

Bài báo nghiên cứu

XÂY DỰNG VÀ SỬ DỤNG BỘ THÍ NGHIỆM KHẢO SÁT BA ĐỊNH LUẬT THỰC NGHIỆM CỦA CHẤT KHÍ

Nguyễn Thanh Loan*, Nguyễn Lâm Duy, Nguyễn Hoàng Long, Lâm Tấn Lộc

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: 10-02-2025; ngày nhận bài sửa: 30-3-2025; ngày duyệt đăng: 21-4-2025

TÓM TẮT

Bộ thí nghiệm khảo sát ba định luật thực nghiệm của chất khí được xây dựng dựa trên khả năng chuyển đổi chức năng linh hoạt thông qua các van ba chiều và áp kế điện tử, giúp cung cấp dữ liệu một cách nhanh chóng và chính xác. Từ đó, người sử dụng có thể khảo sát cả ba định luật thực nghiệm chất khí và phương trình trạng thái khí lý tưởng với độ sai biệt rất nhỏ. Bên cạnh đó, việc xây dựng phương án sử dụng bộ thí nghiệm theo từng mức độ mở khác nhau sẽ hỗ trợ giảng viên trong việc phát triển năng lực thực nghiệm của sinh viên ứng với từng nhu cầu và trình độ khác nhau.

Từ khóa: xây dựng bộ thí nghiệm; mức độ mở; phương án sử dụng bộ thí nghiệm; ba định luật thực nghiệm chất khí

1. Giới thiệu

Học phần thí nghiệm Cơ nhiệt của Khoa Vật lý, Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh là một trong những học phần chuyên ngành và tiên quyết đối với sinh viên ngành sư phạm Vật lý và ngành Vật lý học. Ở học phần này, các sinh viên (SV) phải thực hiện thí nghiệm (TN) liên quan đến mạch nội dung “Phương trình trạng thái khí lý tưởng”- hiện cũng đang là một phần nội dung quan trọng trong chương trình Vật lý 12 ở bậc trung học phổ thông. Như vậy, việc SV thực hiện tốt TN ở mạch nội dung “Phương trình trạng thái khí lý tưởng” nói riêng và học phần TN Cơ nhiệt nói chung sẽ làm tiền đề quan trọng để SV có đầy đủ kiến thức, năng lực cho việc dạy học trong tương lai. Tuy nhiên, tính đến thời điểm hiện tại, Phòng thí nghiệm Cơ nhiệt vẫn chưa có bộ TN khảo sát được đầy đủ cả ba định luật thực nghiệm chất khí, cũng như chưa có bộ TN nào về chất khí có thể đáp ứng đầy đủ và tiện lợi các yếu tố cần thiết để sinh viên có thể thao tác dễ dàng, chính xác và đồng thời có thể giúp SV phát triển năng lực thực nghiệm một cách hiệu quả.

Tác giả Nguyễn Văn (Nguyen, 2019) đã cho ra mắt bộ TN có thể khảo sát cả 3 định luật thực nghiệm chất khí với sai số tỉ đối dưới 1%. Tuy nhiên, bộ TN có tính thẩm mỹ chưa cao, các bước thực hiện tương đối phức tạp, giai đoạn xử lý số liệu cần phải tính toán thông

Cite this article as: Nguyen, T. L., Nguyen, L. D., Nguyen, H. L., & Lam, T. L. (2025). Design and application of an experiment kit for investigating the three empirical gas laws. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 22(5), 861-873. [https://doi.org/10.54607/hcmue.js.22.5.4719\(2025\)](https://doi.org/10.54607/hcmue.js.22.5.4719(2025))

qua nhiều biểu thức toán học đòi hỏi học sinh phải có kiến thức toán thật vững. Ngoài ra, tác giả Trần Ngọc Tiên Phát (Tran, 2019) đã chế tạo bộ TN dùng để khảo sát các định luật chất khí có tính nhỏ gọn, độ chính xác cao, thao tác dễ dàng. Tuy nhiên, bộ TN được thiết kế với kết cấu chưa chắc chắn, không thể sử dụng trong thời gian dài, và không thể khảo sát đồng thời ba định luật thực nghiệm chất khí trong cùng một bộ TN. Hay trong nghiên cứu của Nguyễn Thanh Nga và Lê Nguyễn Thanh Thủy (Nguyen & Tran, 2020), nhóm tác giả đã nghiên cứu theo hướng dạy học STEM đưa ra hai bộ TN khảo sát hai định luật Charles và Gay-Lussac. Bộ TN đảm bảo tính nhỏ gọn và thao tác dễ dàng từ những dụng cụ đơn giản. Tuy nhiên, mỗi bộ TN chỉ có thể khảo sát một định luật duy nhất. Hay đối với nhóm tác giả Nguyễn Huỳnh Duy Khang, Nguyễn Tấn Phát và Nguyễn Lâm Duy (Nguyen et al., 2016), nhóm nghiên cứu đã chế tạo bộ TN nhỏ gọn, đáp ứng tính thẩm mỹ, số liệu thu được nhanh chóng và chính xác cao nhưng lại đòi hỏi kỹ thuật chế tạo cao, khó phù hợp với những vùng mà điều kiện giáo dục còn khó khăn. Bên cạnh đó, vẫn còn một số bộ TN trên thị trường tồn tại các hạn chế tương tự trên. Cụ thể, bộ TN khảo sát định luật Boyle trong sách giáo khoa Chân trời sáng tạo và Cánh diều đã đáp ứng đầy đủ các yêu cầu cần đạt theo Chương trình giáo dục phổ thông 2018. Tuy nhiên, các bộ thí nghiệm này chỉ cho phép khảo sát một định luật của chất khí và áp kế được sử dụng có thang đo lớn, gây khó khăn khi đo các trường hợp áp suất khí nhỏ và dẫn đến sai số trong phép đo (Bui et al., 2024; Doan et al., 2024). Từ những lí do trên, chúng tôi nghiên cứu thiết kế và xây dựng một bộ TN có thể khảo sát cả ba định luật thực nghiệm chất khí và phương trình trạng thái khí lí tưởng một cách dễ dàng, chính xác. Đồng thời, thông qua bài báo này, chúng tôi cũng đề xuất phương án sử dụng bộ TN theo các cấp độ mở khác nhau ứng với từng trình độ SV và nhu cầu sử dụng khác nhau.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu trong bài báo này là bộ TN khảo sát sự thay đổi của ba thông số trạng thái của khối không khí được nhốt trong pipette thủy tinh.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong quá trình thực hiện nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương pháp thực nghiệm thể hiện qua quá trình chế tạo và hoàn thiện, thực hiện lấy số liệu, tính toán các sai số, kiểm chứng lại các định luật nhằm kiểm tra độ tin cậy và chính xác của bộ TN.

