DESIGNING AND MANUFACTURING FORCE SENSORS CONNECTING TO SMARTPHONES FOR TEACHING

Tuong Duy Hai[1*], Dinh Van Noi[2]
[1]*Hanoi National University of Education*
[2]*Luong Van Tuy Gifted High School, Ninh Binh*

ARTICLE INFO

Received: 02/5/2024
Revised: 08/8/2024
Published: 08/8/2024

KEYWORDS

Industry 4.0
Force sensor
Dynamometer
Wireless connection
Smartphone

ABSTRACT

In the context of the industry 4.0 revolution, the application of technology in education is increasingly necessary and effective. With a focus on "force," one of the fundamental quantities in Physics, it has been used consistently from the middle school science curriculum to high school Physics, demonstrating the importance of measuring force magnitude. This article presents the results of research on the design and fabrication process of force sensors connected to smartphones for application in teaching Physics. The device is made from low-cost electronic components, easily purchased through online commerce platforms, while ensuring it meets the objectives of force measurement. The research results can be applied to teaching topics in dynamics and statics, such as measuring force magnitude, recording measurement results in numerical form, plotting graphs over time, and wirelessly connecting to smartphones to enable teachers and students to conduct experiments and present their experimental results in class.

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO CẢM BIẾN LỰC KẾT NỐI VỚI SMARTPHONE TRONG DẠY HỌC VẬT LÍ

Tưởng Duy Hải[1*], Đinh Văn Nội[2]
[1]*Trường Đại học Sư phạm Hà Nội*
[2]*Trường THPT Chuyên Lương Văn Tụy, Ninh Bình*

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 02/5/2024
Ngày hoàn thiện: 08/8/2024
Ngày đăng: 08/8/2024

TỪ KHÓA

Công nghệ 4.0
Cảm biến lực
Lực kế
Kết nối không dây
Smartphone

TÓM TẮT

Trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghệ 4.0, việc áp dụng công nghệ vào giáo dục ngày càng trở nên cần thiết và hiệu quả. Với nội dung về "lực", một trong những đại lượng cơ bản của môn Vật lí, nó được sử dụng xuyên suốt từ chương trình khoa học tự nhiên cấp Trung học cơ sở đến hết môn Vật lí cấp Trung học phổ thông đã cho thấy được tầm quan trọng của việc đo đạc độ lớn của lực. Trong bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu quá trình thiết kế và chế tạo cảm biến lực kết nối với smartphone để ứng dụng trong việc dạy học môn Vật lí. Thiết bị được làm từ các linh kiện điện tử có chi phí thấp, dễ mua qua các trang thương mại điện tử nhưng đảm bảo được mục tiêu là có đủ các chức năng của lực kế. Kết quả của nghiên cứu có thể ứng dụng để dạy các nội dung về động lực học và tĩnh học như đo độ lớn của lực, ghi kết quả đo ở dạng số liệu, đồ thị theo thời gian và kết nối không dây với smarphone giúp giáo viên và học sinh có thể tự thực hiện thí nghiệm và trình chiếu kết quả thí nghiệm của mình ở trên lớp.

DOI: https://doi.org/10.34238/tnu-jst.10262

[*] Corresponding author. *Email: haitd@hnue.edu.vn*

1. Mở đầu

Vật lí là một bộ môn khoa học thực nghiệm [1], do đó các thí nghiệm đóng vai trò rất quan trọng trong việc giảng dạy và học tập môn Vật lí [2], [3]. Sử dụng thí nghiệm trong dạy học không những giúp người học hiểu sâu hơn về các kiến thức lí thuyết, mà còn góp phần làm tăng thêm hứng thú, tính hấp dẫn của môn học với người học [4], [5], giúp người học rèn luyện và phát triển năng lực vật lí và tư duy nhạy bén với các hiện tượng vật lí [6]. Trong danh mục thiết bị tối thiểu cấp THPT theo thông tư 39/2021/TT-BGDĐT đã đưa ra rất nhiều cảm biến để ứng dụng vào dạy học [7]. Trong đó có cảm biến lực, cảm biến điện áp, cảm biến dòng điện, cảm biến nhiệt độ. Tuy nhiên, khi sử dụng cảm biến cần phải kết nối nhiều thiết bị khác nhau như: thiết bị đo với thiết bị chuyển đổi tín hiệu, kết nối với các app điện thoại hoặc ứng dụng trên máy tính để đọc giá trị đo,... dẫn đến khi làm thí nghiệm trong dạy học thì giáo viên vẫn mất nhiều thời gian [8].

