

## XÂY DỰNG VÀ TRIỂN KHAI ĐÁNH GIÁ BÀI THÍ NGHIỆM ẢO “ĐỊNH LƯỢNG CHLOROPHYLL BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUANG PHỔ” TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC NHA TRANG

Văn Hồng Cẩm<sup>1</sup>, Khúc Thị An<sup>1</sup>, Nguyễn Tấn Phát<sup>2</sup> và Đoàn Vũ Thịnh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Viện Công nghệ Sinh học & Môi trường, Trường Đại học Nha Trang*

<sup>2</sup>*Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Nha Trang*

**Tóm tắt.** Nghiên cứu tập trung vào xây dựng, triển khai và đánh giá việc sử dụng bài thí nghiệm sinh học ảo “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp quang phổ” so với phương pháp giáo dục truyền thống (thực hiện tại phòng thực hành với đầy đủ các trang thiết bị, vật dụng và quy trình cụ thể). Các mô hình 2D và 3D của thiết bị - vật dụng trong bài học được thiết kế dựa trên các công cụ đồ họa (Blender, Adobe Illustrator). Các chuyên động, thao tác và tình huống của bài thí nghiệm ảo (virtual experiment - VE) được mô phỏng bằng phần mềm *Unity*. Bài VE dựa trên nền tảng e-learning được triển khai trong sinh viên với 2 nhóm khác nhau: nhóm 1 được trải nghiệm VE trước giờ học thực hành và nhóm 2 thực hiện bài thí nghiệm khi chưa trải nghiệm VE. Kết quả triển khai trong sinh viên cho thấy nhóm 1 có điểm kiểm tra trung bình cao hơn trong việc hiểu khái niệm, định nghĩa, các bước của bài thí nghiệm cũng như các lưu ý sử dụng thiết bị trong phòng thí nghiệm so với nhóm 2 ( $p < 0,05$ ). Các sinh viên ở nhóm 1 cũng tự tin hơn trong việc thực hiện các kỹ năng về quy trình khoa học cũng như có khả năng tiếp thu kiến thức tại phòng thí nghiệm cao hơn Nhóm 2 ( $p < 0,05$ ). Các sinh viên ở nhóm 1 đánh giá cao các tiêu chí về lợi ích của VE trong việc ghi nhớ khái niệm, các bước của bài thí nghiệm, giúp nhận ra các lỗi sai thường gặp trong quá trình thí nghiệm ( $p < 0,05$ ). Tuy vậy, VE vẫn không thể thay thế bài thí nghiệm sinh học “thật” trong việc nâng cao kỹ năng thao tác của người học. Kết quả nghiên cứu cho thấy VE có thể trở thành một công cụ mạnh để phối hợp với phương pháp giáo dục truyền thống trong việc đào tạo sinh viên các kỹ năng phòng thí nghiệm sinh học.

**Từ khóa:** định lượng chlorophyll, quang phổ, thí nghiệm sinh học ảo.

### 1. Mở đầu

Các bài thí nghiệm mô phỏng (Simulation experiment – SE), các bài thực hành ảo, thí nghiệm ảo (Virtual experiment – VE) và phòng thí nghiệm ảo (Virtual laboratory – VL) đã được thiết kế, xây dựng và đưa vào hoạt động như một hình thức hỗ trợ cho các

---

Ngày nhận bài: 10/12/2022. Ngày sửa bài: 19/1/2023. Ngày nhận đăng: 27/1/2023.

Tác giả liên hệ: Văn Hồng Cẩm. Địa chỉ e-mail: [camvh@ntu.edu.vn](mailto:camvh@ntu.edu.vn)

hoạt động thí nghiệm hoặc ngay cả lí thuyết tại các trường phổ thông và Đại học khắp nơi trên thế giới [1-4].

Phát triển các chương trình mô phỏng đã có một lịch sử lâu dài và đa dạng trong nhiều lĩnh vực khác nhau bao gồm quân sự, hàng không, chăm sóc sức khỏe và giáo dục. Ban đầu, các mô phỏng và các chương trình game chiến tranh được phát triển trên các hệ thống máy vi tính lớn và được thiết kế đặc biệt phục vụ ngành quân sự với các bài thực hành mô phỏng bay. Năm 1977, phiên bản đầu tiên của VL được giới thiệu, mang tên Phòng thí nghiệm sinh lí học ảo. Tại thời điểm này, trọng tâm chính là sự phát triển mô phỏng các điều kiện tiên quyết về công nghệ trong nghiên cứu sinh lí học trong thế kỉ 19. Năm 1998, sau một loạt sửa đổi, các khái niệm về VE, VL đã được tạo ra và sử dụng cho đến nay. Năm 1999, các nghiên cứu về SE, VE và VL đã được mở rộng từ sinh lí học sang khoa học sự sống nói chung [5].

Không như khi thực hành trực tiếp, VE không yêu cầu bất kì dụng cụ và thiết bị phức tạp cụ thể nào ngoài chương trình mô phỏng và một máy tính hoặc một điện thoại thông minh có kết nối Internet. Điều này, giúp sinh viên có thể thực hành nhiều lần tại VL. Đồng thời, không gian ảo có thể hỗ trợ người học và người dạy về mặt thời gian đối với các bài thí nghiệm dài, khó hoặc các nhóm học đông; từ đó giúp người học ghi nhớ được các lí thuyết của bài thực hành tốt hơn và tiếp cận bài thực hành dễ dàng hơn trước khi đến phòng thí nghiệm [1, 2, 6]. Ngoài ra, một số nghiên cứu cho thấy rằng việc xây dựng các bài thí nghiệm trên các hệ thống ảo có tính tương tác cao nhằm giúp người học nắm vững lí thuyết, tăng cường kĩ năng thí nghiệm và giải quyết các sự cố kĩ thuật phát sinh trong quá trình sử dụng máy móc, giúp sinh viên tích lũy kinh nghiệm vận hành thiết bị trước khi bắt đầu thí nghiệm vận hành máy thật. Kết quả xây dựng và ứng dụng các bài VE trong sinh viên như bài “Vận hành máy tiện và máy phay CNC” dùng cho sinh viên ngành cơ khí (Nguyễn Văn Tường, 2012) hoặc bài ảo “Kĩ thuật Western Blot trong chẩn đoán bệnh” (Polly và ctv, 2014) đều cho thấy việc học các bài VE trước khi thí nghiệm tại các phòng thí nghiệm giúp tăng cường kĩ năng và giải quyết sự cố, người học dễ dàng nhận dạng và phân tích vấn đề; đặc biệt đối với các bài thí nghiệm có thời gian thí nghiệm lâu và kết quả thường khó đạt như lí thuyết mong đợi [7, 8].

