

DESIGN AND MANUFACTURE A TORQUE EXPERIMENT SET FOR TEACHING PHYSICS IN GENERAL EDUCATION HIGH SCHOOLS ACCORDING TO THE 2018 CURRICULUM

Duong Diep Thanh Hien^{1*}, Huynh Xuan Lam²

¹Quy Nhon University

²Tuy Phuoc 1 High School, Tuy Phuoc district, Binh Dinh province

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 14/11/2023	How to propose and develop a new set of torque experiments to overcome the limitations of the current set? The research aims to provide students with an effective learning apparatus to avoid difficulties and mistakes when conducting force balance and torque experiments in the high school physics program. The research methodology involves meticulous analysis of the constraints associated with the existing torque experiment set, as well as the challenges and errors that students commonly encounter when using this set. Based on these analyses, we have successfully proposed and manufactured a new set of torque experiments according to the proposed experimental equipment construction process. This experiment set enables the execution of most force balance and torque experiments in the 2018 high school physics program. The results of this research have significant implications for innovating physics teaching and learning methods in high schools.
Revised: 23/01/2024	
Published: 23/01/2024	
KEYWORDS	
Torque experiments	
Design and manufacture of a torque experiment set	
Laboratory equipment	
Force equilibrium	
Statics of solid objects	

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO BỘ THÍ NGHIỆM MÔ MEN LỰC VÀ VẬN DỤNG TRONG DẠY HỌC VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG THEO CHƯƠNG TRÌNH 2018

Dương Diệp Thanh Hiền^{1*}, Huỳnh Xuân Lâm²

¹Trường Đại học Quy Nhơn

²Trường THPT số 1 Tuy Phước, huyện Tuy Phước, tỉnh Bình Định

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 14/11/2023	Làm thế nào để đề xuất và phát triển một bộ thí nghiệm moment lực mới nhằm khắc phục những hạn chế của bộ thí nghiệm moment lực hiện tại? Nghiên cứu nhằm cung cấp cho học sinh một bộ thiết bị học tập hiệu quả để tránh những khó khăn và sai lầm khi thực hiện các thí nghiệm về cân bằng lực và moment lực trong chương trình vật lý phổ thông. Phương pháp nghiên cứu được tiến hành bằng việc phân tích kỹ lưỡng những hạn chế của bộ thí nghiệm moment lực hiện có, cũng như khó khăn và sai lầm mà học sinh thường gặp phải khi sử dụng bộ này. Dựa trên những phân tích này, chúng tôi đã đề xuất và chế tạo thành công bộ thí nghiệm moment lực mới theo quy trình xây dựng thiết bị thí nghiệm đã đề xuất, bộ thí nghiệm này mang lại khả năng thực hiện hầu hết các thí nghiệm về cân bằng lực và moment lực trong chương trình vật lý phổ thông năm 2018. Kết quả nghiên cứu này có ý nghĩa quan trọng trong việc đổi mới phương pháp dạy và học vật lý ở trường phổ thông.
Ngày hoàn thiện: 23/01/2024	
Ngày đăng: 23/01/2024	
TỪ KHÓA	
Moment lực	
Thiết kế và chế tạo bộ thí nghiệm moment	
Thiết bị thí nghiệm	
Cân bằng lực	
Tình học vật rắn	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.9208>

* Corresponding author. Email: duongdiepthanhvien@gnu.edu.vn

1. Giới thiệu

Trong dạy học vật lí, thí nghiệm có chức năng là phương tiện của việc thu nhận tri thức; giúp kiểm tra tính đúng đắn của tri thức đã thu nhận được [1]; và là phương tiện của việc vận dụng tri thức đã thu được vào thực tiễn [2], [3]. Ngoài ra, việc sử dụng thí nghiệm trong dạy học vật lí còn kích thích hứng thú học tập vật lí [4], tổ chức quá trình học tập tích cực, tự lực và sáng tạo của học sinh [5]. Tuy nhiên, các bộ thí nghiệm được sử dụng trong dạy học hiện nay, đặc biệt là bộ thí nghiệm moment lực có những hạn chế nhất định [6]. Để nắm được thực trạng việc sử dụng thí nghiệm trong dạy học, đặc biệt là bộ thí nghiệm moment lực hiện hành, chúng tôi đã thực hiện khảo sát nhóm giáo viên giảng dạy Vật lí tại trường trung học phổ thông số 1 Tuy Phước, tỉnh Bình Định và được cụ thể hóa ở bảng 1.