Kết quả khảo sát 09 giáo viên giảng dạy Vật lí tại trường THPT chuyên Lương Văn Tụy, tỉnh Ninh Bình (4 nam – 5 nữ), có độ tuổi từ 30 đến 55 tuổi vào tháng 11 năm 2023 về sử dụng "lực kế lò xo" và "cảm biến lực" trong dạy học định luật Hooke thể hiện một số thực trạng và nhu cầu như được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. *Kết quả khảo sát tình hình sử dụng lực kế lò xo so với cảm biến lực trong thí nghiệm và dạy học (ĐV: %)*

Các nội dung khảo sát kết quả của quá trình giáo viên sử dụng lực kế lò xo và cảm biến lực	Đồng ý	Không đồng ý
Lực kế lò xo có độ chính xác thấp hơn so với cảm biến lực trong phòng thí nghiệm nhà trường.	100	0
Lực kế lò xo có độ linh hoạt thấp trong các thí nghiệm khác nhau so với cảm biến lực trong phòng thí nghiệm nhà trường vì phạm vi đo cố định trong dải đo ngắn. Các kết quả đo không được hiển thị liên tục và không hỗ trợ vẽ đồ thị từ các kết quả thu được theo thời gian.	90	10
Lực kế lò xo có độ tin cậy thấp trong thời gian dài sử dụng so với cảm biến lực trong phòng thí nghiệm nhà trường.	90	10
Cảm biến lực trong phòng thí nghiệm nhà trường có chi phí cao so với lực kế lò xo.	100	0
Cảm biến lực trong phòng thí nghiệm nhà trường hiện tại chỉ kết nối được với máy tính, không kết nối được với máy điện thoại. Do đó thường chỉ có giáo viên mới sử dụng, còn học sinh không sử dụng được vì thường không mang laptop đi học.	100	0
Phần mềm kết nối cảm biến lực trong phòng thí nghiệm nhà trường không hỗ trợ cho Macbook.	100	0
Các bước kết nối khi sử dụng cảm biến lực trong phòng thí nghiệm nhà trường còn phức tạp, gây khó sử dụng cho giáo viên lớn tuổi.	80	20

Từ kết quả trên cho thấy "lực kế lò xo" và "cảm biến lực" hiện hành có những hạn chế nhất định. Lực kế lò xo chưa phù hợp, có độ linh hoạt thấp với các bài thí nghiệm có diễn biến nhanh như đo lực trong con lắc dao động, xác định trọng lượng của các vật có khối lượng bất kì, có giá trị lẻ. Mặc dù cảm biến đã được đưa vào trong nhà trường để khắc phục, hỗ trợ các tồn tại của lực kế lò xo nhưng cần phải sử dụng kèm với laptop có hệ điều hành Windows, kết nối còn phức tạp với thầy cô lớn tuổi. Từ đó, chúng tôi đặt ra là vấn đề cần nghiên cứu, chế tạo "cảm biến lực" với chi phí phù hợp, vật liệu, thiết bị dễ tìm, dễ kiếm và bằng năng lực của giáo viên vật lí có thể thực hiện được để khắc phục những hạn chế trên và vận dụng được cảm biến lực trong tổ chức các hoạt động học tập của học sinh [9].

