Hóa học, còn hạn chế. Chỉ 19,8% HS có chơi game có chủ đề hóa học, trong khi gần một nửa (49,5%) chưa từng trải nghiệm, cho thấy khoảng trống đáng kể trong việc phát triển và phổ biến các ứng dụng học tập chất lượng cao. Khoảng 56,8% HS bày tỏ sự yêu thích với các trò chơi giáo dục, với 70,1% HS công nhận mobile games trong học tập mang lại hiệu quả từ trung bình trở lên. Tuy nhiên, mobile games cần cải thiện tính hấp dẫn để thu hút HS hơn nữa. Các thách thức thực tiễn cũng được ghi nhận rõ rệt. Khoảng 50-60% HS lo ngại rằng nội dung học thuật phức tạp trong game có thể làm giảm hứng thú, và 50-55% đồng ý rằng việc quản lý trật tự lớp học khi sử dụng mobile games là một vấn đề lớn, đặc biệt trong các lớp học đông hoặc thiếu thiết bị hỗ trợ. Trong bối cảnh Việt Nam, việc dạy học hóa học vẫn chủ yếu theo phương pháp truyền thống, chưa áp dụng nhiều phương pháp học tập qua trò chơi. Để khai thác mobile games hiệu quả, mobile games cần được thiết kế vừa phục vụ mục tiêu giáo dục vừa hấp dẫn HS THPT, đồng thời GV cần được hỗ trợ về quản lý lớp và công cụ phát triển game. Dù tiềm năng lớn, thách thức về phát triển game chất lượng và cân bằng học-chơi cần được giải quyết để nâng cao hiệu quả học tập và hứng thú của HS.

2.4. Nguyên tắc và quy trình thiết kế mobile games ứng dụng trong dạy học hóa học 10

2.4.1. Nguyên tắc thiết kế

Dựa trên nghiên cứu lý luận và thực tiễn về thiết kế và ứng dụng trò chơi trong dạy học, chúng tôi đề xuất các nguyên tắc quan trọng sau đây để thiết kế mobile games hoá học hiệu quả, nhằm hỗ trợ quá trình giảng dạy và học tập một cách khoa học và tối ưu:

i) *Nguyên tắc 1. Nội dung các câu hỏi trong mobile games cần đáp ứng mục tiêu dạy học:* Nội dung các câu hỏi trong mobile games phải phù hợp với mục tiêu dạy học. Trò chơi cần tích hợp các tình huống giải quyết vấn đề mang tính thử thách, giúp HS xây dựng và đồng hóa kiến thức mới, cũng như ôn tập kiến thức đã học một cách hiệu quả. Mục tiêu học tập cần được xác định rõ ràng và thể hiện xuyên suốt trong thiết kế cũng như cơ chế hoạt động của trò chơi. Điều này đảm bảo rằng game không chỉ là công cụ giải trí mà còn là phương tiện hỗ trợ giáo dục có định hướng

ii) *Nguyên tắc 2. Nội dung các câu hỏi trong mobile games cần đảm bảo tính chính xác và khoa học:* Các câu hỏi và nội dung trong mobile games phải phản ánh chính xác các kiến thức khoa học của môn Hóa học. Đây là yếu tố cốt lõi để tránh gây ra những quan niệm sai lầm cho HS, đồng thời cung cấp một công cụ học tập đáng tin cậy và có giá trị giáo dục cao. Việc kiểm soát nội dung câu hỏi cần được ưu tiên trong quá trình thiết kế.

iii) *Nguyên tắc 3. Thiết kế giao diện mobile games thân thiện và dễ sử dụng:* Giao diện người dùng của mobile games cần được thiết kế rõ ràng, đơn giản và dễ điều hướng. Một thiết kế trực quan hấp dẫn sẽ thu hút được sự quan tâm của HS. Ngoài ra, giao diện nên được tối ưu hóa cho các thao tác chạm và sử dụng một tay trên thiết bị di động, phù hợp với đặc thù của nền tảng này.