Bảng 1. Kết quả khảo sát tình hình sử dụng bộ thí nghiệm moment lực hiện hành trong dạy học

CÁC TIÊU CHÍ	Có	Không
TC1: Tiến trình xây dựng kiến thức bài học như sách giáo khoa có <u>đễ làm cho HS nhầm lẫn</u> cánh tay đòn với khoảng cách từ trục quay đến điểm đặt của lực?	88%	12%
TC2: Cấu tạo của bộ thí nghiệm <u>có đúng</u> như mô tả trong tài liệu hướng dẫn kèm theo không?	0%	100%
TC3: Bộ thí nghiệm có giúp cho HS <u>đễ dàng thực hiện thí nghiệm theo</u> tiến trình xây dựng kiến thức bài học như SGK không?	28%	72%
TC4: Bộ thí nghiệm có giúp HS <u>đễ dàng xác định</u> cánh tay đòn không?	39%	61%
TC5: Bộ thí nghiệm có làm nổi bật được sự phụ thuộc của tác dụng làm quay vật rắn vào độ lớn của lực, vào cánh tay đòn không?	35%	65%
TC6: Bộ thí nghiệm có làm cho HS <u>đễ dàng thấy được</u> điều kiện cân bằng của vật rắn có trục quay cố định là $F_1.d_1 = F_2.d_2$ không?	40%	60%
TC7: Bộ thí nghiệm có chính xác không?	56%	44%
TC8: Bộ thí nghiệm có đạt yêu cầu?	55%	45%
TC9: Theo thầy (cô) ta có nên chế tạo lại bộ thí nghiệm không?	81%	19%
TC10: Theo thầy (cô) ta có nên xây dựng lại tiến trình cho bài học không?	86%	14%

Từ kết quả khảo sát ở bảng 1, có thể thấy bộ thí nghiệm moment lực hiện hành có những hạn chế nhất định. Do đó, vấn đề đặt ra là cần nghiên cứu, chế tạo bộ thí nghiệm moment lực nhằm khắc phục những hạn chế của bộ thí nghiệm hiện hành và vận dụng trong dạy học là hết sức cần thiết. Trong bài báo này, chúng tôi đề cập đến quy trình xây dựng thiết bị thí nghiệm, từ đó đề xuất bộ thí nghiệm moment lực đã chế tạo và tiến trình xây dựng kiến thức moment lực, quy tắc moment có sử dụng bộ thí nghiệm moment đã chế tạo.

2. Phương pháp nghiên cứu

Để trả lời cho vấn đề nghiên cứu trên, chúng tôi đã sử dụng một số phương pháp nghiên cứu như sau:

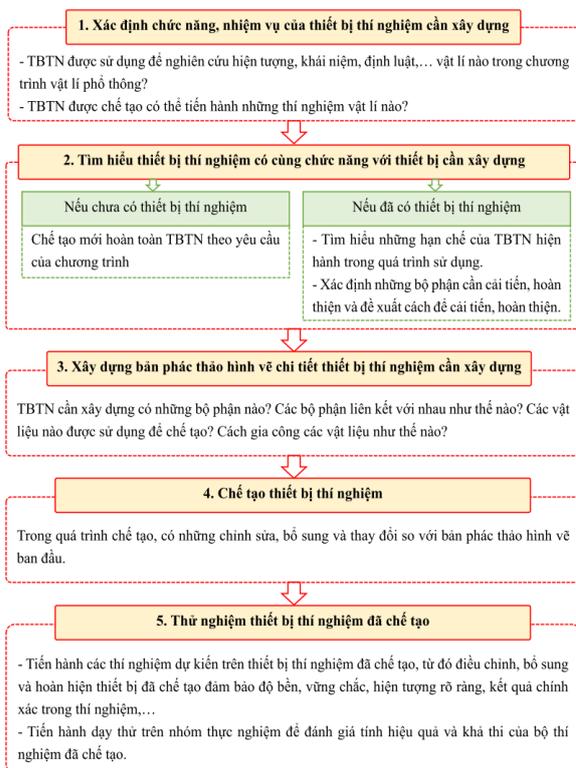
- Phương pháp nghiên cứu lí luận nhằm đề xuất quy trình xây dựng thiết bị thí nghiệm, và vận dụng quy trình đó để thiết kế, chế tạo bộ thí nghiệm moment lực.

