

ỨNG DỤNG CẢM BIẾN LỰC VÀ VI ĐIỀU KHIỂN ARDUINO ĐỂ THIẾT KẾ BỘ THÍ NGHIỆM KHẢO SÁT HỆ SỐ MA SÁT

Nguyễn Thành Phúc, Quách Uy Lập, Ngô Minh Nhật, Nguyễn Lâm Duy*

Khoa Vật lí – Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh

**Tác giả liên hệ: Ngô Minh Nhật – Email: nhutnm@hcmue.edu.vn*

Ngày nhận bài: 09-10-2018; ngày nhận bài sửa: 25-10-2018; ngày duyệt đăng: 24-4-2019

TÓM TẮT

Bộ thí nghiệm khảo sát hệ số ma sát được thiết kế dựa trên việc sử dụng vi điều khiển Arduino và cảm biến lực. Với khả năng giao tiếp với máy vi tính thông qua kết nối bluetooth, dữ liệu thực nghiệm có thể được ghi nhận một cách liên tục và nhanh chóng; biểu diễn được quá trình chuyển tiếp giữa lực ma sát nghỉ và ma sát trượt. Từ đó, người sử dụng có thể tính được hệ số ma sát nghỉ và hệ số ma sát trượt giữa hai bề mặt vật liệu bất kì với độ sai biệt nhỏ hơn 10% so với bộ thí nghiệm hiện có trên thị trường. Bộ thí nghiệm góp phần hỗ trợ giáo viên và học sinh trong việc dạy và học kiến thức về lực ma sát trong chương trình Vật lí lớp 10 trung học phổ thông.

Từ khóa: cảm biến lực, hệ số ma sát, kết nối Bluetooth.

1. Mở đầu

Trong dạy và học Vật lí, thí nghiệm đóng vai trò quan trọng trong quá trình hình thành và củng cố kiến thức, góp phần rèn luyện kỹ năng, thái độ và tư duy thực nghiệm cho học sinh. Tuy nhiên, việc sử dụng thí nghiệm trong giảng dạy vẫn còn hạn chế. Cụ thể trong chương trình Vật lí lớp 10 THPT – phần Cơ học, khi giảng dạy kiến thức về lực ma sát giáo viên thường chỉ mô tả hiện tượng, ít kiểm chứng bằng các thí nghiệm vì không có đầy đủ dụng cụ thí nghiệm hoặc độ chính xác của các bộ thí nghiệm không cao, dẫn đến sai số phép đo lớn. Ở thị trường trong nước, bộ thí nghiệm khảo sát lực ma sát bằng phương pháp mặt phẳng nghiêng do Công ty Cổ phần Sách và Thiết bị Trường học sản xuất (2018) đang được sử dụng rộng rãi tại các trường trung học phổ thông, tuy nhiên bộ thí nghiệm này còn bộc lộ nhiều hạn chế như sai số phép đo phụ thuộc rất nhiều vào người làm thí nghiệm, việc thu thập kết quả mất thời gian, không cho thấy quá trình chuyển từ ma sát nghỉ sang ma sát trượt. Ở thị trường ngoài nước, một số bộ thí nghiệm khảo sát hệ số ma sát do các hãng thiết bị như Leybold (2018), Phywe (2018) sản xuất cũng ứng dụng phương pháp mặt phẳng nghiêng, một số khác lại ứng dụng phương pháp sử dụng lực kế gắn trên vật và kéo vật theo phương nằm ngang. Tuy nhiên, các bộ thí nghiệm trên không biểu diễn được quá trình chuyển đổi giữa ma sát nghỉ và ma sát trượt, hơn nữa việc thực hiện thí nghiệm đòi hỏi người sử dụng phải có khả năng thực nghiệm tốt. Trong khi đó, bộ thí nghiệm khảo sát lực ma sát do hãng Pasco (2018) sản xuất và bộ thí nghiệm do Lee và A. Polycapou thiết kế có khả năng cập nhật giá trị lực ma sát tự động lên máy vi tính, tiện

lợi cho việc quan sát kết quả thí nghiệm (6, tr. 757). Tuy nhiên, thiết kế của Lee và A. Polycapou lại phức tạp, sử dụng cảm biến lực theo ba phương và bộ truyền động vi cấp nên việc tìm kiếm các thiết bị, vật tư này trên thị trường Việt Nam khá khó khăn; bộ thí nghiệm của hãng Pasco có thiết kế đơn giản hơn nhưng giá thành cao, không thể trang bị rộng rãi ở các trường phổ thông.

