

CHẾ TẠO BỘ THÍ NGHIỆM KHẢO SÁT CÁC ĐỊNH LUẬT CHẤT KHÍ SỬ DỤNG TRONG DẠY HỌC CHỦ ĐỀ “KHÍ LÍ TƯỜNG” – VẬT LÍ 12, CHƯƠNG TRÌNH GIÁO DỤC PHỔ THÔNG 2018

Phùng Việt Hải, Nguyễn Văn

Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

Tác giả liên hệ: Phùng Việt Hải - Email: pvhai@ued.udn.vn

Ngày nhận bài: 11-8-2020; ngày nhận bài sửa: 01-6-2021; ngày duyệt đăng: 17-6-2021

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu, chế tạo bộ thí nghiệm khảo sát các định luật chất khí theo hướng tự tạo, sử dụng vật liệu dễ kiếm, thân thiện môi trường. Với độ chính xác khá cao (sai số dưới 1%), bộ thí nghiệm đã khảo sát được 3 định luật chất khí và minh họa phương trình trạng thái khí lí tưởng. Các thí nghiệm trên có thể sử dụng làm thí nghiệm biểu diễn của giáo viên, thí nghiệm của học sinh hoặc hướng dẫn học sinh chế tạo bộ thí nghiệm theo hướng trải nghiệm STEM nhằm phát triển năng lực Vật lí của học sinh trong dạy học chủ đề Khí lí tưởng - Vật lí lớp 12, thuộc chương trình giáo dục phổ thông 2018 ở nước ta.

Từ khóa: chế tạo; thí nghiệm khảo sát; các định luật chất khí; vật lí 12; chương trình giáo dục phổ thông 2018.

1. Mở đầu

Trong chương trình giáo dục phổ thông môn Vật lí 2018 được ban hành ở nước ta, chủ đề Khí lí tưởng được dạy ở lớp 12 với thời lượng là 12 tiết (Ministry of Education and Training, 2018). Nội dung trọng tâm của phần này là các định luật thực nghiệm của chất khí. Theo đó, chương trình quy định phải thực hiện tối thiểu hai thí nghiệm là: Thí nghiệm khảo sát mối quan hệ áp suất và thể tích khí giữ nguyên nhiệt độ (khảo sát định luật Boyle) và thí nghiệm minh họa mối quan hệ thể tích và nhiệt độ khí giữ nguyên áp suất (minh họa định luật Charles). Mặt khác, để phát triển phẩm chất và năng lực HS, trong tài liệu hướng dẫn dạy học môn Vật lí (V. K. Nguyen, 2019), các tác giả biên soạn chương trình nhấn mạnh việc giáo viên cần tăng cường các thí nghiệm của học sinh (học sinh trực tiếp thực hiện thí nghiệm) và đẩy mạnh xây dựng các thí nghiệm tự làm theo hướng đơn giản, để thực hiện để bổ sung kịp thời vào danh mục các

thiết bị thí nghiệm tối thiểu của chương trình.

Trong danh mục thiết bị thí nghiệm tối thiểu của môn Vật lí hiện hành mà Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành, hiện tại có 2 thí nghiệm được trang bị ở các trường trung học phổ thông là thí nghiệm khảo sát định luật Boyle và thí nghiệm khảo sát mối quan hệ áp suất và nhiệt độ khí giữ nguyên thể tích. Bộ thí nghiệm sử dụng xi lanh thủy tinh để chứa khí và áp kế có độ chia lớn để đo áp suất khí (độ chia nhỏ nhất là 5.10^3Pa) nên độ chính xác chưa cao, tốn thời gian thực hiện. Như vậy các thí nghiệm hiện hành chưa minh họa được định luật Charles cũng như chưa kiểm chứng được phương trình trạng thái khí lí tưởng để thực hiện chương trình phổ thông mới.

