

Hoạt động thực hành STEM xây dựng máy phát áp điện

Đoàn Văn Hải*, Nguyễn Ngọc Cương, Vũ Văn Hoàng****

**NCS, Khoa Khoa học và Công nghệ Giáo dục, Đại học bách khoa Hà Nội*

***Trường Đại học Hải Dương*

Received: 22/2/2024; Accepted: 2/3/2024; Published: 15/3/2024

Abstract: Students learn how to build a simple piezoelectric generator to power LED lights. To do this, students incorporate into the circuit a piezoelectric element to convert the movements they create (mechanical energy) into electrical energy, which is stored in a capacitor (short-term battery). After storing enough energy, the student will turn on the switch to light up the LED light. Students are also equipped with knowledge about how energy can be converted using new technology using piezoelectric materials.

Keywords: STEM; Piezoelectricity; Piezoelectric Generator;

1. Đặt vấn đề

Nguồn năng lượng của Trái đất sẽ không tồn tại mãi mãi nên cần có công nghệ mới để đảm bảo rằng chúng ta có cách tạo ra đủ năng lượng trong tương lai. Một nguồn lực sáng tạo là năng lượng bị lãng phí hàng ngày dưới nhiều hình thức khác nhau, ví dụ: từ nhiệt dư thừa được tạo ra bởi động cơ đốt trong, đến công chống lại các lực tự nhiên (ma sát). Vì năng lượng không thể được tạo ra hay mất đi mà chỉ chuyển hóa thành các dạng khác nhau nên vật liệu áp điện có thể giúp chúng ta thu hoạch một phần năng lượng lãng phí này để tái sử dụng.

Khi chúng ta bước đi, chúng ta tác dụng lực cơ học lên mặt đất phía dưới. Với mỗi bước chúng ta thực hiện sẽ mất đi một phần năng lượng và được truyền xuống mặt đất.

Dạy học STEM là phương pháp hiệu quả để giúp sinh viên hiểu và ứng dụng kiến thức về máy phát áp điện: Hiểu được nguyên lý hoạt động của máy phát áp điện; Phát triển các kỹ năng tư duy phản biện, giải quyết vấn đề, sáng tạo và hợp tác; Nâng cao hứng thú với khoa học và kỹ thuật

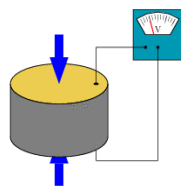
2. Nội dung nghiên cứu:

2.1. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

- Nguyên lý Áp điện (Từ áp điện có nguồn gốc từ tiếng Hy Lạp cổ *piezo*, “ép hoặc ấn” và *điện*). Vì vậy, áp điện theo nghĩa đen có nghĩa là điện từ áp suất. Hiệu ứng áp điện được anh em Pierre và Jacques Curie phát hiện vào năm 1880 khi các thí nghiệm chứng minh rằng điện tích được tạo ra khi các tinh thể tự nhiên chịu tác dụng của ứng suất cơ học.

Hiệu ứng áp điện là một loại khớp nối cơ điện. Điều này có nghĩa là bất kỳ tải trọng cơ học nào tác động lên vật liệu đều dẫn đến phản ứng điện. Trong vật liệu áp điện, khi một ứng suất cơ học (áp suất) hoặc

biến dạng (biến dạng) tác dụng lên vật liệu, phản ứng là tạo ra một điện tích bên trong. Điện tích này có thể được mô tả là năng lượng điện thế (điện áp) có thể được sử dụng giống như bất kỳ nguồn năng lượng nào khác. Sự biến đổi lực cơ học thành điện thế được gọi là *hiệu ứng áp điện trực tiếp*. Mặt khác, nếu vật liệu áp điện chịu tác dụng của điện trường ngoài thì phản ứng là sự biến dạng cơ học của vật liệu đó - gọi là *hiệu ứng áp điện ngược*.



