

Bài báo nghiên cứu

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO BỘ THÍ NGHIỆM KHẢO SÁT ĐỊNH LUẬT BOYLE VÀ ĐỊNH LUẬT CHARLES SỬ DỤNG TRONG DẠY HỌC CHỦ ĐỀ “PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI” NHẪM PHÁT TRIỂN NĂNG LỰC THỰC NGHIỆM CỦA HỌC SINH LỚP 12

Nguyễn Thanh Loan, Trần Đức Quốc Duy*

Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

**Tác giả liên hệ: Nguyễn Thanh Loan – Email: loannt@hcmue.edu.vn*

Ngày nhận bài: 19-02-2025; Ngày nhận bài sửa: 10-3-2025; Ngày duyệt đăng: 13-5-2025

TÓM TẮT

Khí lí tưởng là một trong những nội dung quan trọng trong chương trình Vật lí 12, giúp học sinh hiểu mối quan hệ giữa áp suất, thể tích, nhiệt độ và số mol khí. Tuy nhiên, do tính trừu tượng, chủ đề này thường gây khó khăn dù có nhiều ứng dụng thực tiễn. Nhằm hỗ trợ giảng dạy hiệu quả, chúng tôi đã nghiên cứu và chế tạo bộ thí nghiệm khảo sát định luật Boyle và định luật Charles theo Chương trình giáo dục phổ thông 2018. Bộ thí nghiệm được tích hợp vi mạch điều khiển, hệ thống truyền dữ liệu và các linh kiện hiện đại như áp kế điện tử, đầu nung biến áp xung, giúp minh họa trực quan và nâng cao độ chính xác. Kết quả cho thấy bộ thí nghiệm có tính chính xác cao với sai số nhỏ dưới 10%, thiết kế tinh gọn, đa tính năng và chi phí thấp. Nhờ đó, bộ thí nghiệm không chỉ giúp học sinh nắm vững kiến thức và phát triển năng lực thực nghiệm mà còn tạo điều kiện thuận lợi cho giáo viên trong giảng dạy tại trường phổ thông.

Từ khóa: định luật Boyle; định luật Charles; phương trình trạng thái; năng lực thực nghiệm; khí lí tưởng

1. Giới thiệu

Việc thực hiện thí nghiệm (TN) trong môn Vật lí ở bậc phổ thông vẫn còn gặp nhiều hạn chế do thiếu dụng cụ, dẫn đến số lượng học sinh (HS) được trực tiếp tham gia làm TN còn thấp (Nguyễn & Duong, 2023). Điều này ảnh hưởng đáng kể đến quá trình hình thành và phát triển năng lực thực nghiệm (NLTN) của HS – một trong những yêu cầu cốt lõi của chương trình giáo dục hiện nay (Ministry of Education and Training, 2018). Đặc biệt, đối với chủ đề “Khí lí tưởng” – một kiến thức nền tảng trong Vật lí phổ thông – việc không được tiếp cận TN khiến HS gặp khó khăn trong việc hình dung mối quan hệ giữa áp suất, thể tích, nhiệt độ và số mol khí. Trong khi đó, TN không chỉ hỗ trợ giảng dạy mà còn giúp HS rèn

Cite this article as: Nguyen, T. L., & Tran, D. Q. D. (2026). Design and fabrication of an experimental kit for investigating Boyle's and Charles's law in teaching the “Equation of state” topic to develop grade 12 students' experimental competence. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 23(8), 1848-1860. [https://doi.org/10.54607/hcmue.js.23.8.4736\(2026\)](https://doi.org/10.54607/hcmue.js.23.8.4736(2026))

luyện kỹ năng quan sát, thu thập và xử lý dữ liệu, từ đó phát triển tư duy khoa học và nâng cao NLTN.

Xuất phát từ thực trạng này, việc xây dựng các bộ TN phù hợp là một giải pháp cần thiết nhằm khắc phục những hạn chế trong giảng dạy và học tập vật lý. Các bộ TN được thiết kế hợp lý không chỉ giúp HS chủ động khám phá kiến thức mà còn tạo điều kiện để các em thực hành, kiểm chứng lý thuyết, nâng cao kỹ năng thao tác và tư duy phản biện. Đặc biệt, đối với chủ đề “Khí lý tưởng”, một bộ TN trực quan, dễ sử dụng sẽ giúp HS hiểu sâu hơn về các định luật thực nghiệm của chất khí. Bộ TN cần được thiết kế đơn giản, chi phí hợp lý nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác khoa học, giúp giáo viên (GV) dễ dàng triển khai trong giảng dạy. Ngoài ra, việc tự chế tạo TN cũng là một hướng đi hiệu quả, không chỉ tận dụng được các vật liệu sẵn có mà còn khuyến khích sự sáng tạo của cả GV và HS, đồng thời giúp HS phát triển NLTN thông qua việc tìm hiểu, lắp ráp, bố trí và vận hành thiết bị TN.

Nhằm hỗ trợ GV trong việc giảng dạy hiệu quả và giúp HS phát triển NLTN, chúng tôi đã thiết kế và chế tạo “Bộ TN khảo sát định luật Boyle và Charles”. Bộ dụng cụ này không chỉ tạo điều kiện cho HS trực tiếp tiến hành TN mà còn rèn luyện quy trình thực nghiệm một cách bài bản, từ quan sát hiện tượng, thu thập và xử lý số liệu đến phân tích và đánh giá kết quả. Nhờ đó, HS không chỉ củng cố kiến thức lý thuyết mà còn phát triển NLTN.