Nghiên cứu, chế tạo các thí nghiệm về các định luật thực nghiệm của chất khí ở nước ngoài hiện nay có các hãng chuyên sản xuất về các thiết bị thí nghiệm trong dạy học như Phylwe (*Kinetic gas theory and gas laws*, n.d.), Leybold (*Pressure-Dependency of the Volume of a Gas at a Constant Temperature (Boyle-Mariotte's Law)*, n.d.). Các bộ thí nghiệm của các hãng đều khảo sát được các định luật thực nghiệm của chất khí với độ chính xác cao. Tuy nhiên, các thí nghiệm đều phải kết nối cảm biến và máy tính hoặc các thiết bị cảm tay nên

Cite this article as: Phùng, V. H. & Nguyen, V. (2021). Fabricating experimental equipment for testing gas laws for teaching and learning "Ideal gas" - grade 12 Physics, National High School Program 2018. *UED Journal of Social Sciences, Humanities and Education*, 11(1), 72-78.
<https://doi.org/10.47393/jshe.v11i1.841>

giá thành rất cao, cũng như chưa phát triển được tối đa các thành tố năng lực Vật lí mà chương trình đặt ra.

Các nghiên cứu ở trong nước thời gian qua cũng có nhiều công bố như: Bộ môn Vật lí (T. D. Nguyen, 2016), Trường Trung học Phổ thông chuyên Lê Quý Đôn, Tỉnh Khánh Hòa, Lê Minh Văn (Le, 2014), Phan Minh Tiến (Phan, 2012),... Các nghiên cứu trên đã xây dựng được các thí nghiệm khảo sát hoặc minh họa các định luật chất khí và phương trình trạng thái khí lí tưởng theo các hướng: kết nối cảm biến Arduino và ngôn ngữ lập trình bằng phần mềm Visual Studio 2008 (T. D. Nguyen, 2016) hoặc cải tiến, tận dụng các thiết bị hiện hành (Phan, 2012) hoặc thí nghiệm tự làm từ các thiết bị có sẵn trong thực tế (Le, 2014). Hướng nghiên cứu của các tác giả Phan Minh Tiến và Lê Minh Văn là rất có ý nghĩa với thực tiễn dạy học ở nước ta hiện nay. Tác giả Phan Minh Tiến đã khảo sát được định luật Boyle và định luật Charles, còn tác giả Lê Minh Văn chưa trình bày cụ thể số liệu khảo sát các định luật của chất khí và phương trình trạng thái khí lí tưởng. Hơn nữa, các bộ thí nghiệm trên chủ yếu là đơn chức năng (nghĩa là một thí nghiệm chỉ khảo sát/minh họa một định luật).

Từ các phân tích trên, việc nghiên cứu, chế tạo bộ thí nghiệm khảo sát các định luật chất khí theo hướng tự

tao, sử dụng vật liệu dễ kiếm thân thiện môi trường sử dụng trong dạy học chủ đề Khí lí tưởng, Vật lí lớp 12 – thuộc chương trình giáo dục phổ thông mới rất có ý nghĩa về khoa học và thực tiễn ở nước ta.

2. Nội dung

2.1. Mục tiêu của nghiên cứu

Nghiên cứu, chế tạo bộ thí nghiệm khảo sát các định luật chất khí theo hướng tự tạo, sử dụng vật liệu dễ kiếm, thân thiện môi trường, sử dụng trong dạy học chủ đề Khí lí tưởng, Vật lí lớp 12, thuộc chương trình giáo dục phổ thông mới.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp thực nghiệm, thể hiện cụ thể qua các bước sau: Xác định mục tiêu, đề xuất phương án chế tạo thí nghiệm, chế tạo lắp ráp bộ thí nghiệm, khảo sát các định luật của chất khí, xử lí kết quả và đánh giá, định hướng cách thức sử dụng thí nghiệm trong dạy học.