- Phương pháp điều tra, khảo sát nhằm nắm bắt tình hình thực tiễn những hạn chế của bộ thí nghiệm moment lực hiện hành, và thực tiễn tính khả thi của việc sử dụng bộ thí nghiệm moment lực mới đã chế tạo trong dạy học.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Quy trình xây dựng thiết bị thí nghiệm

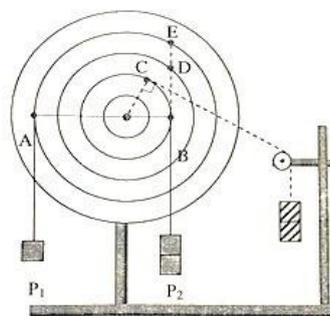
Xây dựng thiết bị thí nghiệm được hiểu là thiết kế, chế tạo thiết bị thí nghiệm mới hoặc cải tiến, hoàn thiện thiết bị thí nghiệm đã có [7]. Dựa trên việc nghiên cứu tổng quan về quy trình xây dựng thiết bị thí nghiệm của các nhóm tác giả [8] chúng tôi đề xuất quy trình xây dựng thiết bị thí nghiệm gồm 05 giai đoạn chính và được cụ thể hóa bằng sơ đồ như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ quy trình xây dựng thiết bị thí nghiệm



Hình 2. Bộ thí nghiệm momen hiện hành



Hình 3. Sơ đồ thí nghiệm trên bộ momen hiện hành

3.2. Thiết kế, chế tạo bộ thí nghiệm moment lực

Dựa vào quy trình xây dựng TBTN, chúng tôi chế tạo bộ thí nghiệm moment lực theo các giai đoạn sau:

Giai đoạn 1: Xác định chức năng, nhiệm vụ của TBTN cần xây dựng

Bộ thí nghiệm moment lực được sử dụng để hình thành nên kiến thức về moment lực, quy tắc moment và có thể được tiến hành 4 thí nghiệm sau:

+ Thí nghiệm 1: Nghiên cứu tác dụng làm quay vật của lực nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay của vật rắn.

+ Thí nghiệm 2: Nghiên cứu tác dụng làm quay vật rắn không phụ thuộc vào khoảng cách từ trục quay tới điểm đặt lực.

+ Thí nghiệm 3: Nghiên cứu tác dụng làm quay vật rắn phụ thuộc vào khoảng cách từ trục quay tới giá của lực (cánh tay đòn).

+ Thí nghiệm 4: Nghiên cứu cân bằng của vật rắn có trục quay cố định dưới tác dụng của nhiều lực.

Giai đoạn 2: Tìm hiểu TBTN có cùng chức năng với TBTN cần xây dựng

Bộ thí nghiệm moment lực (Hình 2) là có sẵn và được trang bị ở các trường trung học phổ thông. Tuy nhiên, qua thực tế sử dụng và dạy học, bộ thí nghiệm hiện hành có những hạn chế sau:

+ Vị trí cân bằng của đĩa bị thay đổi (so với vị trí cân bằng được lựa chọn ban đầu) khi đặt lực P_2 tại các vị trí E, D, B (Hình 3). Hoặc khi thay đổi phương của lực P_2 nhờ ròng rọc (điểm đặt lực tại C, thay đổi vị trí của phương P_2 để đĩa vẫn cân bằng tại vị trí ban đầu), nhưng vẫn rất khó để đĩa có thể cân bằng tại vị trí ban đầu (cánh tay đòn d_1 có thể bị thay đổi).

+ Đĩa moment của bộ thí nghiệm có cấu tạo gồm các vòng tròn đồng tâm, tâm của chúng là trục quay cố định, bán kính các vòng tròn tăng dần từng xentimet một, các đường kính được vẽ trên đĩa từng đôi một hợp với nhau góc 45° , tại các giao điểm có khoang lỗ để treo vật nặng. Với cấu tạo như vậy thì không tồn tại các lỗ tại các điểm D, E sao cho D, E nằm trên đường thẳng qua B và vuông góc với AB tại B. Giả sử bán kính vòng tròn qua lỗ tại điểm B là n xentimet thì bán

kính vòng tròn qua các lỗ tại điểm D, E sẽ là $n\sqrt{2}$ xentimet, khác với các vòng tròn thực tế có trên đĩa. Vì vậy việc tiến hành thí nghiệm như tiến trình nêu trên là không thể.