Hiện nay, các thiết bị TN về khí lý tưởng trên thị trường thường gặp nhiều hạn chế như: kích thước cồng kềnh, khó sử dụng, chi phí cao và ít ứng dụng vào thực tế (xem Phụ lục 1 tại đường liên kết cuối bài). Bộ TN khảo sát định luật Boyle được trình bày trong sách giáo khoa (SGK) Chân trời sáng tạo và Cánh diều về cơ bản đã đáp ứng các yêu cầu cần đạt theo Chương trình giáo dục phổ thông 2018. Tuy nhiên, các bộ TN này chỉ cho phép khảo sát một định luật chất khí duy nhất, đồng thời áp kế đi kèm có thang đo lớn, gây khó khăn trong việc đo lường những trường hợp có áp suất khí nhỏ, từ đó làm tăng độ sai số trong quá trình đo đạc và ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả thực nghiệm (Bui et al., 2024; Doan et al., 2024). Để khắc phục những hạn chế này, bộ TN của chúng tôi được thiết kế với nhiều ưu điểm vượt trội: nhỏ gọn, sử dụng nguồn điện từ pin giúp tăng tính linh hoạt, giảm bớt dây dẫn phức tạp, đơn giản hóa thao tác TN và giúp HS làm quen với một số khái niệm về chuyển đổi số trong thực nghiệm. Bộ TN còn hỗ trợ GV chuẩn bị bài giảng nhanh chóng nhờ tích hợp các thiết bị như máy làm nóng nước, nhiệt kế điện tử, áp kế điện tử, giúp HS dễ dàng tiến hành TN với độ chính xác cao, kiểm chứng lý thuyết về các định luật của chất khí, đồng thời rèn luyện kỹ năng thực hành và phát triển NLTN một cách hiệu quả.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của bộ TN là áp suất, thể tích, nhiệt độ, số mol của lượng khí gần như được cô lập trong xi lanh ống tiêm và ống nước.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp thực nghiệm: Nhóm nghiên cứu đã tiến hành thiết kế, chế tạo, sau đó thử

nghiệm bộ TN bằng cách tiến hành nhiều lần hai TN khảo sát định luật Boyle và Charles. Sau đó lấy dữ liệu thu được từ quá trình thực nghiệm, so sánh với lý thuyết và so sánh với các bộ TN có sẵn trên thị trường nhằm đánh giá ưu điểm và hạn chế của thiết bị mới. Việc thực nghiệm không chỉ giúp kiểm chứng độ tin cậy và tính chính xác của bộ TN mà còn cung cấp cơ sở thực tiễn để cải tiến và hoàn thiện sản phẩm.

2.3. Cơ sở lý thuyết

Định luật Boyle: Với một lượng khí xác định có nhiệt độ không đổi thì áp suất và thể tích của khí tỉ lệ nghịch với nhau.

$$PV = \text{const}$$

Trong đó: P là áp suất của khí (Pa; atm; mmHg, ...)

V : thể tích của khí (m^3 ; dm^3 ; lít, ...)

Bộ thí nghiệm khảo sát định luật Boyle được thiết kế kết nối với màn hình hiển thị để người dùng dễ dàng quan sát các thông số trong quá trình thực nghiệm. Khi người dùng kéo lên hoặc đẩy xuống piston, thể tích bên trong xi lanh thay đổi, kéo theo sự thay đổi của áp suất khí. Sự thay đổi này được cảm biến áp suất ghi lại và truyền về vi mạch xử lý trung tâm. Sau đó, dữ liệu được xử lý và hiển thị trực tiếp trên màn hình, cho phép người dùng dễ dàng theo dõi và ghi nhận giá trị áp suất ứng với từng thể tích một cách trực quan và chính xác (xem bố trí Hình 1).

Định luật Charles: Với một lượng khí xác định có áp suất không đổi thì thể tích và nhiệt độ của khí tỉ lệ thuận với nhau.

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

Trong đó: V là thể tích của khí (m^3 ; dm^3 ; lít, ...)

T là nhiệt độ tuyệt đối của khí (K)

Khi sử dụng bộ thí nghiệm định luật Charles, cần đảm bảo đầu cảm biến và bộ phận gia nhiệt ngập hoàn toàn trong nước trước khi cấp điện cho thiết bị. Người dùng có thể chọn và điều chỉnh mức nhiệt độ khảo sát thông qua nút điều khiển trên màn hình. Khi một mức nhiệt được chọn, hệ thống sẽ tự động gia nhiệt nước đến nhiệt độ cài đặt và duy trì ổn định trong suốt quá trình thí nghiệm. Nhiệt từ nước truyền vào xilanh làm tăng nhiệt độ khí bên trong, từ đó khảo sát được mối quan hệ giữa thể tích và nhiệt độ theo định luật Charles (xem bố trí Hình 6).

2.4. Danh mục vật liệu, dụng cụ cho bộ thí nghiệm

2.4.1. Bộ dụng cụ thí nghiệm khảo sát định luật Boyle

Dưới đây là hình minh họa bố trí của bộ dụng cụ thí nghiệm khảo sát định luật Boyle.