Hình 2.1. Minh họa phóng đại về hiệu ứng áp điện (Vật liệu áp điện: Thạch anh)

- Một số vật liệu áp điện thông dụng:

+ Tinh thể: thạch anh, sucrose (đường ăn), topaz

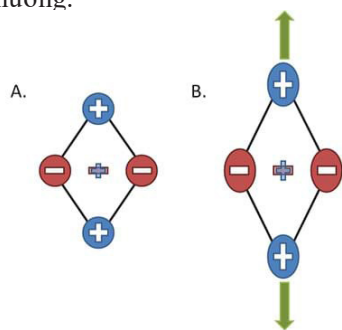
+ Sinh học: xương, gỗ, tơ tằm, virus, DNA

- Nguyên nhân gây ra hiện tượng áp điện

Đầu tiên, chúng ta hãy xác định rõ ràng tiềm năng điện. Nói một cách đơn giản, năng lượng điện trường tồn tại bất cứ lúc nào tồn tại hai điện tích trái dấu (dương và âm), cách nhau một khoảng. Khi có nhiều điện tích, bài toán có thể được đơn giản hóa bằng cách lấy vị trí trung bình của các điện tích dương và vị trí trung bình của các điện tích âm rồi xét một hệ thống chỉ có hai điện tích tại các vị trí này. Điện thế cũng có thể được gọi là điện áp, điều này làm cho khái niệm này dễ hiểu hơn.

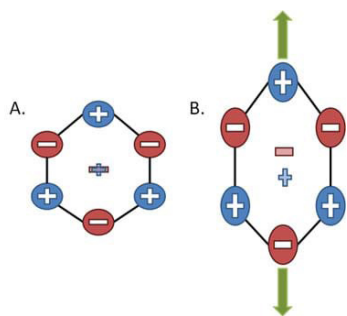
Cơ chế chịu trách nhiệm về phản ứng áp điện của một số vật liệu có thể được làm rõ bằng cách xem xét cấu trúc nguyên tử. Vật liệu áp điện không hoàn toàn đối xứng. Điều đó có nghĩa là chúng đối xứng

theo một số hướng, nhưng không đối xứng theo mọi hướng.



Hình 2.2. Một vật liệu tinh thể ở trạng thái không bị biến dạng (A), và cùng vật liệu đó, hiện bị biến dạng (B), cho thấy vị trí trung bình của các điện tích dương và âm không thay đổi.

Hãy xem xét Hình 3A. Chúng ta thấy một tinh thể chứa tổng cộng bốn nguyên tử, hai nguyên tử tích điện dương và hai nguyên tử tích điện âm, được sắp xếp theo mô hình kim cương. Khi nhìn vào vị trí trung bình của điện tích âm và vị trí trung bình của điện tích dương, chúng ta nhận thấy rằng chúng giống nhau. Vì vậy, không có điện thế tồn tại. Tương tự, khi tinh thể bị biến dạng cơ học, như trong Hình 3B, không có sự thay đổi nào dẫn đến vị trí trung bình của các điện tích. Vật liệu này không có phản ứng điện đối với lực cơ học và do đó không phải là áp điện. Sự đối xứng có thể được chứng minh bằng cách vẽ một mũi tên tới bất kỳ nguyên tử nào trong số bốn nguyên tử có điểm bắt đầu ở tâm tinh thể, sau đó vẽ mũi tên tương tự theo hướng ngược lại. Nếu chúng chỉ vào cùng một loại nguyên tử thì nó có tính đối xứng.



Hình 2.3. Một vật liệu tinh thể ở trạng thái không biến dạng (A) và cùng một vật liệu, hiện đã bị biến dạng (B), cho thấy vị trí trung bình của các điện tích dương và âm không còn giống nhau, dẫn đến phản ứng áp điện.

Bây giờ hãy xem xét tinh thể trong Hình 4A. Nếu tính vị trí trung bình của điện tích dương và điện tích âm, chúng ta thấy rằng chúng giống nhau. Tuy nhiên, khi vật liệu bị biến dạng, như thể hiện trên Hình 4B, chúng ta thấy rằng vị trí trung bình của các điện tích là khác nhau. Thực hiện bài tập vẽ mũi tên tương tự như trước, chúng ta thấy rằng mặc dù vật liệu này có thể trông đối xứng nhưng việc vẽ mũi tên đối diện không chỉ vào cùng một loại nguyên tử. Do đó, vật liệu này có phản ứng điện với lực cơ học (và ngược lại) và có tính chất áp điện.

2.2. Thực hành STEM xây dựng máy phát Áp điện

- Mục tiêu học tập: Sau hoạt động này, sinh viên sẽ có thể:

+ Giải thích cách thức hoạt động của máy phát áp điện và nguồn năng lượng của nó.

+ Liệt kê nhiều ứng dụng thu năng lượng của vật liệu áp điện.

+ Tính toán năng lượng được lưu trữ trong tụ điện và lượng năng lượng được chuyển đổi bởi phần tử áp điện.

- Kiến thức trước yêu cầu: Sinh viên cần nắm được những kiến thức cơ bản về khớp nối cơ điện, đặc biệt là hiện tượng áp điện và việc sử dụng vật liệu áp điện để thu năng lượng.