2.3. Yêu cầu thiết kế

Việc xây dựng bộ TN để khảo sát ba định luật thực nghiệm của chất khí đòi hỏi một quá trình thiết kế chi tiết và cẩn thận. Dưới đây là các yêu cầu thiết kế chính:

❖ **Mục tiêu:** xây dựng được bộ TN cho phép khảo sát cả ba định luật thực nghiệm của chất khí, từ ba định luật kiểm chứng phương trình trạng thái khí lí tưởng và phát triển NLTN của SV.

❖ **Tiêu chí chất lượng**

Tính chính xác: dụng cụ TN phải đo lường chính xác các thông số như áp suất, thể tích và nhiệt độ để đảm bảo kết quả TN đáng tin cậy với độ sai biệt không quá 5% so với lí thuyết.

Độ an toàn: dụng cụ TN phải được thiết kế với các biện pháp an toàn để bảo vệ người sử dụng, bao gồm việc sử dụng vật liệu chịu áp suất và nhiệt độ cao.

Dễ sử dụng: dụng cụ TN phải được thiết kế thân thiện, dễ thao tác để SV có thể tự thực hiện TN dưới sự hướng dẫn rất ít của giảng viên.

Chi phí hợp lý: dụng cụ TN sử dụng các vật liệu phổ biến và giá thành thấp, đồng thời đảm bảo tính khả thi khi triển khai rộng rãi trong các trường.

❖ **Quy trình chế tạo bộ thí nghiệm trải qua các bước như sau:**

Bước 1. Xác định mục đích sử dụng của bộ TN

Bước 2. Xây dựng bản phác thảo hình vẽ chi tiết bộ dụng cụ TN cần xây dựng.

Bước 3. Lựa chọn các vật liệu, dụng cụ cần thiết

Bước 4. Gia công, chế tạo dụng cụ TN

Bước 5. Lắp ráp, bố trí các dụng cụ TN

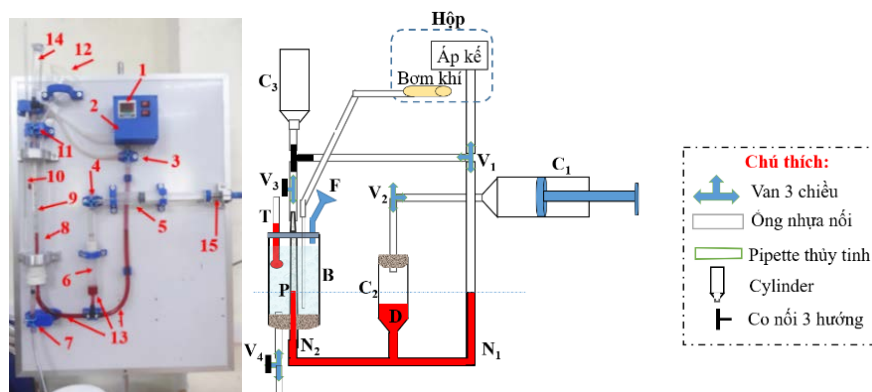
Bước 6. Kiểm tra và hiệu chỉnh bộ TN: thực hiện các TN thử nghiệm để kiểm tra tính chính xác và độ tin cậy của các dụng cụ TN và điều chỉnh nếu kết quả đo còn sai số lớn.

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

Bộ TN khảo sát ba định luật thực nghiệm của chất khí được thiết kế để đo lường và kiểm soát các thông số trạng thái của khối không khí trong pipette thủy tinh một cách chính xác và hiệu quả. Cấu tạo của bộ TN (Bảng 1) bao gồm các thành phần chính như áp kế điện tử, van ba chiều, bơm nén khí, các cylinder và piston, bình thủy tinh chứa pipette, nhiệt kế và hệ tay quay – vít me.

Bảng 1. Thành phần, chức năng và nguyên lý hoạt động của bộ thí nghiệm

STT (Hình 1)	Tên gọi	Công dụng
(1)	Áp kế điện tử	Đo áp suất khối không khí chứa trong pipette thủy tinh
(2)	Bơm nén khí	Tạo ra sự đồng nhất về nhiệt độ của khối nước khi sục khí
(3)	Van 3 chiều	Điều khiển sự ra/vào của không khí trong nhánh N_1 hoặc để đo áp suất khí trong nhánh N_1 khi được nối với áp kế điện tử
(4)	Van 3 chiều	Điều khiển sự ra/vào của không khí trong vùng cylinder C_1 và C_2
(5)	Cylinder và Piston	Dùng để chứa và làm thay đổi áp suất khối khí tác dụng lên khối dầu
(6)	Cylinder	Làm bình chứa khối dầu kỹ thuật
(7)	Van 2 chiều	Giữ hoặc xả nước chứa trong bình thủy tinh
(8)	Bình thủy tinh	Chứa pipette, nước và một số thành phần khác của bộ TN
(9)	Pipette thủy tinh	Chứa khối khí cần khảo sát các thông số trạng thái của nó
(10)	Nhiệt kế	Đo nhiệt độ của nước và của khối khí.
(11)	Van 2 chiều	Giữ/xả khối khí cần khảo sát trong pipette thủy tinh
(12)	Phễu thủy tinh	Giúp việc đổ nước vào bình thủy tinh thuận tiện, an toàn
(13)	Dầu kỹ thuật	Tác nhân truyền áp suất giữa cylinder C_2 và 2 nhánh N_1, N_2
(14)	Cylinder	Chứa dầu kỹ thuật khi bị tràn do sự cố.
(15)	Hệ tay quay và vít-me	Dịch chuyển piston trong cylinder C_1 dễ dàng hơn và giữ yên vị trí piston