iv) *Nguyên tắc 4. Mobile games cần được thiết kế đảm bảo tính sư phạm và giáo dục:* Mobile games cần được xây dựng để khuyến khích tư duy phản biện, kỹ năng giải quyết vấn đề và sự hợp tác (nếu tích hợp cho nhiều người chơi). Đồng thời, thiết kế phải loại bỏ các yếu tố tiêu cực như bạo lực hoặc nguy cơ gây nghiện không lành mạnh, đảm bảo trò chơi mang lại giá trị giáo dục tích cực và phù hợp với môi trường học tập.

v) *Nguyên tắc 5. Mobile games cần có yếu tố giải trí và tính tương tác:* Trò chơi cần được thiết kế sao cho thú vị và hấp dẫn, nhằm duy trì sự quan tâm và động lực học tập của HS. Các yếu tố như thử thách, phần thưởng và phản hồi tức thời đóng vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy sự tham gia của người chơi. Hơn nữa, game nên tận dụng tối đa các khả năng tương tác của thiết bị di động, chẳng hạn như cảm ứng và chuyển động, để tăng cường trải nghiệm học tập.

Các nguyên tắc trên được xây dựng dựa trên cơ sở khoa học và thực tiễn, đảm bảo mobile games không chỉ là một công cụ giải trí mà còn là phương tiện hỗ trợ dạy học hóa học hiệu quả, phù hợp với nhu cầu của HS và GV.

2.4.2. Quy trình thiết kế mobile games trong dạy học hóa học

Dựa trên nghiên cứu lý luận và thực tiễn, cũng như tham khảo quy trình phát triển game giáo dục [33]-[35], chúng tôi đề xuất quy trình ADD-ChEM để thiết kế game mobile trong dạy học hóa học (Hình 1).



Hình 1. Quy trình ADD-ChEM thiết kế mobile games trong dạy học hoá học

Bước 1: Phân tích nhu cầu người chơi và xác định mục tiêu (Analysis)

Bước đầu tiên là xác định rõ mục tiêu học tập cụ thể của từng chủ đề trong chương trình môn Hóa học lớp 10, bao gồm việc xác định những kiến thức và kỹ năng mà HS cần đạt được sau khi tương tác với trò chơi. Ví dụ, đối với chủ đề “Tốc độ phản ứng” và “Halogen”, các câu hỏi trong mobile games cần bám sát các yêu cầu cần đạt như trong Bảng 1.

Ngoài ra, cần phân tích đặc điểm của đối tượng HS lớp 10 (tuổi, sở thích, trình độ kiến thức hiện tại, thói quen sử dụng thiết bị di động,...) để đảm bảo trò chơi được thiết kế phù hợp và hấp dẫn.

Bảng 1. Mục tiêu bài học cho chủ đề Tốc độ phản ứng” và “Halogen” trong chương trình hóa học 10.

Chủ đề	Mục tiêu cần đạt
Tốc độ phản ứng	+ Trình bày khái niệm tốc độ phản ứng hoá học, tính tốc độ trung bình + Viết biểu thức tốc độ (phản ứng đơn giản), nêu ý nghĩa hằng số tốc độ. + Giải thích được các yếu tố ảnh hưởng tới tốc độ phản ứng + Nêu được ý nghĩa của hệ số nhiệt độ Van't Hoff (γ). + Vận dụng kiến thức tốc độ phản ứng giải thích các hiện tượng thực tế.
Halogen	+ Phát biểu trạng thái tự nhiên; mô tả trạng thái, màu sắc, nhiệt độ nóng chảy/sôi và giải thích sự biến đổi. + Trình bày xu hướng nhận/góp e- dựa trên cấu hình electron. + Giải thích xu hướng phản ứng của các đơn chất halogen với hydrogen + Giải thích xu hướng nhiệt độ sôi của hydrogen halide. + Trình bày xu hướng biến đổi tính acid. + Trình bày tính khử (Cl^-, Br^-, I^-) qua phản ứng với H_2SO_4 đặc. + Nêu một số ứng dụng của hydrogen halide.

