

Xây dựng và sử dụng video thí nghiệm dao động điều hòa kết hợp phần mềm Tracker video Analysis trong dạy học nội dung “Dao động” - Vật lí lớp 11 nhằm phát triển năng lực vật lí của học sinh

Nguyễn Thị Phương Thảo*, Phùng Việt Hải**

*HVCH khóa K42, ngành LL và PPDH Bộ môn Vật lí, Trường ĐHSP – Đại học Đà Nẵng

**Khoa Vật lí, Trường ĐHSP – Đại học Đà Nẵng

Received: 7/3/2023; Accepted: 14/3/2023; Published: 20/3/2023

Abstract: The article presents the results of a study that involved constructing video experiments on oscillations of simple pendulum and spring pendulum and using the Tracker Video Analysis software to analyze the oscillation laws. The results, shown (through graphs and equations) demonstrate that the distance, velocity, and acceleration of the spring pendulum and simple pendulum undergo harmonic motion over time, and there is a relationship between their frequency, phase, and amplitude. The article suggests the idea of using experiments in teaching to develop students' physics competency, and highlights the advantages of the free, easy-to-use Tracker Video Analysis software that is suitable for all regions and age groups. Therefore, teachers can use it as a survey experiment for students to maximize their physics competency development in teaching oscillation content in Physics 11 (in the 2018 Physics program).

Keywords: Harmonic oscillation, physics competency, Tracker Video Analysis, video experiment, Physics 11.

1. Đặt vấn đề

Điểm mới trong quan điểm xây dựng Chương trình Giáo dục phổ thông môn Vật lí 2018 là tăng cường tính trực quan, giảm việc biến đổi thiên về toán học [1]. Theo đó, trong chủ đề “Dao động” – Vật lí lớp 11, kiến thức về phương trình li độ biến thiên điều hòa theo thời gian được hình thành thông qua quan sát đồ thị thu được từ thí nghiệm (TN) thực hoặc hình ảnh đồ thị có sẵn; kiến thức về vận tốc và gia tốc của vật dao động điều hòa được phân tích, so sánh, lập luận từ hình ảnh đồ thị ba đại lượng li độ, vận tốc, gia tốc được cung cấp sẵn (mà không phải giải bài toán động lực học và chấp nhận kiến thức về đạo hàm, phương trình vi phân như ở Chương trình Vật lí 2006). Nếu xây dựng được TN cho học sinh (HS) về dao động điều hòa cho phép biểu diễn được đồng thời đồ thị của li độ, vận tốc, gia tốc theo thời gian thì sẽ tạo điều kiện phát triển năng lực vật lí cho HS, đặc biệt là thành tố tìm hiểu tự nhiên dưới góc độ vật lí.

Các thiết bị TN xác định hình dạng đồ thị các đại lượng theo thời gian và biểu thức của nó trong dao động cơ điều hòa phục vụ dạy học ở các cấp học khác nhau đã được nhiều hãng nước ngoài nghiên cứu, sản

xuất từ nhiều năm nay như Phywe, Leybold, Coach. Các bộ TN của hãng đều khảo sát được các nội dung với độ chính xác cao. Tuy nhiên, các TN đều phải kết nối cảm biến và máy tính hoặc các thiết bị cầm tay nên giá thành rất cao, thao tác TN khá phức tạp, khó khả thi khi triển khai dạy học theo nhóm mà chương trình môn Vật lí 2018 đề ra.

Trong chương trình vật lí 2006, có một TN minh họa đồ thị li độ theo thời gian của con lắc đơn. Tuy nhiên TN ở dạng định tính và hình ảnh chưa thực sự thuyết phục (vì đó là dao động tắt dần do sự ma sát của bút cọ với tấm nhựa). Các nghiên cứu ở trong nước thời gian qua cũng có các công bố như: Dương Xuân Quý [2], Ngô Thị Thảo Sương [3], Nguyễn Hoàng Anh [4]... Trong TN của các tác giả [2], [4] đã vẽ được trực tiếp dạng đồ thị của li độ theo thời gian của con lắc đơn, con lắc lò xo, tuy nhiên chưa chứng minh được đồ thị là hàm điều hòa. Nghiên cứu [3] tiếp cận theo hướng sử dụng phần mềm Coach 7 để phân tích video TN thực, từ đó chứng minh được đồ thị của các đại lượng li độ, vận tốc, gia tốc là các hàm điều hòa theo thời gian, Tuy nhiên, Coach 7 là phần mềm có phí, cách sử dụng cũng khá phức tạp với giáo viên (GV) và HS.

Như vậy, nghiên cứu, xây dựng TN về dao động cơ theo hướng phân tích video, từ đó chứng minh được đồ thị của các đại lượng li độ, vận tốc, gia tốc là các hàm điều hòa theo thời gian thông qua các phần mềm miễn phí, thao tác đơn giản là rất có ý nghĩa về khoa học và thực tiễn với bối cảnh dạy học phần Dao động – chương trình Vật lí 11 sắp tới.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Giới thiệu sơ lược phần mềm Tracker Video Analysis và cách cài đặt

Tracker Video Analysis là một công cụ mô hình hóa và phân tích video miễn phí được xây dựng trên khung Java của Open Source Physics (OSP) là một dự án được tài trợ bởi Quỹ Khoa học quốc gia và đại học Davidson (Mỹ), được thiết kế để sử dụng trong dạy học vật lí như vẽ đồ thị, giải phương trình vi phân...[5], [6]

* Cài đặt chương trình

Ta có thể tải phần mềm Tracker Video Analysis và lựa chọn nhiều phiên bản từ trang web: <https://physlets.org/tracker>.

Sau khi đã tải xong phần mềm, tiến hành cài đặt vào máy tính theo các bước như sau: [7]

Chạy cài đặt chương trình Tracker  => chọn Next => I accept the agreement => chọn Next và sau đó chọn nơi cài đặt và bấm Next => chọn Video and Experiments => Chọn Install để chương trình cài đặt và sau khi cài đặt xong nhấn Finish.

2.2. Xây dựng TN dao động điều hòa của con lắc đơn và con lắc lò xo

a) Mục tiêu TN

- Chứng tỏ đồ thị li độ dao động của con lắc đơn, con lắc lò xo là hàm điều hòa theo thời gian.

- Chứng tỏ đồ thị vận tốc, gia tốc của vật (trường hợp con lắc lò xo) là hàm điều hòa theo thời gian có cùng chu kì với li độ.

- Chứng tỏ được vận tốc nhanh pha hơn li độ một góc $\frac{\pi}{2}$, gia tốc nhanh pha hơn vận tốc một góc $\frac{\pi}{2}$ và

$$v_{\max} = \omega \cdot A; a_{\max} = \omega^2 \cdot A.$$

b) Dụng cụ TN

Gồm: Đế 3 chân, 2 trụ $\phi 10$, 1 quả nặng 150g, 1 quả nặng 50g, 2 khớp nối, 1 lò xo, dây dù, máy tính có cài đặt phần mềm Tracker Video Analysis, điện thoại thông minh.

c) Bố trí và tiến hành TN

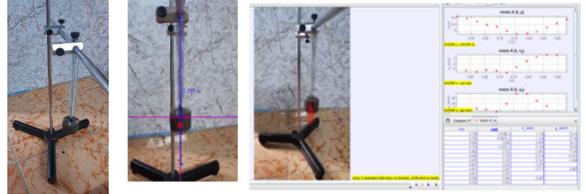
c1. TN với con lắc lò xo

Bước 1. Lắp các thiết bị tạo thành con lắc đơn như hình 2.1

Bước 2. Kéo quả nặng xuống dưới 1 đoạn khoảng 3 cm so với vị trí cân bằng rồi thả cho vật dao động, dùng điện thoại quay lại dao động của vật.

Bước 3. Mở phần mềm Tracker Video Analysis, chọn file video đã có về dao động của con lắc lò xo.

Bước 4. Điều chỉnh kích thước đoạn video mà ta cần phân tích (nhấn  Clip setting). Bắt đầu từ frame 0 hoặc tùy chọn.



Hình 2.1

Hình 2.2

Hình 2.3

Bước 5. Đưa thang đo và hệ tọa độ vào video: Chọn  / Calibration Stick, dùng chuột kéo 2 đầu của thước trùng với điểm biên của vật dao động trong video; click chuột trái vào ô giá trị chiều dài trên thước để nhập giá trị đúng với thực tế (2 lần giá trị biên).

Bước 6. Đưa hệ tọa độ vào video: Chọn  trên thanh công cụ, sau đó dùng chuột để di chuyển gốc tọa độ O đến vị trí cân bằng của vật nặng.

Bước 7. Chọn dấu hiệu  Create trên thanh công cụ, sau đó chọn Point Mass đối với các vật chuyển động.

Bước 8. Chọn các đại lượng cần khảo sát (vẽ đồ thị): Click chuột vào nút Columns để lựa chọn các đại lượng cần khảo sát: li độ theo phương thẳng đứng (y), vận tốc theo phương thẳng đứng (v_y); gia tốc theo phương thẳng đứng (a_y). Nhấn chuột vào nút Plot/chọn số đồ thị cần hiển thị (giả sử là 3).

Bước 9. Nhấn giữ nút Shift và click chuột trái vào 1 vị trí đã đánh dấu trên vật (chính giữa vật hoặc mép vật) liên tiếp, mỗi lần click thì sẽ có bộ giá trị y-t, $v_y - t$; $a_y - t$ trong bảng số liệu và tương ứng với một điểm trên đồ thị (hình 2.3).

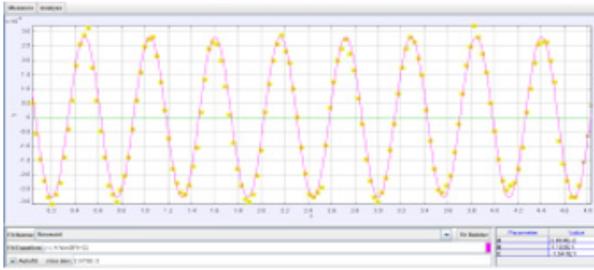
Bước 10. Click chuột phải vào đồ thị li độ-thời gian (x-t) chọn Analyze, tiếp tục vào Analyze chọn Curve Fitter khớp hàm với dạng đồ thị tương ứng là Sin). Khi đó, phần mềm sẽ xác định các thông số của hàm sin.

c2. TN với con lắc đơn

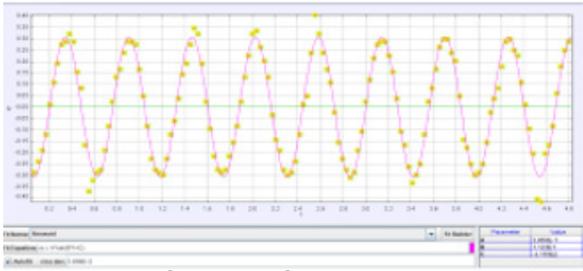
Thực hiện tương tự như các bước của con lắc lò xo.

d) Kết quả TN và kết luận

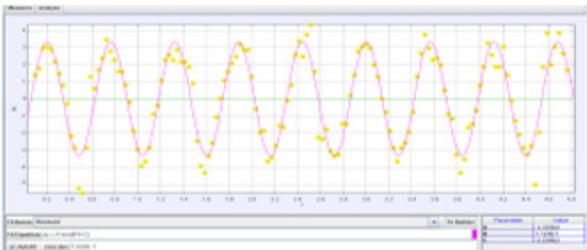
Với TN với con lắc lò xo



Đồ thị li độ - thời gian (y-t)



Đồ thị vận tốc - thời gian (vy-t)



Đồ thị gia tốc - thời gian (ay-t)

Hình 2.4. Đồ thị li độ, vận tốc, gia tốc theo thời gian trong dao động của con lắc lò xo.

Nhận xét:

- Đồ thị li độ - thời gian, vận tốc - thời gian, gia tốc - thời gian của con lắc lò xo dao động theo phương thẳng đứng có dạng hình sin (là hàm điều hòa theo thời gian), biến thiên cùng chu kì (cùng tần số góc là 11, 23 rad/s – hệ số B trong biểu thức khớp hàm ở 3 đồ thị như nhau.

- Tại cùng một thời điểm (thể hiện qua đường nét đứt dọc thẳng), vận tốc nhanh pha hơn li độ một góc $\frac{\pi}{2}$, gia tốc nhanh pha hơn vận tốc một góc $\frac{\pi}{2}$.

- Từ biểu thức khớp hàm ta thấy: $A = 2,8 \text{ cm}$, $v_{\max} = 0,306 \text{ (m/s)} \approx 0,028.11,23 = \omega.A$; $a_{\max} = 3,35 \text{ (m/s}^2) \approx 0,028.11,23^2 = \omega.A^2$.

Bình luận: Phần mềm Tracker Video Analysis có thể vẽ đồ thị khá tốt, đáp ứng được yêu cầu cần đạt của chương trình mà không cần kết nối thêm cảm biến, chi phí tốn kém.

e) Ý tưởng sử dụng TN trong dạy học chủ đề dao động – Vật lí 11

Các TN vừa xây dựng có thể sử dụng để dạy học chủ đề “Dao động” – Vật lí lớp 11 (thuộc chương trình 2018) với các yêu cầu cần đạt:

- Dùng đồ thị li độ – thời gian có dạng hình sin (tạo ra bằng TN, hoặc hình vẽ cho trước), nêu được định nghĩa: biên độ, chu kì, tần số, tần số góc.

- Sử dụng đồ thị, phân tích và thực hiện phép tính cần thiết để xác định được: độ dịch chuyển, vận tốc và gia tốc trong dao động điều hòa.

Trong bài báo, chúng tôi trình bày ý tưởng khai sử dụng TN đã xây dựng để xây dựng biểu thức vận tốc, gia tốc trong dao động điều hòa.

Chuyên giao nhiệm vụ	GV tiến hành TN hoặc yêu cầu HS làm TN theo nhóm 6 người tương với con lắc lò xo để HS quan sát được hình ảnh đồ thị như hình 2.5. Từ các đồ thị như hình 2.5, yêu cầu HS thực hiện theo nhóm để thảo luận, trả lời câu hỏi: CH1: Cho biết ba đồ thị trên có dạng hàm số nào theo thời gian? Tại sao? CH2: So sánh mối quan hệ về tần số góc, biên độ, pha ban đầu giữa vận tốc và li độ, giữa gia tốc và vận tốc.
Thực hiện nhiệm vụ	HS thực hiện nhiệm vụ theo nhóm, thảo luận để trả lời 2 câu hỏi trên. GV quan sát, hỗ trợ các nhóm gặp khó khăn.
Trình bày kết quả	- GV gọi các nhóm mang kết quả lên bảng trình bày, các nhóm khác nhận xét. - GV nhận xét phần trình bày của các nhóm. Dự kiến kết quả: Trả lời 1: Ba đồ thị có dạng hàm số sin theo thời gian vì phía dưới đồ thị có biểu thức hàm sin Trả lời 2: Tần số góc của ba đại lượng là bằng nhau (bằng 11,23 rad/s); vận tốc nhanh pha hơn li độ một góc $\frac{\pi}{2}$, gia tốc nhanh pha hơn vận tốc một góc $\frac{\pi}{2}$; về biên độ $v_{\max} = 0,306 \text{ (m/s)} \approx 0,028.11,23 = \omega.A$; $a_{\max} = 3,35 \text{ (m/s}^2) \approx 0,028.11,23^2 = \omega.A^2$.
Chốt kiến thức	Trên cơ sở kết quả, GV khái quát hóa biểu thức của ba đại lượng trong dao động điều hòa: Li độ: $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ Vận tốc: $v = \omega A \cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$ Gia tốc: $a = \omega^2 A \cos(\omega t + \varphi + \pi) = -\omega^2 x$

(Xem tiếp trang 90)