Hình 1. Bộ dụng cụ và sơ đồ giản lược của bộ thí nghiệm

Hoạt động của hệ thống dựa trên việc điều chỉnh áp suất, thể tích và nhiệt độ của khối khí trong pipette thông qua các thao tác trên cylinder, piston và các van ba chiều. Khi piston trong cylinder C_1 được dịch chuyển bằng hệ tay quay và vít-me, áp suất và thể tích của khối khí trong cylinder C_1 thay đổi, kéo theo sự biến đổi của áp suất và mức dầu kỹ thuật trong các nhánh N_1 và N_2 . Nếu mặt thoáng mức dầu trong các nhánh N_1 và N_2 chênh lệch nhau không quá 15mm, sự chênh lệch áp suất khí tại bề mặt thoáng khối dầu trong nhánh N_1 và N_2 sẽ không quá 1mmHg nên ta có thể xem áp suất khí trong pipette bằng với áp suất khối khí nối với áp kế điện tử. Nhiệt kế đo nhiệt độ nước trong bình thủy tinh xung quanh pipette. Từ đó, ta suy ra nhiệt độ của khối khí khi chúng đạt trạng thái cân bằng nhiệt. Bơm nén khí giúp khuấy trộn nước trong bình thủy tinh, đảm bảo nhiệt độ của hệ đồng nhất. Các van hai và ba chiều cho phép kiểm soát sự ra vào của không khí, duy trì trạng thái kín của bộ TN, đồng thời hỗ trợ đo lường chính xác áp suất của khí.

2.5. Các thí nghiệm có thể tiến hành

Nhờ vào sự phối hợp của các thành phần ở Bảng 1, bộ TN cho phép khảo sát mối quan hệ giữa thể tích, áp suất và nhiệt độ của chất khí. Từ đó, ta có thể kiểm nghiệm các định luật Boyle, Charles và Gay-Lussac một cách chính xác. Trước và sau khi thực hiện TN, ta cần đảm bảo áp suất của khối khí trong pipette và khối khí nối với áp kế điện tử phải bằng áp suất khí quyển để dầu kỹ thuật không bị bắn ra ngoài bằng cách thực hiện đúng thứ tự các bước sau:

Bước 1. Thiết lập 3 van V_1 , V_2 và cả V_3 ở vị trí khóa tất cả các nhánh.

Bước 2. Mở van V_2 ở vị trí thông cả 3 nhánh. Lúc này, áp suất trong cylinder C_2 bằng áp suất khí quyển.

Bước 3. Chỉnh V_1 và V_3 sao cho tất cả các nhánh của chúng được nối thông với nhau.

Giá trị áp suất được cho bởi áp kế điện tử là áp suất dư (áp suất tương đối so với áp suất khí quyển $p_0 = 760 \text{ mmHg}$). Vì vậy, giá trị áp suất tuyệt đối của khối khí được tính bằng

$$p = p_{\text{đo}} + p_0 = (p_{\text{đo}} + 760) \text{ mmHg} \quad (1)$$

Ngoài ra, vì có khoảng hở giữa phần nối của van V_3 và đầu bên trên của ống pipette nên giá trị thể tích thực tế của khối khí cần khảo sát sẽ lớn hơn 0,14 ml so với giá trị đọc được trên thang đo khắc trên thân pipette. Như vậy:

$$V = (V_{\text{đo}} + 0,14) \text{ml} \quad (2)$$

2.5.1. Thí nghiệm khảo sát định luật Boyle

❖ Mục đích thí nghiệm

Kiểm tra và xác nhận mối quan hệ giữa áp suất và thể tích của một khối khí (không khí) ở nhiệt độ không đổi. Cụ thể TN nhằm chứng minh rằng: Khi giữ không đổi nhiệt độ của một lượng khí xác định thì áp suất gây ra bởi khí tỉ lệ nghịch với thể tích của nó.

❖ Tiến hành thí nghiệm

Trước khi tiến hành TN, ta cần thiết lập trạng thái ban đầu của khối khí trong pipette thủy tinh sao cho các thông số đạt giá trị yêu cầu. Đầu tiên, các van V_1 và V_3 được điều chỉnh sao cho các nhánh của chúng thông với nhau và thông với khí quyển bên ngoài. Để đảm bảo môi trường nhiệt độ ổn định, nước được đổ vào bình thủy tinh thông qua phễu thủy tinh. Bơm nén khí được sử dụng để khuấy trộn nước, giúp nhiệt độ phân bố đồng đều trong toàn bộ hệ. Nhiệt kế được đặt vào bình để theo dõi nhiệt độ nước và đảm bảo đạt giá trị nhất định $28,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Từ đó, nhiệt độ khối khí trong pipette được ổn định thông qua quá trình cân bằng nhiệt với môi trường nước xung quanh.

Sau khi thiết lập nhiệt độ, thể tích khối khí cũng cần được điều chỉnh phù hợp. Piston trong cylinder C_1 được điều chỉnh bằng hệ tay quay và vít-me để tạo áp suất điều chỉnh mục dầu kỹ thuật trong các nhánh N_1 và N_2 (đảm bảo sự cân bằng ngang nhau) sao cho thể tích của khối khí trong pipette đạt $1,40 \pm 0,02$ ml. Van ba chiều V_1 được chỉnh để chỉ có 2 nhánh nối N_1 và áp kế thông với nhau, còn van V_3 được đóng kín để giữ không đổi lượng khí muốn khảo sát. Áp kế điện tử được sử dụng để đo áp suất, đảm bảo giá trị đạt 760 ± 1 mmHg trước khi bắt đầu TN.