+ Ngoài ra độ chính xác của bộ thí nghiệm là không cao vì một số lí do như: việc lắp thước đo độ dài lên giá đỡ không chính xác, có một số lỗ khoan không thực sự đúng vị trí,...

Do đó, bộ thí nghiệm moment cần chế tạo phải khắc phục được những hạn chế này.

Giai đoạn 3: Xây dựng bản phác thảo hình vẽ chi tiết thiết bị cần xây dựng

Bộ thí nghiệm moment cần xây dựng gồm hai đĩa tròn, mỏng, phẳng làm bằng mica gắn liền với nhau, đồng trục cũng là trục quay cố định của đĩa và được bố trí như hình 4.

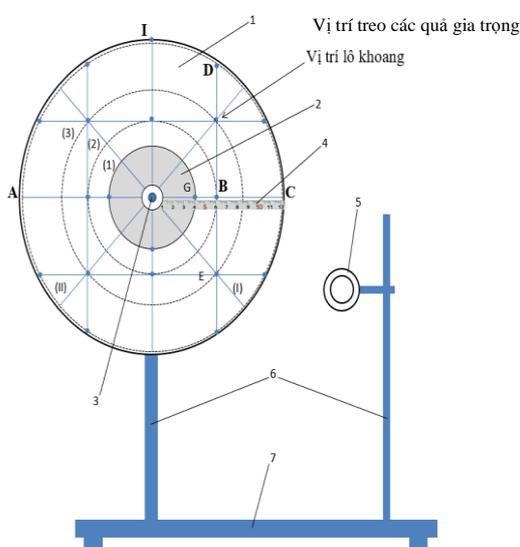
+ Đĩa lớn có đường kính ngoài là 240 mm, độ dày 8 mm. Ở tâm đĩa có lỗ tròn đường kính ngoài là 22 mm để lắp ổ bi. Mặt ngoài của đĩa có rãnh nhỏ để có thể vắt dây treo vật nặng. Trên mặt đĩa có dán thước đo độ dài.

+ Đĩa nhỏ có đường kính ngoài là 80 mm, độ dày 8 mm. Ở tâm đĩa có lỗ tròn đường kính ngoài là 22 mm để lắp ổ bi. Mặt ngoài của đĩa có rãnh nhỏ để có thể vắt dây treo vật nặng. Đĩa nhỏ được dán dính vào mặt trước của đĩa lớn.

+ Mặt trước của đĩa lớn có các vòng tròn với bán kính như sau: Vòng tròn (1) có bán kính 40 mm; vòng tròn (2) có bán kính 60 mm; vòng tròn (3) có bán kính $60\sqrt{2}$ mm (≈ 85 mm). Các đường kính (I), (II) tạo với đường kính AC góc 45° . Như vậy sẽ tạo được các điểm D, E nằm trên đường thẳng qua B và vuông góc với AB tại B. Tại các giao điểm có vị trí để treo các quả gia trọng.

Đĩa moment được lắp lên trục quay cố định nằm ngang, trục quay gắn trên một trụ đứng, ngoài cùng của trục quay có vít hãm để có thể hãm cho đĩa đứng yên khi thao tác thí nghiệm.

Bộ thí nghiệm còn có ròng rọc R nằm trong cùng mặt phẳng với đĩa nhỏ, ròng rọc gắn lên một trụ đứng qua hai khớp nối chữ T. Ròng rọc có thể dễ dàng dịch chuyển lên xuống hoặc qua lại giúp đổi phương của lực tác dụng lên đĩa một cách tùy ý.



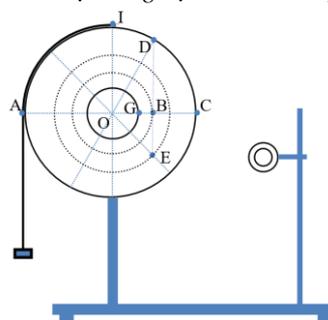
Hình 4. Bản phác thảo bộ thí nghiệm moment cần chế tạo: 1. Đĩa lớn; 2. Đĩa nhỏ; 3. Trục quay; 4. Thước đo; 5. Ròng rọc R; 6. Trụ đứng; 7. Giá đỡ.