Việc ứng dụng các chương trình mô phỏng, thí nghiệm ảo vào giáo trình giảng dạy là xu hướng mới của nền giáo dục hiện nay đang tiếp cận với chuyên đổi số. Tuy vậy, đa phần các chương trình mô phỏng hiện nay chỉ được xây dựng bởi các tổ chức nước ngoài và chỉ một số ít trong đó có hỗ trợ ngôn ngữ Tiếng Việt. Điều này gián tiếp gây khó khăn cho người học tiếp cận các bài VE đặc biệt là các bài có nội dung dài và khó.

Một số lợi ích của việc sinh viên được tiếp cận với các bài thí nghiệm ảo bao gồm: (i) người học có thể truy cập tức thì (bất cứ khi nào và nơi nào có kết nối internet) ; (ii) người học được phản hồi tức thì (hệ thống báo lỗi khi người thực hiện sai quy trình, có kết quả ở dạng điểm hoặc giấy chứng nhận đã hoàn thành bài học); (iii) thí nghiệm ảo giải quyết vấn đề về thời gian, chi phí hóa chất và thiết bị cũng như việc có thể lặp lại thí nghiệm nhiều lần; (iv) người học không có cảm giác nhàm chán vì có sự tương tác như trong một trò chơi nhập vai làm nhiệm vụ nếu bài thực hành được thiết kế tốt. Ngoài ra, ưu điểm của các bài thí nghiệm ảo dưới góc độ của trường học bao gồm tính hiệu quả về chi phí, loại bỏ các lo ngại về an toàn sinh học. Nhiều mô phỏng trong số này có liên quan đến các vấn đề trong thế giới thực, chẳng hạn như liệu pháp tế bào gốc

để điều trị mù lòa, phân tích DNA để giải quyết tội phạm hoặc xét nghiệm các bệnh có khả năng lây nhiễm cao.

Các công trình nghiên cứu ứng dụng VE vào giảng dạy tại Việt Nam hiện nay đang tập trung vào bài thí nghiệm ở cấp trung học phổ thông, chủ yếu là giáo viên sử dụng các VE trình chiếu và giải thích cho học sinh bao gồm các bài về sinh học cơ thể, sinh học tế bào, và các bài thí nghiệm định tính khác (Trình Đông Thu, 2020, 2021) [2, 6]. Các nghiên cứu về việc thiết kế và ứng dụng VE sinh học ở cấp bậc đại học tại Việt Nam nói chung còn hạn chế.

Chlorophyll (diệp lục tố) là sắc tố quang hợp màu xanh lá cây có ở thực vật, tảo, vi khuẩn lam. Chlorophyll được ứng dụng phổ biến trong thực phẩm và mỹ phẩm. Kỹ thuật tách chiết và định lượng chlorophyll được sử dụng nhiều trong các nghiên cứu về quang hợp, sinh trưởng ở thực vật, và tảo trong quá trình nuôi cấy; hoặc trong các khu vực biển, sông, hồ. Các nghiên cứu về tách chiết và định lượng các sắc tố quang hợp ở thực vật, tảo cho đến nay vẫn được tiến hành trên các đối tượng khác nhau [9, 10]. “Tách chiết và định lượng chlorophyll” cũng là bài thí nghiệm ở các trường đại học, phổ biến trong các môn học Thực hành sinh lí thực vật, Hóa sinh. Bài thí nghiệm “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp quang phổ” được triển khai trong học phần Thực hành Sinh lí thực vật ở bậc đại học, dành cho sinh viên ngành Công nghệ Sinh học tại Trường Đại học Nha Trang.

Nghiên cứu này tập trung vào xây dựng bài thí nghiệm mô phỏng “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ” và triển khai sử dụng trong sinh viên và đánh giá hiệu quả giảng dạy các học phần thí nghiệm ở cấp bậc đại học thông qua phương pháp giảng dạy có và không có sự kết hợp với lớp học ảo. Với thực tế hiện nay, ở nhiều cơ sở giáo dục khối kỹ thuật, một nhóm thí nghiệm thường có số sinh viên dao động 15 - 20 sinh viên, việc mỗi người học đều được thao tác các thiết bị gần như không thể thực hiện. Kết quả nghiên cứu tạo được học liệu số hỗ trợ người học trong việc sử dụng các thiết bị công nghệ cao như máy li tâm, máy đo quang phổ và quy trình của bài thí nghiệm. Ngoài ra, nghiên cứu cũng là tiền đề để xây dựng các bài thí nghiệm số khác, có thể giúp giáo viên và sinh viên thích ứng với các tình huống như thời kỳ dịch bệnh mà không thể theo học trực tiếp tại các phòng thí nghiệm như trong những năm vừa qua.

## **2. Nội dung nghiên cứu**

### **2.1. Các định nghĩa về thí nghiệm ảo**

- Thí nghiệm là phương pháp nghiên cứu đối tượng và hiện tượng trong những điều kiện nhân tạo. Trong phức hệ những điều kiện tự nhiên tác động lên cơ thể sinh vật, người nghiên cứu chỉ chọn một vài yếu tố riêng biệt để nghiên cứu lần lượt ảnh hưởng của chúng. Thí nghiệm là cầu nối giữa lí thuyết và thực tế, là phương tiện giúp người học phát triển và rèn luyện kỹ năng [1, 7].

- VE là tập hợp các tài nguyên số đa phương tiện dưới hình thức đối tượng học tập nhằm mô phỏng các hiện tượng vật lí, hóa học, sinh học... xảy ra trong tự nhiên hay trong phòng thí nghiệm. Nói cách khác, thí nghiệm ảo là các mô phỏng được tạo bởi

công nghệ máy tính, có chứa các hướng dẫn, thủ tục, phương pháp phân tích dữ liệu và thuật toán trình bày dữ liệu cụ thể [1, 6].