Cuối cùng, khi tất cả các thông số đã đạt yêu cầu, hệ TN sẵn sàng để khảo sát sự thay đổi của áp suất theo thể tích theo định luật Boyle.

❖ Số liệu và xử lý số liệu

Bảng 2. Bảng số liệu thí nghiệm khảo sát định luật Boyle

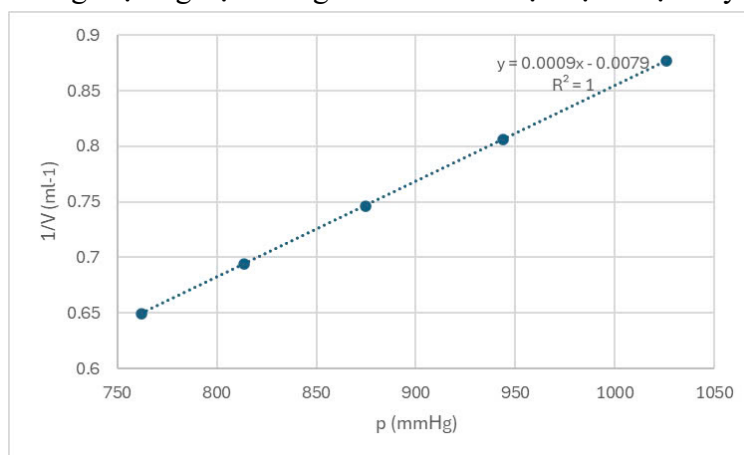
Thể tích đo $V_{\text{đo}}$ (ml)	Áp suất (mmHg)				Áp suất TB (mmHg) $p = p' + 760$	Thể tích khí V (ml)	Tích số pV	$\Delta(pV)$
	$p' = \frac{1}{3}(p_1 + p_2 + p_3)$							
	p_1	p_2	p_3	p'				
1,40	1	2	3	2,0	762,0	1,54	1173,48	2,052
1,30	54	53	54	53,7	813,7	1,44	1171,73	0,302
1,20	113	115	116	114,7	874,7	1,34	1172,10	0,672
1,10	183	183	185	83,7	943,7	1,24	1170,19	1,238
1,00	262	266	270	266,0	1026,0	1,14	1169,64	1,788
Giá trị trung bình							1171,428	1,210
Giá trị lớn nhất								2,052

$$\text{Sai số tỉ đối trung bình: } \delta(pV) = \frac{\Delta pV}{pV} \cdot 100\% = \frac{1,210}{1171,428} \cdot 100\% \approx 0,10\%$$

$$\text{Sai số tỉ đối cực đại: } \delta(pV)_{\text{max}} = \frac{\Delta pV_{\text{max}}}{pV} \cdot 100\% = \frac{2,052}{1171,428} \cdot 100\% \approx 0,18\%$$

Kết quả TN cho thấy sai số tỉ đối trung bình và sai số tỉ đối cực đại của tích pV đều ở mức thấp (dưới 1%). Điều này cho thấy giá trị của tích pV gần như không đổi trong suốt quá trình biến đổi trạng thái của khối khí khi nhiệt độ T được giữ không đổi.

Từ số liệu ở Bảng 2, nhóm tác giả thu được đồ thị biểu diễn $(p, 1/V)$ có dạng như Hình 2. Về mặt phân tích đồ thị, đường biểu diễn $1/V$ theo p có dạng tuyến tính $y=ax+b$, trong đó hệ số b xấp xỉ 0, cho thấy đường thẳng này có thể được xem là đi qua gốc tọa độ. Những kết quả này hoàn toàn tương thích với lí thuyết, cho thấy TN được thực hiện có độ tin cậy cao và cung cấp bằng chứng thực nghiệm vững chắc để xác nhận định luật Boyle.



Hình 2. Đồ thị biểu diễn $(p, 1/V)$ với các giá trị thực nghiệm được mô tả bằng các chấm tròn màu xanh và đường chấm chấm là đường làm khớp

2.5.2. Thí nghiệm khảo sát định luật Gay-Lussac

❖ Mục đích thí nghiệm

Kiểm tra và xác nhận mối quan hệ giữa áp suất và nhiệt độ tuyệt đối của một khối không khí khi thể tích của nó được giữ không đổi. Theo định luật Gay-Lussac, trong điều kiện thể tích không đổi, áp suất của một lượng khí xác định tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối của nó.

❖ **Tiến hành thí nghiệm:** nội dung chi tiết được trình bày trong Phụ lục 1.

❖ **Số liệu và xử lí số liệu**

Bảng 3. Bảng số liệu thí nghiệm khảo sát định luật Gay- Lussac

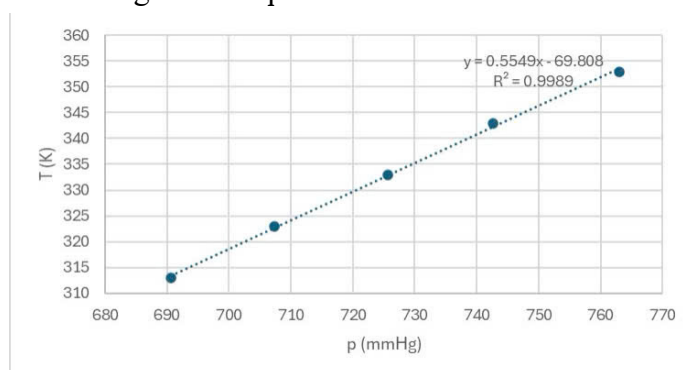
Nhiệt độ tuyệt đối khối khí (K)	Áp suất (mmHg)				Áp suất TĐ (mmHg) p = p _{đo} + 760	Tỉ số $\frac{p}{T}$	$\Delta\left(\frac{p}{T}\right)$
	$p' = \frac{1}{3}(p_1 + p_2 + p_3)$						
	p ₁	p ₂	p ₃	p'			
353	3	3	3	3,0	763,0	2,16	0,022
343	-18	-18	-16	-17,3	742,7	2,17	0,012
333	-32	-35	-36	-34,3	752,7	2,18	0,002
323	-51	-53	-54	-52,7	707,3	2,19	0,008
313	-69	-67	-72	-69,3	690,7	2,21	0,028
Giá trị trung bình						2,182	0,014
Giá trị lớn nhất							0,028

$$\text{Sai số tỉ đối trung bình: } \delta \left(\frac{p}{T} \right) = \frac{\Delta \frac{p}{T}}{\frac{p}{T}} \cdot 100\% = \frac{0,014}{2,182} \cdot 100\% \approx 0,64\%$$

$$\text{Sai số tỉ đối cực đại: } \delta \left(\frac{p}{T} \right)_{MAX} = \frac{\Delta \frac{p}{T}_{MAX}}{\frac{p}{T}} \cdot 100\% = \frac{0,028}{2,182} \cdot 100\% \approx 1,3\%$$