2. Phương pháp nghiên cứu

Quá trình thiết kế và chế tạo cảm biến lực đã lựa chọn và vận dụng các phương pháp bao gồm:

- Phương pháp nghiên cứu lí luận nhằm đề xuất quy trình tự thiết kế và chế tạo để ra được sản phẩm phù hợp với các bài thí nghiệm trong chương trình giáo dục phổ thông 2018.

- Phương pháp điều tra, khảo sát:

+ Tìm hiểu tình hình thực tiễn những hạn chế của lực kế trong các trường phổ thông và những mong muốn của giáo viên, học sinh khi sử dụng lực kế.

+ Lựa chọn các loại cảm biến đo lực phổ biến trên thị trường với giá thành rẻ, dễ mua.

+ Lựa chọn các loại vi mạch điều khiển kết nối không dây như bluetooth, wifi với phần mềm miễn phí trên điện thoại.

- Phương pháp thực nghiệm: Sử dụng cảm biến lực sau khi đã chế tạo để khảo sát các bài thực hành, định luật, hiện tượng khác nhau.

3. Nội dung

3.1. Quy trình tự thiết kế và chế tạo

Giai đoạn 1: Chuẩn bị nguyên vật liệu

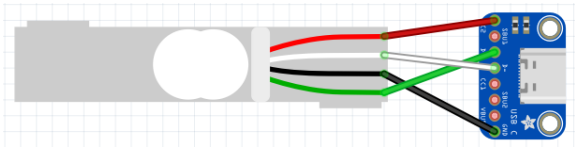
Để thiết kế và chế tạo được cảm biến lực và kết nối không dây với điện thoại cần chuẩn bị một số dụng cụ như bảng 2.

Bảng 2. *Bảng liệt kê các nguyên vật liệu cần sử dụng để chế tạo lực kế*

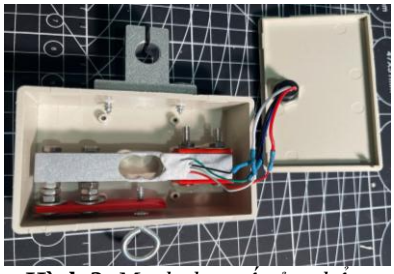
STT	Thiết bị	Linh kiện cần chuẩn bị	Số lượng
01		Hộp nhựa 90x58x31 mm.	01
02		Loadcell loại 1 kg.	01
03		Vít khoen tròn 17x 35 mm	01
04	01	Kẹp trục 10 mm, gối đỡ ti trượt tròn *(lại dùng trong nhôm định hình).*	01
05		Ốc, đai ốc, vòng đệm *(long đen)* Φ 4 mm.	04
06		2 khối 3D như trong đường dẫn: https://s.net.vn/SOSh	01
07		Jack type C *(đầu cái)* loại 4 dây truyền tín hiệu.	01
08		Bảng mạch phát triển Esp32 Wifi+Bluetooth.	01
09		Module khuếch đại loadcell HX711.	01
10	02	Màn hình OLED 0,96 inch	01
11		Jack type C *(đầu cái)* loại 2 dây dùng để cấp điện cho ESP32.	01
12		Hộp nhựa 110x110x50 mm.	01
13		Dây 1 đầu đực type C - 4 pin	01
14		Lực kế lò xo loại 5N hoặc 10 N.	01
15		Quả cân 50 g có móc treo.	10 đến 15
16		Điện thoại có ứng dụng Phyphox.	01

Giai đoạn 2: Thiết kế mạch và chế tạo cảm biến lực

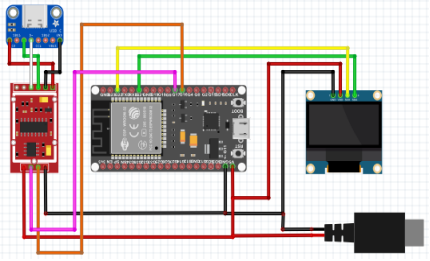
Sau khi đã chuẩn bị các dụng cụ như trên, các bước thiết kế mạch và chế tạo cảm biến lực được thực hiện như Hình 1, Hình 2, Hình 3 và Hình 4.