Ngoài ra, việc đổi mới phương pháp dạy học và ứng dụng khoa học – công nghệ vào giảng dạy đang là một nhu cầu cấp thiết (Dương Xuân Quý, 2010, tr. 10-18). Đối với môn Vật lí, việc ứng dụng các bộ thí nghiệm kết nối với máy vi tính đang là một xu thế tất yếu trong việc đổi mới phương pháp dạy và học. Cụ thể như các công trình nghiên cứu của Hoàng Văn Huệ (2012), Mai Hoàng Phương (2016, tr. 68-75) và Nguyễn Huỳnh Duy Khang (2016, tr. 128-137): các tác giả đã nghiên cứu, sử dụng vi điều khiển, cảm biến trong thiết kế các bộ thí nghiệm kết nối với máy vi tính; giúp cho việc đo đạc và xử lí số liệu nhanh chóng và dễ dàng hơn. Vì vậy, nghiên cứu này tập trung ứng dụng vi điều khiển Arduino và cảm biến lực để chế tạo bộ thí nghiệm khảo sát hệ số ma sát có thể biểu diễn được quá trình chuyển đổi lực ma sát nghỉ qua ma sát trượt. Đồng thời phương pháp đĩa xoay mà chúng tôi sử dụng để khảo sát hệ số ma sát là một phương pháp mới, chưa từng được áp dụng ở các bộ thí nghiệm trong và ngoài nước. Hơn nữa, bộ thí nghiệm này sử dụng các thiết bị hiện có trong nước nên dễ dàng tìm được vật dụng để sửa chữa.

2. Nội dung nghiên cứu

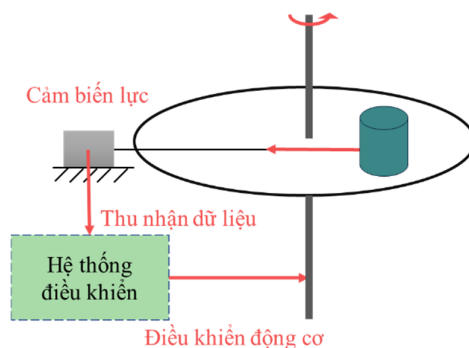
Dựa trên cơ sở xác định các phương pháp nghiên cứu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu cụ thể, chúng tôi thiết kế bộ thí nghiệm theo các bước, được minh họa ở Hình 1:



Hình 1. Sơ đồ hệ thống bộ thí nghiệm

2.1. Mô hình khảo sát hệ số ma sát

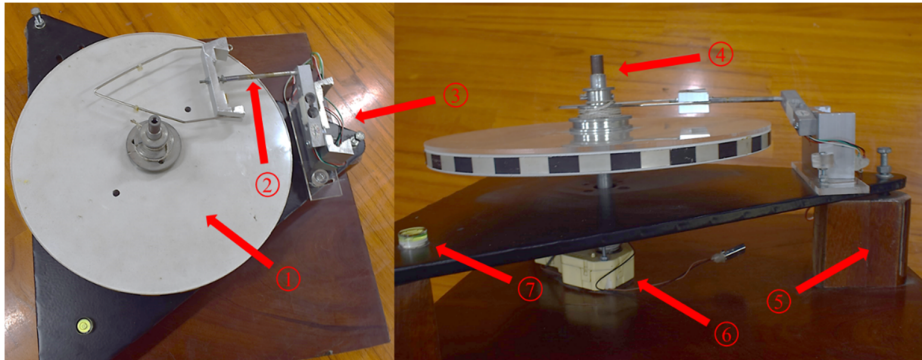
Bộ thí nghiệm khảo sát hệ số ma sát được chế tạo dựa trên ý tưởng sau:



Hình 2. Mô hình thí nghiệm khảo sát hệ số ma sát

Bộ thí nghiệm khảo sát lực ma sát được xây dựng trên ý tưởng như Hình 2. Mô hình bao gồm một đĩa tròn được gắn với động cơ, một vật được giữ trên bề mặt đĩa tròn và nối với cảm biến lực bằng sợi dây. Khi đĩa tròn quay, lực ma sát xuất hiện giữa bề mặt vật và đĩa. Lực ma sát được đo thông qua việc đo lực căng dây nhờ cảm biến lực. Hệ số ma sát giữa bề mặt vật và đĩa được tính thông qua giá trị lực ma sát. Vi điều khiển Arduino tích hợp trong Hệ thống điều khiển trung tâm có vai trò thu nhận giá trị cảm biến lực và điều khiển động cơ.