Kết quả TN cho thấy sai số tỉ đối trung bình của tỉ số p/T là khoảng **0,64%**, trong khi sai số tỉ đối cực đại là **1,3%**, cả hai đều ở mức thấp. Điều này cho thấy giá trị của tỉ số p/T gần như không đổi trong quá trình biến đổi trạng thái khi thể tích V của khối không khí được giữ không đổi.

Từ số liệu ở Bảng 3, ta thu được đồ thị thực nghiệm (p, T) trong Hình 3 có dạng đường thẳng với hệ số tương quan $R = 0,9989$. Điều này chứng tỏ mối liên hệ giữa p và T là gần như đồng biến tuyệt đối. Kết quả thực nghiệm này phù hợp với định luật Gay-Lussac trong sai số cho phép, khẳng định độ tin cậy của TN. Sai số thấp và đường thẳng thực nghiệm có xu hướng tuyến tính cho thấy độ tin cậy của bộ thí nghiệm cao, kết quả có tính chính xác cao so với lí thuyết. Tuy nhiên, khi phân tích dữ liệu kĩ hơn, ta thấy độ lệch giữa dữ liệu đo đạc khỏi đường thẳng thực nghiệm rõ hơn ở nhiệt độ thấp. Điều này có thể là do khối khí được khảo sát trong bộ thí nghiệm là khí thực (không hoàn toàn tuân theo mô hình khí lí tưởng được giả định trong ba định luật của chất khí) và chênh lệch nhiệt độ giữa khối khí với nhiệt kế có thể ảnh hưởng đến kết quả đo.



Hình 3. Đồ thị (p, T) với các giá trị thực nghiệm được biểu diễn bằng các chấm tròn màu xanh và đường chấm chấm là đường làm khớp

2.5.3. Thí nghiệm khảo sát định luật Charles

❖ Mục đích thí nghiệm

Xác định mối quan hệ giữa thể tích và nhiệt độ tuyệt đối của một khối không khí khi áp suất của nó được giữ không đổi. Theo định luật Charles, trong điều kiện áp suất không đổi, thể tích của một lượng khí xác định tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối của nó.

❖ **Tiến hành thí nghiệm:** nội dung chi tiết được trình bày trong Phụ lục 1.

❖ **Số liệu và xử lí số liệu**

Bảng 4. Bảng số liệu thí nghiệm khảo sát định luật Charles

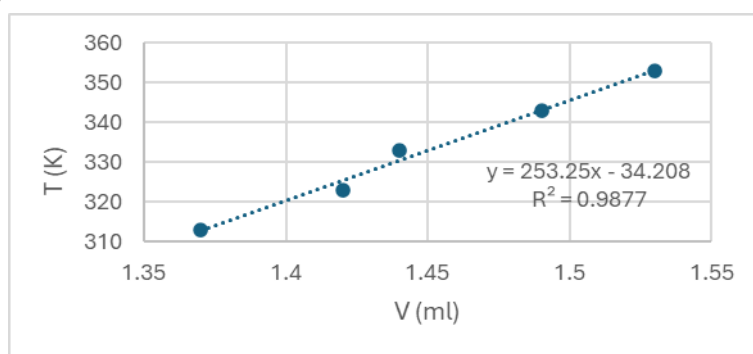
Nhiệt độ khối khí (°C)	Nhiệt độ tuyệt đối khối khí (K)	Thể tích đo (ml)				Thể tích khối khí (ml)	Tỉ số $\frac{V}{T}$	$\Delta\left(\frac{V}{T}\right)$
		$V_{\text{đo}} = \frac{1}{3}(V_1 + V_2 + V_3)$						
		V ₁	V ₂	V ₃	V _{đo}			
80	353	1,39	1,39	1,39	1,39	1,53	0,0043	0,00004
70	343	1,35	1,35	1,35	1,35	1,49	0,0043	0,00004
60	333	1,30	1,30	1,31	1,30	1,44	0,0043	0,00004
50	323	1,27	1,28	1,28	1,28	1,42	0,0044	0,00006
40	313	1,23	1,23	1,24	1,23	1,37	0,0044	0,00006
Giá trị trung bình							0,00434	0,00005
Giá trị lớn nhất								0,00006

$$\text{Sai số tỉ đối trung bình: } \delta\left(\frac{V}{T}\right) = \frac{\frac{\bar{V}}{T}}{\frac{\bar{V}}{T}} \cdot 100\% = \frac{0,00005}{0,00434} \cdot 100\% \approx 1,2\%$$

$$\text{Sai số tỉ đối cực đại: } \delta\left(\frac{V}{T}\right)_{\text{MAX}} = \frac{\frac{\bar{V}}{T_{\text{MAX}}}}{\frac{\bar{V}}{T}} \cdot 100\% = \frac{0,00006}{0,00434} \cdot 100\% \approx 1,4\%$$

Kết quả TN cho thấy sai số tỉ đối trung bình và cực đại của tỉ số V/T lần lượt là **1,2%** và **1,4%**, cả hai đều ở mức thấp. Điều này chứng tỏ giá trị của thương số V/T gần như không đổi trong suốt quá trình biến đổi trạng thái khi áp suất p được giữ không đổi, phù hợp với nội dung của định luật Charles.

