

## XÂY DỰNG MỘT SỐ LOẠI ĐỘNG CƠ NHIỆT ĐỂ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG STEM VÀ DẠY HỌC VẬT LÝ PHỔ THÔNG

Nhận bài:

06 – 04 – 2018

Chấp nhận đăng:

20 – 07 – 2018

<http://jshe.ued.udn.vn/>

Nguyễn Văn Hòa<sup>a\*</sup>, Trương Duy Hải<sup>b</sup>

**Tóm tắt:** Báo cáo trình bày về việc nghiên cứu thiết kế và chế tạo một số động cơ nhiệt ứng dụng trong dạy học Vật lý và tổ chức các hoạt động giáo dục STEM cho học sinh phổ thông. Sản phẩm của đề tài bao gồm các động cơ nhiệt, tiến trình và thiết bị đi kèm cho hoạt động trải nghiệm, hoạt động STEM, kết quả thực nghiệm và đánh giá tại trường THPT Nguyễn Bình Khiêm và Trường Liên cấp Olympia.

**Từ khóa:** thí nghiệm vật lý; dạy học Vật lý; giáo dục STEM; động cơ nhiệt.

### 1. Mở đầu

Các phương pháp dạy học hiện đại, dạy học tìm tòi khám phá, dạy học dự án, dạy học theo trạm/góc, dạy học trải nghiệm sáng tạo, dạy học theo định hướng STEM đều có định hướng lấy người học làm trung tâm đang rất được quan tâm áp dụng trong đổi mới giáo dục. Tuy nhiên, điểm mấu chốt để đạt được thành công của các phương pháp dạy học này đều là khơi tạo được hứng thú của người học, giúp người học phát huy được tính tự giác, chủ động chiếm lĩnh kiến thức. Công cụ để thực hiện điều đó là các thí nghiệm, các hiện tượng hay các vấn đề thực tiễn. Vì vậy, việc phát triển các bộ thí nghiệm vừa có thể phục vụ dạy học các kiến thức vật lý vừa có tính ứng dụng là vô cùng quan trọng, là một trong những điều kiện tiên quyết cho sự thành công của các phương pháp dạy học tích cực. Chính vì vậy chúng tôi nghiên cứu xây dựng hệ thống các loại động cơ nhiệt sử dụng trong giảng dạy Vật lý phổ thông bằng các phương pháp dạy học hiện đại theo định hướng STEM.

### 2. Giáo dục stem trong dạy học vật lý

STEM là viết tắt của các từ Science (khoa học), Technology (công nghệ), Engineering (kỹ thuật) và

Math (toán học). Giáo dục STEM về bản chất được hiểu là trang bị cho người học những kiến thức và kỹ năng cần thiết liên quan đến các lĩnh vực khoa học, công nghệ, kỹ thuật và toán học. Các kiến thức và kỹ năng này (gọi là kỹ năng STEM) phải được tích hợp, lồng ghép và bổ trợ cho nhau giúp học sinh không chỉ hiểu biết về nguyên lý mà còn có thể áp dụng để thực hành và tạo ra được những sản phẩm trong cuộc sống hằng ngày.

Kỹ năng STEM là tích hợp của 4 kỹ năng:

- Kỹ năng khoa học: Học sinh được trang bị những kiến thức về các khái niệm, các nguyên lý, các định luật và các cơ sở lý thuyết của giáo dục khoa học. Mục tiêu quan trọng nhất là thông qua giáo dục khoa học, học sinh có khả năng liên kết các kiến thức này để thực hành và có tư duy sử dụng kiến thức để giải quyết các vấn đề trong thực tế.

- Kỹ năng công nghệ: Học sinh có khả năng sử dụng, quản lý, hiểu biết, và truy cập được công nghệ, từ những vật dụng đơn giản như cái bút, chiếc quạt đến những hệ thống phức tạp như mạng internet, máy móc.

- Kỹ năng kỹ thuật: Học sinh được trang bị kỹ năng sản xuất ra đối tượng và hiểu được quy trình để làm ra nó. Vấn đề này đòi hỏi học sinh phải có khả năng phân tích, tổng hợp và kết hợp để biết cách làm thế nào cân bằng các yếu tố liên quan (như khoa học, nghệ thuật, công nghệ, kỹ thuật) và có được một giải pháp tốt nhất trong thiết kế và xây dựng quy trình. Ngoài ra học sinh

<sup>a,b</sup>Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

\* Liên hệ tác giả

Nguyễn Văn Hòa

Email: nguyenhhoa.01987@gmail.com

còn có khả năng nhìn nhận ra nhu cầu và phản ứng của xã hội trong những vấn đề liên quan đến kỹ thuật.