Bước 2: Hình thành ý tưởng, lựa chọn nội dung và thiết kế luật chơi (Design)

Từ những mục tiêu đã đề ra ở bước 1, người thiết kế sẽ lên ý tưởng cụ thể về trò chơi, trong đó ba yếu tố chính của một mobile games cần được xác định:

i) *Lên ý tưởng về chủ đề của trò chơi:* Mobile games có thể được thiết kế gắn với một câu chuyện hoặc tình huống cụ thể để tăng tính hấp dẫn, thú vị của trò chơi; đồng thời cũng giúp người chơi ghi nhớ được luật chơi.

ii) *Thiết kế cách chơi hay luật chơi:* Luật chơi bao gồm các hướng dẫn và giải thích chi tiết, cụ thể về ý nghĩa các thành phần của trò chơi và các quy tắc chơi. Đây là bước quan trọng, tập trung vào việc thiết kế các cơ chế trò chơi hấp dẫn và phù hợp với nội dung học tập.

Ví dụ: “ChimicaRun” được thiết kế theo thể loại Obby (vượt chướng ngại vật). Thể loại này được chọn vì tính quen thuộc với người chơi trên Roblox, mang lại cảm giác thử thách và sự tiến bộ rõ ràng thông qua việc hoàn thành các chặng đường. Cấu trúc màn chơi của Obby rất phù hợp để lồng ghép các điểm dừng (checkpoint) cho mục đích học tập. Cơ chế chơi cốt lõi yêu cầu người chơi điều khiển nhân vật đại diện (avatar) của mình di chuyển, nhảy, tránh né để vượt qua các chướng ngại vật đa dạng trong môi trường 3D. Màn chơi (level) được cấu trúc thành các khu vực (zone) riêng biệt. Mỗi zone tương ứng với một chủ đề kiến thức cụ thể trong mạch nội dung Hóa học 10. Việc phân chia này giúp người học tập trung vào từng phần kiến thức và tạo cảm giác về sự tiến triển trong học tập song song với tiến trình chơi. Độ khó của các chướng ngại vật có thể được điều chỉnh tăng dần qua các zone hoặc màn chơi để duy trì sự hấp dẫn (Hình 2, Hình 3).



Hình 2. Giới thiệu của mobile games “ChimicaRun”

iii) *Lựa chọn phương thức lồng ghép các nội dung kiến thức và kỹ năng HS cần đạt vào mobile games:* Nội dung trò chơi cần được thiết kế sao cho bao phủ các kiến thức trọng tâm của chủ đề một cách logic và có hệ thống; đảm bảo sự cân bằng giữa yếu tố giải trí và yếu tố học tập, tránh tình trạng trò chơi quá dễ hoặc quá khó mà gây nhàm chán. Bên cạnh đó, việc thiết kế giao diện người dùng cho phần câu hỏi và phần quản lý của GV; cơ chế ngẫu nhiên của câu hỏi không lặp lại, lưu tiến trình, phản hồi và dịch chuyển cũng cần được tính đến trong quá trình thiết kế.



Hình 3. Giới thiệu, hướng dẫn của mobile games “ChimicaRun”. QR của bộ câu hỏi sử dụng trong trò chơi (trái) và QR của trang web giới thiệu trò chơi (phải)

Bước 3: Phát triển và Lập trình (Development)

i) Lựa chọn nền tảng và công nghệ phát triển

Việc lựa chọn về nền tảng (ví dụ: iOS, Android hoặc đa nền tảng) và công nghệ phát triển sẽ ảnh hưởng đến phạm vi tiếp cận và khả năng của trò chơi. Điều này cần dựa trên nguồn lực hiện có, kỹ năng của nhóm phát triển và yêu cầu của trò chơi. Cụ thể, ban đầu nhóm nghiên cứu dùng Python/Pygame nhưng gặp khó khăn khi chuyển từ máy tính sang thiết bị di động. Sau khi cân nhắc Unity, nhóm đã chọn Roblox Studio bởi những lý do sau: dễ tiếp cận, có sẵn tài nguyên, tích hợp multiplayer, quy trình xuất bản đơn giản và đặc biệt là sự phổ biến rộng rãi với đối tượng HS THPT Việt Nam. Điều này giúp tăng tính gần gũi và tạo điều kiện thuận lợi để thu hút sự tham gia của HS.

ii) Xây dựng và lập trình game

Nhóm phát triển sẽ tiến hành xây dựng trò chơi dựa trên thiết kế đã được lựa chọn, bao gồm việc lập trình, tạo đồ họa, tích hợp âm thanh và đảm bảo trò chơi hoạt động tốt trên các thiết bị mục tiêu. Giao diện người dùng cần trực quan, thẩm mỹ và dễ điều hướng trên màn hình nhỏ của thiết bị di động. Việc sử dụng màu sắc, hình ảnh, âm thanh và phản hồi xúc giác cần được chú ý để tăng tính hấp dẫn (Hình 4).