2.3. Kết quả nghiên cứu

2.3.1. Chế tạo bộ thí nghiệm khảo sát các định luật chất khí

a. Thiết bị thí nghiệm

Bộ thí nghiệm gồm các thiết bị như Hình 1:



Nhiệt kế



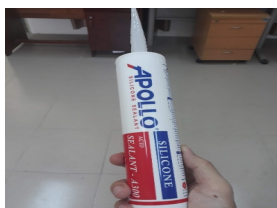
Vỏ lon



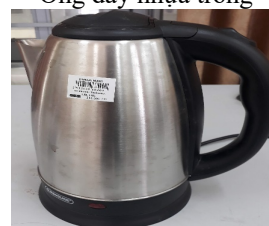
Ống dây nhựa trong



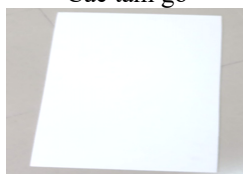
Các tấm gỗ



Hộp keo dán Apollo silicon –A300



Ấm đun siêu tốc



Giấy mô hình



Bút không xóa, các đai nhựa giữ ống



Giá thí nghiệm

Hình 1. Danh mục các thiết bị dùng chế tạo bộ thí nghiệm

b. Các bước chế tạo và lắp ráp bộ thí nghiệm

Quá trình chế tạo và lắp ráp bộ thí nghiệm thể hiện qua các bước:

Bước 1. Tạo giá thí nghiệm: Dùng cưa để cắt các thanh gỗ với với các kích thước (gồm 2 thanh làm giá rộng 5 cm, dài 60 cm; 1 bản làm đế rộng 15 cm, dài 30 cm, 1 đoạn tạo liên kết rộng 5 cm dài 10 cm), dùng khoan bắt vít để ráp thành giá thí nghiệm.

Bước 2. Tạo vạch chia thể tích đến ml trên ống nhựa: Bơm một lượng nước đã biết thể tích từ xi lanh vào ống nhựa (giả sử 20 ml), sau đó dùng thước chia thành 20 khoảng đều nhau trên ống nhựa, khi đó mỗi khoảng trên ống nhựa tương ứng 1 ml).

Bước 3. Dùng dao rọc giấy cắt giấy mô hình (fomex độ dày 3 mm) thành 2 dải mỏng, dùng thước để tạo các vạch chia tương ứng với từng ml thể tích của ống nhựa, dùng keo dán 2 dải giấy mô hình lên 2 thanh gỗ làm giá thí nghiệm.

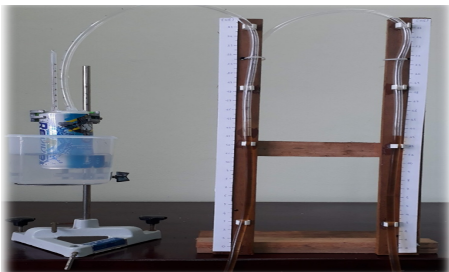
Bước 4. Gắn ống nhựa đã có nước pha màu lên giá thí nghiệm thông qua các đai giữ ống.

Bước 5. Dùng khoan, khoan 2 lỗ ở đáy lon để cắm nhiệt kế và ống nhựa.

Bước 6. Đánh dấu vị trí cắm nhiệt kế (giới hạn đo 110°C, độ chia nhỏ nhất 0,5°C) và đoạn ống kim loại (hoặc ống thủy tinh, đường kính trong 0,6 cm, chiều dài 5 cm) có đường kính trong bằng đường kính ống nhựa (đường kính trong 0,6 cm, chiều dài khoảng 2 m; có thể thay thế bằng ống dịch truyền y tế) vào trong vỏ lon (nước giải khát, nước yến...), dùng ống đồng thủy tinh để đo thể tích của phần nhiệt kế và phần ống cắm vào lon.