- **Kỹ năng toán học:** Là khả năng nhìn nhận và nắm bắt được vai trò của toán học trong mọi khía cạnh tồn tại trên thế giới. Học sinh có kỹ năng toán học sẽ có khả năng thể hiện các ý tưởng một cách chính xác, có khả năng áp dụng các khái niệm và kỹ năng toán học vào cuộc sống hằng ngày.

Song song với kỹ năng STEM, Giáo dục STEM cũng trang bị cho học sinh những kỹ năng phù hợp để phát triển trong thế kỉ 21. Bộ kỹ năng thế kỉ 21 được tóm tắt gồm những kỹ năng chính:

- Tư duy phản biện và kỹ năng giải quyết vấn đề;
- Kỹ năng trao đổi và cộng tác;
- Tính sáng tạo và kỹ năng phát kiến;
- Văn hóa công nghệ và thông tin truyền thông;
- Kỹ năng làm việc theo dự án;
- Kỹ năng thuyết trình.

Những học sinh học theo cách tiếp cận giáo dục STEM đều có những ưu thế nổi bật như: kiến thức khoa học, kỹ thuật, công nghệ và toán học chắc chắn, khả năng sáng tạo, tư duy logic, hiệu suất học tập và làm việc vượt trội và có cơ hội phát triển các kỹ năng mềm toàn diện hơn trong khi không hề gây cảm giác nặng nề, quá tải đối với học sinh.

Với học sinh phổ thông, việc theo học các môn học STEM còn có ảnh hưởng tích cực tới khả năng lựa chọn nghề nghiệp tương lai. Khi được học nhiều dạng kiến thức được tích hợp trong một hoạt động học tập, học sinh sẽ chủ động thích thú với việc học tập thay vì thái độ e ngại hoặc tránh né một lĩnh vực nào đó, từ đó sẽ khuyến khích các em có định hướng tốt hơn khi chọn chuyên ngành cho các bậc học cao hơn và sự chắc chắn cho cả sự nghiệp về sau.

Giáo dục STEM vận dụng phương pháp học tập chủ yếu dựa trên thực hành và các hoạt động trải nghiệm sáng tạo. Các phương pháp giáo dục tiến bộ, linh hoạt nhất như học qua dự án - chủ đề, học qua trò chơi và đặc biệt phương pháp học qua hành luôn được áp dụng triệt để cho các môn học tích hợp STEM.

### 3. Mục tiêu, phương pháp nghiên cứu

#### 3.1. Mục tiêu nghiên cứu

- Xây dựng được các loại động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình Stirling trực quan, dễ quan sát, dễ sử dụng.

- Đề xuất một số gợi ý xây dựng tiến trình dạy học theo phương pháp dạy học hiện đại - dạy học trải nghiệm sáng tạo, dạy học theo chủ đề, dạy học định hướng STEM dựa trên các nguyên lí hoạt động của các mô hình động cơ nhiệt.

#### 3.2. Phương pháp nghiên cứu

Vận dụng lí luận dạy học Vật lí, đề tài của chúng tôi đã sử dụng những phương pháp nghiên cứu sau:

\* Nghiên cứu lí thuyết:

- Nghiên cứu lí thuyết về dạy học ứng dụng kĩ thuật của vật lí;

- Nghiên cứu lí thuyết về dạy học STEM;

- Nghiên cứu lí thuyết về nguyên tắc hoạt động của các loại động cơ nhiệt.

\* Nghiên cứu thực tiễn:

- Tìm hiểu thực tiễn để có những đổi mới trong thiết kế, chế tạo: từ việc tìm hiểu về các thiết bị hiện hành, nhóm chúng tôi nghĩ đến việc đổi mới nhằm đạt được hiệu quả dạy học kể trên bằng cách sử dụng các vật liệu trong suốt (ở đây sử dụng thủy tinh/nhựa mica trong suốt) thay vì kim loại để chế tạo thiết bị, đồng thời bố trí lại các phần của động cơ hợp lí hơn. Xây dựng mô hình vật chất chức năng đi kèm với giải pháp kĩ thuật, công nghệ và phương pháp tính toán cho các hoạt động STEM chế tạo dành cho học sinh.