Hình 1. *Mạch 2D sản phẩm 1*



Hình 2. *Mạch thực tế sản phẩm*



Hình 3. *Mạch 2D sản phẩm 2*

Hình 4. *Mạch thực tế của sản phẩm 2*

Giai đoạn 3: Chuẩn hóa dữ liệu của cảm biến lực

Sau khi đã chế tạo xong cảm biến như trên, để đo được lực chính xác cần chuẩn hóa số liệu từ đo được từ thực tế với các số liệu hiển thị của cảm biến. Khi đó cần nạp code mẫu cho ESP32 để chạy thử chương trình cho cảm biến lực như bảng 3.

Bảng 3. *Code chương trình để chạy cảm biến Loadcell*

STT	Code lệnh
1	`#include "HX711.h"`
2	`const int LOADCELL_DOUT_PIN = 16;`
3	`const int LOADCELL_SCK_PIN = 17;`
4	`HX711 scale;`
5	`void setup() {`
6	`Serial.begin(57600);`
7	`scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);}`
8	`void loop() {`
9	`long reading = scale.read();`
10	`Serial.print("HX711 reading: ");`
11	`Serial.println(reading);`
12	`delay(1000);}`

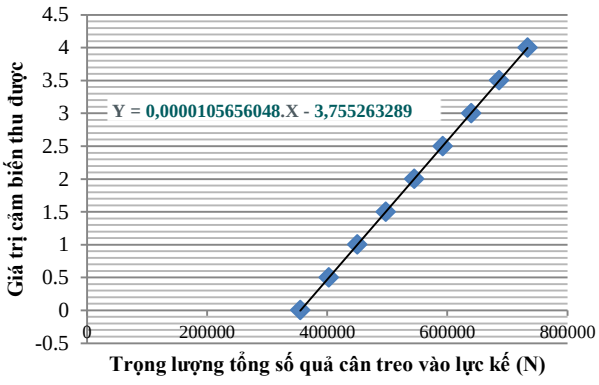
Lần lượt treo quả cần vào lực kế để chuẩn hóa số liệu đo như hình 5. Số liệu cảm biến lực thu khi treo quả cân được thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. *Bảng số liệu cảm biến lực thu khi treo quả cân*

Giá trị cảm biến thu được khi treo quả cân	Trọng lượng tổng số quả cân treo (N) *(Trọng lượng được xác định bằng lực kế lò xo)*
355120	0,0
402632	0,5
450135	1,0
497445	1,5
544968	2,0
592375	2,5
639786	3,0
686430	3,5
733560	4,0

Đồ thị giá trị cảm biến thu được ứng với trọng lượng của các quả cân được thể hiện ở Hình 6.

Hình 5. *Treo quả nặng lên lực kế điện tử để chuẩn hóa*



Hình 6. *Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa giá trị cảm biến thu được với trọng lượng của các quả cân treo vào lực kế*

Sau khi đã thu được số liệu và đồ thị tuyến tính tương ứng, ta sẽ bắt đầu hiệu chỉnh số liệu trên code ứng với dòng thứ 10 như bảng 5:

Bảng 5. *Code chương trình sau khi chuẩn hóa số liệu đo*

STT	Code chuẩn hóa số liệu đo
1	#include "HX711.h"
2	const int LOADCELL_DOUT_PIN = 16;
3	const int LOADCELL_SCK_PIN = 17;
4	HX711 scale;
5	void setup() {
6	Serial.begin(57600);
7	scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);}
8	void loop() {
9	long reading = scale.read();
10	float F = reading*0.0000105656048-3.755263289;
11	Serial.print("Số chỉ lực kế: ");
12	Serial.println(F);
13	delay(1000);}