Hình 1. Bộ dụng cụ thí nghiệm khảo sát định luật Boyle

- Sản phẩm bao gồm một thân nhựa chữ T gắn một áp kế cơ có kèm theo một nhiệt kế.

- Một ống nhựa gắn một ống tiêm có đầu vặn để gắn vào trong thân nhựa chữ T.
- Một thanh vít me để có thể điều chỉnh được piston của ống tiêm đi lên hoặc đi xuống.
- Một hộp gửi dữ liệu từ các cảm biến lên trang Google Sheets.

Bộ thí nghiệm khảo sát định luật Boyle bao gồm 4 thành phần như sau: thân chữ T (hình 2), ống nhựa (Hình 3), khóa piston (Hình 4), máy gửi dữ liệu và hiển thị (Hình 5).

Bảng 1. Các thành phần của bộ thí nghiệm khảo sát định luật Boyle

Các chi tiết thành phần của bộ TN	Mô tả
 Hình 2. Thân chữ T	Là bình chứa toàn bộ khí có một áp kế cơ để đo được áp suất và một nhiệt kế để đo nhiệt độ khí bên trong <u>thân ống</u>
 Hình 3. Ống nhựa	Ống nhựa gắn ống tiêm có thể tách rời và gắn lại với thân chữ T tác dụng là thay đổi thể tích trong thân chữ T bằng cách di chuyển piston
 Hình 4. Khóa piston	Công dụng của <u>khóa piston</u> dùng để thay đổi khoảng cách của piston và khóa piston ở vị trí đó
 Hình 5. Máy gửi dữ liệu và hiển thị	Cấu tạo gồm một hộp nhựa màu trắng có một màn hình hiển thị thông tin bao gồm 2 nút: một <u>nút nhấn giữ</u> trạng thái và một nút nhấn nhả. Công dụng khi bật nút nhấn giữ trạng thái dữ liệu từ bộ TN sẽ được gửi lên trang tin (<u>Google Sheets</u>) qua wifi người dùng đăng nhập wifi hoặc 4g để máy có thể gửi dữ liệu. Chức năng thứ hai của hộp là hiển thị các thông số khi làm TN và sự thay đổi của chúng.

2.4.2. Bộ dụng cụ thí nghiệm khảo sát định luật Charles

Dưới đây là hình minh họa bố trí của bộ dụng cụ thí nghiệm khảo sát định luật Charles.



Hình 6. Bộ dụng cụ thí nghiệm khảo sát định luật Charles

Bộ thí nghiệm khảo sát định luật Charles bao gồm 3 thành phần như sau: bộ làm nóng và giữ nhiệt độ không đổi (Hình 7), ống xi lanh áp kế chất lỏng (Hình 8); Cốc thủy tinh chịu nhiệt (Hình 9).

Bảng 2. Các thành phần của bộ thí nghiệm khảo sát định luật Charles

Các chi tiết thành phần của bộ TN	Mô tả
 Hình 7. Bộ làm nóng và giữ nhiệt độ không đổi	Bộ giữ nhiệt bao gồm một đầu làm nóng, một cảm biến nhiệt độ và một màn hình tùy chỉnh nhiệt độ. Khi sử dụng sẽ cho 400 ml nước vào trong bình nước sao cho nước ngập cả cảm biến và đầu làm nóng sau đó cắm phích cắm vào ổ điện lúc này màn hình sẽ hiển thị nhiệt độ hiện tại của chất lỏng và sẽ làm nóng nước lên một nhiệt độ mặc định được cài đặt trước.
 Hình 8. Ống xi lanh áp kế chất lỏng	Có hình dạng như một thanh kiếm có một chất lỏng đỏ ở giữa để dễ dàng theo dõi sự thay đổi của khối khí trong xi lanh
 Hình 9. Cốc thủy tinh chịu nhiệt	Một cốc thủy tinh chịu nhiệt dung tích 500ml

2.5. Điểm mới của bộ thí nghiệm

2.5.1 Điểm mới của bộ thí nghiệm khảo sát định luật Boyle

Bộ TN khảo sát định luật Boyle được xây dựng dựa trên ý tưởng của bộ TN trong sách giáo khoa Vật lí 12 Cánh diều bài “Phương trình trạng thái khí lí tưởng” (Nguyen et al., 2023). Điểm mới của bộ TN đã xây dựng có điểm khác so với bộ TN trong sách giáo khoa ở một vài điểm như sau:

- Sử dụng ống nước PVC để làm các phần nối thân của bộ TN đã xây dựng này, PVC được lựa chọn vì dễ tìm dễ mua cũng như có kích thước phù hợp với xi lanh có sẵn ở các tiệm thuốc.
- Sử dụng cảm biến nhiệt độ và áp suất để chuyển đổi được các giá trị áp suất nhiệt độ

thành tín hiệu analog để có thể truyền và gửi các dữ liệu đi.

- Sử dụng thêm một hộp truyền dữ liệu cũng như hiển thị dữ liệu đo cho dễ quan sát.
- Xi lanh được thiết kế để tháo rời được nên xi lanh có thể tích thay đổi để khảo sát đa dạng hơn với các thể tích khác nhau.

