

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM MATLAB THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG CÁC BÀI TOÁN VẬT LÝ

Lưu Bích Linh, Bùi Thị Toàn Thư

ThS. Trường Đại học Lâm nghiệp

TÓM TẮT

Bài báo này đưa ra kết quả việc ứng dụng phần mềm MatLab để giải quyết một số bài toán vật lý. Các bài toán chia thành ba nhóm đối tượng nghiên cứu tương ứng với các dạng chuyển động khác nhau bao gồm dao động cơ của con lắc đơn, chuyển động của hạt điện trong điện từ trường và quá trình phân hủy hạt nhân. Ứng dụng phần mềm Matlab để thiết kế, mô phỏng các bài toán, kết quả là đã xây dựng được 03 đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc theo thời gian của góc lệch θ và năng lượng của con lắc đơn cho hai trường hợp dao động tuần hoàn và tắt dần; 03 đồ thị mô phỏng quỹ đạo chuyển động của hạt điện trong các điện trường, biểu diễn sự phụ thuộc theo thời gian của tọa độ và vận tốc; xây dựng được 01 đường cong lý thuyết trong mô phỏng quá trình phân rã hạt nhân; xuất kết quả định lượng và biện luận cho từng bài toán. Nội dung này nhằm trang bị khả năng ứng dụng phần mềm cho sinh viên trong khi học môn vật lý và áp dụng tương tự cho một số môn học kỹ thuật sau này.

Từ khóa: Dao động, điện trường, mô phỏng, thiết kế, vật lý

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Matlab là một phần mềm được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực nghiên cứu và ứng dụng với khối lượng tính toán lớn. Một trong số những ưu điểm mạnh của Matlab là khả năng lập trình. Lập trình trong Matlab có thể giải quyết những bài toán trong nhiều lĩnh vực khoa học kỹ thuật đáp ứng được các yêu cầu của người lập trình. Hơn thế nữa, trong những năm gần đây thư viện Matlab được bổ sung các bộ công cụ cho phép nó kết nối và điều khiển các hệ đo, thu thập dữ liệu làm mạnh tính năng và hiệu quả sử dụng. Từ đây, việc chọn ngôn ngữ lập trình để thực hiện các bài toán không còn là vấn đề phức tạp nữa, người lập trình có thể thiết kế bài toán, xử lý, hiển thị kết quả và biện luận chúng ngay trên phần mềm. Sử dụng phần mềm Matlab trong nghiên cứu cũng như giải các bài toán kỹ thuật không những đã giải quyết triệt để các vấn đề cần quan tâm mà còn có thể thay đổi được các tham số để có thể hiểu rõ hơn bản chất của bài toán cũng như tiên đoán được một số hiện tượng có thể xảy ra. Vì vậy trong bài báo này tác giả đã ứng dụng phần mềm Matlab để thiết kế và mô phỏng một số bài toán vật lý nhằm trang bị kiến thức và khả năng ứng dụng chúng cho môn học vật lý nói riêng và một số môn học chuyên ngành sau đó.

II. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

Ứng dụng Matlab để thiết kế và mô phỏng bài toán cơ, điện và vật lý hạt nhân cơ bản và nâng cao.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp thiết kế, phân loại các bài toán dựa trên các tiêu chí như nội dung chương trình môn học, đối tượng sinh viên và chương trình đào tạo các ngành học.

- Phương pháp xử lý bài toán bằng lý thuyết: dùng lý thuyết môn học phân tích và xử lý dữ kiện của các bài toán vật lý mẫu làm cơ sở để xây dựng thuật toán tính toán, lập chương trình chi tiết.

- Phương pháp xử lý bài toán bằng ứng dụng phần mềm: ứng dụng phần mềm Matlab xây dựng sơ đồ khối, thuật toán tính toán và lập chương trình để giải quyết các bài toán đã lựa chọn, kết quả mong đợi là sẽ mô phỏng các bài toán một cách nhanh chính xác và trực quan với sự biến động và thay đổi của nhiều tham số đầu vào.