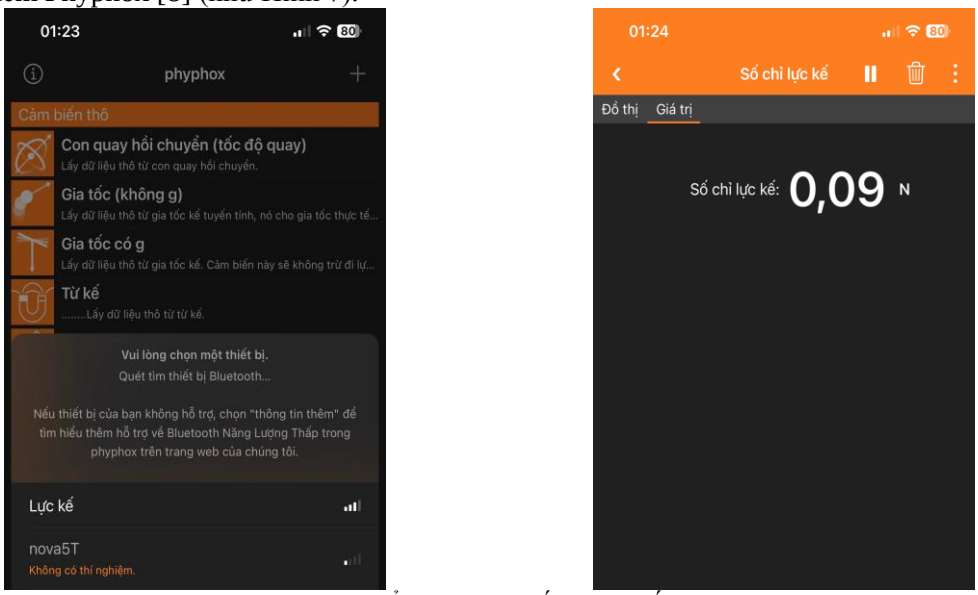
Như vậy, đến đây ta đã hoàn thành xong bước hiệu chỉnh số liệu của cảm biến lực vừa chế tạo.

Giai đoạn 4: Kết nối cảm biến lực không dây với Smartphone

Lựa chọn app kết nối cảm biến lực với điện thoại qua phần mềm Phyphox và OLED.

Để đưa số chỉ lực kế lên màn hình OLED và phần mềm Phyphox cần sử dụng code mẫu như trong link sau: https://s.net.vn/SOSh.

Sau khi đã chỉnh sửa và nạp code thành công cần bật Bluetooth trên máy điện thoại và vào phần mềm Phyphox [8] (như Hình 7).



Hình 7. *Các bước để mở dữ liệu số chỉ lực kế trên Phyphox*

Kết thúc bước này, chúng ta đã chế tạo được cảm biến lực và kết nối không dây với smartphone.

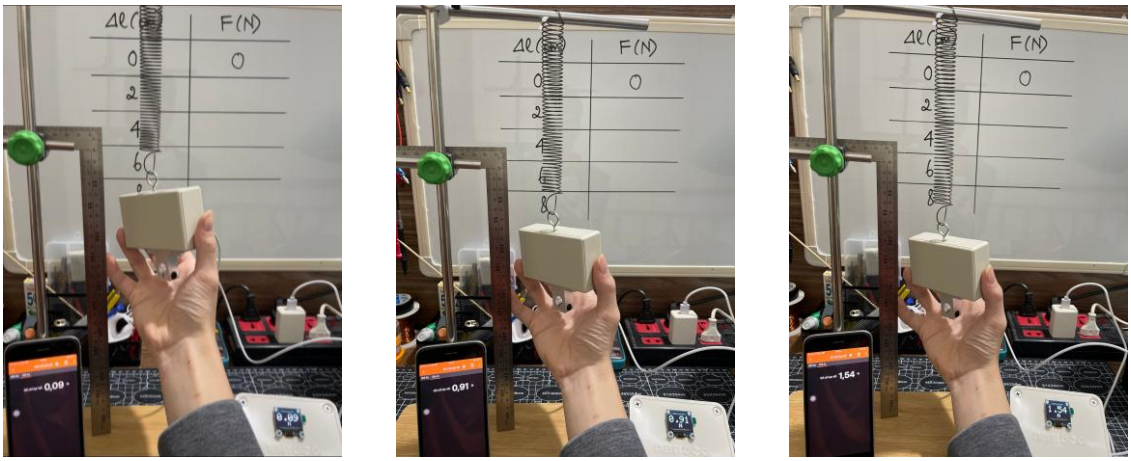
3.2. Thử nghiệm cảm biến lực tiến hành các thí nghiệm