- VL có thể được định nghĩa là một môi trường trực tuyến bao gồm một tập hợp các thí nghiệm mô phỏng và video cho phép người học thực hiện các bài thí nghiệm ảo và có tiềm năng hỗ trợ, nâng cao việc học tập trực diện dựa trên thực tế [3, 5]. Trong VL, sinh viên sẽ có cơ hội mắc lỗi với ít hậu quả tiêu cực nhất so với phòng thí nghiệm thực, do đó cải thiện sự tự tin của họ khi thực hiện công việc thực tế. Ngoài ra, phòng thí nghiệm ảo có thể giúp sinh viên tiến hành các thí nghiệm ảo khó thực hiện trong phòng thí nghiệm thực do thiếu thiết bị, vật liệu tốn kém và/hoặc tình huống nguy hiểm. Hơn nữa, trong phòng thí nghiệm ảo, người học có thể quan sát các biểu diễn trực quan về các hiện tượng tự nhiên, thu thập dữ liệu, đưa ra dự đoán và viết các giả thuyết, để học sinh tham gia tích cực vào các quá trình nghiên cứu khoa học [7].

## **2.2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu**

### **2.2.1. Đối tượng nghiên cứu**

- Phương tiện nghiên cứu: Bài thực hành “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ” nằm trong chương trình môn Sinh lí Thực vật và các thiết bị, dụng cụ và hóa chất trong bài thực hành: cân phân tích, máy đo UV-VIS, máy li tâm, micro-pipet, cuvet.

- Đối tượng nghiên cứu: 100 sinh viên ngành Công nghệ Sinh học Trường Đại học Nha Trang được chia thành 2 nhóm với 2 phương pháp học tập khác nhau.

- Thời gian nghiên cứu: từ 01/2020 - 12/2022.

### **2.2.2. Phương pháp nghiên cứu**

- Phương pháp nghiên cứu lí thuyết: Nghiên cứu các bài báo của các tạp chí khoa học công nghệ, tạp chí khoa học giáo dục của một số trường đại học Việt Nam và quốc tế về cách thức xây dựng và triển khai các bài thực hành ảo [4, 11, 12] và lấy ý kiến người học sử dụng thang Likert 5 mức độ [13].

- Phương pháp thực nghiệm sư phạm: Triển khai thực nghiệm thăm dò hiệu quả của việc triển khai bài thực hành “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ” tại Trường Đại học Nha Trang.

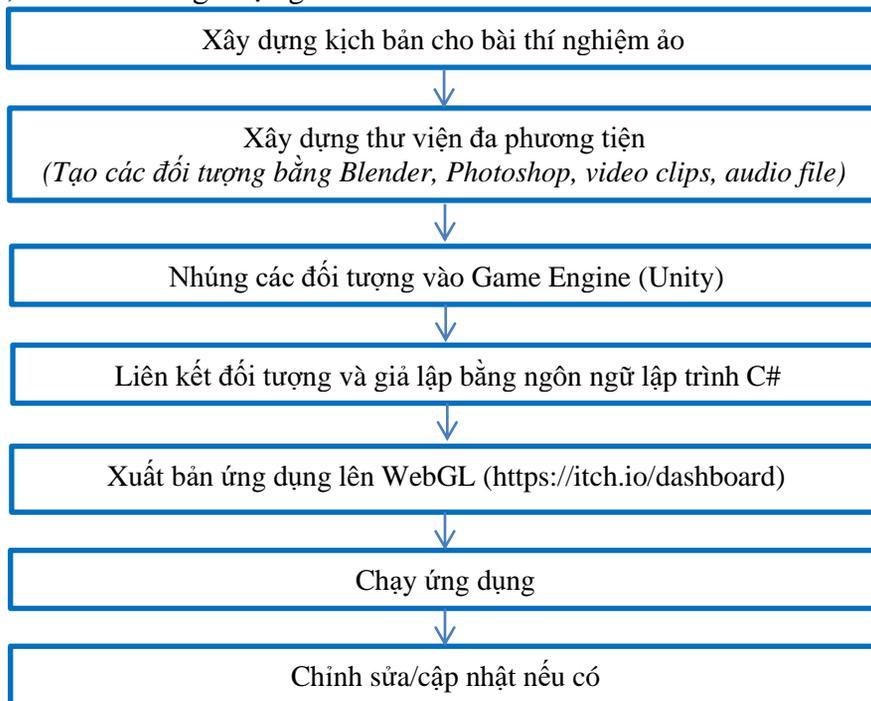
## **2.3. Xây dựng bài thí nghiệm ảo "Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ"**

Các bước xây dựng bài thí nghiệm ảo “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ” được tóm tắt theo như Hình 1. Bài thí nghiệm nhằm mục đích hướng dẫn sinh viên các kĩ năng trong việc sử dụng các vật dụng thiết bị như cuvette, cân phân tích, máy li tâm, máy đo quang phổ; xử lí mẫu và tính toán nhằm xác định hàm lượng chlorophyll a,b và trong các mẫu lá thí nghiệm. Ngoài ra, bài học còn cung cấp các khái niệm và định nghĩa, nguyên tắc hoạt động của máy soi màu, máy li tâm.

### **2.3.1. Xây dựng kịch bản bài thí nghiệm ảo**

Kịch bản bài thí nghiệm ảo mô phỏng các bước của quá trình thí nghiệm “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ” được xây dựng bám sát vào tài liệu hướng dẫn thực hành của học phần và trọng tâm vào việc mô tả chi tiết bố trí khu vực thí nghiệm (hóa chất, vật dụng, thiết bị) cũng như các bước tiến hành thí nghiệm.

Bên cạnh đó, các tình huống người học thực hiện sai/thiếu thao tác, cần sự phản hồi, chỉnh sửa, nhắc nhở cũng được ghi rõ.



**Hình 1. Sơ đồ khối các bước xây dựng bài thí nghiệm ảo**

### 2.3.2. Xây dựng thư viện đa phương tiện

- Các khung hình tĩnh về các thiết bị, dụng cụ, vật liệu, hóa chất bằng mô hình 2D (ảnh raster .jpg, .png), 3D được chuẩn bị và xây dựng (Photoshop v20.0.6, Adobe Illustrator, Blender v2.92) để có thể mô phỏng đủ các bước của kịch bản thí nghiệm.

- Xây dựng video hướng dẫn chi tiết các công đoạn, thao tác thí nghiệm của toàn bài thí nghiệm.

- Tạo tập tin âm thanh giọng nói giới thiệu và hướng dẫn bài thí nghiệm, dụng cụ, thiết bị sử dụng công cụ AI voice (<https://fpt.ai/tts>).