- Phương pháp tham vấn chuyên gia: tham vấn chuyên gia về Matlab để góp phần xác định và đánh giá các lệnh trình, chương trình đã viết.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Bài toán dao động của con lắc đơn

Thiết kế bài toán: Khảo sát dao động của con lắc đơn, vẽ đồ thị dao động trong không gian và mô phỏng hình ảnh chuyển động trong

hai trường hợp:

- dao động điều hòa (bỏ qua lực cản, hệ số cản $b = 0$)
- dao động tắt dần (có tính đến lực cản, hệ số cản $b \neq 0$)

Nếu góc lệch θ nhỏ sao cho $\sin\theta \approx \theta$, dao động của con lắc đơn coi là một mô hình điều hòa. Khi đó con lắc dao động tuần hoàn theo thời gian với li độ góc :

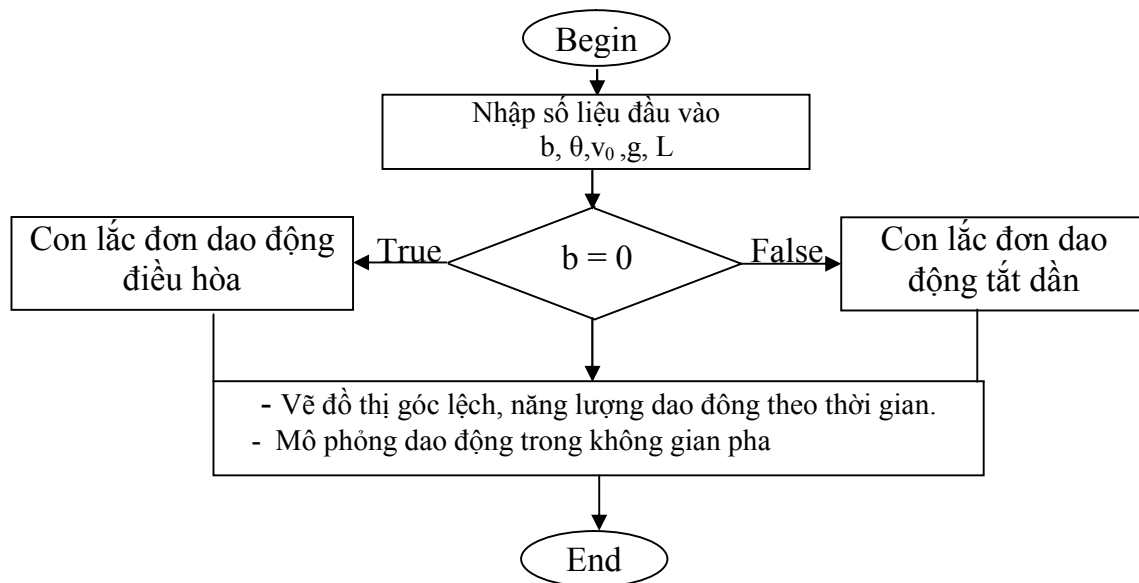
$$\theta = \theta_0 \cos(\omega_0 t + \varphi) \quad (3.1)$$

Năng lượng:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos\theta) \quad (3.2)$$

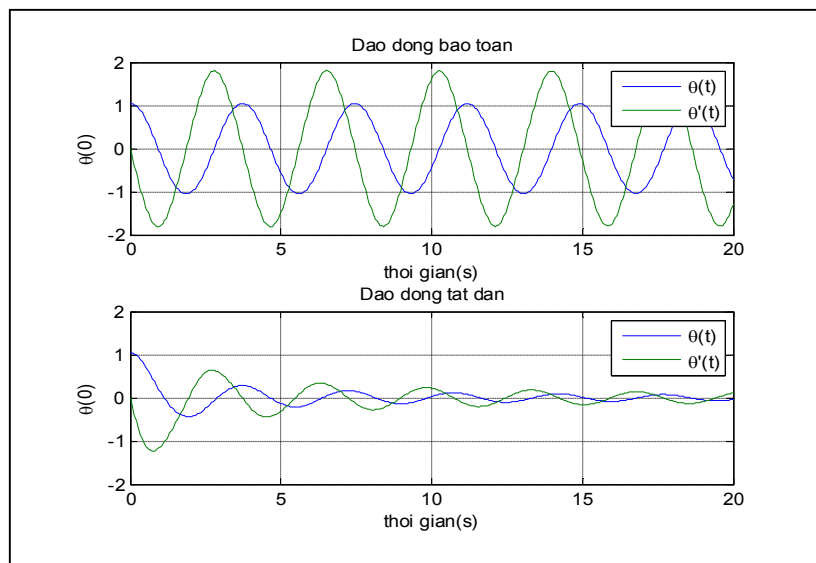
Quá trình dao động của con lắc đơn phụ thuộc trực tiếp theo góc lệch θ . Khi θ lớn lực cản của không khí đóng vai trò đáng kể (hệ số cản khác không). Trường hợp này con lắc dao động tắt dần. Ta sẽ xây dựng chương trình mô phỏng dao động con lắc đơn nói trên.

Kết quả mô phỏng: Trong bài toán dao động của con lắc ta xây dựng chương trình mô phỏng dựa trên sơ đồ khối thuật toán như sau:

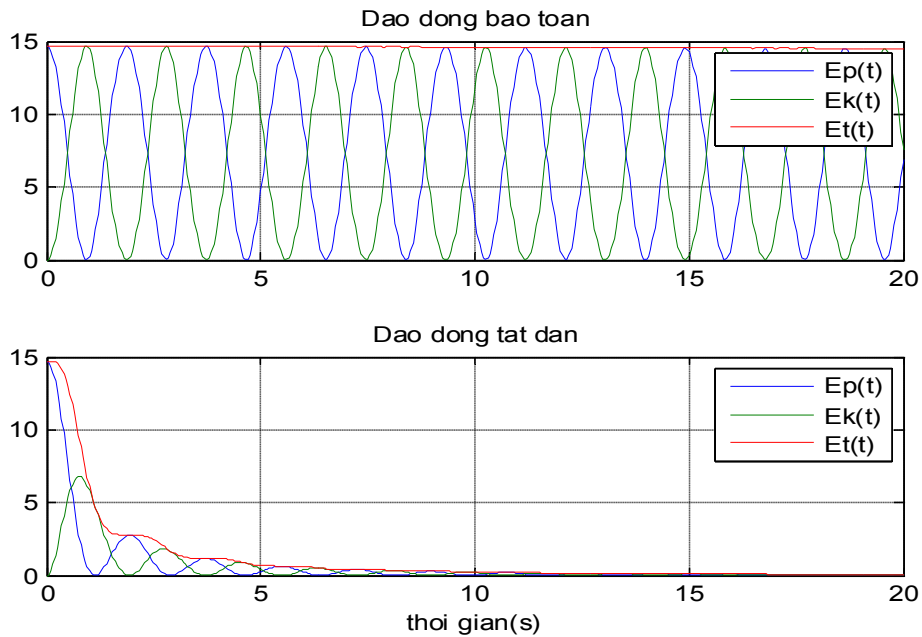


Chạy chương trình với các thông số ban đầu như sau: Góc lệch $\theta = \pi/3$; Hệ số cản: $b = 0$; Chiều dài dây: $L = 3$; Gia tốc trọng trường $g = 9.8$; Vận tốc ban đầu $v_0 = 0$.

Xuất kết quả: tọa độ và năng lượng của con lắc đơn dao động thể hiện trên đồ thị hình 3.1; hình 3.2.



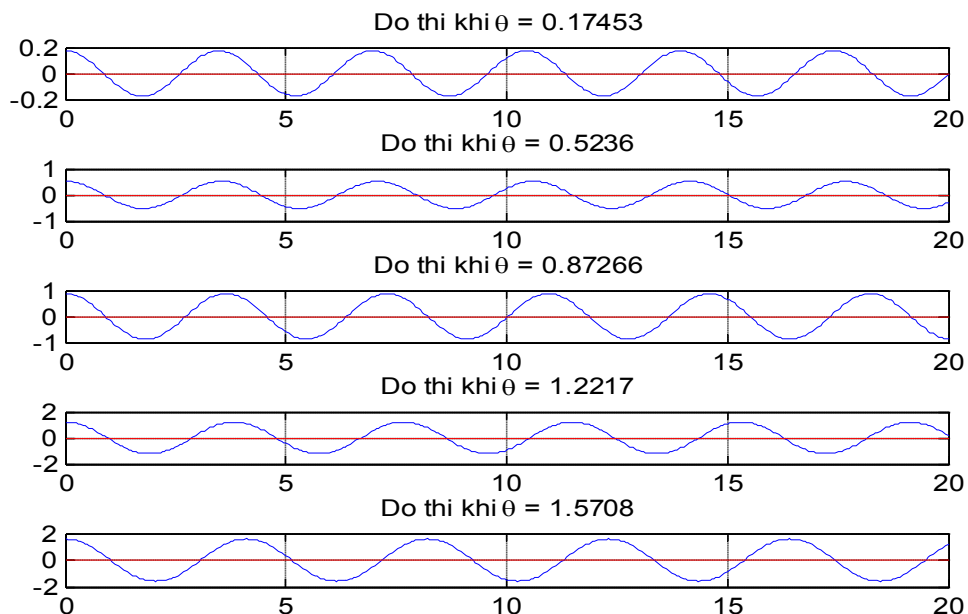
Hình 3.1. Sự phụ thuộc góc lệch dao động theo thời gian của con lắc đơn