2.2. Phần cứng

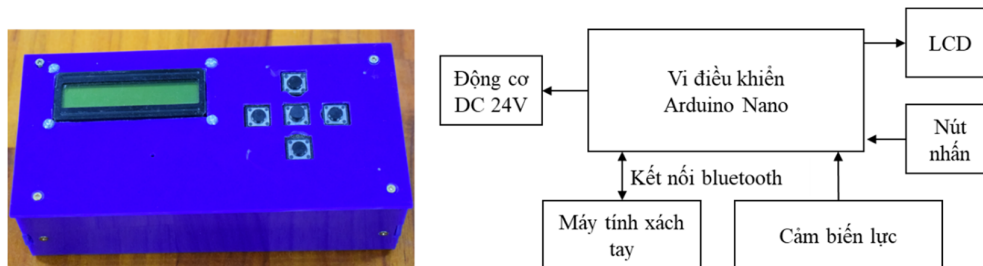


Hình 3. Một số bộ phận cơ bản của bộ thí nghiệm: đĩa tròn nặng (1), cân lực kim loại (2), cảm biến lực (3), trục động cơ (4), hệ thống chân đế bộ thí nghiệm (5), động cơ DC giảm tốc 24V (6), bọt khí (7)

Phần cứng của bộ thí nghiệm bao gồm một đĩa tròn nặng (1) được gắn với trục của động cơ (4) giảm tốc DC 24V, một cảm biến lực CZL-635-3133 1kg với giới hạn đo là 10N với sai số là 0,01N (3) được gắn cố định trên đế bộ thí nghiệm và một cân lực kim loại (2) được nối vào cảm biến lực. Để đo hệ số ma sát nghỉ, ma sát trượt của hai vật A và B bất kì, vật liệu A phải được cắt thành hình tròn và đặt lên đĩa tròn nặng, vật liệu B được giữ chặt bởi cân lực. Khi hệ thống hoạt động, cảm biến lực thu được giá trị lực ma sát giữa vật A và B thông qua cân lực. Để đo đạc được chính xác, ổn định thì đĩa tròn phải quay đều, không bị đảo giúp bề mặt của hai vật làm thí nghiệm luôn được tiếp xúc với nhau. Chính vì vậy, phần cứng của bộ thí nghiệm phải sử dụng đĩa tròn nặng. Động cơ giảm tốc DC 24V (6) với lực kéo phát động lớn được gắn với trục động cơ nối với đĩa tròn nặng góp phần làm quay đĩa tròn liên tục với tốc độ ổn định. Việc sử dụng cân lực bằng kim loại nhằm giữ phương của lực luôn vuông góc với cảm biến trong suốt quá trình hai vật trượt lên nhau, giúp cho kết quả đo đạt được ổn định, hạn chế sai số. Ngoài ra, trên hệ thống chân đế bộ thí nghiệm (5) còn có các ốc tinh chỉnh độ cao bộ thí nghiệm, bọt khí (7) để cân bằng bộ thí nghiệm, giúp việc đo đạc được chính xác hơn.

2.3. Hệ thống điều khiển

Hệ thống điều khiển ghi nhận các giá trị từ cảm biến lực, điều khiển động cơ một chiều DC 24V. Trên hệ thống điều khiển còn có các nút nhấn và màn hình LCD để điều chỉnh việc tiến hành thí nghiệm và hiển thị kết quả một cách trực tiếp. Ngoài ra, các kết quả còn được hiển thị trên giao diện máy vi tính nhờ vào phương thức truyền nhận Bluetooth của hệ thống điều khiển với máy tính. Sơ đồ khối của hệ thống điều khiển được biểu diễn như Hình 4.



Hình 4. Hệ thống điều khiển (trái) và sơ đồ khối hệ thống điều khiển (phải)

- **Vi điều khiển Arduino Nano**

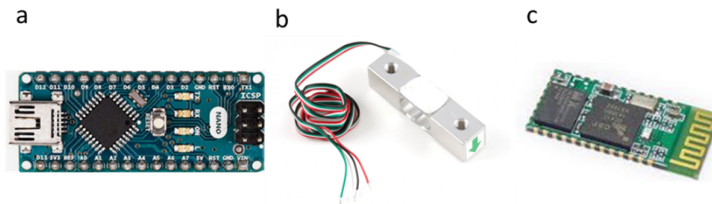
Vi điều khiển Arduino Nano được viết lập trình bằng ngôn ngữ C thông qua phần mềm Arduino IDE có chức năng thu nhận, xử lý các tín hiệu từ cảm biến lực, giao tiếp với Bluetooth HC-05 để tương tác với người sử dụng thông qua giao diện được viết riêng cho bộ thí nghiệm này, nhận các lệnh điều khiển từ người sử dụng thông qua nút nhấn để điều khiển động cơ hoạt động, hiển thị kết quả lên màn hình LCD. Bên cạnh đó vi điều khiển Arduino Nano được sử dụng vì giá thành rẻ, thông dụng trên thị trường Việt Nam, có kích thước nhỏ gọn nên dễ dàng lắp đặt.

- **Cảm biến lực CZL-635-3133 1kg**

Cảm biến đo lực là thiết bị dùng để chuyển đổi lực hoặc trọng lượng thành tín hiệu điện. Các tín hiệu điện được truyền đến vi điều khiển Arduino Nano. Do thiết kế nhỏ gọn với kích thước $52,2 \times 12,7 \times 12,7$ mm, giới hạn đo 10N, sai số là 0,01N (RobotShop, 2011, tr. 2) khá chính xác nên cảm biến lực CZL-635-3133 1kg đáp ứng được yêu cầu của bộ thí nghiệm.

- **Bluetooth HC-05**

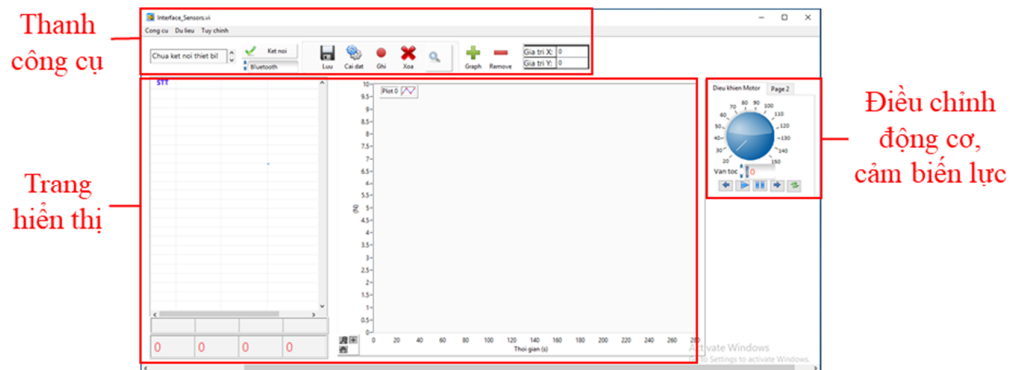
Trong nghiên cứu này, thiết bị bluetooth HC-05 được sử dụng để truyền nhận dữ liệu từ Hệ thống điều khiển về máy tính cá nhân. Đây là một thiết bị cho phép giao tiếp bằng sóng radio ở băng tần ở 2,4 đến 2,480 GHz với tầm thu phát tối đa là 10 m (ITEad Studio, 2010, tr.1). Thiết bị này có hai trạng thái hoạt động: Master-Slave. Trạng thái Slave là chế độ mặc định, các thiết bị bluetooth khác có thể tìm và kết nối với bluetooth đang ở chế độ này. Ở trạng thái Master: bluetooth sẽ tự động tìm kiếm và giao tiếp với bluetooth khác ở chế độ Slave.



Hình 5. Arduino Nano (a), Cảm biến lực CZL-635-3133 1kg (b) và Bluetooth HC-05 (c)

2.4. Giao diện giao tiếp trên máy vi tính

Hình 6 là giao diện giao tiếp giữa vi điều khiển và máy tính được viết trên nền tảng ngôn ngữ Labview. Giao diện máy tính cung cấp một số chức năng điều khiển việc ghi đo số liệu trên thanh công cụ. Bên cạnh đó, các số liệu đo do Hệ thống điều khiển truyền lên được hiển thị tự động ở trang hiển thị. Đồng thời, giao diện máy tính còn cho phép người dùng điều chỉnh động cơ, cảm biến lực. Ngoài ra, chương trình giao tiếp có thể lưu trữ các thông số ghi nhận được, vẽ đồ thị và xuất dữ liệu ra file excel.



Hình 6. Giao diện chương trình trên máy vi tính cá nhân

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Bố trí thí nghiệm đo hệ số ma sát

Ở thí nghiệm này, chúng tôi thực hiện việc khảo sát hệ số ma sát nghỉ, ma sát trượt giữa bề mặt vật đồng và đĩa mica. Thí nghiệm được bố trí như Hình 7.

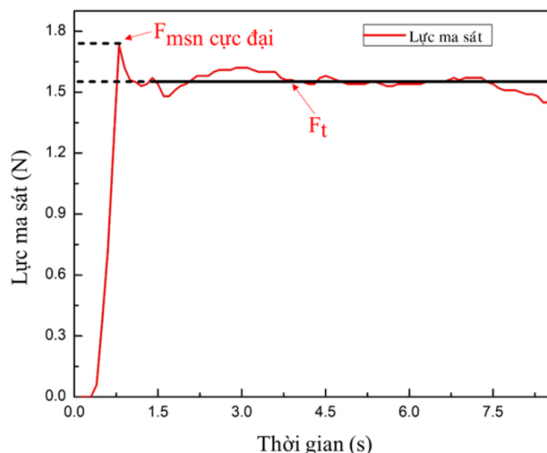


Hình 7. Thí nghiệm đo hệ số ma sát

Khi hệ thống vận hành, đĩa tròn mica quay làm xuất hiện lực ma sát tác dụng lên vật đồng. Giá trị lực ma sát được cảm biến đo và cập nhật lên giao diện máy tính.

3.2. Kết quả thí nghiệm đo hệ số ma sát

Đồ thị lực ma sát theo thời gian được biểu diễn có dạng như Hình 8.



Hình 8. Đồ thị lực ma sát theo thời gian

Đồ thị lực ma sát theo thời gian (Hình 8) được chia làm hai giai đoạn. Giai đoạn một: Giá trị lực ma sát tăng dần từ 0 đến một giá trị cực đại. Giai đoạn hai: Lực ma sát giảm về một giá trị, và thăng giáng xung quanh giá trị đó. Ở giai đoạn một, khi đĩa tròn mica quay, vật đồng chưa trượt trên đĩa mica do chịu tác dụng lực ma sát nghỉ. Lực ma sát nghỉ tăng dần đến một giá trị cực đại, vật đồng bắt đầu trượt. Hệ số ma sát nghỉ được tính thông qua giá trị lực ma sát nghỉ cực đại. Ở giai đoạn hai, vật đồng trượt trên đĩa mica nên sẽ chịu tác dụng của lực ma sát trượt. Lấy trung bình tất cả các giá trị lực ma sát trong giai đoạn này để tìm giá trị lực ma sát trượt trung bình. Từ đó, tìm được hệ số ma sát trượt. Tiến hành thí nghiệm nhiều lần, thu được Bảng số liệu 1 và 2 khảo sát hệ số ma sát nghỉ và hệ số ma sát trượt giữa chất liệu đồng và mica như sau:

Bảng 1. Đo hệ số ma sát nghỉ bằng phương pháp đĩa quay

Khối lượng của vật $m = 0,4995 \text{ kg}$; Gia tốc $g = 9,8m/s^2$				
Lần đo	1	2	3	4
$F_{n_max} (N)$	1,73	1,60	1,65	1,78
μ_n	0,35	0,33	0,34	0,36
$\Delta\mu_n$	0,00	0,02	0,01	0,01

Lấy trung bình các giá trị hệ số ma sát nghỉ, ta thu được $\overline{\mu_n} = 0,35$.

Lấy trung bình các độ sai biệt hệ số ma sát nghỉ giữa các lần đo, ta có $\overline{\Delta\mu_n} = 0,01$.

Vậy giá trị của hệ số ma sát nghỉ giữa vật đồng và đĩa mica đo được theo phương pháp đĩa quay là: $\mu_n = 0,35 \pm 0,01$

Bảng 2. Đo hệ số ma sát trượt bằng phương pháp đĩa quay

Khối lượng của vật $m = 0,4995 \text{ kg}$; Gia tốc $g = 9,8 \text{ m/s}^2$				
Lần đo	1	2	3	4
$\overline{F_t} (N)$	1,56	1,43	1,58	1,58
μ_t	0,32	0,29	0,32	0,32
$\Delta\mu_t$	0,01	0,02	0,01	0,01

Xử lý số liệu tương tự như trên, thu được hệ số ma sát trượt giữa vật đồng và đĩa mica đo được theo phương pháp đĩa quay: $\mu_t = 0,31 \pm 0,01$.

Để kiểm tra tính ổn định của bộ thí nghiệm, ta so sánh kết quả hệ số ma sát nghỉ và hệ số ma sát trượt của tấm mica với quả nặng đo được theo phương pháp đĩa quay với phương pháp mặt phẳng nghiêng.



Hình 9. Bộ thí nghiệm đo hệ số ma sát theo phương pháp mặt phẳng nghiêng
Tại Phòng Thí nghiệm Vật lý phổ thông – Trường Đại học Sư phạm TPHCM

Tiến hành đo hệ số ma sát nghỉ và hệ số ma sát trượt giữa bề mặt vật liệu đồng và mica theo phương pháp mặt phẳng nghiêng, ta thu được kết quả:

Giá trị hệ số ma sát nghỉ giữa bề mặt đồng và mica đo được bằng phương pháp mặt phẳng nghiêng là $\mu_n = 0,33 \pm 0,01$.

Giá trị hệ số ma sát trượt giữa bề mặt đồng và mica đo được bằng phương pháp mặt phẳng nghiêng là: $\mu_t = 0,32 \pm 0,01$.

Nhận xét:

Độ sai biệt giữa hệ số ma sát nghỉ đo từ bộ thí nghiệm so với hệ số ma sát nghỉ đo theo phương pháp mặt phẳng nghiêng là $\delta = 6,1\%$. Độ sai biệt giữa hệ số ma sát trượt đo từ bộ thí nghiệm so với hệ số ma sát trượt đo theo phương pháp mặt phẳng nghiêng là $\delta = 3,1\%$. Do đó, kết quả đo được từ hai phương pháp này tương đồng với nhau. Đồ thị lực ma sát theo thời gian thu được phương pháp đĩa xoay (Hình 8) cho thấy rõ sự phụ thuộc vào lực ma sát nghỉ vào ngoại lực, nó tăng dần theo ngoại lực tác dụng và đạt đến một giá trị cực đại tùy vào bản chất bề mặt tiếp xúc. Ngoài ra, dựa trên các kết quả thu

nhận được, ta thấy hệ số ma sát nghỉ lớn hơn hệ số ma sát trượt nhưng có giá trị gần bằng nhau. Chính vì vậy, trong chương trình phổ thông, người ta coi như chúng bằng nhau.

4. Kết luận

Việc sử dụng cảm biến lực cùng với công nghệ bluetooth trong bộ thí nghiệm đã cho thấy sự tiện lợi trong giao tiếp giữa vi điều khiển và máy tính; rút ngắn thời gian đo đạc và thu nhận số liệu, thao tác thực hiện thí nghiệm dễ dàng hơn. Bên cạnh đó, các kết quả thu nhận khá tốt với độ sai biệt nhỏ hơn 10%. Vì vậy, bộ thí nghiệm này có thể được ứng dụng để dạy các thí nghiệm biểu diễn trên lớp cũng như các tiết thực hành trong phòng thí nghiệm Vật lý ở các trường THPT; giúp cho học sinh có cái nhìn trực quan về kiến thức, qua đó tạo sự hứng thú và mang lại hiệu quả dạy học cao. Bộ thí nghiệm đáp ứng được các tiêu chí như giá thành rẻ, tiết kiệm chi phí và phù hợp với khả năng tài chính ở Việt Nam.

Tuy nhiên, để tối ưu hóa việc lắp đặt các dụng cụ thí nghiệm, hệ thống điều khiển cần được hiệu chỉnh, sửa chữa và gia công mạch in để quá trình thực hiện thí nghiệm được tối ưu hơn.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Công ty Cổ phần Sách và Thiết bị Trường học. (08/9/2018). Xác định hệ số ma sát. Khai thác từ <https://www.stb.com.vn/vi/thia-t-ba-thpt/vat-li-thpt/xac-dinh-he-so-ma-sat.html>
- Dương Xuân Quý. (2010). Vấn đề sử dụng thiết bị thí nghiệm vật lý trong trường phổ thông thực trạng và giải pháp. *Tạp chí Thiết bị giáo dục*, 61, 10-18.
- Hoàng Văn Huệ, Phùng Việt Hải, Nguyễn Thị Thanh Hương. (2012). *Nghiên cứu chế tạo bộ cảm biến và thí nghiệm ghép nối với máy vi tính trong dạy học vật lý ở trường phổ thông*. Đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ, Trường Đại học Tây Nguyên.
- Mai Hoàng Phương và Ngô Minh Nhựt. (2016). Thiết kế bộ cảm biến kết nối không dây với máy vi tính kiểm chứng Định luật II và III Newton. *Tạp chí Khoa học Đại học Sư phạm Hà Nội*, 61, 68-75.
- Nguyễn Huỳnh Duy Khang, Nguyễn Tấn Phát, Nguyễn Lâm Duy. (2016). Ứng dụng vi điều khiển PIC16F877A và các cảm biến điện tử để chế tạo bộ thí nghiệm có tương tác với máy tính nhằm phát huy tính tích cực, sáng tạo trong hoạt động dạy học về các định luật thực nghiệm của chất khí lý tưởng. *Tạp chí Khoa học Đại học Sư phạm Hà Nội*, 61, 128-137.
- Chul-Hee Lee, Andreas A.Polycarpou. (2007). Static Friction Experiments and Verification of an Improved Elastic-Plastic Model Including Roughness Effects. *Journal of Tribology*, 129, 754-760.
- LD Didactic. (07/9/2018). Determining the coefficient of static friction using the inclined plane. Retrieved from: <https://www.leybold-shop.com/physics/physicsexperiments/>

mechanics/forces/inclined-plane/determining-the-coefficient-of-static-friction-using-the-inclined-plane/vp1-2-5-2.html

PHYWE Systeme GmbH. (07/7/2018). Coefficient of friction. Retrieved from: <https://www.phywe.com/en/coefficient-of-friction.html>

PHYWE Systeme GmbH. (09/7/2018). Sliding friction as a function of the weight and area of bearing. Retrieved from: <https://www.phywe.com/en/sliding-friction-as-a-function-of-the-weight-and-area-of-bearing.html#tabs2>

Pasco, (23/8/2018). Sliding Friction Experiment. Retrieved from: [https://www.pasco.com/prodCatalog/EX/EX-5508_sliding-friction experiment/index.cfm](https://www.pasco.com/prodCatalog/EX/EX-5508_sliding-friction%20experiment/index.cfm)

RobotShop. (2011). Datasheet 3133 - Micro Load Cell (0-5 kg) - CZL635, 2.

ITead Studio. (2010). HC-05 Bluetooth to Serial Port Module, 1.

THE APPLICATION OF FORCE SENSOR AND ARDUINO MICROCONTROLLER IN DESIGNING AN APPARATUS EXAMINING THE FRICTIONAL COEFFICIENT

Nguyen Thanh Phuc, Quach Uy Lap, Ngo Minh Nhut, Nguyen Lam Duy*

Ho Chi Minh City University of Education

**Corresponding author: Ngo Minh Nhut – Email: nhutnm@hcmue.edu.vn*

Received: 09/10/2018; Revised: 25/10/2018; Accepted: 24/4/2019

ABSTRACT

An apparatus examining the frictional coefficient is based on Arduino microcontroller and force sensor. With the ability to communicate with the laptop via a bluetooth connection, the experimental data can be recorded continuously and rapidly; represents the transition between static frictional force and sliding frictional force. Because of this, the user can calculate the static frictional coefficient and sliding frictional coefficient of two surfaces made of any materials with an inaccuracy of less than 10% compared to the apparatus on the market. It supports the teacher and his pupils in teaching and learning frictional force in grade 10 high school Physics programme.

Keywords: Force sensor, frictional coefficient, bluetooth connection.