- Giới thiệu/Động lực: Bạn có bao giờ đi giày có thể phát sáng khi bước đi không? Có ai biết đôi giày đó hoạt động như thế nào không? Loại giày này không có pin, vậy nguồn điện là gì? Vật liệu áp điện được đặt ở đế giày nhưng chúng không tích trữ năng lượng. Vậy năng lượng đến từ đâu? Năng lượng đến từ bạn! Bất cứ khi nào bạn đi bộ, chuyển động của bạn là năng lượng cơ học và một phần năng lượng cơ học đó có thể được chuyển đổi thành năng lượng điện bằng vật liệu áp điện. Trong trường hợp đôi giày phát sáng, năng lượng đó được sử dụng ngay lập tức để thắp sáng một số đèn LED, điều này nảy sinh một ý tưởng: Khả năng lưu trữ năng lượng đó để sử dụng bất cứ khi nào chúng ta muốn là gì?

- Danh sách vật liệu, vật tư thực hành Stem: Xây dựng máy phát điện

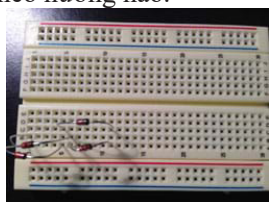
TT	Vật tư, thiết bị	Ghi chú
1	1 bộ chuyển đổi Piezo/phần tử Piezo	
2	4 diốt, loại PH4148, 1N4148 hoặc 1N914	
3	1 tụ điện 220 μ F trở lên (25 đến 50 V)	
4	1 công tắc (thay đổi sơ đồ nối dây)	
5	1 đèn LED	
6	1 bảng mạch	
7	2 kẹp cá sấu	
8	1-3 dây nhảy bảng mạch	
9	Đồng hồ vạn năng	
10	Dây 22 AWG	
11	Súng hàn, chuẩn bị nguyên liệu cho hoạt động	
12	Tuốc nơ vít nhỏ	

- Tiến trình thực hành Xây dựng máy phát Áp điện

+ Bước 1: Tạo một cầu chỉnh lưu diode trên bảng mạch (xem Hình 2.4).

Điốt cho phép dòng điện chỉ chạy theo một hướng. Việc thực hiện này sẽ chuyển đổi điện áp xoay chiều do phần tử áp điện tạo ra thành điện áp DC, điện áp này có thể được sử dụng bởi tụ điện và

đèn LED. Các diốt được đánh dấu để biết dòng điện sẽ chạy theo hướng nào.



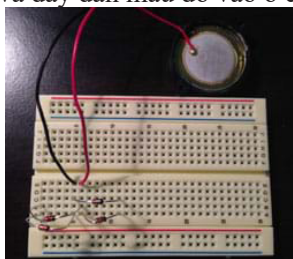
Hình 2.4. Cầu chỉnh lưu diode.

Trên bảng mạch, lắp các diốt vào các ổ cắm 1A, 1B, 5C và 6A, quay cùng hướng với các sọc đen hướng lên trên.

Lấy diode từ 1A và cắm đầu còn lại vào ổ cắm 5A, diode từ 1B đến 6B, diode từ 5C đến 11C và 6A đến 11A. Đảm bảo không có dây dẫn diode nào chạm vào nhau, điều này có thể gây đoản mạch.

+ Bước 2: **Kết nối phần tử Piezo với bảng mạch** (xem Hình 2.5).

Để thực hiện việc này, hãy cắm dây dẫn màu đen vào ổ cắm 5E và dây dẫn màu đỏ vào ổ cắm 6E.



Hình 2.5. Kết nối phần tử áp điện với bộ chỉnh lưu diode

+ Bước 3: Kiểm tra mạch bằng cách nối đèn LED

Tại thời điểm này, chúng ta có thể kiểm tra mạch bằng cách cắm các dây dẫn LED vào ổ cắm. Sử dụng đèn LED đơn giản thì cực dương là dây dẫn dài hơn, còn cực âm là dây dẫn ngắn hơn; đối với những đèn LED này, việc làm mờ hoặc tắt đèn lớp học sẽ giúp chúng dễ nhìn thấy hơn.

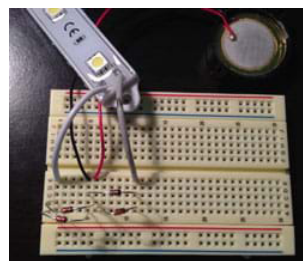
Cắm dây dương vào ổ cắm 11E và dây âm vào ổ cắm 1E.