Bảng 3 mô tả rõ ràng sự khác biệt giữa bộ TN khảo sát định luật Boyle đã xây dựng với bộ TN được đề cập trong SGK Cánh diều. Đồng thời chỉ ra những ưu điểm vượt trội của bộ TN đã xây dựng.

Bảng 3. So sánh bộ TN định luật Boyle đã xây dựng với bộ TN của SGK Cánh diều

Bộ thí nghiệm Cánh diều	Bộ thí nghiệm đã xây dựng
Bộ TN được lắp ráp, bố trí sẵn phải có đồ dùng chuyên dụng mới có thể tháo rời các bộ phận. Bộ TN trực quan và dễ sử dụng cho việc giảng dạy.	Bộ TN được làm từ ống nước PVC nên có thể tháo rời từng bộ phận. Bộ TN trực quan và cũng đáp ứng những nhu cầu cơ bản cho việc giảng dạy như có thêm một số chức năng gửi dữ liệu giúp HS thu thập và xử lý dữ liệu nhanh chóng và dễ dàng.
Bộ TN vẫn có thể bị hư hỏng nếu bị rơi hoặc chịu va đập mạnh. Những tác động này có thể gây nứt vỡ, làm ảnh hưởng đến tính chính xác của thiết bị trong quá trình sử dụng.	Bộ TN được chế tạo từ nhựa PVC nên có độ bền cao, chịu được va đập và tác động từ môi trường trong quá trình sử dụng

2.5.2 Điểm mới của bộ thí nghiệm khảo sát định luật Charles

Bộ TN khảo sát định luật Charles được trang bị một mạch giữ nhiệt, giúp tăng/giảm nhiệt độ đến một mức mong muốn sau đó giữ cho nhiệt độ gần như không đổi trong suốt quá trình TN. Thiết bị còn được tích hợp sẵn đầu làm nóng và nhiệt kế điện tử, hỗ trợ kiểm soát nhiệt độ chính xác hơn. Với bộ TN này, đầu làm nóng sẽ tự động đun nước đến mức nhiệt độ đã được cài đặt sẵn, giúp quá trình TN trở nên thuận tiện và hiệu quả hơn.

Bảng 4 mô tả rõ ràng sự khác biệt giữa bộ TN khảo sát định luật Charles đã xây dựng với bộ TN được đề cập trong SGK Cánh diều. Đồng thời chỉ ra những ưu điểm vượt trội của bộ TN đã xây dựng.

Bảng 4. So sánh bộ TN định luật Charles đã xây dựng với bộ TN của SGK Cánh diều

Bộ thí nghiệm Cánh diều	Bộ thí nghiệm đã xây dựng
Bộ TN được lắp ráp, bố trí sẵn phải có đồ dùng chuyên dụng mới có thể tháo rời các bộ phận.	Bộ TN dễ lắp ráp và bố trí.
Bộ TN có sử dụng nước sôi để làm TN có thể gây nguy hiểm cho HS.	Bộ TN sử dụng đầu gia nhiệt chỉ hoạt động khi đầu gia nhiệt đang ngập trong nước và nhiệt độ sẽ luôn được cố định ở mức thiết lập trước nên sẽ tránh được nguy hiểm về nước sôi khi làm TN.
Bộ TN không có khả năng gửi dữ liệu đi.	Bộ TN có khả năng gửi dữ liệu qua mạng và lên máy tính.
Bộ TN trực quan và dễ sử dụng cho việc giảng dạy.	Bộ TN trực quan và cũng đáp ứng những nhu cầu cơ bản cho việc giảng dạy như có thêm một số chức năng gửi dữ liệu giúp HS có thể thu thập và xử lý dữ liệu dễ dàng.
Bộ TN có sử dụng nước sôi nên sau một khoảng thời gian một số chi tiết bằng kim loại sẽ bị ăn mòn hoặc rỉ sét.	Do được chế tạo từ ống tiêm bằng nhựa, ít chi tiết của bộ TN có tác dụng với nước nên không xảy ra hiện tượng ăn mòn hoặc rỉ sét như bộ TN Cánh diều.

2.6. Cách thức hoạt động của bộ TN

2.6.1. Các bước tiến hành thí nghiệm khảo sát định luật Boyle

Bước 1. Vận tay xoay để piston di chuyển.



Hình 10. Vị trí xoay



Hình 11. Vị trí công tắc để gửi dữ liệu

Bước 2. Nhìn màn hình của nhiệt kế và mặt đồng hồ áp suất để biết áp suất và nhiệt độ ban đầu khi chưa thay đổi piston.

Bước 3. Cứ mỗi 5 vòng xoay thì nhìn màn hình để biết được nhiệt độ có thay đổi hay không và mặt đồng hồ áp suất để coi được sự thay đổi áp suất cũng như nhìn phần nút cao su đen để biết được lượng khí đã được nén vào là bao nhiêu ml.

Bước 4. Muốn gửi dữ liệu thì bật máy truyền dữ liệu lên và kết nối hai dây điện của bộ TN và máy đo lại nhấn công tắc, giữ chế độ để truyền dữ liệu.

Bước 5. Truy cập địa chỉ (<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qeyduc7-25BacHHrhXmpVGDXZMomQTfK3iZhMkIZ5FE/edit?gid=0#gid=0>) để xem dữ liệu được gửi, hoặc sử dụng mã QR ở Hình 12.