Cảm biến lực là một trong những thiết bị dạy học được đưa vào danh mục thiết bị dạy học tối thiểu theo chương trình giáo dục phổ thông 2018 của Bộ GD&ĐT. Do đó, sử dụng cảm biến lực để dạy các bài học theo yêu cầu cần đạt là nhu cầu hiện nay trong nhà trường. Từ cảm biến lực chế tạo được, chúng ta có thể tổ chức dạy học các thí nghiệm theo các yêu cầu cần đạt trong các môn học như bảng 6 [1]:

Bảng 6. *Thống kê các nội dung và yêu cầu cần đạt có sử dụng lực kế trong chương trình 2018*

Cấp học	Nội dung	Yêu cầu cần đạt
KHTN 6	Lực tiếp xúc	Thực hiện được thí nghiệm chứng tỏ vật chịu tác dụng của lực cản khi chuyển động trong nước (hoặc không khí)
KHTN 8	Áp suất trên một bề mặt	- Thực hiện thí nghiệm khảo sát tác dụng của chất lỏng lên vật trong chất lỏng, rút ra được: Điều kiện định tính về vật nổi, vật chìm: Định luật Acsimet - Dùng dụng cụ thực hành khẳng định được: Áp suất sinh ra khi có áp lực tác dụng lên một diện tích bề mặt, áp suất = áp lực / diện tích bề mặt.
	Lực có thể làm quay vật	- Thực hiện thí nghiệm để mô tả được tác dụng làm quay của lực. - Dùng dụng cụ đơn giản, minh họa được đòn bẩy có tác dụng làm thay đổi hướng tác dụng của lực.
Vật lí 10	Ba định luật Newton về chuyển động	Thực hiện thí nghiệm, hoặc sử dụng số liệu cho trước để rút ra được a ~ F, a ~ 1/m. Từ đó rút ra được biểu thức a = F/m hoặc F = ma (định luật 2 Newton).
	Một số lực trong thực tiễn	Thảo luận để thiết kế phương án hoặc lựa chọn phương án và thực hiện phương án, tổng hợp được hai lực đồng quy bằng dụng cụ thực hành.
	Định luật Hooke	Thảo luận để thiết kế phương án hoặc lựa chọn phương án và thực hiện phương án, tìm mối liên hệ giữa lực đàn hồi và độ biến dạng của lò xo, từ đó phát biểu được định luật Hooke.
Vật lí 12	Cảm ứng từ	Thảo luận để thiết kế phương án, lựa chọn phương án, thực hiện phương án, đo được (hoặc mô tả được phương pháp đo) cảm ứng từ bằng cân "dòng điện".

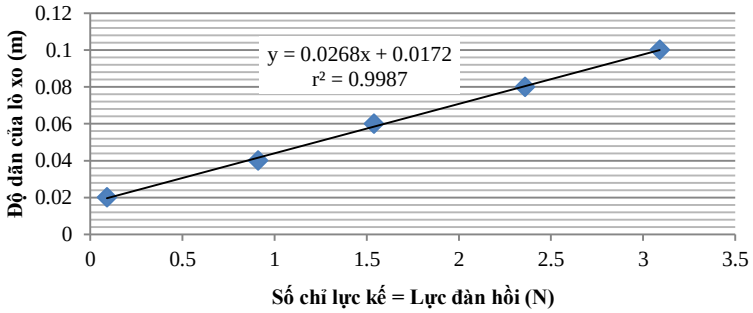
Minh họa sử dụng cảm biến lực dạy bài định luật Hooke với YCCĐ "Tìm mối liên hệ giữa lực đàn hồi và độ biến dạng của lò xo". Chúng ta có thể bố trí và tiến hành thí nghiệm như Hình 8.