Bước 7. Dùng keo Apollo silicone để gắn nhiệt kế và ống thủy tinh/kim loại vào vỏ lon. Lắp ống dây nhựa vào đầu trên của ống thủy tinh/kim loại sao cho không khí không thoát ra ngoài.

Bước 8. Lắp ráp hoàn chỉnh bộ thí nghiệm (Hình 2)



Hình 2. Bộ thí nghiệm hoàn chỉnh

2.3.2. Nguyên lý hoạt động của bộ thí nghiệm và nguyên tắc đo các đại lượng**a. Nguyên lý hoạt động của bộ thí nghiệm**

Thí nghiệm dựa trên nguyên tắc bình thông nhau và sự cân cân bằng áp suất thông qua sử dụng áp kế nước. Lượng khí khảo sát nằm trong lon và phần ống nhựa bên trái bị chặn bởi dung dịch màu. Chính điều này làm lượng khí luôn đảm bảo là không đổi. Việc dùng chất lỏng để “nhốt khí” làm thí nghiệm trở nên rất nhạy (nhiệt độ thay đổi vài độ đã quan sát được sự thay đổi của thể tích/áp suất) – điều mà các bộ thí nghiệm hiện nay ở các trường phổ thông không thể thực hiện được. Đây là điểm quan trọng nhất để thực hiện được thí nghiệm minh họa định luật Charles và phương trình trạng thái khí lý tưởng.

b. Nguyên tắc đo các đại lượng của khí

- *Đo nhiệt độ:* Thông qua đọc số liệu trên nhiệt kế.

- *Đo thể tích khí:* $V = 328 + V_x$ (ml), (1)

trong đó: 328 ml là phần thể tích khí trong lon, V_x là thể tích khí trong ống nhựa nhánh bên trái.

- *Đo áp suất:* Khi cân bằng, áp suất của khí bằng áp suất của một điểm ngay trên bề mặt chất lỏng nhánh trái và bằng áp suất điểm ngang bằng trong chất lỏng bên nhánh phải.

Khi đó: $p = p_0 + \rho gh$ (Pa), (2)

trong đó: p_0 là áp suất khí quyển.

ρ là khối lượng riêng của nước màu ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$); h là chênh lệch độ cao của chất lỏng bên phải so với bên trái ($h > 0$ nếu mực nước nhánh phải cao hơn và ngược lại), mốc là vạch chất lỏng bên trái).

2.3.3. Khảo sát các định luật chất khí và bình luận

a. Thí nghiệm 1. Khảo sát mối quan hệ áp suất và thể tích khí giữ nguyên nhiệt độ (khảo sát định luật Boyle).

Kéo ống nhựa bên phải lên (hoặc xuống) để thay đổi thể tích khí, đọc thể tích và áp suất tương ứng các lần đo, kết quả thể hiện qua Bảng 1.

Sai số tỉ đối cực đại:

$$\delta A_{\max} = \frac{\Delta A_{\max}}{A} \text{ với } \bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n}, \quad (3)$$

$$\delta(p.V)_{\max} = \frac{\Delta(p.V)_{\max}}{(p.V)} \cdot 100\% = \frac{0,05 \cdot 100}{36,07} = 0,14 (\%)$$

Bảng 1. Khảo sát mối quan hệ áp suất và thể tích khi giữ nguyên nhiệt độ

Lần đo	Δp (pa)	p (pa)	V_x (m ³)	V (m ³)	p.V	Δ (pV)
1	0	101325,0	28.10 ⁻⁶	356.10 ⁻⁶	36,07	0
2	431,2	101756,2	27.10 ⁻⁶	355.10 ⁻⁶	36,12	0,05
3	470,4	101795,4	26.10 ⁻⁶	354.10 ⁻⁶	36,04	0,03
4	813,4	102138,4	25.10 ⁻⁶	353.10 ⁻⁶	36,06	0,01
5	1078,0	102403,0	24.10 ⁻⁶	352.10 ⁻⁶	36,05	0,02
Trị TB					36,07	