Hình 12. Mã QR

2.6.2. Các bước tiến hành thí nghiệm khảo sát định luật Charles

Bước 1. Cho nước vào trong cốc thủy tinh chịu nhiệt khoảng 500ml nước

Bước 2. Cho dây cảm biến vào trong cốc sao cho 2 đầu cảm biến đều nằm ngập trong nước

Bước 3. Cắm dây điện vào ổ điện 220V

Bước 4. Sau khi cắm điện, đầu gia nhiệt sẽ bắt đầu nóng lên. Trong quá trình sử dụng, cần đảm bảo dây cảm biến luôn ngập trong nước. Màn hình LED 3 đoạn sẽ hiển thị nhiệt độ hiện tại của nước. Thiết bị sẽ tiếp tục gia nhiệt cho đến khi nước đạt nhiệt độ cài đặt mặc định khoảng 35°C.



Hình 13. Cách bố trí TN



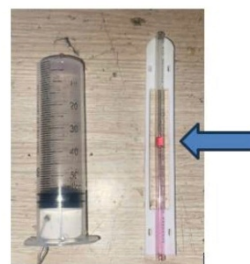
Hình 14. Thay đổi nhiệt độ

Bước 5. Thay đổi nhiệt độ cài đặt

- Nhấn nút cài đặt (nút 1 – Hình 14) một lần để chuyển sang chế độ điều chỉnh nhiệt độ.
- Khi màn hình hiển thị nhiệt độ cài đặt, tiến hành điều chỉnh
 - + Nhấn nút tăng nhiệt độ (nút 2 – Hình 14) để tăng nhiệt độ.
 - + Nhấn nút giảm nhiệt độ (nút 3 – Hình 14) để giảm nhiệt độ.
- Sau khi chọn được nhiệt độ mong muốn, nhấn lại nút cài đặt (nút 1 – Hình 14) để lưu giá trị và thoát khỏi chế độ điều chỉnh.
- Màn hình sẽ trở về chế độ mặc định và tiếp tục hiển thị nhiệt độ hiện tại của nước



Hình 15. Xi lanh áp kế nước



Hình 16. Xi lanh áp kế nước tách rời

Bước 6. Lúc này cho ống xi lanh áp kế vào trong nước đang thay đổi nhiệt độ và quan sát được hiện tượng nước trong áp kế đang bị đẩy lên, điều này chứng tỏ thể tích của không khí trong xi lanh đang thay đổi. Khi tới nhiệt độ không đổi thì giọt chất lỏng trong ống không di chuyển do áp suất đã cân bằng. Lúc này thay đổi nhiệt độ tăng thì sẽ thấy hiện tượng giọt chất lỏng di chuyển đi lên. Do ống xi lanh và áp kế nước có thể tách rời nên có thể đổi xi lanh có thể tích khác để so sánh sự khác nhau giữa xi lanh có thể tích 20 ml hoặc xi lanh có thể tích 60 ml tùy vào nội dung bài dạy của giáo viên sử dụng bộ TN.

2.7. Xây dựng tiến trình dạy học có sử dụng bộ thí nghiệm

2.7.1. Mục tiêu dạy học

Mục tiêu dạy học là phát triển NLTN của HS thông qua sử dụng bộ TN. Mục tiêu dạy học được xây dựng dựa trên các thành phần của NLTN được thể hiện trong Phụ lục 2.

2.7.2 Tiến trình dạy học

Chúng tôi đã tham khảo chuỗi hoạt động tiến trình dạy học của tác giả (Nguyen & Le, 2022) để từ đó đề xuất tiến trình dạy học đáp ứng các yêu cầu cần đạt trong nội dung “Phương trình trạng thái” bao gồm 4 hoạt động và được trình bày chi tiết ở Bảng 5.

Bảng 5. Tiến trình dạy học bài “Phương trình trạng thái”

Hoạt động	Nội dung hoạt động	Tổ chức thực hiện	Sản phẩm dự kiến của HS
Hoạt động 1. tìm hiểu dụng cụ TN (2.2)	GV sẽ hướng dẫn cách sử dụng các dụng cụ TN	GV sẽ giao nhiệm vụ liên quan tên gọi và công dụng của từng dụng cụ trong TN để HS thực hiện nhiệm vụ tìm hiểu, <u>làm quen</u> và hiểu được công dụng	HS nắm được tên, công dụng và cách sử dụng các thiết bị
Hoạt động 2. lắp ráp, bố trí các dụng cụ TN (3.2)	HS tiến thành lắp ráp, bố trí TN	HS tiến thành chia nhóm và lựa chọn 1 trong 2 bộ TN để bố trí sau khi bố trí xong, GV sẽ đi kiểm tra	Bộ TN được bố trí theo sự hướng dẫn trước đó của giáo viên
Hoạt động 3. tiến hành TN theo các bước đã đề ra (3.3)	HS thực hiện TN theo phương án đã đề xuất và thu thập các dữ liệu	HS thực hiện các thao tác TN theo các bước TN đã xây dựng để thu thập dữ liệu	Bảng số liệu TN
Hoạt động 4. xử lý, phân tích dữ liệu thu được (4.1)	HS sử dụng các số liệu đã có tính toán để kiểm chứng quá trình đẳng áp và đẳng nhiệt	GV yêu cầu HS sử dụng những dữ liệu từ TN sử dụng vẽ các dữ liệu lên đồ thị (pOV) và (VOT) hoặc sử dụng công cụ máy tính để kiểm chứng định luật Boyle và Charles. Đồng thời kiểm tra điều kiện của phương trình trạng thái	Đồ thị của dữ liệu đẳng nhiệt là một đường Hyperbol trong giản đồ (pOV) Đồ thị của dữ liệu đẳng áp là đường thẳng trong giản đồ (VOT)