Hình 4. Giao diện người chơi trong game ChimicaRun

Ví dụ, "ChimicaRun" là một mobile games kết hợp lối chơi vượt chướng ngại vật (Obby) với hệ thống học tập, tập trung vào kiến thức hóa học lớp 10 về "Tốc độ phản ứng" và "Halogen". Cơ chế chính là Checkpoint-Quiz, yêu cầu người chơi trả lời câu hỏi hóa học ngẫu nhiên từ ngân hàng câu hỏi đa dạng (trắc nghiệm nhiều lựa chọn, đúng/sai, trả lời ngắn) với 3 cấp độ tư duy: biết, hiểu, vận dụng tại các điểm dừng để tiếp tục. Game có hệ thống trợ giúp (50:50, gợi ý...) và cơ chế phản hồi rõ ràng: trả lời đúng để lưu tiến trình, trả lời sai quay lại checkpoint trước đó, tách biệt thất bại trong Obby khỏi việc nắm vững kiến thức. Trong mỗi cấp độ (level) của mobile games, các câu hỏi được sắp xếp với mức độ nhận thức và độ khó tăng dần. Với giao diện thân thiện trên PC/mobile và vai trò GV/HS được phân định (dashboard quản lý lớp cho GV), "ChimicaRun" hướng đến việc trở thành công cụ hỗ trợ giảng dạy hiệu quả và hấp dẫn.

Bước 4: Kiểm tra và điều chỉnh (Checking and Calibrate)

Sau khi phiên bản đầu tiên của trò chơi được hoàn thành, cần tiến hành thử nghiệm trên nhiều thiết bị và với nhóm đối tượng HS mục tiêu. Mục đích của giai đoạn này là phát hiện lỗi, thu thập phản hồi về tính dễ sử dụng, mức độ hấp dẫn và hiệu quả học tập của trò chơi; thông qua các phương pháp như quan sát chơi thử, thu thập dữ liệu định lượng/định tính và phân tích dữ liệu game. Dựa trên kết quả đánh giá, nhóm phát triển sẽ tiến hành điều chỉnh và cải tiến trò chơi, lặp lại quy trình này cho đến khi sản phẩm cuối cùng đạt được các mục tiêu đã đề ra.

Trong quá trình phát triển “ChimicaRun”, dựa trên các phản hồi ban đầu của người chơi, nhiều cải tiến đã được thực hiện. Ví dụ, độ rộng của đường đi ban đầu được điều chỉnh để giảm độ khó không cần thiết; cơ chế hiển thị câu hỏi tại các điểm checkpoint được sửa lỗi để đảm bảo tính ổn định, đặc biệt trên nền tảng Android; thông báo phản hồi tức thì cho câu trả lời đúng/sai được bổ sung nhằm tăng cường hiệu quả học tập.

Bước 5: Đánh giá hiệu quả sử dụng mobile games (Evaluate):

Sau khi trò chơi được hoàn thiện, nó có thể được triển khai thông qua các cửa hàng ứng dụng (Apple Store, Google Play) hoặc tiếp cận trực tiếp tới HS. GV có thể hướng dẫn HS sử dụng trò chơi như một công cụ hỗ trợ học tập trong hoặc ngoài lớp học. Sau một thời gian sử dụng, hiệu quả thực tế của trò chơi đối với kết quả học tập và hứng thú của HS có thể được đánh giá thông qua các bài kiểm tra trước và sau khi sử dụng trò chơi, phỏng vấn HS và GV, hoặc phân tích dữ liệu học tập.