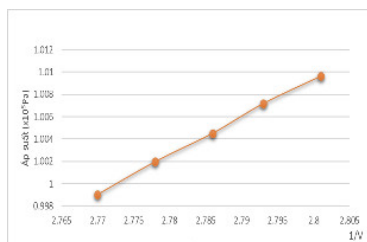
Kết luận: Với sai số 0,14%, khi giữ nguyên nhiệt độ, áp suất của một lượng khí không đổi tỉ lệ nghịch với thể tích của nó (định luật Boyle).

b. Thí nghiệm 2. Khảo sát mối quan hệ thể tích và nhiệt độ khi giữ nguyên áp suất (khảo sát định luật Charles).

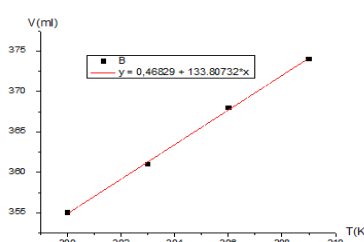
Bảng 2. Khảo sát mối quan hệ thể tích và nhiệt độ khi giữ nguyên áp suất

Lần đo	T (°K)	V_x (ml)	V(ml)	$\frac{V}{T}$	$\Delta(\frac{V}{T})$
1	300,0	30,0	358,0	1,19	0,01
2	303,0	34,5	362,5	1,20	0,00
3	306,0	37,5	365,5	1,19	0,01
4	309,0	46,0	374,0	1,21	0,01
Trị TB				1,20	

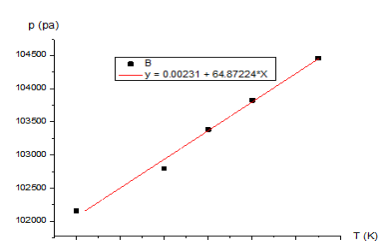
Thay đổi (tăng) nhiệt độ của không khí trong lon (bằng cách nhúng lon vào nước nóng), khuấy đều nước trong khoảng 10s để ổn định nhiệt độ, kéo ống nhựa nhánh bên phải (lên hoặc xuống) để mực chất lỏng 2 nhánh bằng nhau (khi đó áp suất khí bằng áp suất trạng thái đầu). Ghi nhiệt độ và thể tích khí đó. Lặp lại thí nghiệm với các nhiệt độ khác nhau, kết quả thể hiện qua Bảng 2.



Đồ thị đường đẳng nhiệt



Đồ thị đường đẳng áp



Đồ thị đường đẳng tích

Hình 3. Đồ thị các đẳng quá trình

Sai số tương đối cực đại:

$$\delta\left(\frac{V}{T}\right)_{\max} = \frac{\Delta\left(\frac{V}{T}\right)_{\max}}{\left(\frac{V}{T}\right)} \cdot 100\% = 0,8\%$$

Kết luận: Với sai số 0,8%, khi giữ nguyên áp suất, thể tích của một lượng khí không đổi tỉ lệ với nhiệt độ tuyệt đối (định luật Charles).

c. Thí nghiệm 3. Khảo sát mối quan hệ áp suất và nhiệt độ khi giữ nguyên thể tích.

Đồ thị ứng với các đẳng quá trình thể hiện qua Hình 3.

Đánh dấu mực chất lỏng ở nhánh bên trái (giả sử điểm O trên thước trái), thay đổi nhiệt độ của không khí trong lon (bằng cách nhúng lon vào nước nóng), khuấy đều nước trong khoảng 10s, dịch chuyển ống nhựa nhánh bên phải để mực chất lỏng nhánh trái về điểm đánh dấu O (đẳng tích). Ghi nhiệt độ và áp suất khi đó. Lặp lại thí nghiệm với các nhiệt độ khác nhau, kết quả thể hiện qua Bảng 3.