Dựa trên số liệu ở Bảng 4, đồ thị thực nghiệm (V, T) trong Hình 4 có dạng tuyến tính với hệ số tương quan $R = 0,9877$. Hệ số tương quan xấp xỉ 1 chứng tỏ mối liên hệ giữa V và T là gần như đồng biến tuyệt đối. Kết quả thực nghiệm này khớp lí thuyết trong khoảng sai số cho phép, khẳng định độ tin cậy của TN. Chênh lệch nhỏ ở nhiệt độ thấp không ảnh hưởng xu hướng chung, cho thấy kết quả TN có độ chính xác cao và giá trị tham khảo tốt cho việc kiểm chứng định luật Charles. Tuy nhiên, hệ số $b \neq 0$ cho thấy đường thẳng thực nghiệm lệch so với gốc tọa độ. Điều này có thể do các yếu tố đã nêu trong phần khảo sát định luật Gay-Lussac gây ra.



Hình 4. Đồ thị (V, T) với các giá trị thực nghiệm được biểu diễn bằng các chấm tròn màu xanh và đường chấm chấm là đường làm khớp

2.5.4. Kiểm tra việc nghiệm lại phương trình trạng thái khí lí tưởng

Đầu tiên, ta sử dụng kết quả đo được ở thí nghiệm kiểm chứng định luật Boyle từ Bảng 2 để nghiên cứu xem các trạng thái khác nhau của một khối không khí có tuân theo phương trình trạng thái hay không. Kết quả định lượng từ Bảng 5 cho thấy các thông số trạng thái của khối không khí thỏa mãn phương trình trạng thái khí lí tưởng với sai số tỉ đối trung bình và cực đại rất nhỏ lần lượt là **0,09%** và **0,30%**. Tuy nhiên, sai số vẫn còn tồn tại do các điều kiện khách quan ảnh hưởng từ dụng cụ cũng như khối khí được khảo sát là khí thực (có tính chất chỉ gần giống với khí lí tưởng). Tương tự cách làm trên, ta hoàn toàn có thể kiểm tra điều kiện nghiệm lại của các thông số trạng thái khối khí theo phương trình trạng thái khí lí tưởng đối với số liệu thu được ở định luật Gay-Lucssac (Bảng 3) và định luật Charles (Bảng 4).

Bảng 5. Các thông số và hằng số sử dụng trong thí nghiệm khảo sát định luật Boyle

Nhiệt độ nước ban đầu	$28 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$
Áp suất ban đầu của khối khí	$760 \pm 1 \text{ mmHg}$
Thể tích ban đầu của khối khí	$1,54 \pm 0,02 \text{ ml}$

Bảng 6. Bảng kiểm tra phương trình trạng thái khí lí tưởng từ số liệu của định luật Boyle

Thể tích đo V _{đo} (ml)	Áp suất (mmHg)				Áp suất TĐ (mmHg) p = p' + 760	Thể tích khí V (ml)	Tích số pV	Tỉ số $\frac{pV}{T}$
	$p' = \frac{1}{3}(p_1 + p_2 + p_3)$							
	p ₁	p ₂	p ₃	p'				
1,40	1	2	3	2,0	762,0	1,54	1173,48	3,90
1,30	54	53	54	53,7	813,7	1,44	1171,73	3,89
1,20	113	115	116	114,7	874,7	1,34	1172,10	3,89
1,10	183	183	185	83,7	943,7	1,24	1170,19	3,89
1,00	262	266	270	266,0	1026,0	1,14	1169,64	3,89
Giá trị trung bình								3,892
Giá trị lớn nhất								3,90

$$\text{Sai số tỉ đối trung bình: } \delta \left(\frac{pV}{T} \right) = \frac{\left| \frac{p_0 V_0}{T_0} - \frac{\overline{pV}}{\overline{T}} \right|}{\frac{p_0 V_0}{T_0}} \cdot 100\% = \frac{\left| \frac{760 \cdot 1,54}{301} - 3,892 \right|}{\frac{760 \cdot 1,54}{301}} \cdot 100\% \approx 0,09\%$$

$$\text{Sai số tỉ đối cực đại: } \delta \left(\frac{pV}{T} \right)_{\text{MAX}} = \frac{\left| \frac{p_0 V_0}{T_0} - \frac{pV}{T_{\text{max}}} \right|}{\frac{p_0 V_0}{T_0}} \cdot 100\% = \frac{\left| \frac{760 \cdot 1,54}{301} - 3,90 \right|}{\frac{760 \cdot 1,54}{301}} \cdot 100\% \approx 0,30\%$$

2.6. Gợi ý cách sử dụng bộ thí nghiệm theo các mức độ mở trong dạy học thí nghiệm

Dạy học TN luôn đi kèm với những khó khăn cho cả người dạy và người học, đặc biệt trong việc tìm phương pháp hiệu quả để phát triển năng lực thực nghiệm của SV theo từng trình độ nhận thức. Nhằm cải thiện điều này, chúng tôi đề xuất một số phương án sử dụng bộ TN đã xây dựng để dạy học theo các mức độ mở khác nhau. Dựa trên nghiên cứu của Nguyễn Thanh Loan và Huỳnh Thị Ngọc Duyên (Nguyen & Huynh, 2022) cùng thực tiễn nghiên cứu trong bài báo, chúng tôi đề xuất phương pháp dạy học theo các mức độ mở của TN, như mô tả trong Bảng 7.

Bảng 7. Mô tả các mức độ mở của thí nghiệm Vật lí

Mức độ	Mục đích	Dụng cụ	Cách thực hiện	Câu trả lời
1	Cung cấp	Cung cấp	Cung cấp	Không
2	Cung cấp	Cung cấp	Không	Không
3	Cung cấp	Không	Không	Không

Dựa vào các đặc tính của bộ TN được lắp đặt sẵn cho SV thao tác nên hiện tại chúng tôi chưa triển khai bộ TN này đến mức độ 3. Vì vậy, trong nghiên cứu này, nhóm chúng tôi đã sử dụng bộ TN cho dạy học theo mức độ 1 và mức độ 2.