Hiện nay, trò chơi “ChimicaRun” do nhóm nghiên cứu thiết kế đã được đăng tải trên nền tảng game Roblox. HS có thể dễ dàng tải ứng dụng RobloxVN từ kho ứng dụng Google Play hoặc App Store để chơi game miễn phí.

Bước 6: Bảo trì và cập nhật, cải tiến trò chơi (Maintain and Update)

Bước cuối cùng trong quy trình thiết kế tập trung vào việc đảm bảo trò chơi hoạt động ổn định (sửa lỗi, tối ưu kỹ thuật). Quan trọng hơn, giai đoạn này bao gồm thu thập phản hồi người dùng để cập nhật nội dung (kiến thức, câu hỏi mới), cải tiến tính năng và giao diện, nhằm giữ cho trò chơi luôn hấp dẫn, hiệu quả và phù hợp với nhu cầu học tập thay đổi theo thời gian. Quy trình có thể lặp lại liên tục để đảm bảo mobile games phù hợp nhất với nhiều đối tượng HS và nhiều nội dung bài học.

So với các quy trình thiết kế trò chơi học tập khác như ADDIE truyền thống (Analyse – Design – Development – Implementation – Evaluation) hay MDA (Mechanics–Dynamics–Aesthetics), mô hình ADD–ChEM thể hiện tính linh hoạt và định hướng ứng dụng cao, được phát triển riêng cho thiết kế mobile games giáo dục trong dạy học hóa học) [33]-[35], [40]. Trong khi mô hình ADDIE thiên về quy trình thiết kế học liệu tổng quát và không có tính tuần hoàn, ADD–ChEM nhấn mạnh tính phản hồi và cải tiến liên tục thông qua việc bổ sung và chỉnh sửa ở hai giai đoạn mới: *Kiểm tra & Điều chỉnh (Check & Calibrate)* và *Bảo trì & Cập nhật (Maintain & Update)*. Mô hình này cho phép người thiết kế thu thập dữ liệu thực nghiệm, điều chỉnh cấu trúc mobile games liên tục và nội dung học tập dựa trên phản hồi của học sinh, đồng thời đảm bảo tính ổn định, khả năng mở rộng và cập nhật thường xuyên của trò chơi sau khi triển khai. So với MDA, mô hình đánh giá và phát triển game dựa vào cảm xúc và trải nghiệm người chơi, ADD–ChEM mở rộng hướng tiếp cận này sang khía cạnh sư phạm, nhấn mạnh việc phân tích đặc điểm người học, mục tiêu và nội dung bài học để bảo đảm trò chơi không chỉ mang tính giải trí mà còn đạt hiệu quả giáo dục. Nhờ sự tích hợp này, ADD–ChEM vừa bảo đảm tính khoa học và sư phạm, vừa nâng cao tính khả thi trong triển khai thực tế, đặc biệt phù hợp với môi trường học tập số năng động, nơi giáo viên có thể linh hoạt tùy biến, cập nhật nội dung và đánh giá hiệu quả học tập thông qua dữ liệu người học. Mô hình này hướng tới một quy trình thiết kế trò chơi học tập thích ứng, đáp ứng yêu cầu đổi mới phương pháp dạy học hóa học trong bối cảnh chuyển đổi số giáo dục hiện nay.

2.5. Đề xuất sử dụng mobile games trong dạy học hóa học 10

Việc tích hợp mobile games "ChimicaRun" vào giảng dạy hóa học lớp 10, đặc biệt là các nội dung về "Tốc độ phản ứng" và "Halogen", mang đến nhiều tiềm năng trong việc nâng cao hứng thú và hiệu quả học tập của HS. Game có thể được sử dụng linh hoạt trong nhiều hoạt động dạy học: như hoạt động khởi động hấp dẫn đầu giờ để ôn bài cũ hoặc giới thiệu bài mới thông qua việc chơi một "zone"-level ngắn; như một công cụ luyện tập, củng cố kiến thức ngay sau khi học lý thuyết, cho phép HS vận dụng và ghi nhớ thông qua việc hoàn thành các checkpoint tương ứng, thậm chí có thể tổ chức thi đấu nhỏ giữa các nhóm. Ngoài ra, "ChimicaRun" rất phù hợp để giao bài tập về nhà hoặc khuyến khích tự học, giúp HS ôn tập chủ động mọi lúc mọi nơi, trong khi GV vẫn có thể theo dõi tiến độ qua dashboard quản lý. Game cũng là một giải pháp thú vị cho hoạt động ôn tập cuối chương/học kỳ, thay thế các phương pháp truyền thống bằng việc thử thách HS chinh phục toàn bộ các "zone" kiến thức. Hơn nữa, trải nghiệm chơi game có thể được kết hợp với các hoạt động khác như thảo luận nhóm về các câu hỏi khó hoặc yêu cầu giải thích lại các khái niệm hay bị sai.