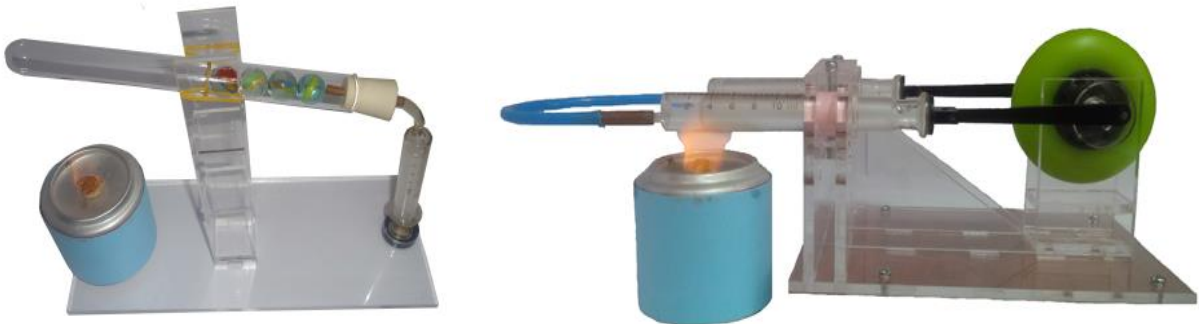
- Thực nghiệm: sau khi chế tạo thành công các thiết bị thí nghiệm, nhóm đã đưa sản phẩm vào sử dụng trong một số hoạt động như: hoạt động trải nghiệm khoa học cho học sinh Nguyễn Bình Khiêm tại Khoa Vật lí - Trường Đại học Sư phạm Hà Nội, ngày hội STEAM tại trường Phổ thông Liên cấp Olympia, ngày hội STEM tại trường Trung học cơ sở Quang Trung - Hà Đông cho thấy đã đạt được hiệu quả dạy học tốt và nhận được những phản hồi tích cực từ phía học sinh.

- Nghiệm thu: trong quá trình vận hành, các thiết bị gặp phải một số vấn đề về mặt cơ khí do hao mòn sử dụng. Nhóm đã tiến hành cải tiến và hoàn thiện hơn thiết bị để đảm bảo các tiêu chí không chỉ phù hợp trong quá trình dạy học, mang tính thẩm mĩ mà còn phải có độ bền cao. Tối ưu phương án xây dựng mô hình vật chất

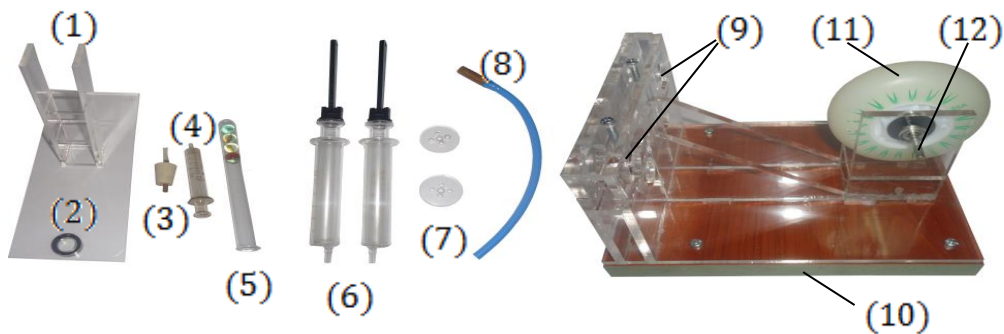
chức năng cũng như các giải pháp kỹ thuật, công nghệ, phương pháp tính toán cho hoạt động chế tạo STEM.

#### 4. Các động cơ nhiệt chế tạo được

##### 4.1. Động cơ Stirling kiểu Alpha



Hình 1. Động cơ nhiệt bập bênh và động cơ Stirling kiểu Alpha đã chế tạo



Hình 2. Ảnh chụp bộ thí nghiệm động cơ nhiệt Stirling kiểu Alpha

##### 4.1.1. Cấu tạo

Thiết bị thí nghiệm gồm các bộ phận sau:

Thanh giá làm bằng nhựa cao.