Giai đoạn 4: Chế tạo thiết bị thí nghiệm

Dựa vào bản phác thảo chi tiết về bộ thí nghiệm cần xây dựng, quá trình tìm kiếm vật liệu và gia công vật liệu diễn ra. Sau đó tiến hành lắp ráp các chi tiết bộ phận đã gia công thành một bộ thí nghiệm moment lực mới cần xây dựng như hình 5.



Hình 5. Bộ thí nghiệm moment xây dựng



Hình 6. Lực F_1 có tác dụng làm đĩa quay ngược chiều kim đồng hồ

Bộ thí nghiệm này ngoài việc khắc phục những hạn chế của bộ thí nghiệm moment hiện hành. Còn có những điểm cải tiến đáng lưu ý như:

+ Dán thước thước đo lên trên đĩa nên việc đo cánh tay đòn rất chính xác, không còn phải dò tìm vị trí đặt ròng rọc sao cho dây treo tiếp tuyến với các vòng tròn trên đĩa, không còn phải dùng đến eke để đo độ dài cánh tay đòn.

+ Nhờ có cấu tạo đặc biệt nên mỗi khi đổi phương của lực bằng cách vắt dây treo qua ròng rọc thì cánh tay đòn đều không thay đổi độ lớn. Lúc này dây treo giống như được cuốn vào hoặc nhả ra từ đĩa nhỏ. Nếu muốn tiếp tục đổi phương của lực, chỉ cần dịch chuyển ròng lên hoặc xuống, qua hoặc lại nhờ các khớp nối.

+ Tạo ra được moment ban đầu ($M_1 = F_1 d_1$) luôn không đổi khi đĩa quay. Đây là điều mà bộ thí nghiệm hiện hành chưa thực hiện được. Nhờ có moment M_1 không đổi mà khi treo thêm hai vật lên đĩa nếu đĩa chưa cân bằng tự khắc đĩa sẽ quay về vị trí cân bằng (dạng cân bằng bền). Tại đây HS dễ dàng quan sát được cánh tay đòn của lực.

+ Ròng rọc R gắn với trụ đứng thông qua hai khớp nối chữ T nên dễ dàng dịch chuyển qua lại hoặc lên xuống, rất thuận tiện khi đổi phương của lực tác dụng vào đĩa.

+ Về mặt sự phạm, đã tạo được vít hãm để giữ đĩa mỗi khi thao tác treo vật nặng hoặc thay đổi vị trí điểm treo, khắc phục được tình trạng “một tay vịn đĩa, tay kia treo vật”.

+ Bộ thí nghiệm cho độ chính xác rất cao, tính trực quan rất tốt.

Giai đoạn 5: Thử nghiệm thiết bị thí nghiệm đã chế tạo

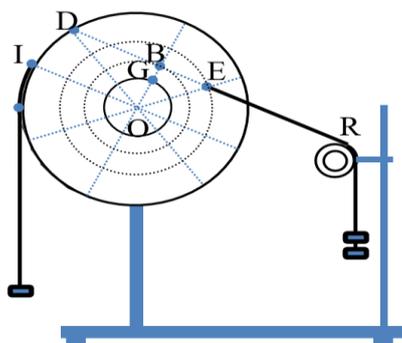
Tiến hành các thí nghiệm trên bộ thí nghiệm moment đã chế tạo:

+ Giữ cố định đĩa (OA nằm ngang), tác dụng lực F_1 lên đĩa tại A bằng cách vắt dây treo quả nặng 0,5 N theo rãnh quanh đĩa lớn từ A đến I, cố định tại I (Hình 6). Khi nói lỏng vít hãm lực F_1 làm cho đĩa quay ngược chiều kim đồng hồ, trong khi đĩa quay dây treo được nhả ra từ rãnh ngoài của đĩa lớn giống như dây được nhả ra một ròng rọc, lực F_1 luôn tiếp tuyến với vành ngoài của đĩa lớn, do đó cánh tay đòn không đổi và luôn có giá trị là $d_1 = 0,12$ m; độ lớn của lực không thay đổi, có giá trị là $F_1 = 0,5$ N, do đó moment lực luôn là $M_1 = F_1 d_1 = 0,06$ N.m. Nghĩa là tác dụng làm quay đĩa ngược chiều kim đồng hồ luôn không đổi khi đĩa quay.

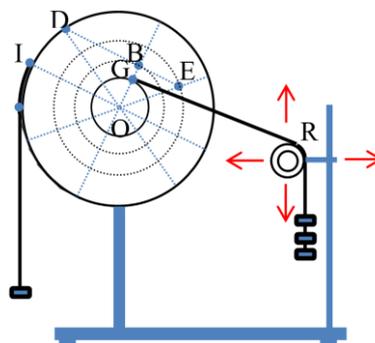
+ Khi treo thêm hai quả nặng (trọng lượng 1,0 N, tương ứng với lực F_2) lần lượt vào C, G, B thì moment lực thay đổi, HS có điều kiện khảo sát sự phụ thuộc của tác dụng làm quay vào cánh tay đòn.

+ Nếu hai quả nặng được treo lần lượt vào B, D, E thì cánh tay đòn không đổi, luôn có giá trị là $d_2 = 0,06$ m nên moment lực luôn là $M_2 = F_2 d_2 = 0,06$ N.m do đó đĩa đứng yên. So sánh giữa các lần thí nghiệm HS có điều kiện khảo sát sự phụ thuộc của tác dụng làm quay vào độ lớn của lực.

+ Tại điểm treo E đổi phương của lực F_2 dễ dàng bằng cách vắt dây treo qua ròng rọc R. Khi nói lỏng vít hãm, đĩa sẽ tự khắc quay về vị trí cân bằng (dạng cân bằng bền), khi đĩa cân bằng thì dây treo thẳng hàng với đoạn thẳng DE, đoạn DE đã được khắc trên đĩa nên rất dễ quan sát (Hình 7), lúc này phương của F_2 tiếp tuyến với vòng tròn (2) nên HS dễ dàng thấy được $d_2 = 0,06$ m, moment lực là $M_2 = F_2 d_2 = 0,06$ N.m nên đĩa đứng yên.



Hình 7. Đĩa ở vị trí cân bằng, dây treo thẳng hàng với đoạn DE



Hình 8. Đĩa cân bằng, dây treo ba vật nặng được cuốn quanh đĩa nhỏ

+ Khi treo ba quả nặng (trọng lượng 1,5 N, tương ứng với lực F_3) vào G bằng cách cuốn dây treo quanh đĩa nhỏ theo rãnh từ G đến H, cố định tại H. Lực F_3 có khuynh hướng làm đĩa quay cùng chiều kim đồng hồ, cánh tay đòn của lực bằng bán kính đĩa nhỏ là $d_3 = 0,04$ m, moment lực luôn là $M_3 = F_3 d_3 = 0,06$ N.m nên khi nối lỏng vít hãm đĩa đứng yên vì tác dụng làm quay đĩa của F_3 cân bằng với tác dụng làm quay đĩa của F_3 . Từ đây, ta đổi phương của lực F_3 để dàng bằng cách vắt dây treo ba quả nặng qua ròng rọc R (Hình 8), dù ròng rọc ở bất kỳ vị trí nào vẫn luôn có cánh tay đòn d_3 bằng 4 cm vì dây treo được cuốn theo rãnh quanh đĩa nhỏ nên khi vắt dây qua ròng rọc R thì lúc này phương của lực F_3 vẫn tiếp tuyến với vành ngoài của đĩa nhỏ. Từ vị trí này, nếu làm cho đĩa quay đi một góc nhỏ quanh trục, dây treo ba quả nặng sẽ được cuốn thêm vào hoặc nhả ra quanh đĩa nhỏ nên d_3 vẫn không đổi, khi buông tay thì đĩa sẽ lại đứng yên ở vị trí cân bằng mới này (dạng cân bằng phiếm định). Nếu muốn tiếp tục đổi phương của lực F_3 ta chỉ việc dịch chuyển ròng rọc R đến một vị trí khác nữa là được.

Chúng tôi sử dụng bộ thí nghiệm đã chế tạo để tiến hành dạy trên nhóm thực nghiệm và đạt kết quả tốt, đánh giá được tính hiệu quả và khả thi của bộ thí nghiệm moment đã chế tạo. Đồng thời, chúng tôi cũng tiến hành khảo sát lại nhóm giáo viên ban đầu, có sử dụng bộ thí nghiệm moment lực đã chế tạo trong dạy học, và được cụ thể hóa ở bảng 2.

Kết quả cho thấy, 100% giáo viên được khảo sát đồng ý với bộ thí nghiệm cải tiến và tiến trình bài học được xây dựng mới, phần lớn giáo viên đều cho biết học sinh không còn mắc sai lầm trong việc xác định cánh tay đòn. Với kết quả khảo sát thu được, có thể nhận xét bộ thí nghiệm cải tiến đã đạt được các yêu cầu của một bộ thiết bị thí nghiệm để phục vụ trong quá trình dạy và học môn Vật lí.

Bảng 2. Kết quả khảo sát tình hình sử dụng bộ thí nghiệm moment lực chế tạo trong dạy học

CÁC TIÊU CHÍ	Có	Không
Tiến trình xây dựng kiến thức bài học đã được xây dựng lại có <u>đễ làm cho HS nhầm lẫn</u> cánh tay đòn với khoảng cách từ trục quay đến điểm đặt của lực?	5%	95%
Cấu tạo của bộ thí nghiệm <u>có đúng</u> như mô tả trong tài liệu hướng dẫn kèm theo không?	100%	0%
Bộ thí nghiệm có giúp cho HS <u>đễ dàng thực hiện thí nghiệm theo</u> tiến trình xây dựng kiến thức bài học đã được xây dựng lại không?	80%	20%
Bộ thí nghiệm có giúp HS <u>đễ dàng</u> xác định cánh tay đòn không?	80%	20%
Bộ thí nghiệm có làm nổi bật được sự phụ thuộc của tác dụng làm quay vật rắn vào độ lớn của lực, vào cánh tay đòn không?	68%	32%
Bộ thí nghiệm có làm cho HS <u>đễ dàng</u> thấy được điều kiện cân bằng của vật rắn có trục quay cố định là $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$ không?	82%	18%
Bộ thí nghiệm có chính xác?	78%	22%
Bộ thí nghiệm có đạt yêu cầu?	80%	20%
Theo thầy (cô) có cần cải tiến gì thêm bộ thí nghiệm không?	0%	100%
Theo thầy (cô) có cần bổ sung thêm gì tiến trình bài học mới không?	0%	100%

4. Kết luận

Việc chế tạo các TBTN 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 xây dựng TBTN và sử dụng quy trình đó để chế tạo bộ thí nghiệm moment lực nhằm khắc phục những hạn chế mà bộ thí nghiệm moment hiện hành gặp phải. Bộ thí nghiệm đã chế tạo đáp ứng rất tốt so với yêu cầu của chương trình 2018, đặc biệt yêu cầu về tính trực quan; 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 bộ thí nghiệm có chất lượng cho thiết bị trường học, có thể sử dụng làm tư liệu dạy học cho giáo viên khi dạy kiến thức về phần Tĩnh học. Qua đó góp phần nâng cao chất lượng giảng dạy bộ môn Vật lí trong nhà trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] I. T. Koponen and T. Mäntylä, "Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction," *Sci. Educ.*, vol. 15, pp. 31-54, 2006.
- [2] T. L. N. Nguyen and D. G. Duong, "Teaching physics with the support of experiments and visual aids to develop students' problem-solving capacity," *Vietnam J. Educ.*, vol. 22, no. 23, pp. 11-17, 2022.
- [3] M. Euler, "The role of experiments in the teaching and learning of physics," in *Research on physics education*, Ios Press, 2004, pp. 175–221.
- [4] J. Trna and P. Novak, "Motivational effectiveness of experiments in physics education," in *Proceedings of selected papers of the GIREPICPE-MPTL International conference*, 2010, pp. 409-417.
- [5] E. O. Okono, P. L. Sati, and M. F. Awuor, "Experimental approach as a methodology in teaching physics in secondary schools," *Int. J. Acad. Res. Bus. Soc. Sci.*, vol. 6, no. 5, pp. 457-474, 2015.
- [6] T. K. Y. Vuong, "Renovating the setup of 'Torque evaluation and equilibrium of a rigid body in fixed axis rotation' in teaching physics at high schools," *TNU J. Sci. Technol.*, vol. 188, no. 12/2, pp. 17-20, 2018.
- [7] X. Q. Duong, N. H. Nguyen, M. T. Nguyen, and T. P. T. Do, "Applying STEM Engineering Design Process through Designing and Making of Electrostatic Painting Equipment in Two Rural Schools in Vietnam," *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 11, no. 1, pp. 1-10, 2022.
- [8] X. Vylaychit, V. B. Nguyen, and A. T. Nguyen, "Process constructing and using experimental equipment in teaching section 'Thermology' Physics grade 8 to develop experimental competence of students in Lao People's Democratic Republic," *HNUE J. Sci.*, vol. 64, no. 1, pp. 157–164, 2019.