$\Delta l = 2$ cm – $F_{đh} = 0{,}09$N $\Delta l = 4$ cm – $F_{đh} = 0{,}91$ N $\Delta l = 6$ cm – $F_{đh} = 1{,}54$ N

Hình 8. *Hình ảnh bố trí và tiến hành thí nghiệm dùng lực kế chế tạo để nghiệm lại định luật Hooke*

Kết quả thu được thể hiện trên đồ thị Δl và $F_{đh}$ như Hình 9.



Hình 9. *Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc độ dãn của lò xo với lực đàn hồi*

Từ đây, ta nhận thấy đồ thị Δl và F_{dh} là đồ thị tuyến tính với hệ số tương quan $r^2 = 0,9987$. Kết quả nhận được đã kiểm chứng được định luật Hooke $F_{dh} = k.\Delta l$. Cho thấy được lực kế điện tử sau khi chế tạo có độ chính xác cao và tin cậy.

4. Kết luận

Việc chế tạo các dụng cụ thực hành và sử dụng trong dạy học vật lí ở trường trung học phổ thông không những đáp ứng chương trình hiện nay mà còn góp phần nâng cao năng lực dạy và học ở trường phổ thông. Trong khuôn khổ bài báo, chúng tôi đã đề xuất quy trình tự thiết kế và chế tạo cảm biến lực nhằm khắc phục những hạn chế mà lực kế hiện hành gặp phải. Cảm biến lực đã chế tạo đáp ứng tốt với các bài thí nghiệm trong yêu cầu của chương trình 2018, ví dụ như nghiệm lại định luật Hooke. Đặc biệt có tính trực quan như có thể kết nối bluetooth với phần mềm miễn phí Phyphox trên điện thoại, laptop để hiển thị được số chỉ, giúp các học sinh ngồi xa vẫn có thể quan sát dễ dàng kết quả thí nghiệm; rất tiện ích khi sử dụng trong tiết học trên lớp; cho kết quả chính xác. Kết quả nghiên cứu đã góp phần tạo ra dụng cụ dạy học có chất lượng cho thiết bị trường học khi dạy kiến thức về phần lực và thí nghiệm thực hành có liên quan về lực. Qua đó góp phần nâng cao chất lượng giảng dạy bộ môn Vật lý trong nhà trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

[1] The Ministry of Education and Training, *General Education Program, Physics*, 2018.

[2] M. Euler, *The role of experiments in the teaching and learning of physics*, IOS Press Ebook, 2004, pp. 175-221.

[3] B. R. Wilcox and H. J. Lewandowski, "Students' views about the nature of experimental physics," *Physical Review Physics Education Research*, vol. 13, no. 020110, pp. 020110-1 - 020110-3, August 23, 2017, doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020110.

[4] J. L. Docktor and J. P. Mestre, "Synthesis of discipline-based education research in physics," *Physical Review Physics Education Research*, vol. 10, no. 020119, pp. 020110-2 - 020110-4, September 16, 2014, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.10.020119.

[5] H. M. Doerr, "Experiment, simulation and analysis: an integrated instructional approach to the concept of force," *International Journal of Science Education*, vol. 19, no. 3, pp. 265-282, Feb. 24, 2007.

[6] M. Reiner, "Thought experiments and collaborative learning in physics," *International Journal of Science Education*, vol. 20, p. 1060, 1998.

[7] The Ministry of Education and Training, *List of minimum equipment for high school level*, 2021.

[8] M. N. Ngo and H. P. Mai, "Constructing some experiments using ultrasonic sensors with Labview software to teach Kinetics in grade 10 Physics," *Journal of Science – Ho Chi Minh City University of Education*, vol. 8, no. 74, pp. 60-69, 2015.

[9] Experiment about force sensors, "Phyphox," 2023. [Online]. Available: https://phyphox.org/ experiments/. [Accessed March 10, 2024].