Tám chân đế làm bằng nhựa.

Nút cao su được cắm ống thông khí.

Bơm tiêm thủy tinh nhỏ (loại).

Ống nghiệm bên trong có 4 viên bi thủy tinh.

Bơm tiêm thủy tinh to (loại).

Trục khuỷu có đường kính và được đục lỗ đường kính.

Ống nhựa dài, một phần được cắm với thanh gỗ để cách nhiệt.

Lỗ sử dụng để cắm hai bơm tiêm to có đường kính.

Chân đế động cơ.

Bánh đà đường kính.

Trục quay.

##### 4.1.2. Cách lắp đặt và vận hành

Động cơ nhiệt bập bênh

- Nút cao su số 3 một đầu bịt kín ống nghiệm số 5, đầu còn lại của ống thông khí bịt vào đầu xilanh thủy tinh 4 (xilanh 4 nhà hết khí bên trong).

Căng ngang ống nghiệm trên thanh giá số 1 bằng dây thun.

- Đầu dưới của xilanh thủy tinh số 3 được gá vào trong lỗ hình tròn trên chân đế số 2.

Đèn cồn đặt trên mặt chân đế, ngay dưới đáy ống nghiệm.

Khi đốt đèn cồn thì xilanh sẽ kéo - đẩy khiến cho ống nghiệm bập bênh.

Động cơ Stirling kiểu Alpha

Lắp hai trục khuỷu số 7 vào trục bánh đà số 11.

Lắp tay đòn của hai xilanh thủy tinh số 6 vào hai trục khuỷu số 7.

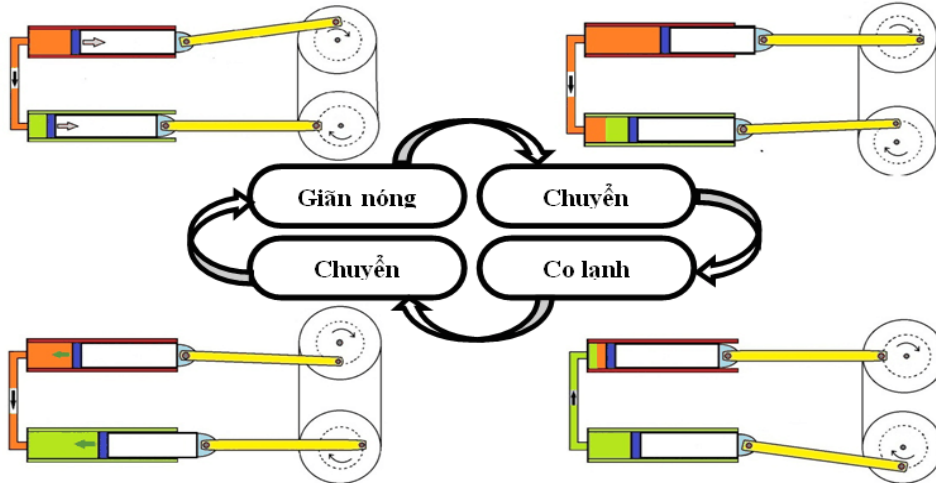
Lắp hai ống xilanh thủy tinh vào hai lỗ số 9 trên giá đỡ và bắt vít lại.

Nối hai đầu bơm của hai xilanh số 6 thông với nhau bằng ống dẫn khí số 8.

- Đặt đèn cồn bên dưới một ống xilanh thủy tinh và đốt lên, chờ khoảng 1 - 2 phút thì khởi động bánh đà, động cơ sẽ hoạt động.

#### 4.1.3. Nguyên lí hoạt động

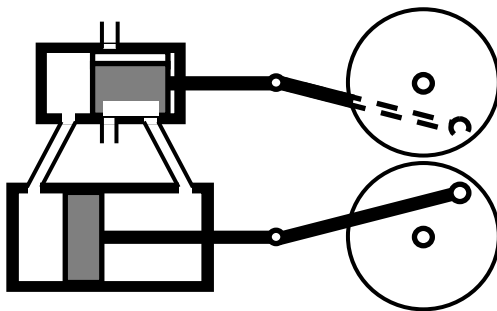
Nguyên lí hoạt động được trình bày trên Hình 3:



Hình 3. Nguyên lí hoạt động động cơ Stirling kiểu Alpha

#### 4.2. Động cơ hơi nước kiểu xilanh

Sơ đồ cấu tạo và ảnh chụp động cơ hơi nước kiểu xilanh được trình bày ở Hình 4 và Hình 5.