Bảng 3. Khảo sát mối quan hệ áp suất và nhiệt độ khi giữ nguyên thể tích

Lần đo	T(K) = t(°C) + 273	Δp (pa)	p (pa)	$\frac{p}{T}$	$\Delta(\frac{p}{T})$
1	301,0	833	102158	339,40	0,59
2	303,0	1470	102795	339,26	0,73
3	304,0	2058	103383	340,08	0,09
4	305,0	2499	103824	340,41	0,42
5	306,5	3136	104461	340,82	0,83
Trị TB				339,99	

Sai số tỉ đối cực đại:

$$\delta\left(\frac{p}{T}\right)_{\max} = \frac{\Delta\left(\frac{p}{T}\right)_{\max}}{\left(\frac{p}{T}\right)} \cdot 100\% = 0,24\%$$

Kết luận: Với sai số 0,24%, khi giữ nguyên thể tích, áp suất của một lượng khí không đổi tỉ lệ với nhiệt độ tuyệt đối.

d. Thí nghiệm 4. Minh họa phương trình trạng thái khí lí tưởng

Thay đổi nhiệt độ của khí, khuấy nước khoảng 10s, đọc thể tích và áp suất tương ứng, điền số liệu vào Bảng 4, lặp lại thí nghiệm với các nhiệt độ khác nhau.

Bảng 4. Minh họa phương trình trạng thái khí lí tưởng

Lần đo	T (°K)	V (l)	Δp (pa)	p (pa)	$\frac{pV}{T}$	$\Delta\left(\frac{pV}{T}\right)$
1	304	0,358	0	101325	119,32	0,98
2	305	0,360	686	102011	120,41	0,11
3	307	0,361	1078	102403	120,42	0,12
4	309	0,363	1568	102893	120,87	0,57
Trị TB					120,30	

Sai số tỉ đối cực đại: $\delta\left(\frac{pV}{T}\right)_{\max} = 0,8\%$

Kết luận: Với sai số 0,8 %, khi biến đổi trạng thái của một lượng khí không đổi, tỉ số $\frac{pV}{T}$ là một hằng số.

Bình luận: Có thể thấy rằng, bộ thí nghiệm cho phép khảo sát được 3 định luật chất khí và phương trình trạng thái khí lí tưởng với độ chính xác rất cao. Bên cạnh đó, bộ thí nghiệm còn có các ưu điểm như: độ nhạy khá tốt, thao tác thí nghiệm đơn giản, thời gian thực hiện thí nghiệm ngắn, có độ ổn định, đặc biệt là chế tạo từ vật liệu tái chế. Tuy nhiên, bộ thí nghiệm còn có hạn chế là lớp keo dán gắn ống nhựa với đáy lon dễ bị bong (do làm thí nghiệm quá nhiều lần hoặc cho thay đổi nhiệt độ quá lớn), làm khí bị rò ra ngoài. Hạn chế này sẽ được chúng tôi khắc phục khi tìm được keo có khả năng chịu nhiệt tốt hơn.

Chú ý: Với bộ thí nghiệm này, khi nghiên cứu quá trình đẳng tích, đẳng áp nên khảo sát quá trình tăng nhiệt độ (mỗi lần thay đổi không quá 3°C) để mực nước

màu nhánh bên trái không bị dâng lên có thể trào vào trong lon.

2.3.4. Định hướng sử dụng bộ thí nghiệm trong dạy học chủ đề “Khí lí tưởng” – Vật lí lớp 12

Để phát triển năng lực vật lí (thành tố tìm hiểu tự nhiên dưới góc độ vật lí) của học sinh trong dạy học chủ đề “Khí lí tưởng” – lớp 12 chương trình giáo dục môn Vật lí năm 2018, giáo viên có thể chia lớp thành các nhóm, áp dụng phương pháp dạy học theo Trạm (với 3 trạm: Trạm khảo sát quá trình đẳng nhiệt; Trạm khảo sát quá trình đẳng áp; Trạm khảo sát quá trình đẳng tích), các nhóm sử dụng bộ thí nghiệm để tìm tòi, khám phá ra các định luật chất khí. Nhiệm vụ cụ thể của mỗi trạm thể hiện qua phiếu học tập số 1.