Sau khi đèn LED được nối vào bảng mạch, hãy chạm vào phần tử áp điện; đèn LED sáng lên trong thời gian ngắn, xác nhận rằng mạch hoạt động.

Nếu đèn LED không sáng hãy kiểm tra hướng đi của diốt và đèn LED để đảm bảo chúng không bị ngược chiều.

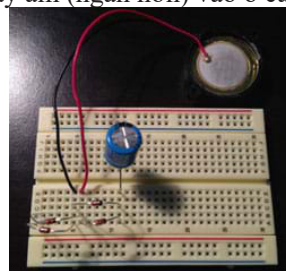
Đối với đèn LED đơn giản, tốt nhất bạn nên nhìn vào phần trên cùng của bóng đèn để xem nó có sáng hay không.

Khi mạch đã được kiểm tra để đảm bảo nó hoạt động, hãy tháo đèn LED ra khỏi bảng mạch.



Hình 2.6. Để kiểm tra, phần tử áp điện được kết nối với đầu vào cầu diode và thanh LED với đầu ra

+ Bước 4: **Nối tụ điện** (xem Hình 2.7). Tụ điện cũng có dây dẫn dương và âm nên hướng đi rất quan trọng. Một lần nữa, dây dẫn dài hơn là dương và dây dẫn ngắn hơn là âm. Cắm dây dương (dài hơn) vào ổ cắm 11E và dây âm (ngắn hơn) vào ổ cắm 11H.



Hình 2.7. Vị trí của tụ điện trên bảng mạch

+ Bước 5: Cắm công tắc

Đây thường là bước khó hiểu nhất. Nếu sử dụng công tắc RadioShack, công tắc bật tắt, hãy lưu ý rằng nó có ba dây dẫn ra từ nó. Kết nối công tắc này bằng cách làm theo các bước sau:

Cắm dây giữa vào ổ cắm 11J.

Cắm hai dây còn lại vào ổ cắm 1E và 15E; dây nào đi vào ổ cắm nào không quan trọng vì nó chỉ ảnh hưởng đến hướng chuyển mạch.

Cắm dây nối bảng mạch từ ổ cắm 11B đến ổ cắm 20E.

Nếu sử dụng công tắc SparkFun, một công tắc rocker đơn giản, hãy lưu ý rằng nó có hai dây dẫn ra từ nó. Kết nối công tắc này bằng cách làm theo các bước sau:

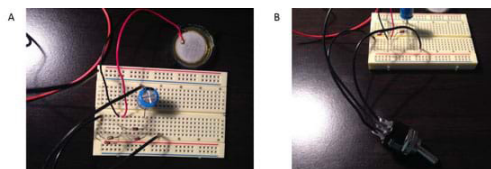
Cắm dây nối bảng mạch từ ổ cắm 11J đến ổ cắm 5J.

Chèn một jumper bảng mạch khác từ ổ cắm 5I đến 1E.

Cắm một dây công tắc vào ổ cắm 5H và dây công tắc còn lại vào ổ cắm 15E.

Chèn một jumper bảng mạch từ ổ cắm 11B đến ổ cắm 20E.

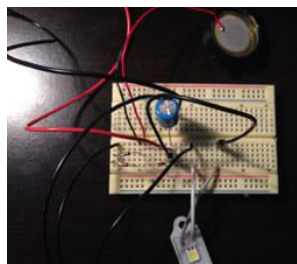
Điều này có thể đúng nhưng có thể cần một số điều chỉnh vì mạch chưa được thử nghiệm với công tắc này.



Hình 2.8. Đấu dây công tắc vào bảng mạch

+ Bước 6: Kết nối đèn LED

Kết nối dây dẫn dương (dài hơn) từ đèn LED (hoặc thanh LED) với ổ cắm 20A và dây dẫn âm (ngắn hơn) đến 15A. Điều này hoàn thành mạch



Hình 2.9. Mạch có dây cuối cùng.

+ Bước 7: Móc kẹp cá sấu để đo năng lượng trong tụ điện

Kẹp một đầu vào dây dẫn tụ điện đi vào ổ cắm 11E và đầu còn lại vào dây dẫn dương (màu đỏ) trên đồng hồ vạn năng. Kẹp kẹp cá sấu còn lại trên dây dẫn tụ điện đi vào ổ cắm 11H và đầu còn lại vào dây dẫn âm (màu đen) trên đồng hồ vạn năng. Nếu sử dụng kẹp cá sấu có một kẹp và một đầu dây hờ: Cắm một dây hờ vào ổ cắm 11D và kẹp vào cực dương (màu đỏ) trên đồng hồ vạn năng; Cắm đầu còn lại vào ổ cắm 11I và kẹp vào dây âm (màu đen) trên đồng hồ vạn năng.