3. Kết quả

3.1 Kết quả đo các đại lượng của bộ thí nghiệm khảo sát định luật Boyle

Bảng 6. Bảng kết quả của bộ thí nghiệm khảo sát định luật Boyle

p_0 (Pa)	V_0 (ml)	p_1 (Pa)	ΔV (ml)	$p_0 V_0$	$p_1 (V_0 + \Delta V)$	$\frac{p_1 (V_0 + \Delta V)}{p_0 V_0}$	$t(^{\circ}\text{C})$
106770	52.83263158	169311	20	5640940	5558925.685	1.014754	30.43312
106770	52.83263158	169315	20	5640940	5559057.016	1.01473	30.43312
106770	52.83263158	169311	20	5640940	5558925.685	1.014754	30.43312

Bảng số liệu đầy đủ: Phụ lục 3

- p_0 là áp suất ban đầu khi piston chưa di chuyển (Pa)
- V_0 là thể tích ban đầu lúc piston chưa di chuyển (ml)
- p_1 là áp suất đo được khi nhấn piston vào hết xi lanh (Pa)
- ΔV là phần thể tích xi lanh bị nhấn vào bên trong của ống tiêm (ml)
- $t^{\circ}\text{C}$ là nhiệt độ của khối khí bên trong bộ TN ($^{\circ}\text{C}$)

Xử lý số liệu:

- Giá trị trung bình p_1 trong cả ba lần đo là: $\overline{p_1} = 169436.2 \text{ Pa}$
- Giá trị trung bình của $p_0 V_0$ trong cả ba lần đo là: $\overline{p_0 V_0} = 5568256 \text{ Pa/ml}$
- Giá trị trung bình của $p_1 V_1$ trong cả ba lần đo là: $\overline{p_1 V_1} = 5563035 \text{ Pa/ml}$

- Tỷ lệ trung bình của $\frac{P_0 V_0}{P_1 V_1}$ trong cả ba lần đo là : $\frac{P_0 V_0}{P_1 V_1} = 1.000936$
- Độ lệch chuẩn của nhiệt độ lần đo 1 là $\sigma t^\circ\text{C} = 0.004455$
- Độ lệch chuẩn của nhiệt độ lần đo 2 là $\sigma t^\circ\text{C} = 0.051331$
- Độ lệch chuẩn của nhiệt độ lần đo 3 là $\sigma t^\circ\text{C} = 0.052959$

3.2. Kết quả đo các đại lượng của bộ thí nghiệm khảo sát định luật Charles

Bảng 7. Bảng kết quả của bộ thí nghiệm khảo sát định luật Charles

V_0 (ml)	t_0 (°C)	t_1 (°C)	L_0 (cm)	S (cm ²)	V_1 (ml)	$\frac{V_0}{t_0 + 273}$	$\frac{V_1}{t_1 + 273}$	$\frac{\frac{V_0}{t_0 + 273}}{\frac{V_1}{t_1 + 273}}$
25	26	43.8	11.55	0.12	26.386	0.083612	0.083289	1.003877
25	26	43.2	11.1	0.12	26.332	0.083612	0.083276	1.00403
25	26	43.4	11.2	0.12	26.344	0.083612	0.083262	1.004208

Bảng số liệu đầy đủ: Phụ lục 4

- V_0 là thể tích ban đầu của không khí trong xi lanh
- t_0 là nhiệt độ ban đầu của toàn chất lỏng bên ngoài xi lanh
- t_1 là nhiệt độ ổn định của máy giữ nhiệt độ
- L_0 là độ dài của giọt chất lỏng đã di chuyển
- V_1 là thể tích được tính bằng cách lấy tiết diện ống áp kế chất lỏng nhân với chiều dài V_1



Hình 17. Ống khi không chứa nước và ống khi chứa nước

Giải thích lí do có tiết diện của ống nước là 0.12 cm²

- $S = 0.12 \text{ cm}^2$ là tiết diện của ống nước được tính bằng cách lấy khối lượng 18.8g của phần nước có trong ống đem chia cho chiều dài của ống nước là 15.5 cm

Xử lí số liệu:

- Giá trị trung bình V_1 là: $\bar{V} = 26.41785 \text{ ml}$
- Giá trị trung bình t_1 là: $\bar{t} = 44.10769^\circ\text{C}$
- Giá trị trung bình $\frac{\bar{V}_0}{\bar{t}_0 + 273} = 0.083612$
- Giá trị trung bình $\frac{\bar{V}_1}{\bar{t}_1 + 273} = 0.083309$
- Tỷ lệ trung bình của $\frac{\frac{\bar{V}_0}{\bar{t}_0 + 273}}{\frac{\bar{V}_1}{\bar{t}_1 + 273}} = 1.003641$

3.3. Thảo luận về kết quả của bộ TN khảo sát định luật Boyle và định luật Charles

Kết quả thực nghiệm từ bộ TN khảo sát định luật Boyle và định luật Charles cho thấy khả năng đo lường đáng tin cậy, độ chính xác cao và sai số thấp. Cụ thể:

- Kết quả đo của bộ TN cho ra giá trị pV và $\frac{V}{T}$ gần như không đổi.
- Sai số giữa thực nghiệm và lý thuyết chỉ khoảng 10%, chứng tỏ bộ TN hoạt động hiệu quả với độ chính xác cao khi kiểm chứng hai định luật trên.