Hình 4. Sơ đồ cấu tạo động cơ hơi nước kiểu xilanh

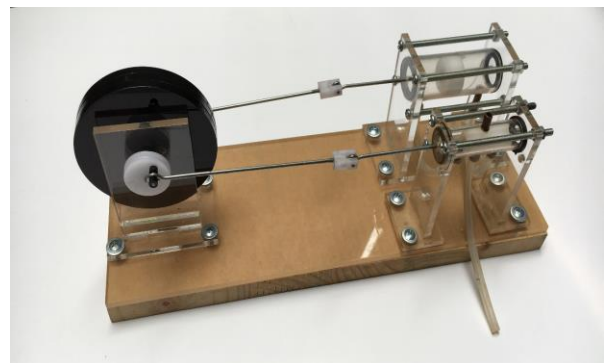
Thiết bị thí nghiệm bao gồm các bộ phận chính:

(1) Bánh đà nhựa (đường kính)

(2) Xilanh điều khí nhựa mica trong suốt (đường kính trong, đường kính ngoài, cao), với piston nhựa đen (đường kính, cao, có xẻ rãnh dọc thân). Trên thân xilanh có 4 van khí bằng đồng đường kính (3 van nằm cùng một phía, 1 van nằm phía còn lại).

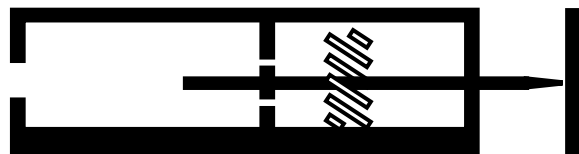
(3) Xilanh nhựa mica trong suốt (đường kính trong, đường kính ngoài, cao), với piston nhựa đen (đường kính, cao). Hai đầu xilanh có van khí bằng đồng đường kính.

(4) Hệ thống các ống nối đường kính.

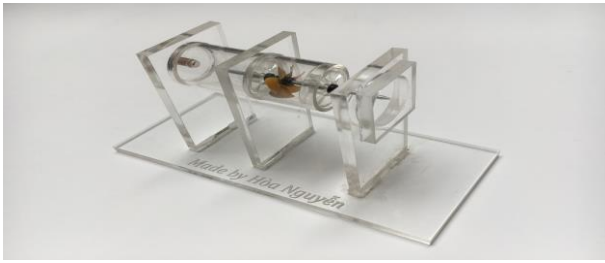


Hình 5. Ảnh chụp động cơ hơi nước kiểu xilanh

#### 4.3. Động cơ hơi nước kiểu tuabin



Hình 6. Sơ đồ cấu tạo tuabin khí trong động cơ hơi nước kiểu tuabin



Hình 7. Động cơ hơi nước kiểu tuabin đã chế tạo

## 5. Định hướng sử dụng trong dạy học vật lý

### 5.1. Sử dụng trong mô hình dạy học trải nghiệm sáng tạo

Việc sử dụng các bộ động cơ nhiệt đã chế tạo trong tổ chức dạy học các phần kiến thức về nhiệt học theo đổi mới chương trình giáo dục phổ thông theo mô hình dạy học trải nghiệm sáng tạo có thể tiến hành dưới dạng thí nghiệm tình huống hoặc sử dụng như một thiết bị ứng dụng đi kèm nguyên lý hoạt động sẽ tạo được hứng thú, kích thích và tạo điều kiện thuận lợi cho học sinh tìm tòi khám phá cũng như làm tiền đề cho hoạt động chế tạo STEM hoặc xây dựng dự án.

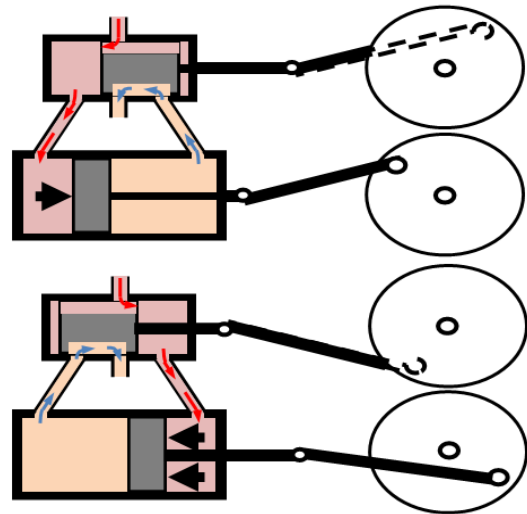
Dưới đây là các sơ đồ nguyên lý của các động cơ nhiệt và một số hình ảnh và kết quả khảo sát của các buổi tổ chức dạy học kiến thức nhiệt học và ứng dụng sử dụng các bộ thí nghiệm động cơ nhiệt đã chế tạo theo mô hình dạy học trải nghiệm sáng tạo.

- Nghiên cứu nguyên lý hoạt động động cơ Stirling kiểu Alpha (Hình 3).

- Nghiên cứu nguyên lý hoạt động của động cơ hơi nước kiểu xilanh:

Hơi nước trong nồi hơi tạo ra do sự chuyển pha của nước từ lỏng sang khí ở nhiệt độ sôi có áp suất lớn hơn áp suất khí quyển khiến cho hơi nước đẩy piston trong xi lanh chuyển động.

Nguyên lý hoạt động của động cơ hơi nước kiểu xilanh được mô tả trên Hình 8.



Hình 8. Nguyên lý hoạt động động cơ hơi nước kiểu xilanh

Ghi chú:

+ Màu cam chỉ hơi nóng, mũi tên đỏ chỉ chiều đi của hơi khí nóng.

+ Màu xanh lục chỉ hơi nguội, mũi tên xanh chỉ chiều đi của hơi nguội.

- Nguyên lý hoạt động của động cơ hơi nước kiểu tuabin:

Hơi nước trong nồi hơi tạo ra do sự chuyển pha của nước từ lỏng sang khí ở nhiệt độ sôi có áp suất lớn hơn áp suất khí quyển khiến cho hơi nước từ nồi hơi theo van khí sẽ chuyển động thành dòng không khí trong xilanh. Dòng khí này va chạm cánh quạt trong tuabin gây ra mô men lực và làm cánh quạt quay.



Hình 9. Sử dụng bộ thí nghiệm động cơ Stirling trong dạy học trải nghiệm cho học sinh trường Tiểu học Nguyễn Bình Khiêm

### 5.2. Sử dụng trong tổ chức dạy học dự án

Dạy học về ứng dụng kỹ thuật vật lý, không chỉ đưa đến cho người học kiến thức về thiết bị ấy và ứng dụng trong đời sống, mà còn cung cấp các kiến thức về lịch sử



vật lí như sự phát triển tư duy, tác động đến đời sống xã hội, sự ảnh hưởng của nó dọc theo tiến trình lịch sử,...

Sự xuất hiện của các động cơ nhiệt đã mở ra một cuộc cách mạng khoa học kĩ thuật, có tác động lớn với đời sống văn hóa xã hội. Giáo viên có thể tổ chức dạy học dự án “Ứng dụng của nhiệt động lực học trong đời sống xã hội” với sản phẩm cuối cùng là chế tạo được một động cơ nhiệt và phân tích được vai trò của nó trong tiến trình lịch sử từ lúc xuất hiện đến nay.

Nhưng hiện nay các nguồn nguyên liệu sạch đang là đề tài được chú ý hơn cả. Do đó người ta quan tâm hơn đến các cơ chế chuyển đổi năng lượng. Giáo viên có thể tổ chức dạy học dự án “Các vấn đề về chuyển đổi năng lượng và bảo vệ môi trường”, trong đó có yêu cầu học sinh tìm hiểu và chế tạo các mô hình năng lượng mặt trời, điện gió, thủy điện,...

Thiết bị thí nghiệm có thể được sử dụng như một nguồn tư liệu, tài liệu tham khảo cung cấp cho học sinh trong quá trình thực hiện dự án của mình.

### 5.3. Sử dụng trong dạy học theo định hướng giáo dục STEM

Hoạt động STEM chế tạo động cơ Stirling kiểu alpha:

\* Chọn nguyên vật liệu:

01 tấm formic loại dày 5 mm kích thước 200 x300 mm, 01 ống nghiệm đường kính 18 mm dài 180 mm và nút cao su đi kèm, 01 xi lanh thủy tinh loại 5ml, 01 nút chai Lavie, 01 ống đồng  $\varnothing$  5mm dài 30 mm, một đoạn ống tio nước  $\varnothing$  5mm dài 40 mm, 05 viên bi thủy tinh.

\* Các dụng cụ, máy móc sử dụng:

Dao dọc giấy, keo 502, khoan tay và mũi khoan 4mm.

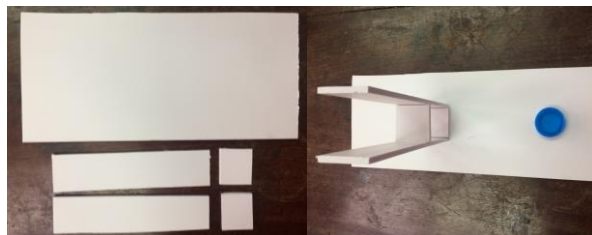
\* Chế tạo kĩ thuật:

- Chế tạo động cơ: khoan 1 lỗ xuyên qua nút cao su bằng mũi khoan 4 mm, đút ống đồng qua lỗ đã khoan trên nút cao su và để thừa 1 đoạn ống đồng ở đầu phía ngoài của nút. Cho 5 viên bi thủy tinh vào trong ống nghiệm rồi bịt nút cao su lại. Nối đầu ống đồng thừa ra và đầu xilanh thủy tinh lại với nhau bằng ống tio nước.



Hình 10. Dụng cụ chế tạo động cơ nhiệt

- Chế tạo giá đỡ: Dùng dao dọc giấy cắt từ tấm formic ra 01 tấm có kích thước 100 x 300 mm (1), 02 tấm có kích thước 40 x 180 mm (2), 02 tấm có kích thước 40 x 30 mm (3). Dùng keo 502 dán hai tấm (2) dựng đứng ở chính giữa tấm (1) và cách nhau 30 mm, gián gia cố hai tấm (2) bằng 2 tấm (3) (như hình). Dán đáy nắp chai Lavie trên tấm (1) ở cách vị trí chân hai tấm (2) 150 mm.

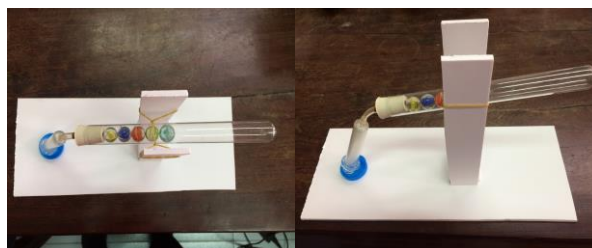


Hình 11. Xây dựng giá đỡ động cơ nhiệt

\* Lắp đặt và vận hành:

- Kết nối: dùng dây thun chằng ngang ống nghiệm lên hai thanh (2) trên giá đỡ, điều chỉnh cho vị trí giấy chằng ở giữa ống nghiệm và ống nghiệm nghiêng về phía xilanh. Đầu của piston đặt vào giữa nút chai.

- Dùng đèn cồn đốt vào đáy ống nghiệm động cơ sẽ tự hoạt động.



Hình 12. Động cơ nhiệt Stirling Alpha (kiểu bập bênh)



Hình 13. Sử dụng bộ thí nghiệm động cơ nhiệt trong dạy học trải nghiệm cho học sinh tham quan tại hội thảo giáo dục theo định hướng STEM tại trường Đại học Sư phạm Hà Nội



**Hình 14.** Sử dụng bộ thí nghiệm động cơ Stirling trong dạy học trải nghiệm cho học sinh tham quan trong ngày hội STEAM tổ chức tại Trường Phổ thông Liên cấp Olympia

\* Đánh giá: Kết thúc đợt thực nghiệm với Trường Nguyễn Bình Khiêm và Trường Liên cấp Olympia, các em học sinh đã cảm thấy hứng thú và yêu thích môn học Vật lý đồng thời thu được nhiều kiến thức bổ ích. Sau đó các em học sinh đã trình bày bản thu hoạch của mình, gồm sản phẩm STEM và thuyết minh, trước toàn trường với sự góp mặt của phụ huynh học sinh và đã khiến cho các thầy cô và phụ huynh học sinh bất ngờ về sản phẩm và kiến thức và các em học sinh thu được đồng thời diễn tả được. Kết quả khảo sát trên phiếu học tập đạt kết quả tốt và phiếu đánh giá cũng đạt tỉ lệ phần trăm học sinh yêu thích hoạt động học tập trên 90%. Theo phân tích của nhóm nghiên cứu, đạt được kết quả trên là do hai yếu tố chính: một là sản phẩm thực hành có hiện tượng tốt, trực quan và dễ liên hệ kiến thức; hai là có sự tương tác tốt giữa giáo viên và học sinh.

