

DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.154

GIẢI PHÁP SỬ DỤNG SMARTPHONE GIÚP HỌC SINH HỌC TRỰC TUYẾN THÍ NGHIỆM VẬT LÝ LỚP 10

Dương Bích Thảo^{1*} và Đinh Thị Quỳnh Thi²

¹Bộ môn Sư phạm Vật lý, Khoa Sư phạm, Trường Đại học Cần Thơ

²Sinh viên Bộ môn Sư phạm Vật lý, Khoa Sư phạm, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Dương Bích Thảo (email: dbthao@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 02/03/2022

Ngày nhận bài sửa: 23/04/2022

Ngày duyệt đăng: 28/04/2022

Title:

Using smartphone for online learning of 10th-grade Physics experiments

Từ khóa:

Cảm biến, thí nghiệm Vật lý, ứng dụng Phyphox, smartphone

Keywords:

Phyphox application, physics experiments, sensors, smartphone

ABSTRACT

During the period that the entire country is concentrating on preventing the Covid-19 outbreak under the motto "pause attending to school, but not stop learning", students at all levels have been taught new knowledge by teachers through the online environment with the online form. Although the situation of the Covid-19 epidemic has been controlled, there are still many potential complications and at the same time, meeting the policy of the governing ministry to strengthen the combination of two forms: face-to-face and online in teaching. Using computers and smartphones as means of teaching and learning is the best solution at the moment. Especially, smartphones have the advantage of being integrated with additional sensors such as accelerometers, gyroscopes, pressure sensors, magnetometers, image sensors, microphones, etc. Applying the above advantages of smartphones, this essay presents the results of research to bring this device into support for students practicing Physics through the Phyphox application. This research focus on smartphone application solutions to support students in doing experiments in Grade 10 Physics.

TÓM TẮT

Trong thời điểm cả nước tập trung phòng chống dịch bệnh Covid-19, với phương châm "tạm dừng đến trường, không dừng việc học", học sinh các cấp đã và đang được thầy cô giảng dạy kiến thức mới qua môi trường mạng với hình thức trực tuyến. Mặc dù tình hình dịch Covid-19 đã được kiểm soát nhưng vẫn còn tiềm ẩn nhiều phức tạp đồng thời đáp ứng chủ trương của Bộ chủ quản là tăng cường sự kết hợp giữa hai hình thức: trực tiếp, trực tuyến trong dạy học. Việc sử dụng máy tính và smartphone để làm phương tiện dạy, học chính là giải pháp tốt nhất. Đặc biệt smartphone có ưu thế là được tích hợp thêm các cảm biến như cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển, cảm biến áp suất, từ kế, cảm biến ảnh, micro... Vận dụng những ưu điểm kể trên của smartphone, trong bài báo này, kết quả nghiên cứu được trình bày là đưa thiết bị này vào hỗ trợ cho người học thực hành Vật lý thông qua ứng dụng Phyphox. Do đó, giải pháp ứng dụng smartphone vào hỗ trợ học sinh học thí nghiệm môn Vật lý lớp 10 được tập trung nghiên cứu.

1. GIỚI THIỆU

Vật lý là môn khoa học thực nghiệm, do đó hầu hết các kiến thức Vật lý đều được rút ra từ những quan sát và thí nghiệm (Ánh, 2017). Vì vậy, một trong số những công cụ để cuốn hút học sinh (HS) vào bài học chính là các thí nghiệm kiểm chứng hay các thí nghiệm thực hành. Với hình thức dạy học trực tuyến, giai đoạn chuẩn bị dụng cụ cũng như tổ chức thực hành thí nghiệm sẽ gặp phải khó khăn trong việc dạy học Vật lý ở phổ thông.

Hiện tại, làn sóng cách mạng công nghiệp 4.0 lan rộng và có tác động mạnh mẽ đến mọi lĩnh vực. Hòa cùng hướng công nghệ hóa, điện thoại thông minh (smartphone) với những cải tiến liên tục đã và đang trở thành trợ thủ đắc lực cho giáo viên (GV) trong quá trình giảng dạy. Smartphone có ưu thế là được tích hợp thêm nhiều cảm biến như cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển, cảm biến áp suất,... để tạo ra những chức năng thông minh phục vụ người dùng. Những năm gần đây, một số công trình nghiên cứu được công bố ở các tạp chí trong nước (Chung, 2019) và ngoài nước (González et al., 2015) đã chỉ ra việc sử dụng smartphone như một công cụ đo đạc và lưu trữ dữ liệu thực nghiệm tạo được nhiều bất ngờ và hứng thú cho người học. Phát triển theo hướng nghiên cứu đó, trong bài báo này, smartphone được đưa vào hỗ trợ dạy học có thí nghiệm trong môn Vật lý nhằm giúp HS lĩnh hội kiến thức được hiệu quả, đồng thời, giải pháp này cũng giúp HS đang tham gia học trực tuyến trong đợt giãn cách xã hội mùa dịch Covid-19 vẫn có thể thực hành thí nghiệm Vật lý thông qua ứng dụng Phyphox trên smartphone.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp điều tra bằng bảng hỏi được sử dụng thông qua biểu mẫu Google Form. Đối tượng khảo sát gồm 216 HS khối lớp 10 trường Trung học phổ thông Thực hành Sư Phạm, Trường Đại học Cần Thơ. Kết quả điều tra được mô tả xử lý thống kê bằng phương pháp thống kê toán học.

3. TIẾN HÀNH NGHIÊN CỨU VÀ THỰC NGHIỆM

3.1. Thí nghiệm trong dạy học Vật lý ở trường phổ thông

3.1.1. Vai trò của thí nghiệm trong dạy học Vật lý

Thí nghiệm Vật lý là sự tác động có chủ định, có hệ thống của con người vào các đối tượng của hiện thực khách quan. Thông qua sự phân tích các điều kiện mà trong đó đã diễn ra sự tác động và các kết quả của sự tác động, ta có thể thu nhận được tri thức

mới (Thâm và ctv., 2002). Theo quan điểm của lý luận nhận thức, trong dạy học Vật lý ở trường phổ thông, thí nghiệm có các vai trò cơ bản sau:

- Thí nghiệm là phương tiện của việc thu nhận tri thức (nguồn trực tiếp của tri thức) giúp củng cố và hệ thống kiến thức một cách vững chắc.
- Thí nghiệm Vật lý giúp đơn giản hóa các hiện tượng, kích thích sự hứng thú học tập của HS khi được trực tiếp làm thí nghiệm.
- Thí nghiệm Vật lý góp phần phát triển khả năng tư duy logic; năng lực sáng tạo; rèn luyện các kỹ năng quan sát; thu thập thông tin; xử lý số liệu; rèn luyện tính cẩn thận, tỉ mỉ trong các thao tác thí nghiệm; nâng cao ý thức chấp hành nội quy, quy định khi tiến hành thí nghiệm cho HS.
- Thí nghiệm giúp cho HS gắn lý thuyết với thực tiễn cuộc sống.

3.1.2. Tiến trình thực hiện thí nghiệm Vật lý

Quy trình thực hiện thí nghiệm Vật lý thường được tổ chức theo các bước sau (Thâm và ctv., 2002):

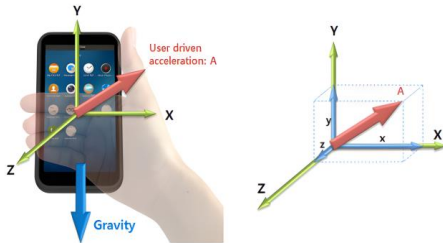
- Xác định mục đích thí nghiệm.
- Xác định đối tượng cần đo và các phép đo.
- Lựa chọn và bố trí dụng cụ thí nghiệm.
- HS tiến hành thí nghiệm để thu thập dữ liệu.
- Xử lý số liệu thu thập được.
- Kết luận.

3.2. Một số loại cảm biến trên smartphone

Hiện nay, smartphone càng được trang bị tích hợp những bộ phận thông minh, không thể không kể đến các bộ phận như cảm biến. Cảm biến giúp điện thoại nhận được tín hiệu từ môi trường xung quanh để kích hoạt tính năng hữu ích phục vụ người dùng nói chung và phục vụ cho thí nghiệm Vật lý nói riêng. Cụ thể như sau:

- Cảm biến gia tốc là loại cảm biến được chế tạo dựa trên công nghệ vi cơ điện tử (Micro-electro-mechanical systems - MEMS) (Vogt & Kuhn, 2012). Cảm biến này phụ trách việc đo đạc các chuyển động theo trục (Hình 1) và có khả năng ghi nhận chuyển động cũng như góc nghiêng của điện thoại so với phương thẳng đứng hoặc phương ngang tính từ mặt đất và gửi tín hiệu tới bộ xử lý để có những phản hồi phù hợp. Với cảm biến gia tốc, GV có thể triển khai thí nghiệm Vật lý để kiểm chứng lực hướng tâm ở chương trình Vật lý lớp 10.
- Từ kế trên smartphone là ứng dụng tích hợp cảm biến dùng để đo cường độ từ trường theo các

phương khác nhau, giúp người dùng xác định chính xác phương hướng trên Trái Đất như một kim la bàn thật. Với công cụ này, GV có thể cho HS tiến hành thí nghiệm Vật lý phát hiện từ tính.



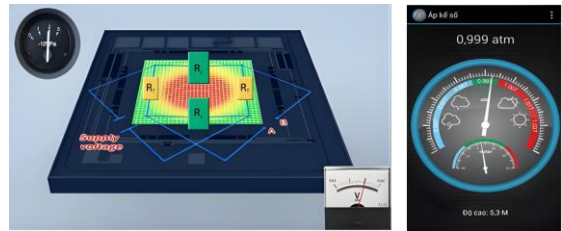
Hình 1. Các trục của cảm biến gia tốc trên smartphone

– Cảm biến cân bằng (Hình 2) là một cảm biến được chế tạo dựa trên công nghệ vi cơ điện tử (Gabriel et al., 1988). Cảm biến này sử dụng nguyên tắc bảo toàn mô men động lượng để đo đặc và duy trì phương hướng. Cảm biến này hỗ trợ làm tăng độ chính xác của từ kế và cũng là cảm biến gia tốc trong việc xác định phương hướng của thiết bị trong không gian. Cảm biến cân bằng được tích hợp trên smartphone giúp GV dễ dàng ứng dụng như một con quay hồi chuyển để hỗ trợ cho HS xây dựng phương án thí nghiệm kiểm chứng lực hướng tâm hoặc đo tốc độ dài, tốc độ góc của vật chuyển động tròn đều.



Hình 2. Cảm biến cân bằng

– Cảm biến áp suất được chế tạo dựa trên hiện tượng điện giảo của màng mỏng Silicon (Gabriel et al., 1988). Nó có chức năng đo áp suất không khí ở khu vực xung quanh đó và được sử dụng như một phong vũ biểu (Hình 3). Đồng thời, cảm biến áp suất có thể tính toán độ cao so với mặt đất theo liên hệ áp suất - độ cao và kết hợp với GPS, la bàn. GV có thể vận dụng cảm biến áp suất giúp HS đo tốc độ và xác định thời điểm của vật chuyển động trong dạy học Vật lý.



Hình 3. Cảm biến áp suất được ứng dụng như một phong vũ biểu

– Micro là một trong những cảm biến rất phổ biến được tích hợp trên smartphone, nó có thể ghi được âm thanh một cách đầy đủ và chính xác. Cảm biến này được tích hợp trên smartphone sẽ giúp GV dễ dàng tổ chức thực hành thí nghiệm Vật lý để đo gia tốc rơi tự do hoặc kiểm chứng độ biến thiên thế năng và công của trọng lực.

– Cảm biến ảnh là một trong những thành phần cấu tạo nên module camera của smartphone. Ngày nay, nhiều smartphone cho phép chụp liên tiếp hình ảnh trong những khoảng thời gian bằng nhau, quay phim siêu chậm,... có thể giúp ghi lại hình ảnh hoạt nghiệm, quỹ đạo chuyển động của vật trong quá trình Vật lý để phân tích.

3.3. Ứng dụng Phyphox

Trong nhiều ứng dụng phổ biến trên smartphone, ứng dụng Phyphox là ứng dụng được xem như tối ưu để giúp người làm thí nghiệm Vật lý khắc phục được hai nhược điểm rất quan trọng là: (1) bản thân smartphone không thể truy cập được vì nó là một phần của dụng cụ thí nghiệm, (2) dữ liệu không thể hiểu được cho đến khi được phân tích trên máy tính. Hai vấn đề trên có thể dẫn đến sai sót trong thu thập dữ liệu và khiến thí nghiệm Vật lý không thể phát huy hiệu năng (Staacks et al., 2018).

Ứng dụng Phyphox (Physical phone experiments) được phát hành trên CH Play của Google và App Stores của Apple vào tháng 9/2016 bởi Đại học RWTH Aachen. Hơn thế nữa, ứng dụng này thuộc mã nguồn mở, cung cấp cả trên hai hệ điều hành Android và iOS thông qua trang web <http://phyphox.org> hỗ trợ làm thí nghiệm mọi lúc mọi nơi trên thế giới. Song song đó, Phyphox được tích hợp thêm tính năng cho phép phân tích và truy cập dữ liệu quan sát từ xa trong quá trình thí nghiệm từ thiết bị khác (Hình 4).



Hình 4. Tính năng truy cập từ xa của Phyphox

Với nhiều tính năng hữu ích của cảm biến trên smartphone và ứng dụng Phyphox, các phương án thí nghiệm trong bài báo này được tiến hành để hướng dẫn HS bố trí thí nghiệm Vật lý, góp phần hình thành, phát triển tư duy logic, năng lực sáng tạo, kích thích sự hứng thú cho HS và tăng hiệu quả của quá trình học tập.



Hình 5. Màn hình chính của ứng dụng Phyphox

3.4. Thiết kế hoạt động thực hành thí nghiệm Vật lý với sự hỗ trợ của smartphone

Hai bài thực hành thí nghiệm Vật lý phổ thông lớp 10 được thiết kế trong bài báo này hỗ trợ HS

thực hành thí nghiệm Vật lý được tốt hơn với thiết bị đo smartphone.

3.4.1. Khảo sát chuyển động rơi tự do và xác định gia tốc rơi tự do (Bài 8 Sách giáo khoa (SGK) Vật lý 10 Cơ bản, Trang 45)

Dựa trên tiến trình thí nghiệm Vật lý, khảo sát chuyển động rơi tự do và xác định gia tốc rơi tự do được tiến hành triển khai tại Cần Thơ với các bước sau:

- HS xem video hướng dẫn thực hành thí nghiệm tại nhà của GV tại đường dẫn liên kết: shorturl.at/crIQV
- GV giúp HS hiểu rõ mục đích thí nghiệm: Khảo sát chuyển động rơi tự do và xác định gia tốc rơi tự do tại Cần Thơ.
- Xác định các độ cao rơi khác nhau và tiến hành đo thời gian rơi của vật.
- HS chuẩn bị dụng cụ thí nghiệm bằng cách tận dụng những vật có sẵn ở nhà để làm vật rơi, thước đo độ cao của vật rơi và smartphone đã cài đặt ứng dụng Phyphox.
- HS tiến hành đo đạc, lấy số liệu:
 - + HS bật ứng dụng Phyphox trên điện thoại, tìm và chọn chức năng “Đồng hồ bấm giờ âm”.
 - + HS bắt đầu thiết lập lại các thông số, chọn biểu tượng “▶” để khởi động; sau đó, HS chọn “Đặt lại” đồng hồ và bắt đầu đo.
 - + HS tiến hành cho vật rơi và ghi dữ liệu, lặp lại thí nghiệm ở các độ cao khác nhau.
 - HS xử lý kết quả số liệu thu thập được: Dựa vào thời gian rơi suy ra gia tốc rơi tự do của vật.

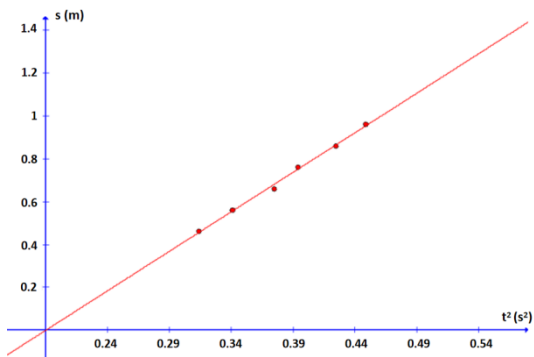


Lần đo	Thời gian rơi t (s)	t ²	Chiều cao h (m)	Gia tốc g (m/s ²) $g = \frac{2h}{t^2}$	Vận tốc v (m/s) $v = \frac{2h}{t}$
1	0.314	0.099	0.480	9.737	3.057
2	0.345	0.119	0.580	9.746	3.362
3	0.375	0.141	0.680	9.671	3.627
4	0.401	0.161	0.780	9.701	3.890
5	0.425	0.181	0.880	9.744	4.141
6	0.448	0.201	0.980	9.766	4.375

Gia tốc trung bình của thí nghiệm:

$$g = \frac{9,737 + 9,746 + 9,671 + 9,701 + 9,744 + 9,766}{6} \approx 9,727 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Hình 6. Giao diện Phyphox và bảng kết quả thực hành đo gia tốc rơi tự do của HS 1



Hình 7. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa s và t² dựa trên bảng số liệu của HS 1

Bảng kết quả ghi lại sau 3 lần đo

	lần 1	lần 2	lần 3
s (m)	0,5	0,7	0,9
t (s)	0,320	0,379	0,430
g (m/s ²)	≈ 9,765	≈ 9,746	≈ 9,734

Công thức tính gia tốc trung bình: $g = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_n}{n}$

Gia tốc trung bình của thí nghiệm: $g = \frac{9,765 + 9,746 + 9,734}{3} \approx 9,748 \text{ (m/s}^2\text{)}$

Hình 8. Bảng kết quả thực hành đo gia tốc rơi tự do của HS 2

– Nhận xét kết luận được rút ra như sau: Tại các vị trí rơi khác nhau, gia tốc rơi tự do của vật thu được có giá trị nhỏ hơn và gần bằng $9,8 \text{ m/s}^2$. Đây chính là giá trị của gia tốc trọng trường tại vị trí làm thí nghiệm. Qua thực nghiệm, số liệu HS thu được cho sai số rất thấp và có giá trị phù hợp với giá trị

của gia tốc trọng trường tại Cần Thơ được công bố khoa học (Hình 6 và Hình 8).

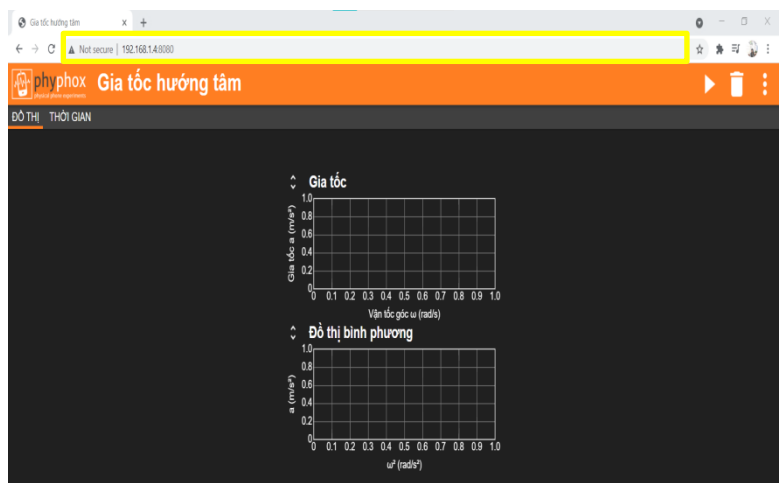
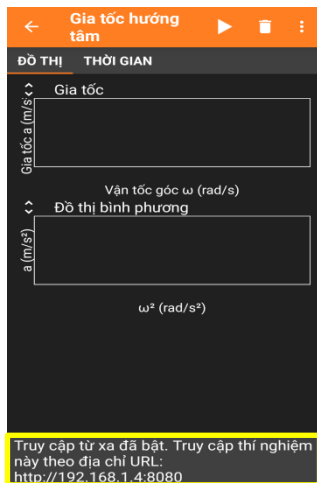
Để khảo sát tính chất của chuyển động rơi tự do, dữ liệu đo của ứng dụng Phyphox được sử dụng để lập bảng số liệu, sau đó, đồ thị $s \sim t^2$ được vẽ và phân tích bằng phần mềm Graph, kết quả thu được như trên (Hình 7). Từ đồ thị, có thể thấy, sự phụ thuộc của s theo t² là một hàm số bậc nhất. Với biểu thức $s = \frac{1}{2}gt^2$, đặt $x = t^2$ ta được $s = \frac{1}{2}gx$. Ta có: $y = ax + b$ trong đó $a = \frac{1}{2}g, b = 0$ nên đồ thị $s = s(t^2) = s(x)$ có dạng là một đường thẳng. Như vậy, chuyển động của vật rơi tự do là chuyển động thẳng nhanh dần đều.

Bên cạnh đó, cảm biến ảnh trên smartphone được sử dụng thông qua chức năng quay phim siêu chậm để ghi lại quỹ đạo chuyển động của vật rơi tự do. Dựa trên hình ảnh hoạt nghiệm thu được, kết luận được rút ra là, chuyển động của vật rơi tự do là chuyển động thẳng nhanh dần đều.

3.4.2. Khảo sát mối quan hệ giữa gia tốc hướng tâm và vận tốc góc trong chuyển động tròn đều (Bài 5 SGK Vật lý 10 Cơ bản, Trang 29)

Thí nghiệm khảo sát mối quan hệ giữa gia tốc hướng tâm và vận tốc góc trong chuyển động tròn đều được thực hiện theo các bước sau:

– HS xem video hướng dẫn thực hành thí nghiệm tại nhà theo đường dẫn liên kết: shorturl.at/kqDHP



Hình 9. Tính năng cho phép truy cập từ xa trên ứng dụng Phyphox

– GV giúp HS hiểu rõ mục đích thí nghiệm: Khảo sát mối quan hệ giữa gia tốc hướng tâm và vận tốc góc trong chuyển động tròn đều.

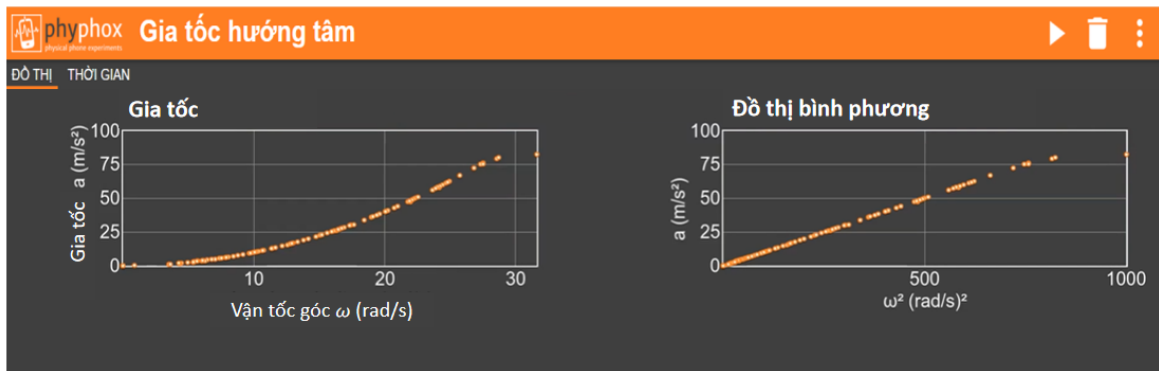
– HS tận dụng những vật quay có trục quay cố định sẵn ở nhà để làm dụng cụ thí nghiệm, smartphone đã cài đặt ứng dụng Phyphox (dùng để

đo) và smartphone hoặc máy tính hỗ trợ có cài đặt ứng dụng Phyphox (dùng để quan sát số liệu).

- HS tiến hành đo đạc, lấy số liệu:
 - + HS bật ứng dụng Phyphox trên điện thoại, tìm và chọn chức năng “Gia tốc hướng tâm”.
 - + HS chọn biểu tượng “ : ” và bật tính năng cho phép truy cập từ xa để lấy địa chỉ liên kết (hình 9a). HS sử dụng thiết bị hỗ trợ truy cập vào địa chỉ liên kết để quan sát và điều khiển thiết bị từ xa khi thực hiện thí nghiệm (hình 9b).
 - + HS cố định điện thoại trên vật quay và chọn biểu tượng “▶” để bắt đầu đo; Sau đó, HS tiến hành cho vật quay và ghi nhận đồ thị.

Lưu ý: Khi tiến hành thí nghiệm, không nên cho vật quay quá nhanh vì cảm biến của điện thoại có thể nhận tín hiệu chưa tốt, dẫn đến sai sót trong quá trình đo.

- Dựa vào đồ thị, nhận xét được rút ra là mối quan hệ giữa gia tốc li tâm và vận tốc góc: Trên cơ sở lý thuyết, biểu thức $a = r\omega^2$ cho thấy $a \sim \omega^2$. Kết quả khảo sát chứng minh được rằng gia tốc li tâm (a) tăng theo bình phương của vận tốc góc (ω^2) và đồ thị biểu diễn mối liên hệ giữa chúng là một đường thẳng (Hình 10), điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết trên.

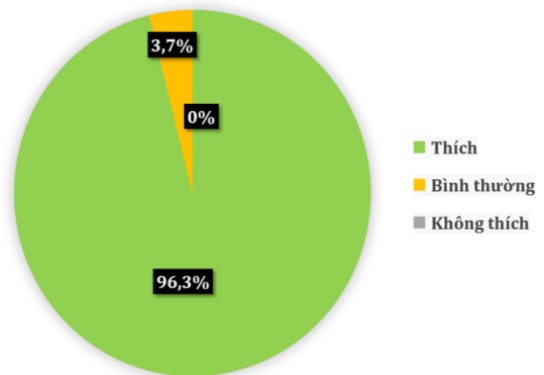


Hình 10. Kết quả thí nghiệm mối quan hệ giữa gia tốc li tâm và vận tốc góc của vật quay được khảo sát trên ứng dụng Phyphox

3.5. Kết quả thực nghiệm

Bài báo tiến hành thực nghiệm với 216 HS khối lớp 10 trường Trung học phổ thông Thực hành Sư Phạm, Trường Đại học Cần Thơ đang tham gia học trực tuyến. Bước đầu, thực nghiệm ghi nhận được một số kết quả khả quan.

Qua thu thập các video thực hành thí nghiệm tại nhà của HS nộp cho GV, có thể thấy, HS đã thực hiện đúng và thu được số liệu, đồ thị rất phù hợp. Có 96,3% HS thu được kết quả gia tốc rơi tự do có giá trị xấp xỉ và nhỏ hơn $9,8 \text{ m/s}^2$ với sai số rất thấp so với kết quả đo gia tốc trọng trường của GV và giá trị gia tốc trọng trường tại nơi thí nghiệm. Trong bài báo này, HS được khảo sát lấy ý kiến về mức độ yêu thích thực hành thí nghiệm Vật lý tại nhà với ứng dụng Phyphox thông qua biểu mẫu Google Form. Từ biểu đồ (Hình 11), mức độ thích thú của HS khi tham gia học thí nghiệm Vật lý thông qua ứng dụng Phyphox chiếm tỉ lệ rất cao (96,3%).



Hình 11. Biểu đồ ý kiến tổng hợp của HS về mức độ hài lòng khi thực hành Vật lý với ứng dụng Phyphox

Điều này cho thấy, việc thực hiện các thí nghiệm với smartphone qua ứng dụng đã tạo được sự hứng thú cho HS trong quá trình học tập, tăng tính năng động, sáng tạo, cho phép HS học theo khả năng của mình cũng như phát triển tính tự học, phù hợp với định hướng dạy học tích cực hiện nay.

4. KẾT LUẬN

Việc đề xuất giải pháp dùng smartphone tích hợp ứng dụng Phyphox trong dạy và học Vật lý đã giúp HS hứng thú học tập Vật lý, phát triển năng lực của HS trong quá trình học tập. Qua thực nghiệm, có thể thấy, giải pháp sử dụng smartphone giúp HS học trực tuyến thí nghiệm Vật lý đã mang lại hiệu quả rất tốt, góp phần khắc phục những khó khăn gặp phải trong thời điểm phòng chống dịch bệnh Covid-19 đồng thời đáp ứng chủ trương dạy học kết hợp trực tiếp-trực tuyến. Hơn thế nữa, giải pháp này cũng có

thể giải quyết được tình trạng thiếu thốn thiết bị thí nghiệm do HS sử dụng smartphone cá nhân và tự thực hành toàn bộ quy trình thí nghiệm thay vì trước đây, các em chỉ được đóng góp một phần nào đó vào trong nhóm lớn. Giải pháp dùng smartphone tích hợp ứng dụng Phyphox giúp các em HS phát huy năng lực tự học nhiều hơn. Tuy nhiên, smartphone vẫn không phải là dụng cụ đo chuyên biệt nên GV cần khéo léo thiết kế các buổi dạy, hướng dẫn HS sử dụng smartphone trong những thí nghiệm phù hợp để hiệu quả dạy học Vật lý đạt được tốt nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Gabriel, K., Jarvis, J., Trimmer, W., & National Science Foundation (U.S.). (1988). Small Machines, Large Opportunities: A Report on the Emerging Field of Microdynamics: Report of the Workshop on Microelectromechanical Systems Research; *Sponsored by the National Science Foundation*. AT & T Bell Laboratories.
- González, M. Á., Martín, M. E., Llamas, C., Martínez, Ó., Vegas, J., Herguedas, M., & Hernández, C. (2015). Teaching and Learning Physics with Smartphones. *Journal of Cases on Information Technology*, 17(1), 31-50. <https://doi.org/10.4018/JCIT.2015010103>
- Thâm, N. Đ., Hung, N. N., & Quế, P. X. (2002). *Phương pháp dạy học Vật lý ở trường phổ thông*. Nhà xuất bản Đại học Sư phạm.
- Chung, P. Đ. (2019). Sử dụng điện thoại thông minh hỗ trợ việc dạy học thí nghiệm Vật lý ở phổ thông. *Tạp chí Giáo dục, số đặc biệt*, tr 258-262.
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone based experiments: phyphox. *Physics Education*, 53 (2018) 045009 (6pp). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>
- Ảnh, T. T. N. (2017). *Sử dụng phối hợp các loại hình thí nghiệm trong dạy học Nhiệt học Vật lý 10 THPT* (Luận án tiến sĩ). Trường Đại học Sư phạm Huế.
- Vogt, P., & Kuhn, J. (2012). Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 50(3), 182-183. <https://doi.org/10.1119/1.3685123>
- Bình, D. L., Chi, N. X., Giang, T., Minh, T. C., Quang, V., & Thịnh, B. G. (2014). *Sách Giáo Khoa Vật lý 10 Cơ bản*. Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.