2.6.1. Mức độ 1

Bảng 8. Mô tả các dữ kiện cần cung cấp ở mức độ 1

Chi tiết nội dung cần cung cấp	
Mục đích	SV được cung cấp đầy đủ mục đích TN trong tài liệu TN Cơ nhiệt
Dụng cụ	SV được cung cấp dụng cụ TN, bố trí TN đã lắp đặt và bố trí hoàn chỉnh tại phòng TN Cơ nhiệt
Cách thực hiện	SV được cung cấp đầy đủ và đúng trình tự các bước cần thực hiện của bài TN, của các định luật cần thực nghiệm
Câu trả lời	SV không được cung cấp kết quả quá trình thực hiện TN và câu trả lời về hệ thống câu hỏi được đề ra trong tài liệu TN Cơ nhiệt

Vì mục đích, dụng cụ và cách thức thực hiện TN đã được đề ra trong phần xây dựng bộ TN ở Bảng 1 và mục 2.4.1; 2.4.2; 2.4.3 nên chúng tôi chỉ đề ra bộ câu hỏi và hệ thống các nhiệm vụ học tập (NVHT) mà SV cần trả lời khi thực hiện TN với bộ TN trên, gồm ba phần như sau:

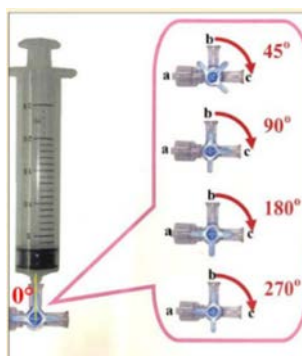
Phần 1. Hệ thống câu hỏi, NVHT sinh viên cần trả lời trước khi tiến hành TN

NVHT 1. SV hãy đọc kĩ phần giới thiệu chung trong tài liệu TN Cơ nhiệt để hoàn thành cột 1 và cột 3 về nêu tên gọi và công dụng của các dụng cụ trong bộ TN được đề cập ở Bảng 1 của bài báo này.

NVHT 2. Cấu tạo và cách sử dụng của van 3 chiều

1. Bằng cách tìm hiểu và khảo sát một van 3 chiều trong thực tế hoặc thông qua các link sau (<https://bit.ly/37Vfyim> hoặc <https://bit.ly/3uHPLi8>), SV hãy cho biết cấu tạo của van 3 chiều loại T và loại L.

2. Hãy nêu tính chất đóng/mở của ba nhánh (a, b và c) ở các vị trí các góc xoay khác nhau của van 3 chiều loại T như Hình 5.



Hình 5. Van 3 chiều và các vị trí đặc biệt

Phần 2. Hệ thống câu hỏi, NVHT sinh viên cần trả lời trong quá trình tiến hành TN
NVHT 3. Từ các dụng cụ TN có sẵn, SV thực hiện những yêu cầu sau đây

1. Tiến hành TN, kẻ bảng số liệu, thu thập số liệu khảo sát định luật Boyle theo các bước hướng dẫn trong tài liệu. Chụp hình bố trí TN mà SV thực hiện.
2. Xử lý kết quả TN: tính giá trị trung bình và sai số phép đo.
3. Vẽ đồ thị của các số liệu thu được trên hệ trục (p , $1/V$) và cho nhận xét đồ thị vẽ được so với lý thuyết.

NVHT 4 và **NVHT 5** về tiến hành TN khảo sát định luật Gay-Lussac và định luật Charles có tính tương đồng với **NVHT 3** nên sẽ được đề cập chi tiết ở phần **Phụ lục 2** của bài báo.

Phần 3. Hệ thống câu hỏi, NVHT sinh viên cần trả lời sau quá trình tiến hành TN

NVHT 6. Từ kết quả TN của hoạt động học tập 3, 4, 5, SV hãy tính tỉ số $\frac{pV}{T}$. Sau đó, rút ra kết luận về tỉ số vừa tính ở mỗi TN ứng với một khối khí cụ thể.

2.6.2. *Mức độ 2.*

Bảng 9. Mô tả các dữ kiện cần cung cấp ở mức độ 2

Chi tiết nội dung cần cung cấp	
Mục đích	SV được cung cấp đầy đủ mục đích TN trong tài liệu
Dụng cụ	SV được cung cấp dụng cụ TN, bố trí TN đã lắp đặt và bố trí hoàn chỉnh tại phòng TN
Cách thực hiện	SV không được cung cấp các bước tiến hành TN hoặc được cung cấp các bước tiến hành TN nhưng không theo đúng trình tự
Câu trả lời	SV không được cung cấp kết quả quá trình thực hiện TN và câu trả lời về hệ thống câu hỏi được đề ra trong tài liệu TN Cơ nhiệt

Ở mức độ này, bộ câu hỏi và NVHT ở phần 1 và 3 giữ nguyên; chúng tôi chỉ đề xuất thay đổi ở phần 2 để phù hợp hơn.

Phần 2. Hệ thống câu hỏi, NVHT sinh viên cần trả lời trong quá trình tiến hành TN
NVHT 3. Từ các dụng cụ TN có sẵn, SV thực hiện những yêu cầu sau đây

1. Hãy sắp xếp theo đúng thứ tự các bước từ gợi ý bên dưới và tiến hành thực hiện TN kiểm chứng định luật Boyle. Gợi ý các bước thực hiện TN cụ thể (thứ tự ngẫu nhiên):
 + Vận tay quay thiết lập trạng thái ban đầu của khối khí trong ống pipette có thể tích ban đầu $V_0 = 0,84$ ml ở áp suất khí quyển p_0 và nhiệt độ phòng T_0 . Lúc này, ta ghi lại giá trị các thông số trạng thái của khối khí ban đầu gồm p_0 , V_0 , T_0 .
 + Điều chỉnh cho van V_3 các nhánh thông với nhau, van V_2 chỉnh cho nhánh (b) – (c) thông với nhau, V_1 thông cả 3 nhánh (a), (b), (c). Lúc này, áp suất và nhiệt độ của khối khí phụ bằng với áp suất và nhiệt độ của khối khí cần khảo sát và bằng với áp suất khí quyển.
 + Tiến hành ghi nhận số liệu thể tích và áp suất của khối khí vào bảng số liệu.
 + Vận tay quay để giảm thể tích từ đó làm tăng áp suất của khối khí cần khảo sát.
 + Khóa van V_3 để tạo khối khí cần khảo sát.
2. Tiến hành TN, kẻ bảng số liệu, thu thập số liệu khảo sát định luật Boyle.
3. Xử lý kết quả TN: tính giá trị trung bình và sai số phép đo.
4. Vẽ đồ thị của các số liệu thu được trên hệ trục (p , $1/V$) và nhận xét đồ thị.