## 6. Kết luận và đề xuất

Đề tài đã xây dựng được bộ thí nghiệm động cơ nhiệt bao gồm: động cơ nhiệt đốt ngoài kiểu alpha, động cơ hơi nước kiểu tuabin và xilanh, động cơ đốt trong. Mỗi thiết bị trên đi kèm với một sơ đồ nguyên lý trực quan, chính xác, đảm bảo tính thẩm mỹ, tính kinh tế và xây dựng được các phương án chế tạo STEM dành cho học sinh.

## BUILDING SOME TYPES OF MECHANICAL TOOLS TO ORGANIZE STEM ACTIVITIES AND TEACHING GENERAL PHYSICS

**Abstract:** The report presents research on the design and manufacture of some thermal motors for teaching physics and organizing STEM education activities for high school students. The subject of the project includes: heat engines, process and equipment for experiential activities, STEM activities, experimental results and evaluation at Nguyen Binh Khiem High School and Olympia interdisciplinary school.

**Key words:** physical experiment; physics teaching; STEM education; heat engine.

Trong tương lai, đề tài sẽ mở rộng nghiên cứu về việc sử dụng năng lượng mặt trời bằng thiết bị chảo parabol hoặc tổ hợp gương/thấu kính để hội tụ ánh sáng Mặt Trời, làm nguồn nhiệt năng cho động cơ nhiệt.

Với giá thành năng lượng đang tăng những năm đầu thế kỉ 21, cùng với lo lắng về sự nóng lên của Trái Đất, các động cơ Stirling đang dần được quan tâm để đưa vào các nhà máy phát điện với năng lượng tái tạo và lĩnh vực hàng không vũ trụ. Đề tài nghiên cứu mong muốn xây dựng những chủ đề dạy học theo định hướng STEM về chuyên hóa năng lượng và năng lượng tái tạo nhằm cung cấp cho các em học sinh các kiến thức cũng như tạo hứng thú và đam mê để các em tiếp tục tìm tòi, nghiên cứu về vấn đề sử dụng năng lượng sạch trong tương lai.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Đức Thâm, Nguyễn Ngọc Hưng, Phạm Xuân Quế (2002). *Phương pháp dạy học Vật lý ở trường phổ thông*. NXB Đại học Sư phạm Hà Nội.
- [2] Nguyễn Thế Khôi (chủ biên) (2014). *Sách giáo khoa Vật lý 10 nâng cao*. NXB Giáo dục Việt Nam.
- [3] Đỗ Hương Trà (2012). *Các kiểu tổ chức tổ chức dạy học hiện đại trong dạy học Vật lý ở trường phổ thông*. NXB Đại học Sư phạm.
- [4] Bộ Giáo dục Đào tạo (2015). *Hướng dẫn thực hiện chuẩn kiến thức, kỹ năng Vật lý 10*.
- [5] Khoa Vật lý, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội (2016). *Tài liệu hướng dẫn thí nghiệm Vật lý phổ thông*.
- [6] Trần Thị Tuyết Oanh (chủ biên) (2015). *Giáo trình Giáo dục học*. NXB ĐH Sư phạm.
- [7] Nguyễn Ngọc Hưng, Nguyễn Xuân Thành, Nguyễn Anh Thuấn (2015). *Hướng dẫn sử dụng thiết bị thí nghiệm ở trường THPT Chuyên*. Tài liệu tập huấn.
- [8] Nguyễn Đức Thâm, Nguyễn Ngọc Hưng, Phạm Xuân Quế (2002). *Phương pháp dạy học Vật lý ở trường phổ thông*. NXB Đại học Sư phạm Hà Nội.
- [9] Phạm Hữu Tòng (2001). *Lí luận dạy học Vật lý ở trường trung học*. NXB Giáo dục.