Ngoài ra, theo yêu cầu cần đạt của chương trình, có thể minh họa định luật Charles từ thí nghiệm 2 như sau: Trên cơ sở số liệu lần thí nghiệm 1, vận dụng biểu thức định luật ($\frac{V}{T} = \text{const}$) để lần lượt tính thể tích V_2, V_3, \dots

khi thay đổi (tăng) nhiệt độ lên T_2, T_3, \dots Sau đó thực hiện thí nghiệm kiểm chứng đo các thể tích tương ứng, từ đó rút ra kết luận.

Do vật liệu chế tạo thí nghiệm dễ kiếm, sử dụng vật liệu tái chế, thân thiện môi trường nên giáo viên có thể dạy học theo hướng STEM trải nghiệm thông qua yêu cầu học sinh thực hiện theo nhóm chế tạo bộ thí nghiệm dưới hình thức câu lạc bộ.

3. Kết luận

So với mục tiêu đề ra, trong nghiên cứu này, chúng tôi đã chế tạo thành công bộ thí nghiệm khảo sát các định luật chất khí theo hướng tự tạo, sử dụng vật liệu dễ kiếm, thân thiện môi trường. Với độ chính xác khá cao (sai số dưới 1%), thời gian thực hiện thí nghiệm ngắn, có độ ổn định, bộ thí nghiệm đã khảo sát được 3 định luật chất khí và minh họa phương trình trạng thái khí lí tưởng, đồng thời khắc phục được một số hạn chế của bộ thí nghiệm hiện hành theo danh mục thiết bị thí nghiệm tối thiểu của môn Vật lí mà Bộ giáo dục và Đào tạo trang bị cho các trường Trung học phổ thông. Các thí nghiệm trên có thể sử dụng làm thí nghiệm biểu diễn của giáo viên hoặc làm thí nghiệm của học sinh (khi giáo viên chế tạo được nhiều bộ), đáp ứng tốt mục tiêu dạy học phát triển năng lực học sinh trong dạy học chủ đề Khí lí tưởng - Vật lí lớp 12, thuộc chương trình giáo dục phổ thông 2018 ở nước ta.

PHIẾU HỌC TẬP SỐ 1
Xây dựng định luật Boyle (25 phút)

Nhóm:.....

NV1: *Tìm mối quan hệ $p - V$ trong quá trình đẳng nhiệt.*

- Kéo ống nhựa bên phải lên, xuống để thay đổi thể tích khí, đọc thể tích và áp suất tương ứng các lần đo, kết quả thể hiện qua bảng



Lần đo	Δp (pa)	p (pa)	V_x (m ³)	V (m ³)	Biểu thức dự đoán ($p.V = \text{const}$)
1	0	101325,0	28.10^{-6}	356.10^{-6}	
2	431,2	101756,2	27.10^{-6}	355.10^{-6}	
3	470,4	101795,4	26.10^{-6}	354.10^{-6}	
4	813,4	102138,4	25.10^{-6}	353.10^{-6}	
5	1078,0	102403,0	24.10^{-6}	352.10^{-6}	

- Tính biểu thức dự đoán về p và V , điền kết quả vào cột 6, từ đó rút ra nhận xét đúng về mối quan hệ đó (định luật Boyle).

.....

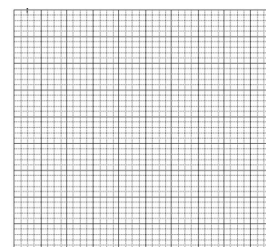
NV2: *Vẽ đồ thị trong quá trình đẳng nhiệt trong hệ tọa độ $p-V$*

- Vẽ đồ thị $p - V$ từ số liệu thí nghiệm thu được (nhiệt độ T_1).