### 2.3.3. Xây dựng bài thí nghiệm ảo

Các tài nguyên số đa phương tiện (hình ảnh 2D, 3D, video clips, audio) được nhúng vào môi trường game giả lập (Game engine) Unity Engine v2020.1.6; và được liên kết tạo các chương trình mô phỏng bằng ngôn ngữ lập trình C# (Microsoft Visual Studio 2019) (Hình 2).

```
public class Btn_Micropette_Header : MonoBehaviour
{
    public Animator Micropette_Header;
    private int checkTrig = 0;
    public void Play_MicroHeader()
    {
        if (checkTrig == 0)
        {
            checkTrig = 1;
            Micropette_Header.SetTrigger("GanHeader");
        }
    }
}
```

**Hình 2. Một đoạn C# strip dùng trong Unity nhằm mô phỏng hoạt động của micropippet trong bài thí nghiệm**

Bài thí nghiệm ảo bao gồm các phân cảnh: màn hình tên bài thí nghiệm và đăng nhập: người học được yêu cầu nhập thông tin bao gồm họ và tên sinh viên; Mã số sinh viên. Thông tin đăng nhập được sử dụng để cung cấp chứng chỉ cho người học sau khi hoàn thành đầy đủ các yêu cầu của bài thí nghiệm (Hình 3).



**Hình 3. Màn hình đăng nhập tên và mã số sinh viên khi vào lớp học ảo (A); Giấy chứng nhận hoàn thành bài học tương ứng với tên và mã số sinh viên (B)**

Menu gồm 05 nội dung: (1) Giới thiệu tổng quan; (2) Tóm tắt thí nghiệm; (3) Vật liệu và hóa chất; (4) Bài thí nghiệm; và (5) Kiểm tra kiến thức.

- Giới thiệu tổng quan: giới thiệu về mục đích và đối tượng của bài thí nghiệm.

- Tóm tắt thí nghiệm: video hướng dẫn được nhúng vào phân cảnh giúp sinh viên có cái nhìn tổng thể về toàn bài thí nghiệm (Hình 4).

- Vật liệu hóa chất là khu vực để người học tìm hiểu khái niệm, công dụng các vật liệu và hóa chất được sử dụng trong thí nghiệm (Hình 5).

- Bài thí nghiệm: khu vực mà người học có thể thực hiện các tương tác là các bước mô phỏng của bài thí nghiệm. Người học được tương tác với các vật thể thông qua các nút tương tác, từ đó giúp người học hiểu hơn về các quy trình thí nghiệm thí nghiệm. Trong phần thí nghiệm, các vật thể được xây dựng gắn chặt với bài thí nghiệm bao gồm: (i) Sơ hướng dẫn thí nghiệm: mô tả chi tiết các bước/thao tác thí nghiệm hoặc sử dụng thiết bị; (ii) Hình ảnh 2D hoặc 3D của các dụng cụ, hóa chất và thiết bị của bài thí nghiệm; Chi tiết hóa các thao tác như hút hóa chất, sử dụng cân phân tích, sử dụng máy li tâm, sử dụng máy đo quang phổ; (iii) Sơ báo cáo kết quả thí nghiệm: sau khi cân, đo, các số liệu cần nhập vào sơ để người học có thể tính toán và kiểm tra phép tính của mình.

- Kiểm tra kiến thức: bao gồm các câu trắc nghiệm để kiểm tra các kiến thức được cung cấp từ bài thí nghiệm ảo. Kết thúc phần kiểm tra kiến thức, người học được cấp giấy chứng nhận dạng điện tử.



**Hình 4. Video clip được nhúng vào bài thí nghiệm ảo**



**Hình 5. Các hình ảnh 2D, 3D của các vật thể (thiết bị, dụng cụ được xây dựng và đưa vào bài thí nghiệm ảo): Các vật dụng được bố trí ở phần vật liệu và hóa chất (A); Quá trình thực hiện phần thí nghiệm (B)**

*Tính năng phản hồi và tương tác của phòng thí nghiệm ảo*

Trong các học phần thực hành tại phòng thí nghiệm, tính tương tác và phản hồi là tính năng cốt lõi trong việc thúc đẩy học tập tích cực. Phản hồi ngay lập tức là yếu tố quan trọng cho quá trình học tập, đặc biệt là các kỹ năng sử dụng thiết bị hoặc thao tác thí nghiệm [6] Trong bài thí nghiệm ảo “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ”, người học được tương tác với môi trường phòng thí nghiệm qua các khái niệm, yêu cầu đọc sổ tay thí nghiệm, yêu cầu đọc hướng dẫn sử dụng các thiết bị; kèm theo tính năng như báo lỗi khi thao tác sai hoặc tính toán kết quả chưa đạt yêu cầu. Đồng thời người học cũng được kiểm tra ngay kiến thức thông qua các câu hỏi trắc nghiệm. Ngoài ra, phòng thí nghiệm ảo được thiết kế sao cho người học cần tham gia tất cả các hoạt động nhằm mục đích đảm bảo tiếp thu kiến thức thay vì nhấp chuột vào thẳng phần thí nghiệm mà bỏ qua các nội dung về lý thuyết của bài thí nghiệm, hoặc bỏ qua các bước thí nghiệm.

Khi thao tác với các thiết bị quan trọng, trợ lý ảo luôn tương tác nhắc nhở người học “Xem sổ hướng dẫn thí nghiệm để biết các bước thực hiện”; “Đọc kỹ hướng dẫn để biết cách sử dụng máy”; “Nhớ ghi kết quả vào sổ báo cáo”, “Chúc mừng bạn đã hoàn thành công đoạn xử lý mẫu”, hoặc báo lỗi sai khi vận hành máy (Hình 6). Ngoài ra, việc yêu cầu người học nhập số liệu sau các lần đo, và tính toán, sau đó trợ lý ảo sẽ kiểm tra kết quả và báo đúng sai cũng được thiết lập. Các tính năng tương tác và phản hồi này giúp người học chú ý hơn và gợi nhớ những chi tiết quan trọng nhằm tránh sai sót khi thí nghiệm bài thí nghiệm “thật”.



**Hình 6. Trợ lý ảo luôn tương tác nhắc nhở người học đọc hướng dẫn thí nghiệm: Nhắc nhở khi người học đặt sai vị trí của ống li tâm (trái); Nhắc nhở người học đọc hướng dẫn trước khi sử dụng máy đo quang phổ (phải)**

## 2.4. Triển khai và đánh giá việc sử dụng bài thí nghiệm ảo trong sinh viên

Các sinh viên tham gia bài thí nghiệm “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ” trong các lớp thực hành “Sinh lí Thực vật” được chia ngẫu nhiên thành 2 nhóm có số lượng bằng nhau (mỗi nhóm gồm 50 sinh viên và các nhóm nhỏ thí nghiệm tại phòng thí nghiệm có số lượng 15 - 20 sinh viên). Nhóm 1 (n = 50) được yêu cầu thử nghiệm bài VE trước khi thực hành; Nhóm 2 (n = 50) không trải nghiệm VE trước giờ học thực hành. Kết thúc buổi học tại phòng thí nghiệm, cả hai nhóm sinh viên được yêu cầu thực hiện bài kiểm tra về nội dung của bài thí nghiệm (bao gồm các câu trắc nghiệm khách quan về kiến thức, các câu hỏi về thao tác ...); và một khảo sát nhằm đánh giá mức độ tự tin, khả năng lĩnh hội kiến thức và kỹ năng phòng thí nghiệm trong quá trình thí nghiệm (Bảng 1-A). Ngoài ra, nhóm sinh viên được thí nghiệm ảo trước đó, tiếp tục được khảo sát ý kiến về việc trải nghiệm bài thực (Bảng 1-B và Bảng 1-C).

**Bảng 1. Một số câu hỏi trích từ bảng khảo sát thu nhận ý kiến của người học**

1 = hoàn toàn không đồng ý	2 = không đồng ý
3 = trung lập/không có ý kiến/không chắc	4 = đồng ý 5 = hoàn toàn đồng ý
<b>A. Nhận định của sinh viên khi thực hiện bài thí nghiệm “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ”</b>	
A1. Tại phòng thí nghiệm ở trường, tôi tự tin khi sử dụng các thiết bị và dụng cụ thí nghiệm trong liên quan đến bài thí nghiệm “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ”. ① ② ③ ④ ⑤	
A2. Tại phòng thí nghiệm ở trường, tôi có đủ kỹ năng khi sử dụng các thiết bị, dụng cụ thí nghiệm liên quan đến bài thí nghiệm “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ” và có thể thực hiện các thao tác một cách thành thạo. ① ② ③ ④ ⑤	
A3. (Sau khi thực hiện bài thí nghiệm ảo và) Sau khi nghe các hướng dẫn của giáo viên, tôi tiếp thu kiến thức, thông tin về các bước/quy trình của thí nghiệm và có thể thực hiện được bài thí nghiệm “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ” tại phòng thí nghiệm ở trường một cách dễ dàng. ① ② ③ ④ ⑤	
<b>B. Chỉ dành riêng Nhóm 1: Đánh giá nhận định của sinh viên về bài thí nghiệm ảo “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ”</b>	
B1. Bài thí nghiệm ảo giúp tôi ghi nhớ các khái niệm tốt hơn. ① ② ③ ④ ⑤	
B2. Bài thí nghiệm ảo giúp tôi ghi nhớ các bước của thí nghiệm tốt hơn. ① ② ③ ④ ⑤	
B3. Bài thí nghiệm ảo giúp tôi nhớ các lưu ý về các lỗi sai có thể gặp phải khi thí nghiệm tại phòng thí nghiệm. ① ② ③ ④ ⑤	
B4. Bài thí nghiệm ảo giúp tôi tăng cường kỹ năng phòng thí nghiệm. ① ② ③ ④ ⑤	
B5. Bài thí nghiệm ảo sẽ giúp việc học các bài thí nghiệm thật trở nên dễ dàng hơn. ① ② ③ ④ ⑤	
B6. Việc sử dụng bài thí nghiệm ảo sẽ nâng cao chất lượng học tập của tôi. ① ② ③ ④ ⑤	
B7. Tôi thích sử dụng phòng thí nghiệm sinh học ảo trước khi thí nghiệm sinh học thật tại phòng thí nghiệm ở trường. ① ② ③ ④ ⑤	
B8. Tôi thích sử dụng phòng thí nghiệm sinh học thật trước và ôn tập kiến thức đã học bằng bài thí nghiệm ảo sau đó. ① ② ③ ④ ⑤	
B9. Cần có một video clip hướng dẫn toàn bộ bài thí nghiệm thực. ① ② ③ ④ ⑤	

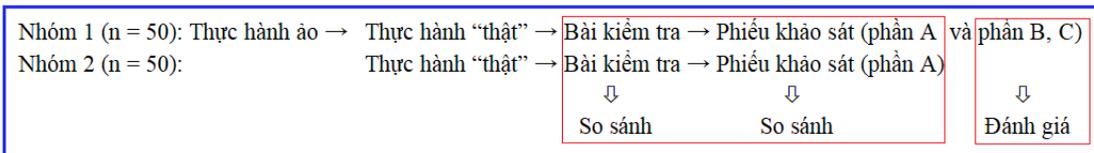
B10. Cần có một video clip hướng dẫn toàn bộ bài thí nghiệm ảo. ① ② ③ ④ ⑤

**C. Chỉ dành riêng Nhóm 1: Các câu hỏi phỏng vấn khác**

- C1. Anh/chị thích nội dung nào ở bài thí nghiệm ảo “Định lượng chlorophyll ...”
- C2. Anh/chị hãy cho biết (những) kỹ năng mà anh chị thấy rằng mình đã/có thể tập luyện và cải thiện khi được sử dụng bài thí nghiệm ảo trước giờ học “thật” trong bài “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ”
- C3. Nếu được chọn tiếp tục học một bài thí nghiệm ảo khác, anh/chị mong muốn được học bài thí nghiệm ảo nào?

...

Điểm số và các ý kiến khảo sát được lưu trữ và phân tích so sánh sau đó (Hình 7). Phiếu khảo sát ý kiến sinh viên về cảm nhận của họ trong quá trình học bài thí nghiệm tại phòng thí nghiệm (Bảng 1-A) và ý kiến của sinh viên về bài thí nghiệm ảo (Bảng1-B) bao gồm các câu hỏi mở và câu trả lời dựa trên thang đo Likert 5 mức độ. Bên cạnh đó, các câu hỏi dạng phỏng vấn cũng được sử dụng để có thêm các ý kiến và thông tin từ phía người học để có thể hoàn thiện bài thí nghiệm ảo.



**Hình 7. Cấu trúc các nhóm thí nghiệm và bố trí thu phiếu khảo sát ý kiến của người học**

Các phương pháp xử lý số liệu sử dụng trong nghiên cứu chủ yếu là kiểm định Cronbach’s Alpha (SPSS v22.0.0.0), phân tích thống kê 2-sample-t-test được sử dụng để so sánh điểm số của bài kiểm tra cùng các ý kiến của sinh viên (Bảng 1-A) trong 2 nhóm thí nghiệm độc lập nhau; và one-sample t-test dùng để xem xét sự hài lòng của sinh viên cho bài thí nghiệm ảo thông qua các câu hỏi B1-10 (Bảng 1-B).