+ Bước 8: Kiểm tra mạch

Xoay đồng hồ vạn năng về cài đặt 20V DC và bắt đầu nhấn vào phần tử áp điện. Bạn sẽ thấy điện áp trên tụ tăng lên, điều này cho thấy nó đang tích trữ năng lượng. Nếu không, hãy thử gạt công tắc sang vị trí ngược lại. Khi tụ điện đã lưu đủ điện áp, hãy lật công tắc và đèn LED sẽ sáng nhanh.

2.3. Kết quả

Qua quá trình thực hành theo định hướng giáo dục STEM về Máy phát Áp điện. Sinh viên tính toán về thu hoạch năng lượng áp điện:

Nhớ lại rằng: C cho trên tụ điện được tính bằng microfarad (μF). Để chuyển đổi sang farad (F), chia cho 1.000.000. Khi nhân farad với Volt², đơn vị sẽ là joules.

- Tính toán lượng điện năng đã sử dụng để cung cấp năng lượng cho đèn LED.

+ Điện áp trước khi bật công tắc (V2): Kết quả sẽ

khác nhau tùy thuộc vào tụ điện và đèn LED được sử dụng

+ Điện áp sau khi bật công tắc (V1):

Năng lượng mà đèn LED sử dụng:

- Một số máy phát điện áp điện được sử dụng để sạc pin để năng lượng có thể được sử dụng sau này. Tính xem sẽ mất bao lâu để sạc máy tính xách tay của bạn bằng máy phát áp điện được tích hợp trong lớp. Pin máy tính xách tay trung bình có thể lưu trữ 220.000 joules.

Máy phát điện của bạn lưu trữ bao nhiêu năng lượng cho mỗi lần nhấn.

Điện áp đo trước vòi (V1): Kết quả sẽ khác nhau tùy thuộc vào tụ điện và đèn LED được sử dụng

Điện áp đo sau một lần nhấn (V2):

+ Năng lượng được lưu trữ trên mỗi lần nhấn: mỗi lần nhấn

+ Cần bao nhiêu lần nhấn để sạc pin (để tạo ra 220.000 joules)?

3. Kết luận

Máy phát áp điện có tiềm năng to lớn trong việc khai thác năng lượng từ các nguồn rung động và biến đổi thành năng lượng điện. Với ứng dụng của máy phát áp điện có thể mở rộng trong nhiều lĩnh vực như: Thu năng lượng; Cảm biến; Y sinh; Quân sự. Việc xây dựng máy phát áp điện hiệu quả và bền bỉ vẫn còn nhiều thách thức: Vật liệu áp điện có hiệu suất chuyển đổi năng lượng thấp; Chi phí sản xuất cao; Độ bền cơ học thấp. Nhưng bên cạnh đó tác giả sẽ nghiên cứu và phát triển các vật liệu áp điện mới với hiệu suất cao hơn, Tối ưu hóa thiết kế và cấu tạo máy phát áp điện, Giảm chi phí sản xuất, Nâng cao độ bền cơ học.

Dạy học STEM là phương pháp hiệu quả để giúp sinh viên hiểu và ứng dụng kiến thức về máy phát áp điện: Hiểu được nguyên lý hoạt động của máy phát áp điện; Phát triển các kỹ năng tư duy phản biện, giải quyết vấn đề, sáng tạo và hợp tác; Nâng cao hứng thú với khoa học và kỹ thuật.

Tài liệu tham khảo

- [1] Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, *Máy điện*, Khoa học và kỹ thuật, 2008
- [2] Nguyễn Thành Hải, *Giáo dục STEM/ STEAM từ trải nghiệm thực hành đến tư duy sáng tạo*, Nhà xuất bản Trẻ, 2019
- [3] Nguyễn Văn Hiệu, *Điện tử công suất*, Khoa học và kỹ thuật, 2008
- [4] Nguyễn Văn Hiệu, *Vật liệu áp điện và ứng dụng*, Khoa học và kỹ thuật, 2017
- [5] Nguyễn Đình Thắng (2002), *Vật liệu áp điện và ứng dụng*, Giáo dục.