- Vẽ đồ thị đường đẳng nhiệt với nhiệt độ cao hơn (T_2)

- Giải thích vị trí 2 đường đẳng nhiệt ($T_2 > T_1$) dựa vào thuyết động học phân tử chất khí.

(Gợi ý: Kẻ đường thẳng song song với trục p , cắt 2 đường đẳng nhiệt, tương ứng ta có p_1 và p_2)



Tài liệu tham khảo

Kinetic gas theory and gas laws. (n.d.). PHYWE Systeme GmbH & Co. KG. <https://www.phywe.com/de/physik/waermelehre-thermodynamik/>

[kinetische-gastheorie-und-gasgesetze/](https://www.phywe.com/de/physik/waermelehre-thermodynamik/kinetische-gastheorie-und-gasgesetze/)

Le, M. V. (2014). *Designing experimental equipment for gas laws from waste materials (Thiết kế bộ thí nghiệm chất khí bằng những vật liệu phế thải).*

<https://123docz.net/document/2656054-skn-thiet-ke-bo-thi-nghiem-chat-khi-bang-nhung-vat-lieu-phu-thai.htm>

Ministry of Education and Training. (2018). *The High School Physics Program (Issued in Circular No. 32/2018/TT-BGDĐT on 26/12/2018).* Hanoi.

Nguyen, T. D. (2016). *The equipment set to test the empirical law of gase (Bộ thí nghiệm kiểm chứng*

định luật thực nghiệm của chất khí).

<http://arduino.vn/bai-viet/608-bo-thi-nghiem-kiem-chung-dinh-luat-thuc-nghiem-cua-chat-khi>

Nguyen, V. (2019). *Fabricating and using the experimental equipment for testing gas laws – Grade 10 Physics (Chế tạo và sử dụng bộ thí nghiệm khảo sát các định luật chất khí – Vật lí 10)* [Graduation thesis]. University of Science and Education - The University of Danang.

Nguyen, V. K. (2019). *A guide to teaching Physics, the New National High School Program (Hướng dẫn dạy học môn Vật lí theo chương trình giáo dục phổ thông mới).* University of Education.

Phan, M. T. (2012). *Designing some experiments to support the instruction on "Gases" and "Fundamentals of thermodynamics" (Xây dựng và*

sử dụng một số thí nghiệm hỗ trợ quá trình dạy học các chương “Chất khí” và “Cơ sở của nhiệt động lực học”) [Master's thesis]. Ho Chi Minh City University of Education.

Pressure-dependency of the volume of a gas at a constant temperature (Boyle-Mariotte's law). (n.d). <https://www.leybold-shop.com/vp2-5-2-1.html>

FABRICATING EXPERIMENTAL EQUIPMENT FOR TESTING GAS LAWS FOR TEACHING AND LEARNING "IDEAL GAS" - GRADE 12 PHYSICS, NATIONAL HIGH SCHOOL PROGRAM 2018

Phung Viet Hai, Nguyen Van

The University of Danang - University of Science and Education, Vietnam

Author corresponding: Phung Viet Hai - Email: pvhai@ued.udn.vn

Article History: Received on 11th August 2020; Revised on 1st June 2021; Published on 17th June 2021

Abstract: In this study, we fabricated the experimental equipment for testing gas laws, using eco-friendly and easy-to-find materials. The equipment was able to test, with relatively high accuracy (error less than 1%), the gas laws and demonstrate the state equation of ideal gases. The findings reveal that the equipment and similar experiments can be adopted for teachers' modeling activities as well as students' experiments, or teachers can guide their students to fabricate their own equipment as a STEM experience while teaching the topic "Ideal Gas" – Grade 12 Physics, the national high school program 2018.

Key words: fabricate; testing experiment; gas laws; grade 12 Physics; national high school program 2018.