

CONSTRUCTING A COMPUTER INTERFACE EXPERIMENT ADDESTATION FOR TEACHING OSCILLATORY MOTION IN PHYSICS 11

Nguyen Anh Thuan^{1*}, Le Thi Hoai²

¹Hanoi National University of Education

²Nguyen Tat Thanh High School for the Gifted, Yen Bai

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 22/11/2023 Revised: 23/01/2024 Published: 23/01/2024	In Physics education, experiments play a crucial role in students' cognitive activities, showcasing the characteristic of Physics as an empirical science. The effective use and application of information technology and digital tools in teaching are efficient solutions for innovating teaching and learning methods, aiming to develop students' capabilities, including problem-solving skills. The research objective of this project is to construct a measurement system and utilize experiments with the AddeStation computer interface system in teaching Oscillatory Motion in Physics 11. The theoretical foundation research method is employed to design the teaching process and construct an assessment toolset. The current situation investigation method is used to assess the usage status of equipment in teaching Oscillatory Motion in high schools within the Yen Bai province. The experimental method is employed to collect data and qualitatively and quantitatively analyze the effectiveness of the experiments and the teaching process that has been developed. The results indicate that the use of the seven experiments constructed during the teaching of Oscillatory Motion is feasible and contributes to the development of students' problem-solving abilities.
KEYWORDS	
Experiments	
Computer interface	
Oscillatory motion	
AddeStation	
Physics 11	

XÂY DỰNG THÍ NGHIỆM GHEP NỐI MÁY TÍNH ADDESTATION ĐỂ SỬ DỤNG TRONG DẠY HỌC DAO ĐỘNG CƠ - VẬT LÝ 11

Nguyễn Anh Thuận^{1*}, Lê Thị Hoài²

¹Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

²Trường THPT Chuyên Nguyễn Tất Thành, Yên Bái

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 22/11/2023 Ngày hoàn thiện: 23/01/2024 Ngày đăng: 23/01/2024	Trong dạy học Vật lý, các thí nghiệm có vai trò quan trọng trong hoạt động nhận thức của học sinh, thể hiện đặc trưng của Vật lý là khoa học thực nghiệm. Việc sử dụng, ứng dụng công nghệ thông tin, kỹ thuật số trong dạy học là giải pháp hiệu quả trong công tác đổi mới phương pháp dạy và học nhằm phát triển năng lực của học sinh trong đó có năng lực giải quyết vấn đề. Mục đích nghiên cứu của đề tài là xây dựng hệ đo và sử dụng thí nghiệm ghép nối máy tính AddeStation trong dạy học Dao động cơ - Vật lý 11. Phương pháp nghiên cứu cơ sở lý luận được sử dụng để thiết kế tiến trình dạy học và xây dựng bộ công cụ đánh giá. Sử dụng phương pháp điều tra thực trạng để đánh giá tình trạng sử dụng thiết bị trong dạy học Dao động cơ ở trường THPT trên địa bàn tỉnh Yên Bái. Phương pháp thực nghiệm nhằm thu thập số liệu, phân tích định tính, định lượng về hiệu quả của các thí nghiệm, tiến trình dạy học đã soạn thảo. Kết quả cho thấy sử dụng 7 thí nghiệm đã xây dựng được trong các tiến trình dạy học Dao động cơ là khả thi giúp phát triển năng lực giải quyết vấn đề của học sinh.
TỪ KHÓA	
Thí nghiệm	
Ghép nối máy tính	
Dao động cơ	
AddeStation	
Vật lý 11	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.9271>

* Corresponding author. Email: thuanna@hnue.edu.vn

1. Giới thiệu

Nội dung chủ đề “Dao động cơ” – Vật lí 11 bao gồm những quá trình, hiện tượng dao động của con lắc đơn (CLĐ), con lắc lò xo (CLLX)... như dao động điều hòa, dao động tắt dần, dao động cưỡng bức, hiện tượng cộng hưởng và một số ứng dụng của dao động cơ... Trong các quá trình, hiện tượng này, có nhiều đại lượng vật lí biến đổi nhanh ($x-t$, $v-t$, $a-t$...) với quy luật phức tạp đối với học sinh [1] - [3].

Quá trình dạy học chủ đề “Dao động cơ” – Vật lí 11 không những đòi hỏi học sinh thực hiện các suy luận lí thuyết để rút ra các quy luật dao động mà còn yêu cầu học sinh tiến hành các thí nghiệm (TN) cần thiết để kiểm nghiệm các quy luật dao động đã tìm được [4] - [6].

Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ, việc nghiên cứu xây dựng các thiết bị TN đòi hỏi cần nghiên cứu xây dựng hệ đo và thiết bị ghép nối máy tính để thực hiện các TN cần tiến hành trong dạy học [7] - [9].

2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu lý luận: Phân tích các tài liệu liên quan đến vấn đề, quy trình xây dựng thí nghiệm ghép nối máy tính, các con đường dạy học theo kiểu dạy học giải quyết vấn đề.

Phương pháp điều tra: điều tra khảo sát thực trạng thiết bị thí nghiệm và việc sử dụng thí nghiệm trong dạy học chủ đề “Dao động cơ” – Vật lí 11 của 45 giáo viên của một số trường THPT.

Phương pháp thực nghiệm: Phân tích các thiết bị thí nghiệm hiện có trong nước và nước ngoài, thiết kế, chế tạo thiết bị thí nghiệm ghép nối máy tính AddeStation về Dao động cơ, tiến hành các thí nghiệm với thiết bị thí nghiệm đã chế tạo, xử lí số liệu, đánh giá và kết luận về tính khả thi, ưu điểm và hạn chế của các thí nghiệm đã xây dựng.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Sự cần thiết phải xây dựng các thí nghiệm ghép nối máy tính

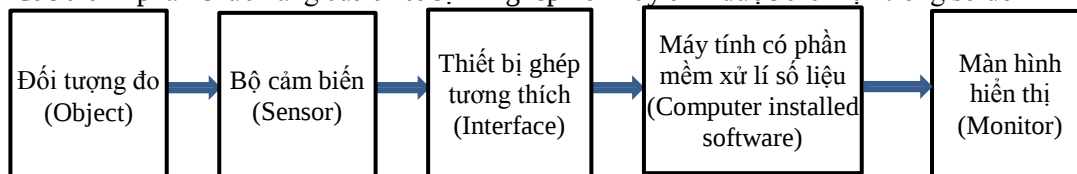
Hiện nay, nhiều trường phổ thông ở Việt Nam chỉ được trang bị bộ TN thực hành đo chu kì dao động của CLĐ, đo chu kì dao động của CLLX và bộ TN thực hành ghi đồ thị dao động của CLĐ. Các thiết bị TN này không tiến hành được các TN: kiểm nghiệm quy luật dao động điều hòa, khảo sát quy luật dao động tắt dần, cưỡng bức, cộng hưởng... Trong khi đó các TN này là rất cần thiết trong dạy học chủ đề dao động cơ đáp ứng yêu cầu phát triển năng lực của học sinh theo chương trình giáo dục phổ thông 2018.

Một số hãng thiết bị nước ngoài (Leybold, Phywe, Pasco...) đã chế tạo thiết bị TN về Dao động cơ. Tuy nhiên, các thiết bị này rất đắt tiền, khó có thể được trang bị cho các trường phổ thông ở Việt Nam.

Một số trường THPT chuyên ở Việt Nam được trang bị bộ TN ghép nối máy tính AddeStation (Singapore). Bộ thiết bị này có giá thành phù hợp, cho phép tiến hành được một số TN trong dạy học vật lí (Dao động của CLLX thẳng đứng, Dao động điều hòa). Tuy nhiên, việc khai thác thiết bị này còn hạn chế không chỉ do bộ thiết bị sử dụng công nghệ mới, hiện đại, dao diện khác biệt TN truyền thống mà chủ yếu bởi vì thiếu hệ đo và do vậy không thực hiện được các kiểm nghiệm quy luật dao động điều hòa (đối với CLĐ), khảo sát quy luật dao động tắt dần, cưỡng bức, cộng hưởng...

3.2. Xây dựng hệ đo

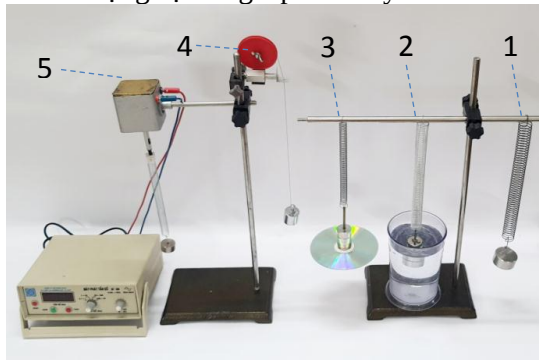
Các thành phần chức năng của thiết bị TN ghép nối máy tính được thể hiện trong sơ đồ hình 1.



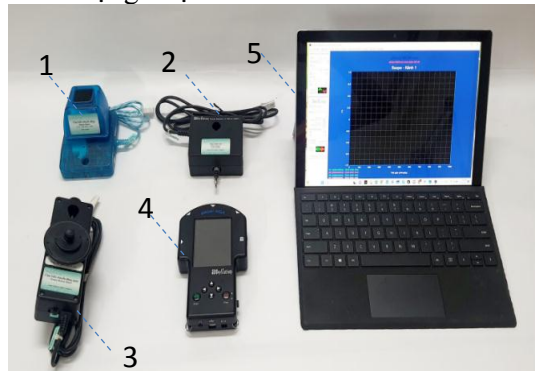
Hình 1. Sơ đồ thiết bị TN ghép nối máy tính

Hệ đo gồm các dụng cụ và bố trí cho phép tạo ra quá trình hiện tượng vật lý cần nghiên cứu, các đại lượng vật lý cần đo (đối tượng đo). Hệ đo mà chúng tôi xây dựng bao gồm CLLX, CLĐ, CLLX dao động tắt dần, CLLX dao động cưỡng bức và cộng hưởng (Hình 2).

Các dụng cụ TN ghép nối máy tính AddeStation sử dụng được mô tả ở Hình 3.



Hình 2. Các hệ đo về “Dao động cơ”- Vật lý 11
(1) CLLX; (2) CLLX dao động nước;
(3) CLLX gắn đĩa cân; (4) CLĐ;
(5) CLLX dao động cưỡng bức và cộng hưởng



Hình 3. Dụng cụ TN ghép nối máy tính AddeStation
(1) Cảm biến khoảng cách; (2) Cảm biến lực;
(3) Cảm biến góc; (4) Bộ thu thập và xử lý số liệu aMixer MGA; (5) Máy tính có cài đặt phần mềm

- Cảm biến chuyển động (1) giới hạn đo 15 cm đến 160 m, độ chia nhỏ nhất 1 mm, sai số 0,5 mm khi đo khoảng cách nhỏ ngắn và sai số 2,5 mm khi đo khoảng cách lớn.
- Cảm biến lực (2) có giới hạn đo $\pm 10\text{N}$ hoặc $\pm 50\text{N}$.
- Cảm biến góc quay (3) có thể đo góc quay của ròng rọc gắn trên cảm biến khi ròng rọc quay cùng chiều hoặc quay ngược chiều đồng hồ.
- Bộ thu thập và xử lý số liệu (4) có thể được nối với các cảm biến, dùng để thu thập số liệu đo từ cảm biến, xử lý số liệu và hiển thị kết quả lên màn hình.
- Máy tính cài đặt phần mềm (5) được nối với bộ thu thập và xử lý số liệu (đã được nối với các cảm biến) để nhận số liệu đo từ cảm biến, xử lý số liệu và hiển thị kết quả.

3.3. Các TN có thể tiến hành

Hệ dao động mà chúng tôi xây dựng được sử dụng với các dụng cụ ghép nối máy tính AddeStation cho phép tiến hành các TN sau:

- TN 1: Dao động của CLLX dùng cảm biến khoảng cách
- TN 2: Dao động của CLLX dùng cảm biến lực
- TN 3: Dao động của CLLX dùng cảm biến khoảng cách và cảm biến lực
- TN 4: Dao động của CLĐ dùng cảm biến góc quay
- TN 5: Dao động của CLĐ dùng cảm biến khoảng cách
- TN 6: Dao động tắt dần của CLLX dùng cảm biến lực
- TN 7: Dao động cưỡng bức của CLLX dùng cảm biến khoảng cách

Trong khuôn khổ giới hạn của bài báo, chúng tôi chỉ mô tả ngắn gọn mỗi TN được tiến hành.

3.3.1. TN 1: Dao động của CLLX dùng cảm biến khoảng cách

a) Mục đích TN

Kiểm nghiệm quy luật dao động của CLLX: Tọa độ biến đổi theo thời gian (x-t) là hàm điều hòa (hàm sin).

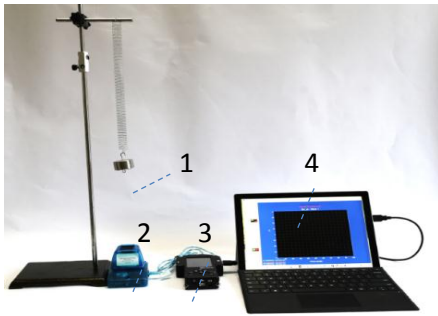
b) Thực hiện TN

Bố trí TN như hình 4.

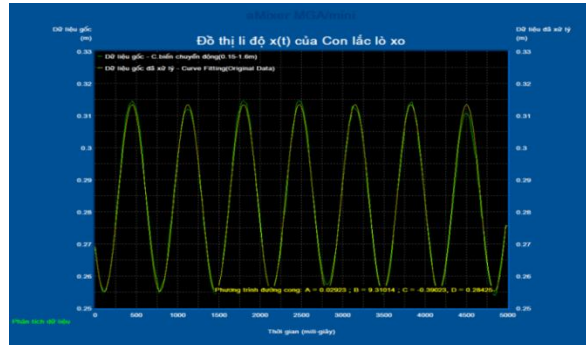
- CLLX thẳng đứng (1) có $k = 1,9\text{N/m}$, $m = 20\text{g}$.
- Cảm biến khoảng cách (2) được đặt dọc theo trục lò xo, phía dưới vật nặng và cách vật nặng 20 cm.
- Bộ thu thập và xử lý số liệu (3) được nối với cảm biến khoảng cách và nối với máy tính (4).

Bật bộ thu thập và xử lý số liệu, chọn đầu vào cảm biến khoảng cách. Chạy phần mềm AddeStation trên máy tính, cài đặt tốc độ lấy mẫu 1000 mẫu/giây, thời gian đo 10s.

- Khi con lắc đứng yên, chọn chức năng *Công cụ/Trung hòa cảm biến* để đặt giá trị đo về 0.
- Cho CLLX dao động đến khi dao động ổn định, nhấn nút *Bật/tắt Scope* để bắt đầu ghi số liệu và hiển thị đồ thị x-t trên màn hình. Khi muốn dừng thu thập dữ liệu thì nhấn nút *Bật/tắt Scope*.
- Dùng chức năng *Phân tích dữ liệu/ Dạng đường cong* để chọn hàm, khớp hàm và thu được hàm số tọa độ theo thời gian (Hình 5): $x = 3\cos(9,31t + 0,36)(cm)$.



Hình 4. Ảnh chụp bố trí TN 1



Hình 5. Đồ thị x-t của CLLX trong TN 1

Kết quả TN cho thấy, tọa độ biến đổi theo thời gian (x-t) là hàm điều hòa.

Ta có, chu kì dao động xác định từ TN: $T_{TN} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{9,31} = 0,675(s)$, chu kì dao động tính

theo lý thuyết $T_{LT} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{0,02}{1,9}} = 0,645(s)$. Như vậy T_{TN} sai lệch với T_{LT} cỡ 4,7%.

Kết quả TN này đảm bảo tốt yêu cầu về độ chính xác của TN vật lý ở trường phổ thông.

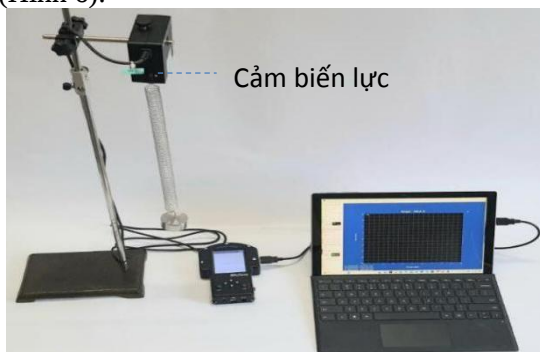
3.3.2. TN 2. Dao động của CLLX dùng cảm biến lực

a) Mục đích TN

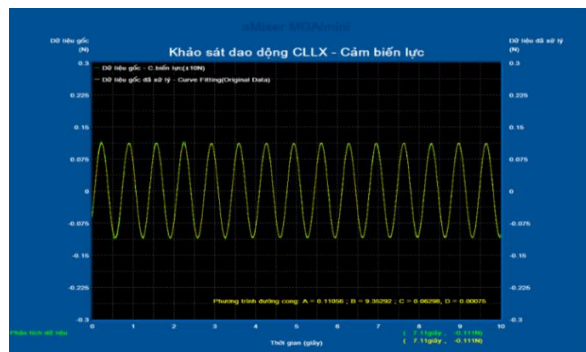
Kiểm nghiệm quy luật dao động của CLLX: Lực đàn hồi của lò xo biến đổi theo thời gian (F-t) là hàm điều hòa (hàm sin).

b) Thực hiện TN

Bố trí TN tương tự như TN1, trong đó cảm biến khoảng cách được thay bằng cảm biến lực (Hình 6).



Hình 6. Ảnh chụp bố trí TN 2



Hình 7. Đồ thị F-t của CLLX trong TN2

Tiến hành TN tương tự TN1. Kết quả thu được hàm số tọa độ theo thời gian (Hình 7): $F = 0,11\cos(9,35t + 0,59)(N)$.

Kết quả TN cho thấy, lực đàn hồi của lò xo biến đổi theo thời gian (F-t) là hàm điều hòa.

Từ đồ thị ta có thể tính được chu kỳ dao động của CLLX: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{9,35} = 0,67s$

So sánh kết quả TN với cách làm khác:

+ Tại vị trí cân bằng độ biến dạng của lò xo: $\Delta l = 98mm = 9,8cm$.

+ Khối lượng quả nặng 200gam

+ Gia tốc trọng trường tại nơi làm TN (TP Yên Bái): $g = 9,5m/s^2$

Do chu kỳ dao động của CLLX là: $T_{LT} = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{0,098}{9,5}} = 0,64(s)$

Như vậy T sai lệch với T_{LT} cỡ 4,7%. Kết quả TN này đảm bảo tốt yêu cầu về độ chính xác của TN vật lý ở trường phổ thông.

3.3.3. TN 3. Dao động của CLLX dùng cảm biến lực và cảm biến chuyển động

a) Mục đích TN

Kiểm nghiệm F-t cũng biến đổi điều hòa cùng tần số và ngược pha với x-t.

b) Thực hiện TN

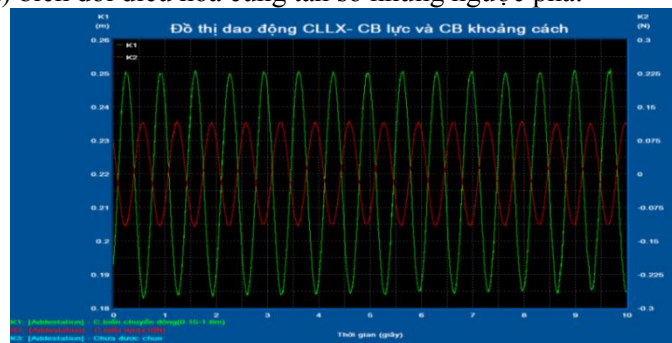
Bố trí TN tương tự như TN 1, trong đó sử dụng đồng thời hai cảm biến: cảm biến khoảng cách và cảm biến lực.

Tiến hành TN tương tự như TN 1, kết quả thu được hàm (F-t) và (x-t) theo thời gian như (Hình 8):

$$x = 3,3.\cos(9.36t + 0.804)(cm)$$

$$F = 0,1145.\cos(9,36t - 2.517)(N) \approx -0,1145.\cos(9.36t + 0.804)(N)$$

Như vậy F(t) và x(t) biến đổi điều hòa cùng tần số nhưng ngược pha.



Hình 8. Đồ thị dao động của CLLX dùng cảm biến lực và cảm biến khoảng cách

3.3.4. TN 4. Dao động của CLĐ dùng cảm biến góc

a) Mục đích TN

Kiểm nghiệm quy luật dao động của CLĐ: Tọa độ góc biến đổi theo thời gian (α -t) là hàm điều hòa (hàm sin)

b) Thực hiện TN

Bố trí TN như Hình 9

- CLĐ (1) có $\ell = 30\text{ cm}$, $m = 200\text{g}$.

- Cảm biến góc (2) được gắn trên giá và đã cân bằng cảm biến về 0.

- Bộ thu thập và xử lý số liệu (3) được nối với cảm biến góc (2) và nối với máy tính (4).

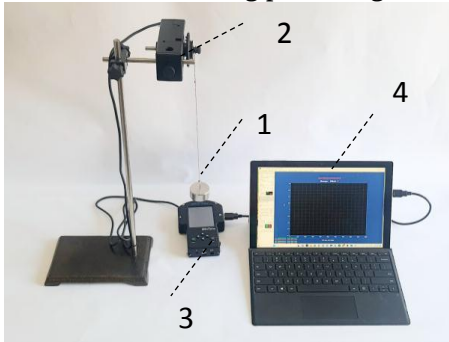
Kết quả thu được hàm tọa độ góc theo thời gian: $\alpha = 6,77.\cos(5,5t + 0,62)(\text{độ})$

Kết quả TN cho thấy tọa độ biến đổi theo thời gian (α -t) là hàm điều hòa (Hình 10).

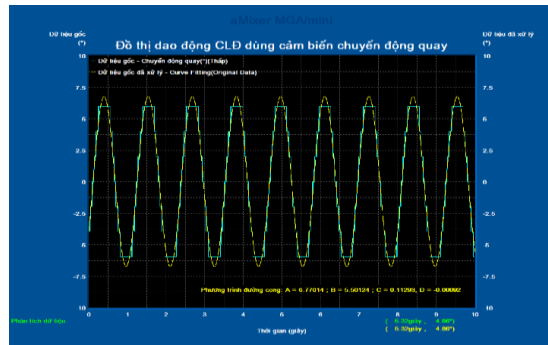
Ta có, chu kì dao động xác định từ TN: $T_{TN} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{5,5} = 1,14(s)$

Và chu kì dao động tính theo lí thuyết: $T_{LT} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{0,3}{9,5}} = 1,12(s)$.

Như vậy T_{TN} sai lệch với T_{LT} cỡ 1,8%. Kết quả TN này đảm bảo tốt yêu cầu về độ chính xác của TN vật lí ở trường phổ thông.



Hình 9. Ảnh chụp bố trí TN 4



Hình 10. Đồ thị α -t của CLĐ dùng cảm biến góc trong TN 4

3.3.5. TN 5. Dao động của CLĐ dùng cảm biến chuyển động

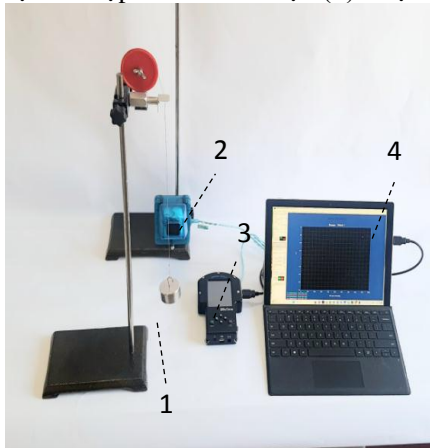
a) Mục đích TN

Kiểm nghiệm quy luật dao động của hình chiếu của li độ dài theo phương ngang (s_n -t) là hàm điều hòa.

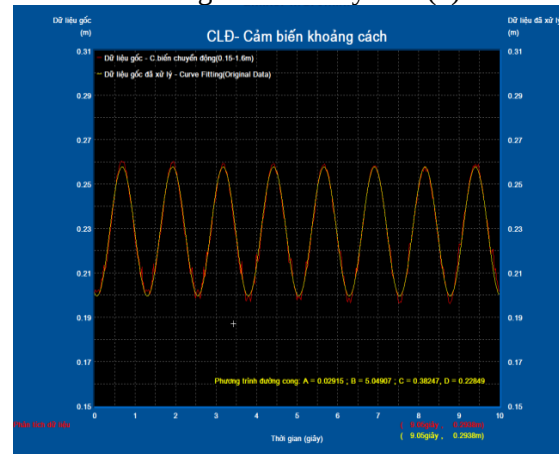
b) Thực hiện TN

Bố trí TN như hình 11

- CLĐ (1) có $\ell = 35$ cm, $m = 200$ g.
- Cảm biến chuyển động (2) được vuông góc với phương sợi dây, cách vật nặng 20 cm.
- Bộ thu thập và xử lí số liệu (3) được nối với cảm biến khoảng cách và máy tính (4).



Hình 11. Ảnh chụp bố trí TN 5



Hình 12. Đồ thị s_n -t của CLĐ dùng cảm biến khoảng cách trong TN 5

Kết quả thu được hàm tọa độ góc theo thời gian: $s_n = 0,03\cos(5,05t + 1,93)(N,s)$

Kết quả TN cho thấy tọa độ biến đổi theo thời gian (α -t) là hàm điều hòa (Hình 12).

Ta có, chu kì dao động xác định từ TN: $T_{TN} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{5,05} = 1,24(s)$

Và chu kì dao động tính theo lí thuyết: $T_{LT} = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,35}{9,5}} = 1,21(s)$.

Như vậy T_{TN} sai lệch với T_{LT} cỡ 2,5%. Kết quả TN này đảm bảo tốt yêu cầu về độ chính xác của TN vật lí ở trường phổ thông.

3.3.6. TN 6. Dao động tắt dần của CLLX trong môi trường nước và môi trường không khí có gắn đĩa cân

a) Mục đích TN

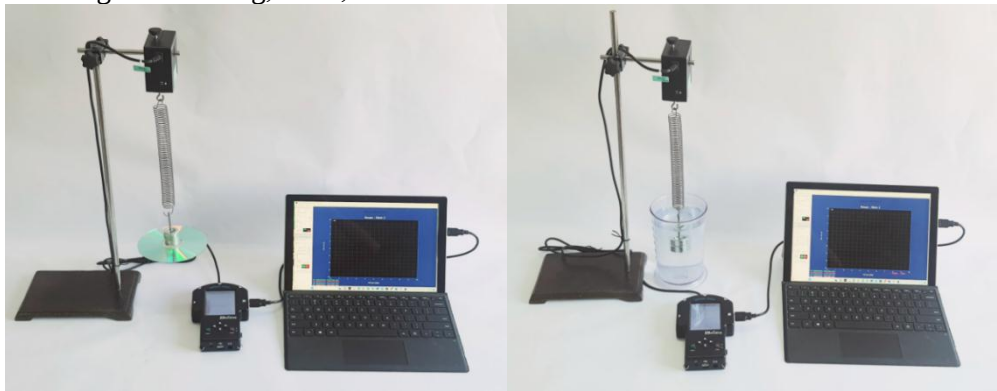
Khảo sát nguyên nhân của dao động tắt dần.

b) Thực hiện TN

Bố trí TN như hình 13 tương tự như TN1

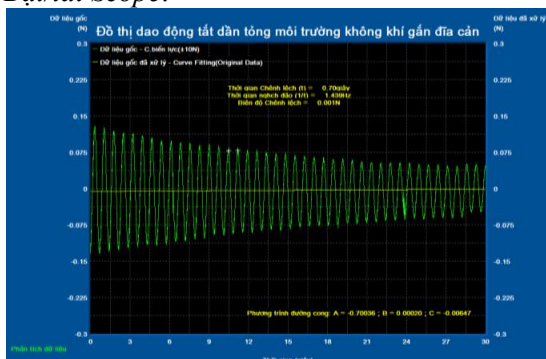
- Đĩa cân bán kính 12 cm

- CLLX đứng có $m = 110g$, $k = 8,9N/m$

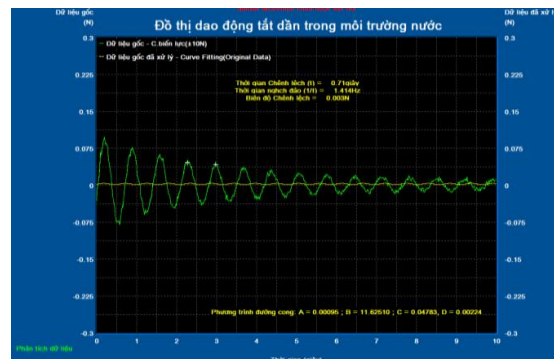


Hình 13. Bố trí TN Dao động tắt dần của CLLX trong nước và trong không khí có gắn đĩa cân dùng cảm biến lực

Cho CLLX dao động đến khi dao động ổn định, nhấn nút *Bật/tắt Scope* để bắt đầu ghi số liệu và hiển thị đồ thị x-t trên màn hình (Hình 14 và 15). Khi muốn dừng thu thập dữ liệu thì nhấn nút *Bật/tắt Scope*.



Hình 14. Đồ thị dao động tắt dần của CLLX trong môi trường không khí có gắn đĩa cân



Hình 15. Đồ thị dao động tắt dần của CLLX trong nước

Kết quả TN cho thấy, dao động trong môi trường nước tắt nhanh hơn trong môi trường không khí. Như vậy, nguyên nhân của dao động tắt dần là do ma sát, sức cản môi trường. Môi trường càng nhớt hay lực cản, ma sát môi trường càng lớn thì dao động tắt càng nhanh.

3.3.7. TN 7. Khảo sát dao động cưỡng bức của CLLX

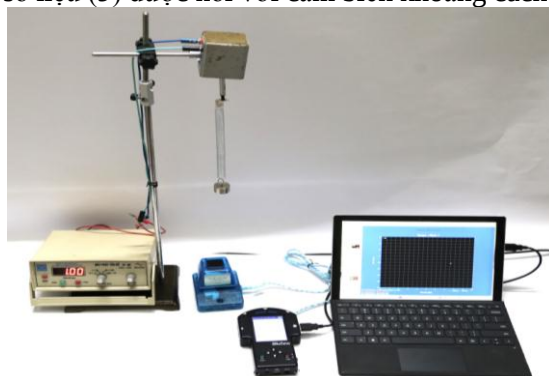
a) Mục đích TN

Kiểm nghiệm tần số dao động cưỡng bức bằng tần số ngoại lực và điều kiện xảy ra cộng hưởng.

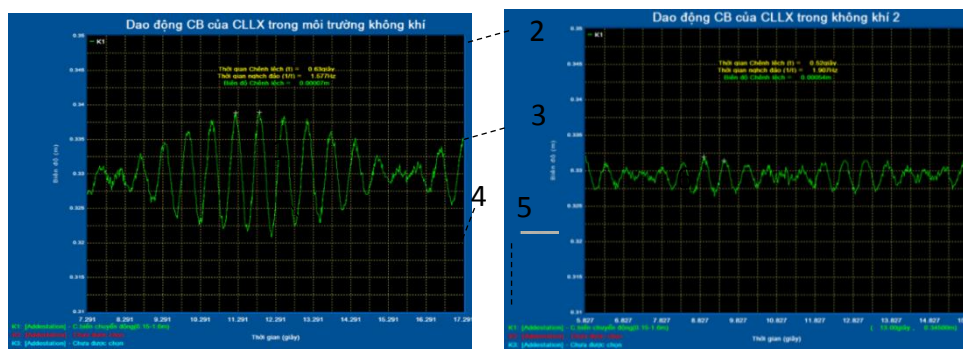
b) Thực hiện TN

Bố trí TN như hình 16

- Máy phát âm tần (1), điều chỉnh mức tần số $1 \div 10\text{Hz}$
- Thiết bị tạo dao động cường bức (2) kết nối với máy phát âm tần (1)
- CLLX (3) có $m = 50\text{g}$, $k = 5\text{N/m}$.
- Cảm biến khoảng cách (4) được đặt dưới vật nặng, dọc theo trục của lò xo và cách vật 25 cm
- Bộ thu thập và xử lý số liệu (3) được nối với cảm biến khoảng cách và máy tính (4).



Hình 16. Bố trí dao động cường bức của CLLX trong TN 7



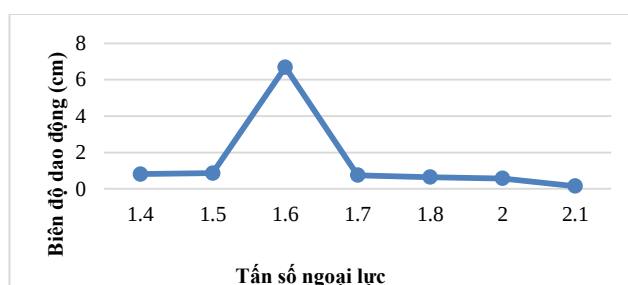
Hình 17. Đồ thị dao động cường bức của CLLX với hai tần số khác nhau trong TN 7

Kết quả TN cho thấy, tần số dao động của vật là 1,57 Hz và 1,9 Hz tương ứng với tần số của máy phát âm tần là 1,6 Hz và 1,9 Hz (Hình 17). Như vậy dao động cường bức có tần số bằng tần số của ngoại lực.

Khi thay đổi tần số của lực cường bức ta thu được biên độ dao động như bảng 1 và hình 18.

Bảng 1. Bảng tần số của ngoại lực và biên độ dao động cường bức

Tần số ngoại lực (Hz)	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1
Biên độ dao động (cm)	0,42	0,81	0,86	6,69	0,75	0,64	0,57	0,15



Hình 18. Đồ thị biên độ dao động cường bức - tần số ngoại lực

Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi điều chỉnh tần số bằng tần số dao động dao động riêng $f = 1,6(\text{Hz})$ thì biên độ dao động đạt giá trị lớn nhất $A_{cb} = 6,69 \text{ cm}$.

$$\text{Tần số dao động riêng của CLLX: } f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = 1,59(\text{Hz}).$$

Như vậy, điều kiện xảy ra cộng hưởng cơ là tần số của ngoại lực bằng tần số dao động riêng.

4. Kết luận

Việc sử dụng TN ghép nối máy tính có vai trò quan trọng trong dạy học Vật lí, là một trong những phương tiện góp phần phát triển năng lực giải quyết vấn đề của học sinh. Các thí nghiệm ghép nối máy tính AddeStation về Dao động cơ do chúng tôi xây dựng không những đảm bảo tốt về chất lượng thí nghiệm ở trường phổ thông mà còn khắc phục hạn chế của thí nghiệm hiện có, tạo điều kiện thuận lợi để có thể tổ chức dạy học phát triển năng lực của học sinh trong học tập.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] Ministry of Education and Training, *General Education Physics Program issued with Circular No. 32/2018/TT-BDGDĐT on December 26, 2018*, 2018.
- [2] N. H. Nguyen (Editor), X. T. Nguyen, and A. T. Nguyen, *Guidance on Using Laboratory Equipment in Teaching High School Physics*, Hanoi University of Education Publishing House, 2014.
- [3] N. H. Nguyen, "Some directions on the method of using teaching physics equipment," *Journal of Educational Research*, no. 5, pp. 29-30, 1998.
- [4] X. Q. Pham, "Design and construction of a computer-connected experimental kit and software support for harmonic oscillation investigation - Physics class 12," *Journal of Educational Research*, no. 135, pp. 37-38, 2006.
- [5] Steinberg, "Effect of computer-based laboratory instruction on future teachers' understanding of nature of science," *Jl. of Computers in Mathematics and Science Teaching*, no. 22, pp. 185-205, 2023.
- [6] Bernhard, "Physics Learning and Microcomputer Based Laboratory (MBL) - Learning effects of using MBL as a technological and as a cognitive tool," *Science Education Research in the Knowledge Based Society*, Thessanoliiki, pp. 21-25, 2001.
- [7] L. Hucke and H. E. Fischer, "The Link of Theory and Practice in Traditional and in Computer-based University Laboratory Experiments," *Teaching and Learning in the Science Laboratory*, vol. 16, pp. 205-218, 2002.
- [8] D. E. P. Nggadas and A. Ariswan, "The mastery of physics concepts between students are learning by ICT and laboratory experiments based teaching," *Momentum: Physics Education Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 21-31, 2019.
- [9] R. Trumper and Gelbman, "Investigating electromagnetic induction trough a minicomputer-based laboratory," *Phy. Educ.*, no. 35, pp. 90-95, 2000.