3.3.1. So sánh với các bộ TN trên thị trường

Bộ TN này thể hiện nhiều ưu điểm vượt trội khi so sánh với các thiết bị hiện có:

- Đa tính năng: Bộ TN tích hợp cảm biến nhiệt độ, áp suất, và khả năng gửi dữ liệu số, phù hợp với nhiều phương pháp dạy học tích cực.
- Sai số nhỏ: Kết quả đo có độ chính xác cao, chênh lệch nhỏ so với lý thuyết.
- Tính gọn nhẹ và tiện lợi: Thiết kế nhỏ gọn, dễ sử dụng, tiết kiệm thời gian chuẩn bị và thực nghiệm.
- Chi phí thấp: Bộ TN này tiết kiệm chi phí hơn so với các bộ dụng cụ hiện tại mà vẫn đảm bảo hiệu quả thực nghiệm.

3.3.2. Ứng dụng trong dạy học

Bộ TN không chỉ hỗ trợ GV trong giảng dạy mà còn kiểm chứng lại được các định luật của chất khí, khả năng thu thập, phân tích và xử lý số liệu nhanh chóng và chính xác. Việc ứng dụng chuyển đổi số với khả năng gửi dữ liệu lên nền tảng Google Sheets cho phép theo dõi, phân tích dữ liệu thực nghiệm một cách hiệu quả và chính xác hơn.

3.4. Kết quả khảo sát học sinh về đánh giá bộ TN định luật Boyle và định luật Charles

Nhằm đánh giá tính khả thi và hiệu quả của bộ TN khảo sát định luật Boyle và định luật Charles, chúng tôi đã tiến hành khảo sát ý kiến của 32 học sinh lớp 12 tại Trường THPT Lý Thường Kiệt, huyện Hóc Môn, Thành phố Hồ Chí Minh trong khoảng thời gian từ ngày 28/10 đến 28/12/2024. Nội dung chi tiết của phiếu khảo sát được trình bày trong Phụ lục 5.

Kết quả khảo sát cho thấy:

90,6% HS nhận định rằng bộ TN cơ bản đã đáp ứng được mục tiêu phát triển NLTN.

90,7% HS đánh giá bộ TN được thiết kế chặt chẽ, đảm bảo tính khoa học và logic.

78,8% HS cho rằng bộ TN có độ chính xác cao, với sai số trong quá trình đo lường và tính toán dưới 5%.

Về các thành tố năng lực được phát triển sau khi thực hiện TN, “Xử lý dữ liệu, phân tích và đánh giá kết quả” là thành tố được HS đánh giá phát triển nhiều nhất (48,4%), nhờ khả năng tự động thu thập, xử lý và phân tích dữ liệu một cách nhanh chóng, chính xác. Đồng thời, 69,7% HS cho rằng thao tác thu thập và xử lý dữ liệu tương đối đơn giản, và 57,6% HS nhận thấy thời gian chuẩn bị dụng cụ TN và tiến hành TN là ngắn, phù hợp với điều kiện học tập.

Tuy nhiên, thành tố phát triển ít nhất là “Thiết kế phương án thí nghiệm” (chỉ 15,2%), do NLTN của HS trong lĩnh vực này còn hạn chế, HS còn ỷ lại, tính tự lực chưa cao, đồng thời chưa có đủ thời gian để HS suy nghĩ và đề xuất các phương án phù hợp (xem chi tiết tại Phụ lục 6).

4. Kết luận

Nghiên cứu đã thiết kế và chế tạo thành công bộ thí nghiệm khảo sát định luật Boyle và định luật Charles, đáp ứng yêu cầu kiểm chứng các định luật thực nghiệm của chất khí trong dạy

học Vật lý ở trường trung học phổ thông. Bộ thí nghiệm có thiết kế nhỏ gọn, thuận tiện lắp đặt, di chuyển và sử dụng, đồng thời có chi phí hợp lý và rút ngắn thời gian chuẩn bị, thực hiện thí nghiệm. Việc tích hợp chuyển đổi số cho phép tự động thu thập và truyền dữ liệu lên Google Sheets, hỗ trợ giáo viên và học sinh nhanh chóng xử lý, phân tích số liệu, qua đó tạo điều kiện thuận lợi cho việc triển khai các phương pháp dạy học tích cực và phát triển NLTN của học sinh.

Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung nguồn học liệu và thiết bị thí nghiệm phục vụ dạy học Vật lý, đồng thời mở rộng khả năng ứng dụng công nghệ số trong tổ chức hoạt động thực nghiệm. Tuy nhiên, bộ thí nghiệm hiện chủ yếu được định hướng cho dạy học Vật lý trung học phổ thông và còn phụ thuộc vào điều kiện kết nối Internet. Trong thời gian tới, nghiên cứu sẽ tiếp tục hoàn thiện độ ổn định của hệ thống, phát triển khả năng vận hành trong điều kiện hạn chế kết nối và mở rộng phạm vi ứng dụng sang các nội dung, lĩnh vực khoa học khác.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

❖ **Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Nguồn ngân sách khoa học và công nghệ Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh trong đề tài sinh viên NCKH năm học 2024–2025. Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn TS. Nguyễn Lâm Duy, CN. Nguyễn Hoàng Long và các giảng viên Phòng Thí nghiệm Vật lý Nâng cao, Khoa Vật lý, Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ dụng cụ, thiết bị nghiên cứu; cảm ơn Ban Giám hiệu, tổ Vật lý, giáo viên chủ nhiệm và học sinh lớp 12 Trường THPT Lý Thường Kiệt (Đông Thạnh, Thành phố Hồ Chí Minh) đã hỗ trợ trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bui, Q. H, Do, X. H, Doan, H. H, Nguyen, N. H, Pham, N. T. V, Phung, V. H., Tran, N. N. B, Tran, T. M. T & Truong, D. H. T. (2024). Sách giao khoa chan troi sang tao Vat li 12. [Chan troi sang tao Physics 12 textbook].
- Doan, T. H. Q., Nguyen, V. K., Pham, T. G, Tran, B.T., & Truong, A. T. (2024). Sách giao khoa canh dieu vat li 12. [Canh dieu Physics 12 textbook].
- Le, T. M. P., Le, V. G., & Le, T. H. (2023). Day hoc theo nhom co su dung thi nghiem phan “Tu truong” (Vat li 11) nham phat trien nang luc hop tac cho hoc sinh [Group-based teaching using experiments in the “Magnetic Field” topic (Grade 11 Physics) to develop students’ collaborative competence]. *Journal of Education*, 23(19), 1-7.
- Ministry of Education and Training. (2018). *Quyết định ban hành Chương trình giao dục phổ thông* [The National Curriculum]. Hanoi.
- Nguyen, T. L., & Le, N. L. (2022). Xay dung bo thi nghiem su dung trong day hoc chu de "Phuong trinh trang thai" nham phat trien nang luc thuc nghiem của hoc sinh [Creating experimental equipment used in teaching "ideal gas law" module– to develop students' experimental competence]. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 20(7), 1221-1234.
- Nguyen, T. L. N., & Duong, D. G. (2023). Day hoc Vat li voi su ho tro cua thi nghiem va phuong tien truc quan nham phat trien nang luc giai quyét van de cho hoc sinh. *Journal of Education*, 22(23), 11-17.

- Nguyen, T. T. T. (2023). *To chuc day hoc phan Nhiet hoc Vat li 12 nham phat trien nang luc giai quyét van de cua hoc sinh [Teaching organization of Thermodynamics of Physics 12th grade to develop students' problem-solving capacity]* [Doctoral dissertation, Thai Nguyen University of Education]. https://tnue.edu.vn/data/media/2023/6/27/26/1/Dungpth/files/2_%20Nguy%E1%BB%85n%20Th%E1%BB%8B%20Thu%20Th%E1%BB%A7y_Lu%E1%BA%ADn%20%C3%A1n.pdf
- Nguyen, V. K. (Chief Editor), Pham, T. G., Doan, T. H. Q., Tran, B. T., & Truong, A. T. (2023). *Sách giáo khoa Vat li 12 – Canh dieu [Physics 12 Textbook - Canh dieu]*. University of Education Publishing House.
-

DESIGN AND FABRICATION OF AN EXPERIMENTAL KIT FOR INVESTIGATING BOYLE’S AND CHARLES’ LAWS IN TEACHING THE “EQUATION OF STATE” TOPIC TO DEVELOP GRADE 12 STUDENTS’ EXPERIMENTAL COMPETENCE

Nguyễn Thanh Loan, Trần Đức Quốc Duy*

Ho Chi Minh City University of Education, Vietnam

**Corresponding author: Nguyễn Thanh Loan – Email: loannt@hcmue.edu.vn*

Received: February 19, 2025; Revised: March 10, 2025; Accepted: May 13, 2025

ABSTRACT

Ideal gases are an important topic in the Grade 12 Physics curriculum, helping students understand the relationships among gas pressure, volume, temperature, and amount of substance. However, due to its abstract nature, this topic often poses difficulties for students despite its numerous practical applications. To support effective teaching, we designed and fabricated an experimental kit for investigating Boyle’s law and Charles’ law in accordance with the 2018 General Education Curriculum. The experimental kit integrates a microcontroller, a data transmission system, and modern components, including a digital pressure gauge and a pulse-transformer heating element, to provide intuitive demonstrations and improve measurement accuracy. The results show that the experimental kit provides high accuracy, with a relative error of less than 10%, while featuring a compact, multifunctional, and low-cost design. Therefore, the experimental kit not only helps students consolidate their knowledge and develop experimental competence but also provides favorable conditions for teachers to implement effective instruction in upper secondary schools.

Keywords: Boyle's law; Charles' law; equation of state; experimental competence; ideal gas

PHỤ LỤC

Đường liên kết truy cập phụ lục bài báo:

<https://drive.google.com/drive/folders/1w7c3t8MDYL-zRNiJx5FubXrzMFc42D6Q>

Mã QR của phụ lục bài báo:

