

SURVEYING THE MOTION OF OBJECTS THROWN OBLIQUELY BY EXPERIMENTAL METHOD

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 can we effectively and reliably investigate projectile motion with an inclination angle to understand its essential characteristics and parameters better to meet the demands of modern education? We have proposed an experimental method to study projectile motion with an inclination angle to address this issue. Firstly, we constructed a simple apparatus for projectile motion and selected a specific object for the experiment. We recorded and collected data on the object's motion during the projectile motion, then utilized the Filmora software to analyze and process the data to evaluate essential parameters such as trajectory shape, position, velocity, and acceleration throughout the projectile motion. The result of the study is a constructed apparatus for projectile motion, which can assist in gathering detailed data on projectile motion and analyzing them to understand the related characteristics and important parameters better.
Revised:	23/01/2024	
Published:	23/01/2024	
KEYWORDS		
Projectile motion		
Projectile motion project		
Experimental investigation of projectile motion		
Tracing the path of projectile motion		
Thrown object		

KHẢO SÁT CHUYỂN ĐỘNG NÉM XIÊN BẰNG THỰC NGHIỆM

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 khảo sát chuyển động ném xiên một cách hiệu quả, đáng tin cậy hơn về các đặc điểm và thông số quan trọng liên quan đến chuyển động này nhằm đáp ứng nhu cầu đổi mới giáo dục hiện nay? Để giải quyết vấn đề này, chúng tôi đã đề xuất một phương pháp khảo sát chuyển động ném xiên bằng thực nghiệm. Đầu tiên, chúng tôi đã chế tạo một thí nghiệm ném xiên đơn giản và lựa chọn một vật cụ thể để tiến hành thí nghiệm. Chúng tôi đã ghi lại và thu thập dữ liệu về chuyển động của vật thể trong quá trình ném xiên, sau đó phân mềm Filmora được sử dụng nhằm phân tích và xử lý dữ liệu để đánh giá các thông số quan trọng như dạng quỹ đạo, vị trí, vận tốc và gia tốc của vật thể trong suốt quá trình ném xiên. Kết quả của nghiên cứu là bộ thí nghiệm ném xiên được chế tạo, với bộ thí nghiệm này có thể giúp thu thập được dữ liệu chi tiết về chuyển động ném xiên và phân tích chúng để hiểu rõ hơn về đặc điểm và các thông số quan trọng liên quan.
Ngày hoàn thiện: 23/01/2024	
Ngày đăng: 23/01/2024	
TỪ KHÓA	
Ném xiên	
Dự án ném xiên	
Khảo sát thực nghiệm ném xiên	
Ghi vết vật ném xiên	
Vật ném	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.9215>

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

1. Giới thiệu

Theo Chương trình Vật lí 2006 thì chuyển động ném xiên được khảo sát dựa trên phân tích chuyển động của vật theo các phương, học sinh có thể làm thí nghiệm kiểm chứng đơn giản bằng chuyển động của tia nước bắn ra từ vòi nước. Theo Chương trình Vật lí 2018, nội dung kiến thức chuyển động ném thuộc phần “Chuyển động biến đổi” và được đưa vào dưới dạng hoạt động trải nghiệm thông qua dự án học tập, học sinh sẽ thực hiện thiết kế phương án thí nghiệm nhằm tìm điều kiện ném vật trong không khí để đạt độ cao hoặc tầm xa lớn nhất. Từ đó, nhiều phương án được đề xuất để tổ chức dạy học nội dung kiến thức này như sử dụng phần mềm mô phỏng chuyển động ném xiên nhằm giúp học sinh nghiên cứu mối quan hệ giữa vận tốc ban đầu, góc ném, ảnh hưởng của sức cản không khí với quỹ đạo chuyển động của vật ném [1]-[3]; sử dụng phần mềm phân tích video để nghiên cứu quỹ đạo của vật bị ném [4]; mô phỏng chuyển động của vật bị ném trong trường hấp dẫn có lực cản [5]; dạy dựa trên những quan điểm sai lầm của học sinh [6]. Từ những nghiên cứu này có thể nhận thấy thiếu sót trong việc không tạo điều kiện để học sinh khám phá chuyển động vật bị ném thông qua thí nghiệm thật. Chuyển động của vật bị ném là một trong những nội dung kiến thức quan trọng của vật lí bởi những ứng dụng của nó trong đời sống, thể thao, quân sự,... Việc hình thành nội dung kiến thức vật lí này thông qua thí nghiệm là hết sức cần thiết vì không những giúp gắn kiến thức với thực tiễn mà còn giúp học sinh rèn luyện các kĩ năng và lĩnh hội kiến thức vững chắc. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất phương án khảo sát chuyển động ném xiên bằng thực nghiệm và sử dụng công nghệ để nghiên cứu quỹ đạo của vật ném nhằm giúp học sinh có thể quan sát được quỹ đạo chuyển động của vật ném, cũng như xác định được mối quan hệ giữa vận tốc ném ban đầu, góc ném sẽ ảnh hưởng tới độ cao và độ xa của vật ném. Với nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành chế tạo bộ thí nghiệm ném xiên và sử dụng phần mềm Filmora [7] để phân tích quỹ đạo và xác định tọa độ của vật ném.

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 thực nghiệm nhằm thiết kế, chế tạo bộ thí nghiệm ném xiên. Với phương pháp này, chúng tôi làm rõ bộ thí nghiệm được chế tạo dựa trên giải pháp nào; đáp ứng yêu cầu về thiết bị và kĩ thuật như thế nào để có thể sử dụng trong dạy học vật lí ở trường phổ thông.
- Phương pháp phân tích kết quả thí nghiệm bằng phần mềm mô phỏng: từ kết quả thí nghiệm thu được, chúng tôi sử dụng phần mềm để nghiên cứu và phân tích quỹ đạo của vật ném. Phần mềm được sử dụng là Filmora nhằm giúp học sinh quan sát và phân tích quỹ đạo chuyển động của vật ném từ các video ghi lại trong quá trình thí nghiệm.

3. Kết quả và bàn luận

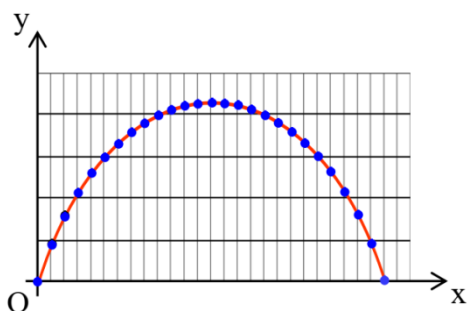
3.1. Giải pháp ghi vết của vật chuyển động trong mặt phẳng tọa độ xOy

Giả sử có một vật được ném xiên trong không gian trong mặt phẳng tọa độ xOy là mặt phẳng thẳng đứng, từ ý tưởng của phương pháp chụp ảnh hoạt nghiệm (hình 1) nhận thấy nếu ghi lại vết của vật chuyển động trong mặt phẳng tọa độ xOy sau những khoảng thời gian bằng nhau liên tiếp nhau, lập bảng số liệu (hình 2) về tọa độ của vật sau những khoảng thời gian bằng nhau đó. Dựa vào bảng số liệu ta có thể khảo sát chuyển động của vật. Phương pháp ghi vết gồm các giai đoạn sau:

- Thực hiện ném xiên cho vật chuyển động trong mặt phẳng tọa độ xOy là mặt phẳng thẳng đứng với vận tốc ban đầu $\vec{V}_0$ hợp với phương ngang một góc α_0 . Gốc O trùng với điểm ném vật.
- Dùng máy quay để quay lại chuyển động của vật ở chế độ quay chậm.
- Dùng phần mềm ghi lại vết của vật (hình 3) chuyển động trong mặt phẳng tọa độ sau những khoảng thời gian bằng nhau. Có rất nhiều phần mềm, ở đây nhóm tác giả sử dụng phần mềm Filmora, đây là phần mềm có chức năng làm chậm và ghi lại vết của vật chuyển động trên quỹ đạo. Việc ghi vết phụ thuộc vào yêu cầu của người sử dụng, và được cài đặt bằng cách: xem đoạn

video có tổng thời gian là bao nhiêu, cần bao nhiêu hình. Chẳng hạn đoạn video dài 120 giây, ta cần 13 vết hình kể cả hai vết đầu và cuối thì ta chia 120 giây thành 12 khoảng thời gian nhỏ, mỗi khoảng 10 giây. Như vậy cứ 10 giây ta lưu lại một lớp hình (hình 3).

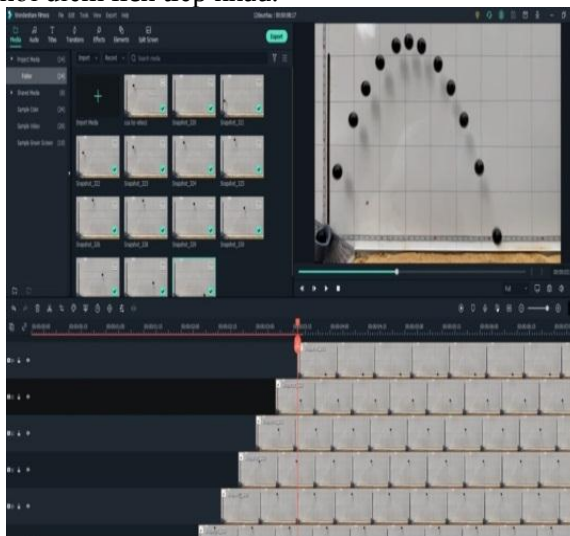
Lập bảng số liệu về tọa độ vết của vật ở các thời điểm liên tiếp nhau.



Hình 1. Vết của vật được ghi lại sau những khoảng thời gian bằng nhau

t	0	t_1	$2t_1$	$3t_1$	$4t_1$	$5t_1 \dots$
x	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_5 \dots$
y	y_0	y_1	y_2	y_2	y_2	$y_2 \dots$

Hình 2. Số liệu lấy từ hình ảnh ghi vết của vật tại các vị trí trong hệ tọa độ vào các thời điểm



Hình 3. Dùng phần mềm kết hợp video ghi lại vết của vật chuyển động sau những khoảng thời gian bằng nhau, liên tiếp nhau trong hệ trục tọa độ xOy

3.2. Thiết kế, chế tạo cơ cấu ném xiên vật trong không gian

Để khảo sát chuyển động ném xiên ngoài lập các phương trình tọa độ, phương trình quỹ đạo còn phải khảo sát sự phụ thuộc của tầm ném xa, ném cao vào góc ném, tốc độ ban đầu,... nên việc thiết kế chế tạo cơ cấu ném phải đạt các yêu cầu như sau:

Yêu cầu chung: Thay đổi được góc ném vật, thay đổi được tốc độ ném và độ cao điểm ném vật.

Yêu cầu về mặt thiết bị

- Vật ném là viên bi có kích thước và trọng lượng vừa phải sao cho dễ quan sát, an toàn với con người, sức cản của không khí lên viên bi rất nhỏ so với trọng lượng. Chọn viên bi bằng sắt có khối lượng $M = 10,69$ gam, đường kính 15 mm.

- Lò xo có độ cứng sao cho có thể đẩy viên bi tạo được tầm xa lớn nhất khoảng 1,2 m. Chọn lò xo có $k = 95$ N/m; chiều dài 160 mm; khối lượng 2,59 gam.

- Đệm giữa lò xo và viên bi là khối gỗ hình trụ tròn có chiều cao 18 mm, đường kính đáy 15 mm, khối lượng $m = 5,35$ gam (kể cả chốt cài).

- Ống dẫn hướng cho chuyển động của viên bi và lò xo, gọi là súng. Chọn ống nhựa PVC có đường kính ngoài 21 mm, đường kính trong 15,5 mm, chiều dài 190 mm.

- Bảng gỗ phẳng dán đế cân để lắp súng, trên bảng có kẻ hệ tọa độ xOy và thước đo chiều dài dọc theo các trục tọa độ Ox, Oy.

- Các thước đo chiều dài để đo tầm xa, tầm cao, độ cao nơi ném vật và để xác định tọa độ của vật ở các thời điểm khác nhau; thước đo góc gắn cố định ở miệng ống kết hợp với dây dọi (dây dọi được thay bằng phương của trục Oy) để đo góc ném.

- Để đảm bảo trục Ox luôn nằm ngang, trên trục Ox có gắn cân thủy.

Yêu cầu về mặt kỹ thuật

- Viên bi luôn được bắn ra từ miệng ống với vận tốc ban đầu là $\vec{v}_0$.

Vị trí cân bằng của viên bi là miệng ống, độ lớn v_0 được xác định như sau:

Gọi M là khối lượng viên bi, m là khối lượng miếng đệm. Từ vị trí cân bằng, đẩy viên bi dọc theo trục lò xo để nén lò xo một đoạn A rồi thả nhẹ. Hệ số ma sát là μ , coi lò xo nhẹ có độ cứng k . Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng, ta có

$$\frac{1}{2}kA^2 - (m+M)g.A\sin\alpha = \frac{1}{2}(m+M)v_0^2 + \mu(m+M)g.\cos\alpha.A$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2}{m+M} \left[\frac{1}{2}kA^2 - (m+M)g.A\sin\alpha - \mu(m+M)g.\cos\alpha.A \right]} \quad (*)$$

Khi vừa về vị trí cân bằng thì miếng đệm được giữ lại, từ đây viên bi được tách rời và bay đi với vận tốc ban đầu v_0 . Theo lý thuyết thì vì có ma sát nên vật M đạt tốc độ cực đại khi chưa đến miệng ống, tuy nhiên với số liệu của thiết bị như trên thì tính toán cho thấy khoảng cách này rất nhỏ, có thể bỏ qua.

Với các giá trị $m = 5,35$ gam; $M = 10,69$ gam; $k = 95$ N/m; hệ số ma sát giữa nhựa và thép sau khi đã được làm trơn là $\mu = 0,2$ [8]. Dùng công thức (*) tính v_0 theo α với các giá trị của A xác định thu được các số liệu như bảng 1:

Bảng 1. Bảng số liệu tính toán lý thuyết của v_0 theo A và α

A (cm)	α	v_0 (m/s)	A (cm)	α	v_0 (m/s)
1,4	30°	0,987	2,0	30°	1,451
	45°	0,963		45°	1,427
	60°	0,946		60°	1,410
	75°	0,938		75°	1,403
A (cm)	α	v_0 (m/s)	A (cm)	α	v_0 (m/s)
2,6	30°	1,913	3,2	30°	2,375
	45°	1,889		45°	2,352
	60°	1,873		60°	2,336
	75°	1,866		75°	2,329

Trong phạm vi sai số cho phép, các số liệu tính toán cho thấy việc thay đổi góc ném α ít ảnh hưởng đến vận tốc ném v_0 . Nhưng khi thay đổi độ nén ban đầu A thì vận tốc ném v_0 thay đổi rất nhiều. Khi tăng A thì v_0 tăng và ngược lại. Do đó để tăng hoặc giảm v_0 ta có thể tăng hoặc giảm A .

Giải pháp: trên ống nhựa có phay rãnh dọc theo thân ống cùng với nhiều nấc để nén lò xo nhiều ít khác nhau.

- Hiệu chỉnh $\Delta\ell_0$

Tại vị trí cân bằng, lò xo bị nén một đoạn $\Delta\ell_0$ gọi là độ nén ban đầu

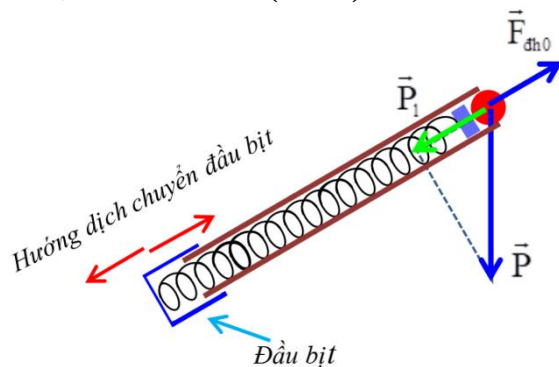
Ta có $F_{\text{đh0}} = P_1$

$$k.\Delta\ell_0 = (m+M)g.\sin\alpha \Rightarrow \Delta\ell_0 = \frac{(m+M)g.\sin\alpha}{k}$$

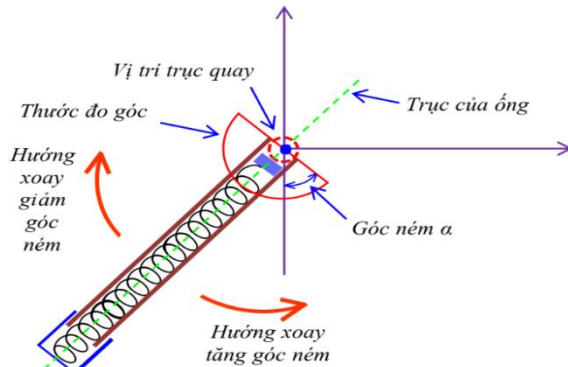
Khi thay đổi góc nghiêng thì độ nén ban đầu $\Delta\ell_0$ của lò xo sẽ thay đổi vì vậy vị trí cân bằng của vật nặng sẽ bị thay đổi dọc theo trục của ống. Ở đây yêu cầu vị trí cân bằng phải luôn ở tại miệng ống (trùng với vị trí trục quay), khi cân bằng một nửa viên bi ló ra khỏi miệng ống vì vậy mỗi khi thay đổi góc nghiêng ta phải dịch chuyển đầu cố định của lò xo dọc theo trục ống để sao cho khi cân bằng viên bi ló ra khỏi miệng ống một nửa.

Giải pháp kỹ thuật là miệng ống còn lại có đầu bịt để giữ đầu cố định của lò xo, đầu bịt có thể dễ dàng dịch chuyển dọc theo trục của ống. Sau khi xác định được góc nghiêng, vận vít ở trục quay để cố định phương nghiêng của ống, dịch chuyển đầu bịt dọc theo ống (lúc này cả lò xo và

viên bi dịch chuyển theo) sao cho vật nặng có vị trí cân bằng ở tại miệng ống, vặn vít đầu bịt để cố định đầu của lò xo (hình 4).



Hình 4. Cơ cấu hiệu chỉnh $\Delta \ell_0$



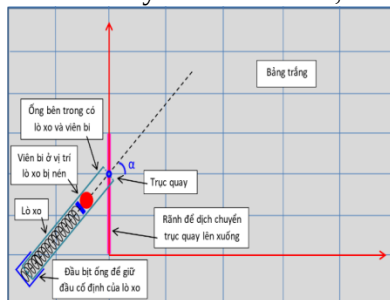
Hình 5. Cơ cấu thay đổi góc α

- Thay đổi góc ném α

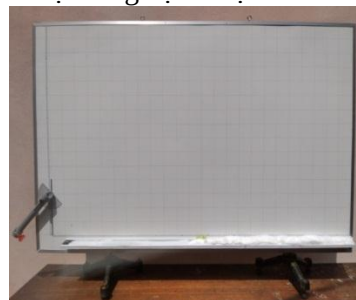
Để thay đổi góc ném α ta phải xoay ống (hình 5), nhưng yêu cầu là viên bi phải được ném từ toạ độ $x = 0$. Vì vậy vị trí trục quay phải được đặt tại miệng ống (tại vị trí cân bằng của viên bi). Trục quay sẽ được gắn với bảng cố định.

Thước đo góc được gắn tại miệng ống, sao cho cạnh của thước vuông góc với trục của ống (cũng là trục của lò xo). Góc ném được tính từ vạch số 0 trên thước đến vạch trên thước trùng với trục Oy .

Với các yêu cầu như trên, toàn bộ thí nghiệm được thiết kế và chế tạo như hình 6 và hình 7.



Hình 6. Bản thiết kế bộ thí nghiệm ném xiên



Hình 7. Bộ thí nghiệm ném xiên



Hình 8. Thiết lập chế độ quay video

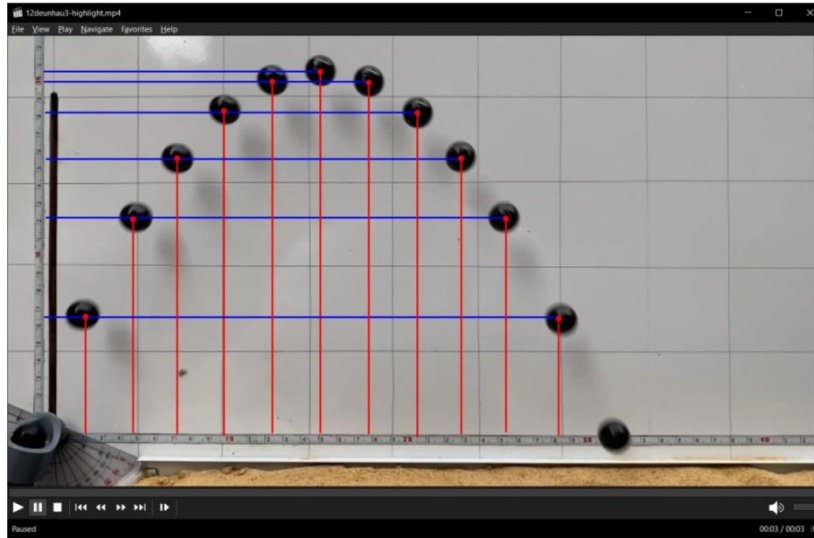
Từ bộ thí nghiệm đã chế tạo, chúng tôi tiến hành thí nghiệm ném xiên vật và quay video diễn biến hiện tượng xảy ra của thí nghiệm, từ đó sử dụng phần mềm Filmora để phân tích. Video thí nghiệm được quay bằng điện thoại cố định trên giá ba chân đối diện bộ thí nghiệm sao cho camera điện thoại hướng vuông góc với mặt phẳng toạ độ xOy (hình 8); khoảng cách từ điện thoại đến mặt phẳng tùy vào việc lấy khung hình: nếu lấy toàn bộ bảng phẳng (chứa hệ trục xOy) thì khoảng cách là 1,2 m; nếu lấy một phần bảng phẳng (cỡ $\frac{1}{4}$ bảng) thì khoảng cách là 0,6 m. Video được quay ở chế độ 25 hình trên giây (25fps).

3.3. Phân tích kết quả khảo sát thực nghiệm ném xiên

Sau nhiều lần thí nghiệm, ghi hình và xử lý kết quả thu được từ các video, sử dụng công nghệ phân tích quỹ đạo từ phần mềm Filmora chúng tôi được kết quả như bảng 2 và hình 9.

Bảng 2. Tọa độ của vật ném thu được từ phần mềm ghi vết Filmora

t	0	Δt	$2\Delta t$	$3\Delta t$	$4\Delta t$	$5\Delta t$	$6\Delta t$	$7\Delta t$	$8\Delta t$	$9\Delta t$	$10\Delta t$	$11\Delta t$	$12\Delta t$
x	0	2,48	4,92	7,18	9,84	12,25	15,15	17,5	20,40	22,75	25,40	28,30	32,4
y	0	6,65	12,45	15,80	18,5	20,10	20,85	20,10	18,5	15,80	12,45	6,65	0



Hình 9. Vết quỹ đạo chuyển động của vật ném được ghi bằng phần mềm Filmora

Trong phạm vi sai số cho phép, số liệu cho thấy:

+ Theo phương ngang Ox: quãng đường đi sau những khoảng thời gian bằng nhau là như nhau nên đây là chuyển động thẳng đều. Phương trình tọa độ có dạng $x = (v_0 \cos \alpha) t$

+ Theo phương thẳng đứng Oy: vật đi lên chậm dần, đi xuống nhanh dần. Số liệu về quãng đường đi sau những khoảng thời gian liên tiếp bằng nhau giảm đều, tăng đều phù hợp với quy luật của chuyển động biến đổi đều. Phương trình tọa độ có dạng:

$$y = (v_0 \sin \alpha) t - \frac{gt^2}{2}$$

Kết hợp các phương trình tọa độ suy ra phương trình quỹ đạo:

$$y = -\frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} + (\tan \alpha) x$$

- Tiến hành các thí nghiệm thay đổi vận tốc ném, góc ném để khảo sát sự phụ thuộc của tầm xa, tầm cao vào vận tốc ném, góc ném, ... Kết quả cho thấy các số liệu về tầm xa, tầm cao, vận tốc ném, góc ném thu được từ thí nghiệm khá khớp với các công thức tính tầm xa, tầm cao.

4. Kết luận

Trên đây là một phương pháp khảo sát chuyển động của vật ném xiên bằng thực nghiệm, phương pháp này phù hợp với chương trình Giáo dục phổ thông hiện nay, dạy học phát triển phẩm chất và năng lực của học sinh. Qua phương pháp này học sinh học được cách nghiên cứu chuyển động của một vật bằng thực nghiệm. Từ việc vận dụng những kiến thức đã biết kết hợp với công nghệ có thể tìm hiểu chuyển động của một vật trong thực tế.

Chuyển động thực của vật bị ném xiên là khá nhanh, khó nhận thấy quỹ đạo chuyển động. Việc ghi hình, làm chậm và lưu lại vết của viên bi khi chuyển động ở các thời điểm khác nhau rồi chiếu cho học sinh xem giúp học sinh dễ dàng hình dung được quỹ đạo chuyển động. Giải pháp lưu lại vết của vật khi chuyển động có thể thay thế cho chụp ảnh hoạt nghiệm. Lâu nay để có được hình ảnh của vật chuyển động ở các thời điểm khác nhau sách giáo khoa sử dụng ảnh chụp hoạt nghiệm, học sinh chỉ có thể quan sát hình ảnh ở sách giáo khoa, không quan sát được chuyển động thực của vật, một số học sinh không thể hình dung ra quỹ đạo chuyển động của vật. Do đó có thể nói giải pháp trong đề tài thay thế tốt cho các giải pháp thường dùng trong chương trình lâu nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] K. Yetilmezsoy and C. E. Mungan, "MATLAB time-based simulations of projectile motion, pendulum oscillation, and water discharge," *Eur. J. Phys.*, vol. 39, no. 6, 2018, Art. no. 65803.
- [2] A. Jimoyiannis and V. Komis, "Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion," *Comput. Educ.*, vol. 36, no. 2, pp. 183-204, 2001.
- [3] T. W. Chinaka, "The effect of PhET simulation vs. phenomenon-based experiential learning on students' integration of motion along two independent axes in projectile motion," *African J. Res. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 25, no. 2, pp. 185-196, 2021.
- [4] L. K. Wee, C. Chew, G. H. Goh, S. Tan, and T. L. Lee, "Using Tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion," *Phys. Educ.*, vol. 47, no. 4, p. 448, 2012.
- [5] I. Grigore, C. Miron, and E. S. Barna, "Exploring excel spreadsheets to simulate the projectile motion in the gravitational field," *Rom. Reports Phys.*, vol. 69, no. 1, p. 901, 2017.
- [6] A. E. Prescott and M. Mitchelmore, *Teaching projectile motion to eliminate misconceptions*, PME, 2005.
- [7] Wondershare filmora, "Software filmora," Filmora Video Editor - Powerful Video Editing Tool for PC, 2023. [Online]. Available: wondershare.net. [Accessed Jun. 20, 2023].
- [8] The Engineering ToolBox, "Friction Coefficients for some Common Materials and Materials Combinations," 2004. [Online]. Available: https://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html. [Accessed Jun. 20, 2023].