Để việc triển khai đạt hiệu quả, GV cần xác định rõ mục tiêu học tập, phân bổ thời lượng hợp lý, hướng dẫn HS cách chơi và ý nghĩa của hệ thống phản hồi, luôn kết nối trải nghiệm game với bài học thực tế, đảm bảo sự công bằng cho mọi HS và khai thác tối đa dữ liệu từ dashboard để đánh giá và điều chỉnh phương pháp dạy.

Trong "ChimicaRun", mỗi tài khoản GV được cấp một mã lớp duy nhất. Khi bắt đầu trò chơi, HS nhập mã này để tham gia lớp học tương ứng trên hệ thống. Tài khoản GV, ngoài các chức năng chơi thông thường, có thêm giao diện quản lý truy cập qua một nút chức năng trên màn hình. Giao diện này cung cấp hai lựa chọn chính: "Xem tiến độ HS" và "Xem danh sách câu hỏi". Chức năng "Xem tiến độ HS" hiển thị danh sách HS trong lớp, sắp xếp theo số lượng câu hỏi đã trả lời và thời gian chơi, giúp GV dễ dàng theo dõi quá trình học tập. Chức năng "Xem danh sách câu hỏi" cho phép GV truy cập ngân hàng câu hỏi được sử dụng trong từng khu vực (zone) của trò chơi. GV có thể yêu cầu phụ huynh hỗ trợ kiểm soát thời gian tại nhà. Tính tự giác được phát triển qua thảo luận về trách nhiệm, nhật ký học tập ghi lại trải nghiệm, và khen ngợi nỗ lực cá nhân. Kết thúc mỗi lượt chơi, GV yêu cầu HS ghi lại 1–2 phát hiện hoặc câu hỏi nảy sinh trong trò chơi. Việc tổ chức HS thành nhóm nhỏ luân phiên chơi và ghi chép kết quả, kèm yêu cầu viết phản hồi ngắn sau mỗi lượt chơi không chỉ tạo tính cạnh tranh lành mạnh mà còn rèn luyện phẩm chất tự giác, trách nhiệm; với những em còn yếu về tự chủ, GV cần hỗ trợ, mentoring sát sao để phát triển năng lực tự chủ và tự học.

3. Kết luận

Việc thiết kế và sử dụng "mobile games giáo dục" trong dạy học hóa học 10 cho thấy tiềm năng lớn trong việc nâng cao hứng thú và hiểu biết của học sinh đối với các khái niệm trừu tượng. Trên cơ sở lý luận và thực tiễn, nghiên cứu đã đề xuất mô hình thiết kế ADD-ChEM gồm sáu bước, trong đó bổ sung và thay đổi hai điểm đổi mới so với mô hình ADDIE truyền thống là: (i) giai đoạn *kiểm tra và điều chỉnh* (*Check & Calibrate*), giúp hoàn thiện sản phẩm dựa trên phản hồi người học; và (ii) giai đoạn *Bảo trì và cập nhật* (*Maintain & Update*) bảo đảm trò chơi được cải tiến và mở rộng liên tục. Mô hình được minh họa qua việc thiết kế trò chơi "ChimicaRun" trên nền tảng Roblox, tích hợp cơ chế Checkpoint-Quiz và bảng quản lý lớp học, cho thấy việc cụ thể hóa các yếu tố game hóa trong dạy học nhằm mục đích tăng động lực và hiệu quả học tập của học sinh. Trong tương lai, nhóm tác giả sẽ mở rộng mô hình sang các chủ đề hóa học khác, tích hợp công nghệ thực tế ảo/tăng cường (VR/AR) và phát triển công cụ đánh giá định lượng hiệu quả sự phạm, nhằm hoàn thiện và khẳng định giá trị ứng dụng của mô hình ADD-ChEM trong dạy học hóa học hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Taber KS, (2013). Why the analogy of the periodic table as a game is not a good teaching analogy. *School Science Review*, 95(350), 87-91.
- [2] Pratomo H, Fitriyana N, Wiyarsi A & Marfuatun M, (2025). Mapping chemistry learning difficulties of secondary school students: a cross-grade study. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 19(2), 909-920.
- [3] Harrison AG & Treagust DF, (2000). A typology of multiple models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- [4] Osborne J, Simon S & Tytler R, (2009). Attitudes towards science: an update. *Annual meeting of the American Educational Research Association*, San Diego, California.
- [5] Hamerská L, Matěcha T, Tóthová M, & Rusek M, (2024). Between Symbols and Particles: Investigating the Complexity of Learning Chemical Equations. *Education Sciences*, 14(6), 570.
- [6] Fitriani E, Zulfiani Z & Muslim M, (2017). Analysis of student learning difficulties in the subject matter of atomic structure and periodic table of elements at SMAN 7 Padang. *Journal Pendidikan Kimia*, 6(1), 1-9.
- [7] Dichev C & Dicheva D, (2017). Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1), 9.
- [8] Kim S, Song K, Lockee B & Burton J, (2018). Gamification in higher education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 66(2), 249-277.
- [9] Plass JL, Homer BD & Kinzer CK, (2015). Foundations of game-based learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 258-283.
- [10] Van Eck R, (2006). Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSE review*, 41(2), 16.
- [11] Whitton N, (2018). *Learning with digital games: A practical guide*. Routledge.
- [12] Cahyana U, Paristiwati M, Savitri DA & Hasyrin SN, (2017). Developing and application of mobile game based learning (M-GBL) for high school students performance in chemistry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(10), 7037-7047.
- [13] Cooper S, Khatib F, Treuille A, Barbero J, Lee J, Beenen M, Leaver-Fay A, Baker D, Popović Z & Foldit players, (2010). Predicting protein structures with a multiplayer online game. *Nature*, 466(7307), 756-760. DOI: 10.1038/nature09304.
- [14] ACE Edventure Studio, (2016). *Chemcaper: Reinventing Education with the world's first chemistry RPG game*. <https://www.prnewswire.com/news-releases/chemcaper-reinventing-education-with-the-worlds-first-chemistry-rpg-game-300233208.html> (accessed September 8, 2020).
- [15] Han J, (2021). ChemCraft: A Ludic Approach to Educational Game Design. *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '21)*, ACM, 1-7. DOI: 10.1145/3411763.3451854.
- [16] Molina-Molina A & Estévez FJ, (2021). Educational video game to learn the periodic table: Design rationale and lessons learned. *Journal of Chemical Education*, 98(7), 2298-2306. DOI: 10.1021/acs.jchemed.1c00109.
- [17] Adams W K, (2010). Student engagement and learning with PhET interactive simulations. *Il Nuovo Cimento C*, 33(3), 21-32. DOI: 10.1393/ncc/i2010-10623-0.
- [18] Rospigliosi PA, (2022). Metaverse or Simulacra? Roblox, Minecraft, Meta and the turn to virtual reality for education, socialisation and work. *Interactive Learning Environments*, 30(1), 1-3. DOI: 10.1080/10494820.2022.2022899.
- [19] Payonpak K, Chomsuwan K & Suamuang W, (2025). Integrating Game-Based Learning with Lean Processes through Roblox Metaverse to Enhance Analytical Thinking Skills of Industrial Workers. *Proceedings of the 2025 10th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed)*, IEEE, 1-6.

- [20] Binhasyeesulaiman N, Niworn K, Thipburi C, Srisupawong Y & Suamuang W, (2025). Game-Based Learning of Linear Equations Using Roblox: Enhancing Pre-Semester Math Readiness. *Proceedings of the 2025 10th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed)*, IEEE, 1-6.
- [21] NTB Hồng, (2014). Phương pháp sử dụng trò chơi trong dạy học. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh*, 54, 174-179.
- [22] PT Hương & PM Ngọc, (2015). Sử dụng trò chơi nhằm phát huy hứng thú học tập cho học sinh trong dạy học môn Sinh học ở Trung học phổ thông. *Tạp chí Khoa học Giáo dục Việt Nam*, 18(11), 34-39.
- [23] LTC Tú, PH Hải & TTP Thảo, (2023). Sử dụng trò chơi học tập trong dạy học môn Khoa học Tự nhiên lớp 6, *Tạp chí Giáo dục*, 23, 7-11.
- [24] VT Tiên, LNN Quỳnh & LH Hoàng, (2023). Sử dụng trò chơi trong dạy học môn Hóa học 10, phần Hóa học Đại cương. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Đồng Tháp*, 11(6), 12-19. DOI: 10.52714/dthu.11.6.2022.989.
- [25] NTT Nga, TT Ninh, NT Tuyết & VTK Dung, (2012). Sử dụng trò chơi trong dạy học hoá học. *Tạp chí khoa học giáo dục Trường Đại học Sư phạm Hà Nội*, 57(10), 49-58.
- [26] TH Minh & NTK Thoa, (2013). Vận dụng Webquest trong dạy học nội dung axit sunfuric (Chương trình Hoá học 10 Nâng cao). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh*, 48, 34-42.
- [27] Bicen H & Kocakoyun S, (2018). Perceptions of Students for Gamification Approach: Kahoot as a Case Study. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 13(02), 72-93.
- [28] Crompton H & Burke D, (2015). *Mobile learning and STEM: Defining the domain*. H Crompton & D Burke (Eds.) in “Mobile learning and STEM: Case studies in practice”, p. 1-17. Springer.
- [29] Abdullah N & Abu Bakar N, (2016). Mobile applications in learning chemistry: A review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(10), 2607-2616.
- [30] Hwang GJ, Sung HY & Chang HF, (2011). A formative assessment-based mobile learning approach to improving the learning motivation and performance of students. *Computers & Education*, 56(3), 808-821.
- [31] Deterding S, Dixon D, Khaled R & Nacke LE, (2011). From game design elements to gamefulness: defining gamification. *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*, 9-15.
- [32] Perry TS, (2010). Mobile learning: Challenges and opportunities. *IEEE Spectrum*, 47(10), 20-22.
- [33] Spatioti, Adamantia G, Ioannis K & Jenny P. (2022). A comparative study of the ADDIE instructional design model in distance education. *Information*, 13(9), 402.
- [34] Amani NN, Abu BA & Saidin S, (2025). GeneXPress card: development and evaluation of educational card game for DNA transcription subtopics in genetics. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 14(1), 482-491. <https://doi.org/10.11591/ijere.v14i1.30741>.
- [35] Nazar M, Rusman R, Putri IC & Puspita K, (2020). Developing an android-based game for chemistry learners and its usability assessment. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(15), 111-124. DOI: 10.3991/ijim.v14i15.14351.
- [36] LK Long & các tác giả, (2022). Hóa học 10, Nhà xuất bản Giáo dục.
- [37] TT Huế & các tác giả, (2022). Hóa học 10, Nhà xuất bản Đại học Sư phạm.
- [38] TT Huế & các tác giả, (2022). Bài tập Hóa học 10, Nhà xuất bản Đại học Sư phạm.
- [39] LK Long & các tác giả, (2022). Hóa học 10, Nhà xuất bản Giáo dục.
- [40] Torre S, Napolitano J, Ritella G & Ligorio MB, (2025). *Play It Cool: Development of a Digital Game-Based Learning Tool for Sustainability Education*. Iooi CK et al. (Eds.), in “Methodologies and Intelligent Systems for Technology Enhanced Learning”, 15th International Conference (MIS4TEL 2025). *Lecture Notes in Networks and Systems*, Vol. 1619. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-032-05070-0_1.