Kết quả bài kiểm tra trắc nghiệm khách quan với các câu hỏi về kiến thức, quy trình thí nghiệm, các lưu ý trong quá trình sử dụng máy móc, thiết bị, cho thấy điểm trung bình của nhóm sinh viên thí nghiệm ảo trước khi thí nghiệm thật cao hơn nhóm còn lại (mean = 7,91 ± 0,75 so với mean = 7,37 ± 0,83) sử dụng kiểm định sự khác biệt trung bình giữa 2 nhóm đối tượng độc lập (2-Sample T-test independent, độ tin cậy 95%, p = 0,001 < 0,05).

Đối với các dữ liệu khảo sát các ý kiến của sinh viên đối với bản thân khi tham gia bài thí nghiệm “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ” dựa trên thang Likert 5 mức độ (Bảng 1-A), hệ số Cronbach’s Alpha được tính toán bằng công cụ SPSS. Kết quả cho thấy hệ số Cronbach’s Alpha lần lượt là 0,775 (nhóm 1) và 0,769 (nhóm 2) (> 0,7), chứng tỏ thang đo lường tốt [14]. Đồng thời, kết quả kiểm định cho thấy các biến quan sát đều có hệ số tương quan biến tổng phù hợp Corrected Item - Total Correlation > 0,3 và không có biến nào có hệ số Cronbach’s Alpha if Item Deleted lớn hơn hệ số Cronbach’s Alpha tổng (Bảng 2), chứng tỏ các biến đều đạt chất lượng tốt [15], dữ liệu phù hợp để tiếp tục đánh giá sự khác biệt ý kiến giữa 2 nhóm sinh viên.

**Bảng 2. Kết quả kiểm định độ tin cậy của thang đo thông qua hệ số Cronbach's Alpha**

Nhận định	Nhóm 1 (thí nghiệm ảo ⇒ thí nghiệm “thật”)		Nhóm 2 (chỉ thí nghiệm “thật”)	
	<i>Cronbach's Alpha = 0,775</i>		<i>Cronbach's Alpha = 0,769</i>	
	<i>Corrected Item - Total Correlation</i>	<i>Cronbach's Alpha if Item Deleted</i>	<i>Corrected Item - Total Correlation</i>	<i>Cronbach's Alpha if Item Deleted</i>
A-1 (tự tin)	0,671	0,630	0,604	0,694
A-2 (kĩ năng)	0,628	0,680	0,616	0,674
A-3 (kiến thức)	0,563	0,758	0,599	0,700

Kết quả sử dụng kiểm định sự khác biệt trung bình của 2 nhóm sinh viên (độ tin cậy 95%) cho thấy: Nhóm sinh viên được thực hiện bài thí nghiệm ảo trước khi vào lớp thí nghiệm (Nhóm 1) tự tin hơn so với nhóm sinh viên chưa được trải nghiệm bài thí nghiệm ảo (Nhóm 2) cho thấy mức độ tự tin của SV nhóm 1 ở mức cao ( $mean = 4,120$ ; hoàn toàn đồng ý) trong khi nhóm 2 cho thấy chỉ trên giá trị trung bình ( $mean = 3,780$ ; đồng ý) ( $p = 0,000 < 0,05$ ). Bên cạnh đó, về mặt tiếp thu các kiến thức, sự chênh lệch điểm trung bình đánh giá của 2 nhóm không nhiều nhưng vẫn có sự khác biệt có ý nghĩa giữa 2 nhóm ( $p = 0,007 < 0,05$ ). Trong đó nhóm sinh viên được trải nghiệm thí nghiệm ảo trước giờ học (Nhóm 1) đồng ý rằng việc tiếp thu kiến thức dễ dàng ( $mean = 3,680$ ) và nhóm sinh viên không được thí nghiệm ảo trước đó (Nhóm 2) không có ý kiến/trung lập về nhận định này ( $mean = 3,320$ ,  $p = 0,007 < 0,05$ ). Ngược lại, việc thành thạo các thao tác và kĩ năng trong phòng thí nghiệm không có sự khác biệt giữa hai nhóm sinh viên ( $mean = 3,650/3,560$  với  $p = 0,698 > 0,05$ ) (Bảng 3).

**Bảng 3. Kết quả phân tích nhận định của 2 nhóm sinh viên độc lập (2-sample-t-test)**

Independent Samples Test									
Nhận định	Nhóm 1	Nhóm 2	<i>t-test for Equality of Means</i>						
			<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	<i>Mean Difference</i>	<i>Std. Error Difference</i>	95% C.I.D	
								Lower	Upper
A-1 (tự tin)	4,120	3,400	4,282	98	0,000	0,720	0,168	0,386	1,054
A-2 (kĩ năng)	3,650	3,560	0,390	98	0,698	0,060	0,154	-0,245	0,366
A-3 (kiến thức)	3,680	3,320	2,757	98	0,007	0,360	0,131	0,101	0,619

*Ghi chú: 1,00 - 1,80: Hoàn toàn không đồng ý; 1,81 - 2,60: Không đồng ý; 2,61 - 3,40: Trung lập/Không có ý kiến; 3,41 - 4,20: Đồng ý; 4,21 - 5,0: Hoàn toàn đồng ý [13]*

Các dữ liệu về ý kiến của các sinh viên đã trải nghiệm bài thí nghiệm ảo từ Bảng 1-B cũng được xử lý và phân tích tương tự Bảng 1-A. Hệ số Cronbach's Alpha đạt 0,965 ( $> 0,9$ ), các biến quan sát đều có hệ số tương quan biến tổng phù hợp (*Corrected Item - Total Correlation*  $> 0,3$ ) và không có biến nào có hệ số *Cronbach's Alpha if Item Deleted* lớn hơn hệ số *Cronbach's Alpha* tổng, chứng tỏ các biến đều đạt chất lượng tốt [14, 15]. Các sinh viên được trải nghiệm bài thí nghiệm ảo đánh giá cao các tiêu chí về lợi ích

của bài thí nghiệm ảo trong việc ghi nhớ khái niệm, ghi nhớ các bước của bài thí nghiệm, giúp nhận ra các lỗi sai thường gặp (mức điểm từ đồng ý từ 3,41 trở lên). Người học đồng thời nhận định rằng bài thí nghiệm ảo có thể nâng cao chất lượng học tập và hứng thú với bài thí nghiệm ảo trước giờ học tại phòng thí nghiệm (Bảng 4). Các tiêu chí không đáp ứng  $p > 0,05$  không được trình bày trong báo cáo này (B8-10).

**Bảng 4. Kết quả phân tích nhận định của các sinh viên được trải nghiệm thí nghiệm ảo trước khi thí nghiệm “thật” ( $n=50$ ) (one-sample-t-test)**

Nội dung của các tiêu chí	Điểm trung bình	Sig.
B1. ...ghi nhớ các khái niệm tốt hơn.	3,840	0,000
B2. ...ghi nhớ các bước của thí nghiệm tốt hơn	4,240	0,000
B3. ...nhớ các lưu ý về các lỗi sai có thể gặp phải	4,120	0,000
B4. ...tăng cường kỹ năng phòng thí nghiệm	3,160	0,009
B5. ...học các bài thí nghiệm thật trở nên dễ dàng hơn	3,000	0,000
B6. ...nâng cao chất lượng học tập.	3,860	0,001
B7. ...thích sử dụng phòng thí nghiệm sinh học ảo trước	4,200	0,000
B8 - B10		> 0,05

Ghi chú: 1,00 - 1,80: Hoàn toàn không đồng ý; 1,81 - 2,60: Không đồng ý; 2,61 - 3,40: Trung lập/Không có ý kiến; 3,41 - 4,20: Đồng ý; 4,21 - 5,0: Hoàn toàn đồng ý [13]

Bên cạnh đó, ở các câu hỏi phỏng vấn (Bảng 1-C), 39/50 sinh viên (78,0%) mong muốn có thể học các bài học thí nghiệm mô phỏng khác trước khi thực hiện các bài thí nghiệm phức tạp như tách chiết và khuếch đại DNA, định lượng protein, phân lập vi sinh vật, nuôi cấy tế bào động vật... 12/50 sinh viên (24%) cho rằng bên cạnh giọng nói ở phần giới thiệu bài học và thiết bị, nên bổ sung giọng nói hướng dẫn ở các bước thao tác thay vì chỉ có bảng hiện chữ nhắc nhở. Bên cạnh đó, các ý kiến khác như sinh viên thích học bài thí nghiệm ảo vì có thể thực hiện lại nhiều lần (các thao tác không nắm chắc) mà không sợ tốn thời gian (10%), không sợ sai sót hoặc làm hỏng máy móc (10%).

Các nghiên cứu xem xét hiệu quả của e-Learning so với việc giảng dạy trực tiếp đã được thực hiện trong nhiều nghiên cứu khác nhau. Những lí do để cải thiện kết quả học tập bao gồm các giảng dạy có hướng dẫn với phản hồi tùy chỉnh, tăng khả năng tiếp xúc với các khái niệm cũ, tăng khả năng tương tác của người học, tăng cơ hội thí nghiệm, khắc phục và sửa đổi, cũng như tiềm năng giảm bớt sự dư thừa và chia rẽ sự chú ý mà cả hai đều có thể dẫn đến quá tải nhận thức [7]. Để đánh giá ảnh hưởng của các bài thí nghiệm ảo lên việc học tập của người học, nhiều nhóm nghiên cứu đã tiến hành các khảo sát người học sau khi được học các bài thí nghiệm ảo với các phương pháp khác nhau bao gồm bảng câu hỏi đánh giá với các mức độ, bài tập kiểm tra... cùng công cụ thống kê khác nhau, các kết quả đều cho thấy việc học các bài thí nghiệm ảo trước khi thí nghiệm tại các phòng thí nghiệm giúp tăng cường kỹ năng và giải quyết sự cố, người học dễ dàng nhận dạng và phân tích vấn đề hơn đặc biệt đối với các bài thí nghiệm có thời gian thí nghiệm lâu và kết quả thường khó đạt như lí thuyết mong đợi [7, 16]. Các nghiên cứu cho thấy rằng việc sử dụng các bài thí nghiệm ảo trước khi thực hiện bài thí nghiệm “thật” tại phòng thí nghiệm làm tăng hứng thú, động cơ, hiệu quả học tập và thành tích của người học [17-19].

### 3. Kết luận

Bài thí nghiệm ảo “Định lượng chlorophyll bằng phương pháp đo quang phổ” là bài thí nghiệm ảo đầu tiên trên nền tảng web tại Trường Đại học Nha Trang đã đáp ứng các yêu cầu về chuyển đổi số trong giáo dục. Việc triển khai thử nghiệm và đánh giá bài thí nghiệm cũng đã nhận được những phản hồi tích cực từ phía người học (tăng sự tự tin trong sinh viên, và người học mong muốn có thêm nhiều bài thí nghiệm khác (78%)) cũng như cải thiện điểm số của sinh viên thông qua bài trắc nghiệm khách quan về kiến thức ( $7,91 \pm 0,75$  ở nhóm được thí nghiệm ảo trước giờ lên lớp so với  $7,37 \pm 0,83$  ở nhóm không thí nghiệm ảo,  $p < 0,05$ ).

Chúng tôi tin rằng phòng thí nghiệm ảo và bài thí nghiệm mô phỏng được mô tả trong nghiên cứu này sẽ đáp ứng xu thế mới của việc ứng dụng số trong giáo dục; hỗ trợ người học làm quen và chuẩn bị kỹ lưỡng trước giờ thí nghiệm tại các phòng thí nghiệm công nghệ cao.

Tuy vậy, để có cái nhìn khách quan hơn về việc sử dụng bài thí nghiệm ảo cũng như hoàn thiện bài thí nghiệm ảo, việc thu nhận ý kiến người học và cập nhật bài thí nghiệm ảo cần được thực hiện một cách đều đặn hàng năm. Bên cạnh đó, các bài thí nghiệm khó và tốn nhiều thời gian như nuôi cấy tế bào động vật, real-time PCR cũng nên được xây dựng và triển khai trong sinh viên.