NVHT 4 và **NVHT 5** về tiến hành TN khảo sát định luật Gay-Lussac và định luật Charles có tính tương đồng với **NVHT 3** nên sẽ được đề cập chi tiết ở phần Phụ lục 3 của bài báo.

Như vậy, bộ TN được ứng dụng linh hoạt theo nhiều mức độ mở. Với bộ câu hỏi và NVHT rõ ràng, giảng viên có thể điều chỉnh phù hợp với trình độ SV, giúp phát triển năng lực thực nghiệm theo khả năng của từng SV.

3. Kết luận và cải tiến

Bộ TN được trình bày trong bài báo này có thể phục vụ dạy học một phần nội dung trong học phần TN Cơ nhiệt của Khoa Vật lý Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh. Dữ liệu thực nghiệm thu được cho thấy bộ TN có độ tin cậy cao, với sai số nhỏ hơn 2% trong tất cả các thí nghiệm được thực hiện. Do đó, bộ TN có thể được sử dụng hiệu quả để SV thực hiện các TN trong học phần này. Ngoài ra, bộ thí nghiệm còn được thiết kế tinh gọn với khả năng đặc biệt là cho phép khảo sát đồng thời ba định luật thực nghiệm của chất khí trong cùng một hệ thống. Thông qua phân tích các đặc tính và ưu điểm của bộ TN, nhóm tác giả đã đề xuất phương pháp sử dụng với các mức độ mở khác nhau, phù hợp với từng trình độ SV. Tuy nhiên, bộ TN hiện tại chưa thể áp dụng trong giảng dạy TN vật lý theo mức độ mở cao nhất (mức 3), do quá trình lắp đặt còn tốn nhiều thời gian và đặc thù mức độ năng lực yêu cầu bộ TN phải được lắp đặt sẵn trước khi SV thao tác. Để nâng cao tính chủ động trong học tập và phát triển đầy đủ năng lực thực nghiệm của SV, các nghiên cứu tiếp theo sẽ tập trung vào việc cải tiến thiết kế, giúp SV có thể tự lắp ráp và bố trí TN một cách linh hoạt hơn.

❖ **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 mã số CS.2024.19.85.

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].
- General Physics Department. (2023). *Tai lieu thi nghiem vat li dai cuong 1* [General Physics 1 Experiment Documents]. Ho Chi Minh University of Education.
- Le, N. T. T., & Nguyen, T. N. (2020). *To chuc hoat dong trai nghiem chuong chat khi – Vat li 10 theo dinh huong giao duc STEM* [Organizing experiential activities for the gas laws chapter - Physics 10 according to STEM education orientation]. Ho Chi Minh University of Education.
- Nguyen, H. D. K., Nguyen, L. D., & Nguyen, T. P. (2016). *Ung dung vi dieu khien PIC16F877A va cac cam bien dien tu de che tao bo thi nghiem co tuong tac voi may tinh nham phat huy tinh tinh cuc, sang tao trong hoat dong day hoc ve cac dinh luat thuc nghiem cua chat khi li tuong* [Applying the PIC16F877A microcontroller and electronic sensors to create a computer-interfaced experimental setup to promote activeness and creativity in teaching and learning activities about the experimental laws of ideal gases]. Ho Chi Minh University of Education.

- Nguyen, T. L., & Huynh, T. N. D. (2022). Thuc trang phat trien nang luc thuc nghiem cua sinh vien su pham cho hoc phan thi nghiem vat li dai cuong [Situation of experimental competency development of teacher education students for general physics lab]. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 19(5), 61-72.
- Nguyen, V. (2019). *Che tao va su dung bo thi nghiem khao sat cac dinh luat chat khi Vat li 10* [Fabrication and usage of experiment kits for investigating gas laws in Physics 10]. Danang.
- Tran, N. T. P. (2019). *Thiet ke va su dung thi nghiem trong day hoc vat li 10 gan voi cuoc song hoc sinh* [Designing and using experiments in Physics 10 teaching associated with students' lives]. Ho Chi Minh University of Education.

DESIGN AND APPLICATION OF AN EXPERIMENT KIT FOR INVESTIGATING THE THREE EMPIRICAL GAS LAWS

Nguyen Thanh Loan^{*}, Nguyen Lam Duy, Nguyen Hoang Long, Lam Tan Loc

Ho Chi Minh City University of Education, Vietnam

^{}Corresponding: Nguyen Thanh Loan – Email: loannt@hcmue.edu.vn*

Received: February 10, 2025; Revised: March 30, 2025; Accepted: April 21, 2025

ABSTRACT

This study presents the design and application of an experimental kit for investigating the three empirical gas laws. The kit features a flexible system enabled by three-way valves and an Airtac DPS Series electronic pressure gauge, which allows for fast and accurate data collection. This setup enables users to explore all three empirical gas laws and the ideal gas equation of state with minimal error. Besides, the study proposes an instructional plan for using the kit at varying levels of inquiry, supporting educators in fostering students' experimental competencies and aligning with differentiated teaching strategies.

Keywords: design an experimental kit; level of inquiry; procedure for using an experimental kit; three empirical gas laws

PHỤ LỤC

Danh mục các tài liệu liên quan đến bài báo thể hiện ở link sau:

<https://drive.google.com/drive/folders/1M1SL1gqhbV6j3isTTHEAz2E3fQwEN1fl?usp=sharing>

Mã QR:

