

MÔ PHỎNG HOẠT HÌNH DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA BẰNG NGÔN NGỮ PYTHON

Trần Xuân Hôi

Trường Đại học Phú Yên

Email: tranxuanhoi@pyu.edu.vn

Ngày nhận bài: 16/03/2024; Ngày nhận đăng: 03/06/2024

Tóm tắt

Bài báo trình bày phương pháp và kết quả mô phỏng một dao động điều hòa của con lắc lò xo bằng cách ứng dụng vi phân và lập trình Python. Kết quả bao gồm đoạn hoạt hình của con lắc đang dao động điều hòa cùng với sự biến đổi của các đại lượng của dao động tương ứng thời gian thực của con lắc. Hơn nữa, nghiên cứu này đưa ra một cách tiếp cận về dao động điều hòa mà không thông qua việc giải phương trình vi phân bậc hai.

Từ khóa: Vi phân, mô phỏng, dao động điều hòa, vpython.

Simulating the animation of harmonic oscillation in Python language

Tran Xuan Hoi

Phu Yen Univesity

Received: March 16, 2024; Accepted: June 03, 2024

Abstract

This article presents the method and results of simulating a harmonic oscillation of a spring oscillator by using differentiation and Python. The result includes the animation of a spring oscillator and real-time variations of the corresponding components of the system. Furthermore, this study offers an approach to harmonic oscillation without solving second-order differential equations.

Keywords: Differentiation, simulation, harmonic oscillation, vpython.

1. Mở đầu

Mô phỏng là một cách để dạy học hiệu quả và trực quan, giúp học viên tích cực và chủ động khi học các môn học khoa học tự nhiên cũng như STEM (Falloon, 2019). Mô phỏng giúp người học hiểu rõ hơn các khái niệm lý thuyết, quan sát được các hiện tượng thực tế và rèn luyện kỹ năng thực hành. Mô phỏng cũng là một công cụ quan trọng trong giảng dạy và nghiên cứu khoa học tự nhiên, giúp kiểm tra các giả thuyết, mô hình hóa các quá trình và dự báo các kết quả (Falloon, 2019).

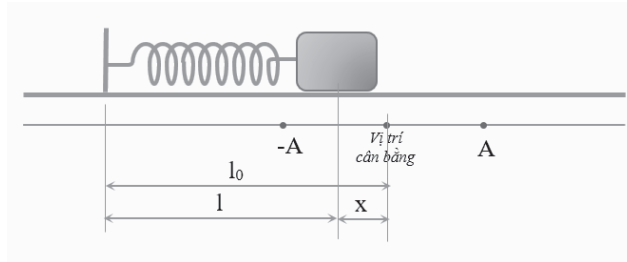
Dao động điều hòa là một trong những nội dung quan trọng trong chương trình vật lý phổ thông cũng như ở các cấp học cao hơn. Dao động điều hòa là nền tảng để học nhiều hiện tượng vật lý như sóng điện từ, dòng điện xoay chiều, và kể cả vật lý phân tử và nhiệt học (Alrasheed, 2024). Để mô phỏng dao động điều hòa nhằm hỗ trợ trong dạy học vật lý, giáo viên thường sử dụng các công cụ có sẵn như trình vẽ hình trong Microsoft Office, các phần mềm chuyên nghiệp hơn như Geometry Sketpatch, Geogebra. Ngoài ra hiện nay có

một số công cụ mô phỏng các hiện tượng vật lý trực tuyến để hỗ trợ trong dạy học, chẳng hạn như trang “oPhysics: Interactive Physics Simulations”.

Với xu thế dạy học tích hợp như hiện nay, trong nghiên cứu này tác giả sử dụng tích hợp các kiến thức liên quan về vật lý, toán học và tin học để mô phỏng một dao động điều hòa của con lắc lò xo. Với mục đích là hỗ trợ trong dạy học và nghiên cứu vật lý, bài báo hy vọng đóng góp phần nào trong đổi mới phương pháp cũng như ứng dụng công nghệ vào dạy học hiện nay.

2. Phương pháp

2.1. Nguyên lý của dao động điều hòa



Hình 1. Con lắc lò xo

Xét dao động của một con lắc lò xo, bao gồm vật nặng có khối lượng m và lò xo nhẹ có độ cứng k , dao động trên mặt phẳng ngang (Hình 1) trong trường hợp ma sát không đáng kể. Khi đó vật chịu tác dụng của 3 lực là trọng lực của quả nặng, phản lực vuông góc của mặt phẳng ngang và lực đàn hồi của lò xo. Trong đó, trọng lực và phản lực là cặp lực cân bằng. Như vậy, trong suốt quá trình dao động của con lắc trên, vật dao động (quả nặng) chỉ chịu tác dụng bởi duy nhất một lực là lực đàn hồi của lò xo.

$$F_{dh} = -kx \quad (1.1)$$

Để tìm qui luật chuyển động của con lắc, theo Định luật II Newton ta có:

$$F = ma = mx'' \quad (1.2)$$

Từ (1.1) và (1.2) suy ra:

$$-kx = mx'' \quad (1.3)$$

$$x'' + \frac{k}{m}x = 0 \quad (1.4)$$

Phương trình (1.4) là phương trình động lực học của vật nặng trên. Nghiệm của phương trình này có dạng:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (1.5)$$

Do đó, dao động của vật nặng này là dao động điều hòa. Từ phương trình (1.5) ta có thể biết được qui luật dao động của vật nặng trên, biểu diễn đồ thị li độ của dao động điều hòa, và do đó, cũng có thể xác định được các đại lượng khác của dao động điều hòa như vận tốc, năng lượng. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, tác giả không sử dụng phương trình (1.5) để dựng hoạt hình (ảnh động – animation) của dao động điều hòa bởi một số lý do sẽ được nêu ở phần sau. Thay vào đó, để thuận lợi trong việc lập trình thì phương pháp vi phân được sử dụng trong nghiên cứu này.

Như phần trên đã nêu, trong suốt quá trình dao động của con lắc trên, vật dao động (quả nặng) chỉ chịu tác dụng bởi duy nhất một lực là lực đàn hồi của lò xo. Lực này có đặc điểm

là luôn hướng về vị trí cân bằng và có độ lớn tỉ lệ nghịch với li độ (Công thức (1.1)). Chỉ cần điều kiện như vậy thì vật sẽ dao động điều hòa, và ta cũng có thể dựng/chứng tỏ được nó sẽ dao động điều hòa chỉ từ điều kiện này mà không cần lập phương trình vi phân bậc hai như ở trên.

2.2. Ứng dụng vi phân để khảo sát dao động điều hòa con lắc lò xo

Xét một con lắc lò xo như Hình 1. Các đại lượng của dao động điều hòa con lắc lò xo tại thời điểm ban đầu:

$$\text{Li độ:} \quad x = l - l_0 \quad (1.6)$$

$$\text{Động lượng:} \quad p = 0 \quad (1.7)$$

$$\text{Động năng:} \quad W_{dn} = \frac{p^2}{2m} \quad (1.8)$$

$$\text{Thế năng đàn hồi:} \quad W_m = \frac{kx^2}{2} \quad (1.9)$$

$$\text{Cơ năng:} \quad W = W_{dn} + W_m = \text{constant} \quad (1.10)$$

Các đại lượng tại thời điểm sau một khoảng vi phân thời gian Δt kể từ lúc ban đầu:

$$p_{\Delta t} = p + F_{dh} \cdot \Delta t \quad (1.11)$$

$$x_{\Delta t} = x + \Delta x = x + \frac{p_{\Delta t} \Delta t}{m} \quad (1.12)$$

Công thức (1.11) cho biết động lượng của vật nặng sau một khoảng vi phân thời gian Δt kể từ lúc ban đầu, giúp xác định được động năng của vật theo công thức (1.8). Công thức (1.12) cho biết vị trí của vật nặng tại thời điểm Δt . Khi biết được vị trí và động lượng của vật ta có thể xác định được các đại lượng còn lại của dao động tại thời điểm Δt .

Tiếp theo, ta cho một khoảng vi phân thời gian Δt nữa, rồi xác định trạng thái của dao động tại thời điểm này. Quá trình này lặp đi lặp lại theo một vòng lặp như nhau. Do đó sẽ thuận tiện trong việc lập trình cho máy tính thực hiện vòng lặp này để khảo sát cũng như mô phỏng dao động.

2.3. Chương trình Vpython và dao động điều hòa của con lắc đơn

VPython là một mã nguồn mở và là một phần của thư viện Python, kết hợp ngôn ngữ lập trình Python với module đồ họa 3D. Ứng dụng thư viện này cho phép người dùng tạo các đối tượng 3D, chẳng hạn như khối hình hộp, hình cầu và hình nón, sau đó hiển thị các đối tượng này trong cửa sổ ứng dụng. Điều này hỗ trợ việc tạo ra các hình ảnh và hoạt hình trực quan đơn giản, cho phép các lập trình viên tập trung hơn vào khía cạnh tính toán và mô phỏng của chương trình của họ. Vpython là một công cụ phổ biến để minh họa toán học và vật lý đơn giản, đặc biệt là trong môi trường giáo dục, do tính đơn giản và cấp phép nguồn mở của nó. Vpython lần đầu tiên được sử dụng trong các khóa học vật lý cơ bản tại Trường Đại học Carnegie Mellon (Mỹ), sau đó lan rộng sang các trường đại học khác và cuối cùng là các trường trung học, đặc biệt là liên quan đến chương trình giảng dạy vật chất & tương tác. Một sự phát triển liên quan của David Scherer và Bruce Sherwood là GlowScript, cho phép viết và chạy các chương trình Vpython trong trình duyệt tại trang GlowScript.org (Wikipedia, 2024). Trong nghiên cứu này, tác giả thực hiện chương trình Vpython trên trình

duyet máy tính tại địa chỉ <https://glowsript.org>.

Một con lắc đơn dao động điều hòa bao gồm các thành phần hình học và vật lý. Các thành phần hình học gồm các khối hình hộp chữ nhật (vật nặng, điểm tựa, mặt bàn), đường helix tròn (lò xo). Các thành phần vật lý bao gồm: dao động điều hòa của vật nặng quanh vị trí cân bằng theo điều kiện ban đầu cho trước; lò xo có một đầu cố định, một đầu gắn chặt với vật nặng, lò xo luôn co giãn tương ứng theo dao động của con lắc; quá trình biến đổi năng lượng của con lắc và các đại lượng khác của dao động. Nghiên cứu này tập trung vào việc mô phỏng hoạt hình dao động điều hòa của con lắc lò xo trên mặt phẳng ngang và sự biến đổi năng lượng tương ứng với quá trình dao động của con lắc.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Kết quả

Để tạo ra hoạt hình của con lắc lò xo, trước hết phải khai báo các điều kiện ban đầu của hệ dao động cho Python bao gồm độ dài tự nhiên và độ cứng của lò xo, khối lượng của vật nặng, vận tốc và vị trí ban đầu của vật. Cùng với đó là dựng các thành phần hình học có tham gia vào hệ dao động, sau đó là viết đoạn mã để điều khiển hoạt hình của các thành phần hình học. Hình 2 là đoạn mã mô phỏng dao động và sự biến đổi năng lượng của con lắc được thực hiện trên môi trường Vpython. Trong đó bao gồm các thành phần được đưa vào chương trình như lò xo, vật nặng, các thành phần năng lượng, vi phân thời gian, lực đàn hồi, động lượng, độ dài và độ biến dạng của lò xo, và các hàm của Python. Ở đây vi phân thời gian được lấy là 1/1000 tổng thời gian khảo sát. Động lượng và vị trí của vật tại thời điểm Δt được mô tả ở đoạn mã dòng 35 và 36 của Hình 2, nội dung này được trình bày ở công thức (1.11) và (1.12).

```

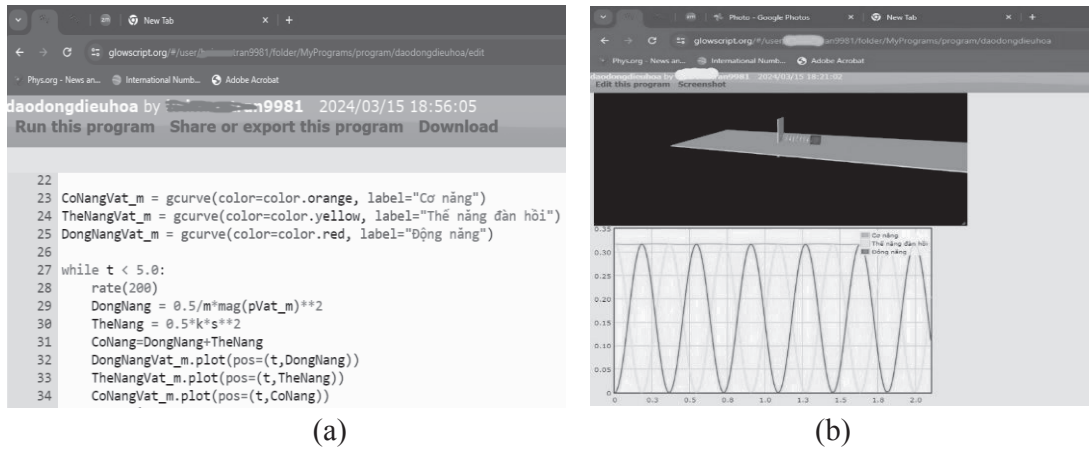
25
26 while t < 5.0:
27     rate(200)
28     DongNang = 0.5/m*mag(pVat_m)**2
29     TheNang = 0.5*k*s**2
30     CoNang=DongNang+TheNang
31     DongNangVat_m.plot(pos=(t,DongNang))
32     TheNangVat_m.plot(pos=(t,TheNang))
33     CoNangVat_m.plot(pos=(t,CoNang))
34     FdanHoi = -k*s*Lhat
35     pVat_m = pVat_m + (FdanHoi)*delta_t
36     Vat_m.pos = Vat_m.pos + pVat_m*delta_t/m
37     LoXo.axis = Vat_m.pos-DiemTua.pos
38     L=Vat_m.pos
39     Lhat=hat(L)
40     s=mag(L)-Lo
41
42     t=t+delta_t

```

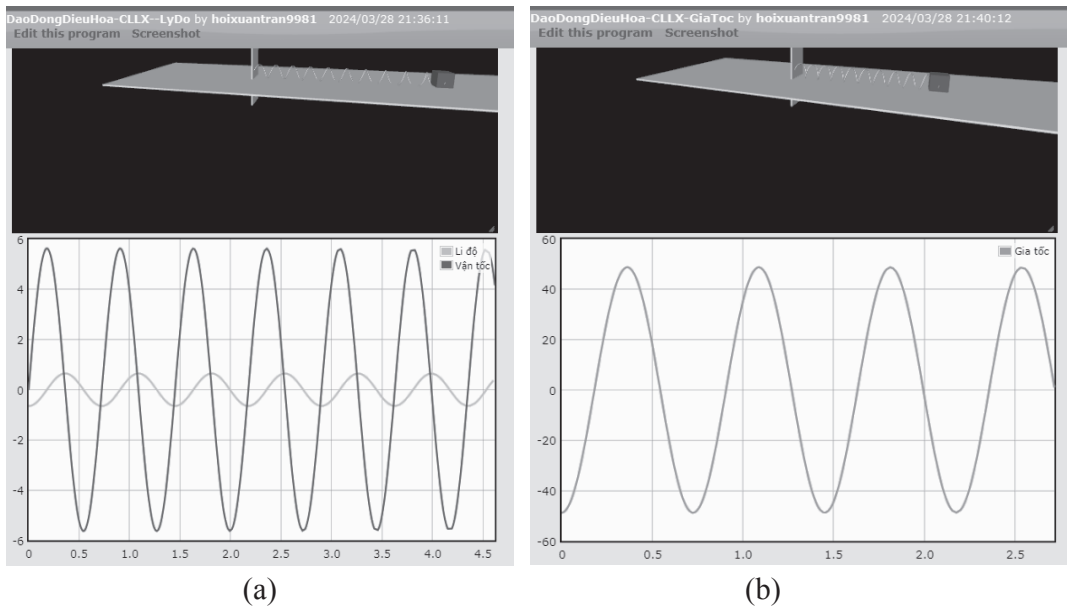
Hình 2. Đoạn mã mô phỏng hoạt hình dao động điều hòa của con lắc lò xo bằng Python

Đoạn hoạt hình mô phỏng dao động cùng với sự biến đổi năng lượng được phát ra ngay sau khi chạy chương trình, tất cả được chạy trực tuyến trên trình duyệt máy tính. Hình 3a là cửa sổ làm việc của Glowsript và Hình 3b là cửa sổ xuất kết quả được cắt từ đoạn hoạt hình. Toàn bộ đoạn hoạt hình này được tải lên tại đường liên kết: <https://photos.app.goo.gl/Xpm86gvukrwv5wFZ8>. Hình 4a được cắt từ đoạn hoạt hình dao động của con lắc cùng với sự biến đổi của li độ và vận tốc, đoạn hoạt hình này được tải lên tại đường liên kết: <https://photos.app.goo.gl/rE9qvx1SC4FkMsqda>. Hình 4b được cắt từ

đoạn hoạt hình dao động của con lắc cùng với sự biến đổi của gia tốc, đoạn hoạt hình này được tải lên tại đường liên kết: <https://photos.app.goo.gl/HTmoaiGo5eqWRC38>.



Hình 3. Môi trường làm việc của Glowsript (a) và hoạt hình dao động và sự biến đổi năng lượng của con lắc (b)



Hình 4. Sự biến đổi của li độ và vận tốc (a) và gia tốc (b) của con lắc

3.2. Bàn luận

Thông qua hoạt hình của quá trình dao động kèm với sự biến thiên liên tục của các thành phần năng lượng như trình bày ở phần kết quả sẽ rất thuận tiện cho học sinh và sinh viên thấy được thế năng và động năng khi nào tăng, khi nào giảm và biến thiên theo qui luật hình sin (Hình 3) mà không cần phải tìm ra phương trình năng lượng thông qua việc giải phương trình vi phân bậc hai. Tương tự, các thành phần biến thiên khác của dao động như li độ, vận tốc, gia tốc cũng được cho thấy là chúng biến thiên theo qui luật hình sin một cách trực quan (Hình 4).

Phép ứng dụng vi phân để mô phỏng hoạt hình của dao động con lắc lò xo chứng tỏ được nếu một vật chỉ chịu tác dụng bởi một lực hoặc hợp lực có độ lớn tỉ lệ nghịch với li độ và

luôn hướng về vị trí cân bằng thì vật sẽ dao động điều hòa mà không cần phải thông qua bước lập phương trình vi phân bậc hai. Điều này có tính sư phạm, dễ thuyết phục học sinh và sinh viên học vật lý trong quá trình nhận thức và không liên quan đến phương trình vi phân bậc hai.

Người dùng có thể điều chỉnh các tùy chọn để chủ động điều khiển hoạt hình mà không hạn chế hoặc phụ thuộc nếu sử dụng các phần mềm dạy học dựng sẵn. Chẳng hạn như người dùng có thể thay đổi kích thước, hình dạng của các thành phần hình học; điều chỉnh các thông số vật lý như độ cứng của lò xo, thêm vào lực ma sát để chứng tỏ dao động của vật là dao động tắt dần.

Vpython chạy trên trang trực tuyến Glowscript là một chương trình tiện lợi, người dùng có thể làm việc trong môi trường soạn thảo chạy trực tiếp trên trình duyệt, bao gồm các công cụ và hàm để dựng và điều khiển các hình và hoạt hình 3D, là một công cụ tốt để hỗ trợ trong dạy và học vật lý.

4. Kết luận

Bằng cách ứng dụng vi phân và lập trình Python, nghiên cứu này đã mô phỏng một dao động điều hòa của con lắc lò xo, bao gồm hoạt hình của con lắc đang dao động điều hòa cùng với sự biến đổi của các thành phần năng lượng. Hơn nữa, người dùng cũng có thể tùy chỉnh mọi thông số của hệ dao động cũng như chủ động trong việc hiển thị các đại lượng của hệ, giúp hỗ trợ trong dạy học vật lý. Tuy nhiên, nghiên cứu này chỉ tập trung vào việc mô phỏng hoạt hình của dao động mà chưa hiển thị và khảo sát nhiều đại lượng vật lý khác của dao động điều hòa. Nghiên cứu này có thể phát triển để khảo sát nhiều đối tượng hơn hoặc áp dụng để mô phỏng và khảo sát các hiện tượng vật lý khác có liên quan như sóng điện từ, giao thoa sóng, dòng điện xoay chiều. Bài báo hy vọng đóng góp phần nào trong công cuộc đổi mới phương pháp cũng như ứng dụng công nghệ dạy học hiện nay □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alrasheed, S. (2024, 3 16). *Oscillatory Motion*. Được truy lục từ Springer Link: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-15195-9_10
- Falloon, G. (2019). Using simulations to teach young students science concepts: An Experiential Learning theoretical analysis. *Computers & Education*, 135, 138-159.
- Wikipedia. (2024, 3 15). *Wikipedia*. Được truy lục từ <https://en.wikipedia.org/wiki/VPython>