**Lời cảm ơn.** Nghiên cứu được tiến hành dưới sự tài trợ kinh phí của đề tài nghiên cứu khoa học Trường Đại học Nha Trang “Thiết kế thí nghiệm ảo trong lĩnh vực sinh học” Mã số: TR2021-13-26.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Azizah N., and Aloysius S., 2021. The Effects of Virtual Laboratory on Biology Learning Achievement: A Literature Review. *6th International Seminar on Science Education (ISSE 2020)*, Vol. 541, pp. 107-116. doi:10.2991/assehr.k.210326.015.
- [2] Trịnh Đông Thu, 2020. Sử dụng thí nghiệm mô phỏng trong dạy học phần Sinh học cơ thể, Sinh học trung học phổ thông. *Tạp Chí Khoa Học Xã Hội, Nhân Văn Giáo Dục Trường Đại học Đà Nẵng - Đại học Sư Phạm*, Vol. 10, No. 2, tr. 95-101.
- [3] Miyamoto M., Milkowski D.M., Young C.D., and Lebowicz L.A., 2019. Developing a Virtual Lab to Teach Essential Biology Laboratory Techniques. *Journal of Biocommunication*, Vol. 43, No. 1, pp. 23-31. doi:10.5210/jbc.v43i1.9959.
- [4] Hà Mạnh Đào, Phạm Văn Chiến, and Nguyễn Văn Tùng, 2019. Về một qui trình xây dựng ứng dụng thực tại ảo vào trong giảng dạy các ngành kỹ thuật. *Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Trường Đại Học Công Nghệ Hà Nội*, Vol. 55, tr. 39- 44.
- [5] Aebbersold M., 2016. The History of Simulation and Its Impact on the Future. *AACN Advanced Critical Care*, Vol. 27, No. 1, pp. 56-61. doi:10.4037/aacnacc2016436.
- [6] Trịnh Đông Thu, 2021. Sử dụng thí nghiệm ảo - Giải pháp để tổ chức dạy học thực hành Sinh học ở trung học phổ thông bằng hình thức online. *Tạp Chí Khoa học Trường Đại Học Sư Phạm Hà Nội*, Vol. 4, tr. 98-105.

- [7] Polly P., Marcus N., Maguire D., Belinson Z., and Velan G., 2014. Evaluation of an adaptive virtual laboratory environment using Western Blotting for diagnosis of disease. *BMC Medical Education*, Vol. 14, No. 222, pp. 1-9. doi:10.1186/1472-6920-14-222.
- [8] Nguyễn Văn Tường, 2012. Xây dựng một số bài thực hành ảo về vận hành máy tiện và máy phay CNC. *Tạp Chí Khoa Học - Công Nghệ Thủy Sản Trường Đại Học Nha Trang*, Vol. 3, tr. 65-69.
- [9] Lichtenthaler H.K., and Buschmann C., 2001. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, Vol. 1, No. 1, pp. F4.3.1-F4.3.8. doi:https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0403s01.
- [10] Bumbac M., Nicolescu C.M., Olteanu R., Tiron O., Manea E., Bumbac C., Gorghiu L., Radulescu C., Stanescu G., Serban B., and Buiu O., 2021. UV-Vis Analysis Of Granular Activated Algae Chlorophyll Content. *Journal of Science and Arts*, Vol. 57, pp. 1111-1120. doi:10.46939/J.Sci.Arts-21.4-b06.
- [11] Baechler O., and Greer X., 2020. *Blender 3D By Example: A Project-Based Guide to Learning the Latest Blender 3D, Eevee Rendering Engine, and Grease Pencil*, Packt Publishing Ltd.
- [12] Jackson S., 2014. *Mastering Unity 2D Game Development*, Packt Publishing Ltd
- George D., and Mallery P., 2003. *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference, 11.0 Update*. The University of Michigan, Allyn and Bacon Publishing.
- [13] Edwards A.L., and Kenney K.C., 1946. A comparison of the Thurstone and Likert techniques of attitude scale construction. *The Journal of Applied Psychology*, Vol. 30, pp. 72-83. doi:10.1037/h0062418.
- [14] George D., and Mallery P., 2003. *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference, 11.0 Update*, The University of Michigan, Allyn and Bacon Publishing.
- [15] Nunnally J.C., and Bernstein I.H., 1994. *Psychological Theory*, New York: McGraw-Hill.
- [16] Kolil V.K., Muthupalani S., and Achuthan K., 2020. Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, Vol. 17, No. 1, pp. 17-30. doi:10.1186/s41239-020-00204-3.
- [17] Pyatt K., and Sims R., 2012. Virtual and Physical Experimentation in Inquiry-Based Science Labs: Attitudes, Performance and Access. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 21, pp. 133–147. doi:10.1007/s10956-011-9291-6.
- [18] Freeman S., Eddy S., McDonough M., Smith M., Okoroafor N., Jordt H., and Wenderoth M., 2014. Active Learning Increases Student Performance in Science, Engineering, and Mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 111, pp. 8410-8415. doi:10.1073/pnas.1319030111.

- [19] Theobald E., Hill M., Tran E., Agrawal S., Arroyo N., Behling S., Chambwe N., Cintrón D., Cooper J., Dunster G., Grummer J., Hennessey K., Hsiao J., Iranon N., Jones L., Jordt H., Keller M., Lacey M., Littlefield C., and Freeman S., 2020. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 117, pp. 6476-6483. doi:10.1073/pnas.1916903117.

## ABSTRACT

### **Development and implementing assessments of virtual experiment of “Quantitative determination of chlorophyll using spectrophotometry” at Nha Trang University**

Van Hong Cam<sup>1</sup>, Khuc Thi An<sup>1</sup>, Nguyen Tan Phat<sup>2</sup> and Doan Vu Thinh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute for Biotechnology and Environment, Nha Trang University*

<sup>2</sup>*Faculty of Information Technology, Nha Trang University*

The study focuses on the development, implementation, and evaluation of the use of the virtual biology experiment of "Quantification of chlorophyll by spectroscopy" compared with the traditional educational method (hands-on laboratory labs, which involves physical presence, procurement of equipment, specific materials, and procedures). 2D and 3D models of equipment in the lesson were designed based on graphic tools (Blender, Adobe Illustrator). The movements, manipulation and troubleshooting of the virtual experiment (VE) are simulated using the Unity engine. The web-based VE was developed and evaluated the impact of VE by comparing a group of deployed students (Group 1) with a group of non-implemented students (Group 2). The results of implementation in students show that Group 1 had higher average test scores in understanding the concepts, definitions, steps of the experiment, and notes on using laboratory equipment compared to Group 2 ( $p < 0.05$ ). The students in Group 1 were also more confident in performing skills in scientific procedures as well as the ability to acquire knowledge in the laboratory was higher than in Group 2 ( $p < 0.05$ ). The students in Group 1 highly appreciated the criteria of the benefits of VE in memorizing concepts, steps of the experiment, and helping to recognize common mistakes during the experiment ( $p < 0, 05$ ). However, VE still cannot replace the "real" biology experiment in improving learners' manipulation skills. Research results showed that VE can become a powerful tool to cooperate with traditional educational methods in training students in biological laboratory skills.

**Keywords:** chlorophyll quantification, spectrophotometry, virtual biology experiment.