Hình 3.2. Năng lượng dao động của con lắc đơn

Khi xét dao động của con lắc đơn, đồ thị hình 3.1; 3.2 đã biểu diễn sự phụ thuộc tuyến tính của li độ góc, vận tốc và năng lượng dao động của con lắc theo thời gian. Đồ thị hình 3.1 cho thấy vận tốc và li độ góc θ của dao động điều hòa có tính chất tuần hoàn được biểu diễn dưới dạng những đường hình sin còn vận

tốc và li độ góc của dao động tắt dần không còn tính chất tuần hoàn nữa. Đồ thị hình 3.2 cho thấy cơ năng của con lắc đơn khi dao động điều hòa luôn được bảo toàn trong khi đó cơ năng của con lắc đơn khi dao động tắt dần giảm nhanh theo thời gian do bị mất mát năng lượng trong quá trình dao động.



Hình 3.3. Đồ thị dao động của con lắc đơn ứng với các góc lệch θ khác nhau

Đồ thị hình 3.3 biểu diễn sự phụ thuộc dao động của con lắc đơn theo góc lệch θ . Giá trị chu kỳ nhận được tương ứng với góc lệch dao động là: 3.4826; 3.5361; 3.6480; 3.8285; 4.1023. Ta nhận thấy chu kỳ dao động của con lắc đơn tăng theo sự tăng của góc lệch dao động.

3.2. Bài toán chuyển động của điện tích trong điện trường

Thiết kế bài toán: Khảo sát chuyển động

của điện tích trong điện trường, mô phỏng quỹ đạo chuyển động của hạt điện trong các trường hợp:

- Điện trường đều
- Điện trường đều (điện trường giảm tuyến tính; điện trường giảm nhảy bậc)

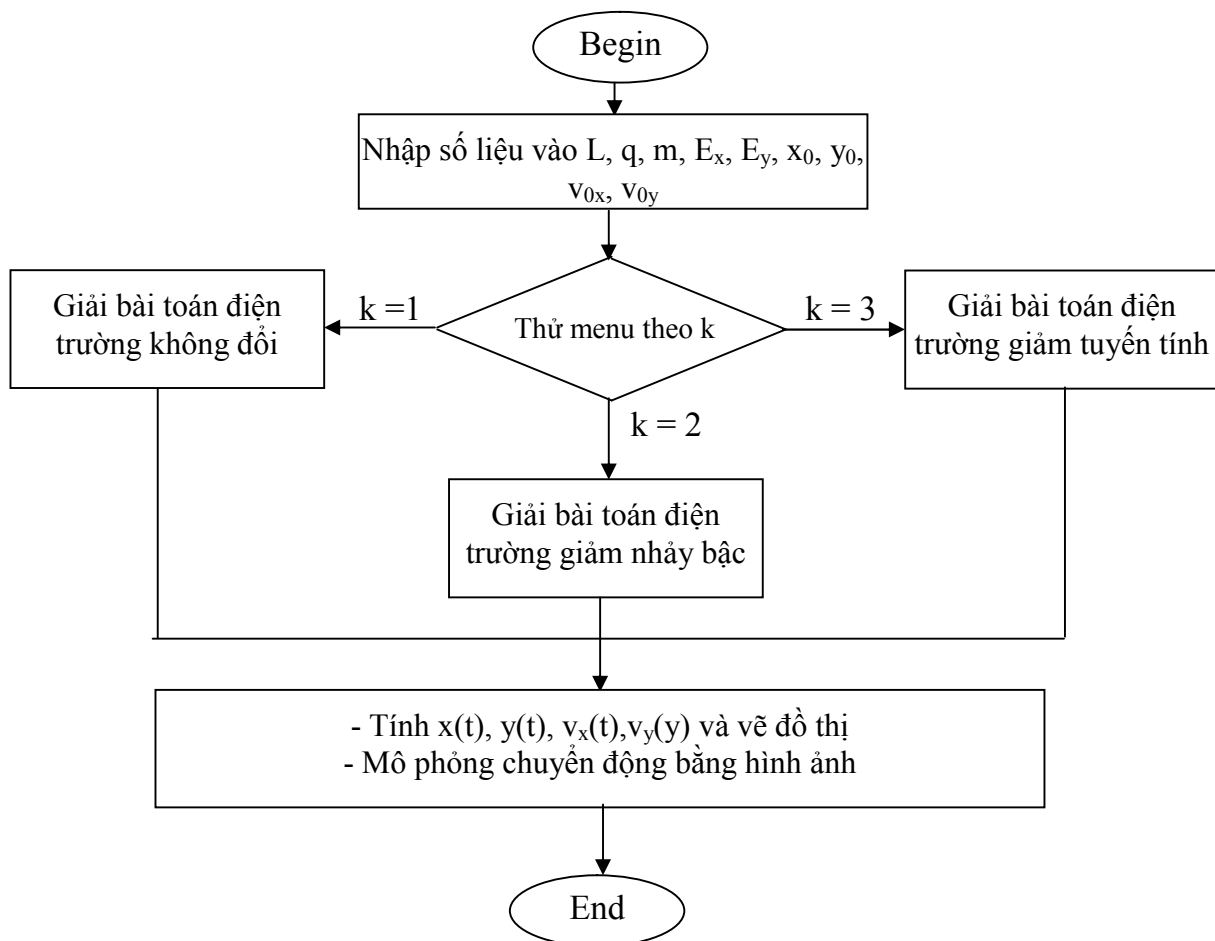
Trong điện trường, hạt điện q chịu tác dụng của lực điện trường. Các phương trình chuyển động của hạt điện có dạng:

$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}; & x = v_0 t \cos \alpha \\ v_y = v_0 \sin \alpha + \left(\frac{q}{m} E\right) t; & y = v_0 t \sin \alpha + \frac{1}{2} \left(\frac{q}{m} E\right) t^2 \end{cases} \quad (3.3)$$

Phương trình quỹ đạo của hạt điện có dạng:

$$y = \frac{1}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \left(\frac{q}{m} E\right) x^2 + (\tan \alpha) x \quad (3.4)$$

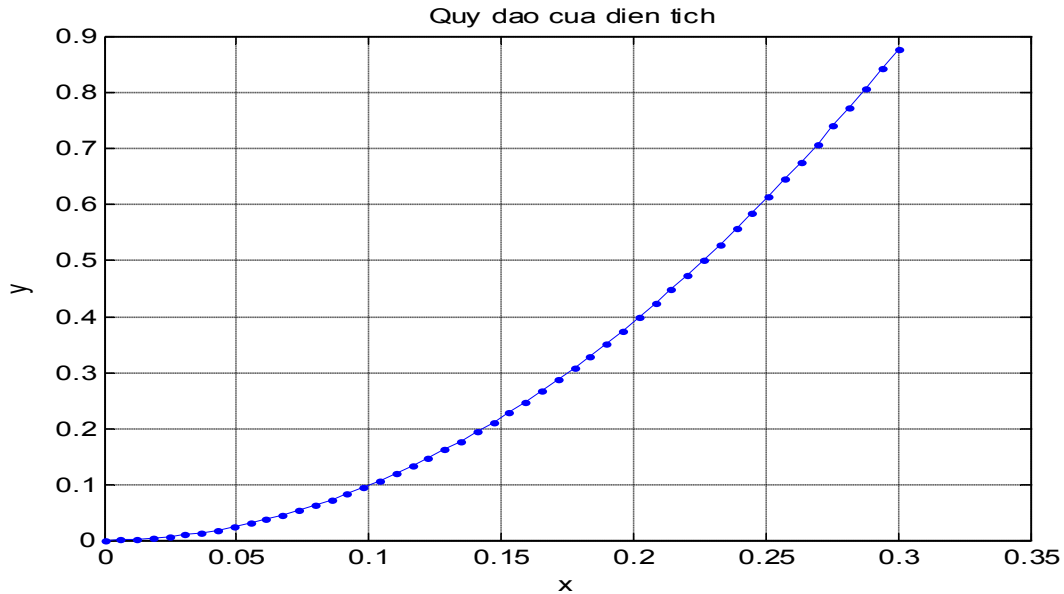
Kết quả mô phỏng: sơ đồ khối thuật toán giải như sau:



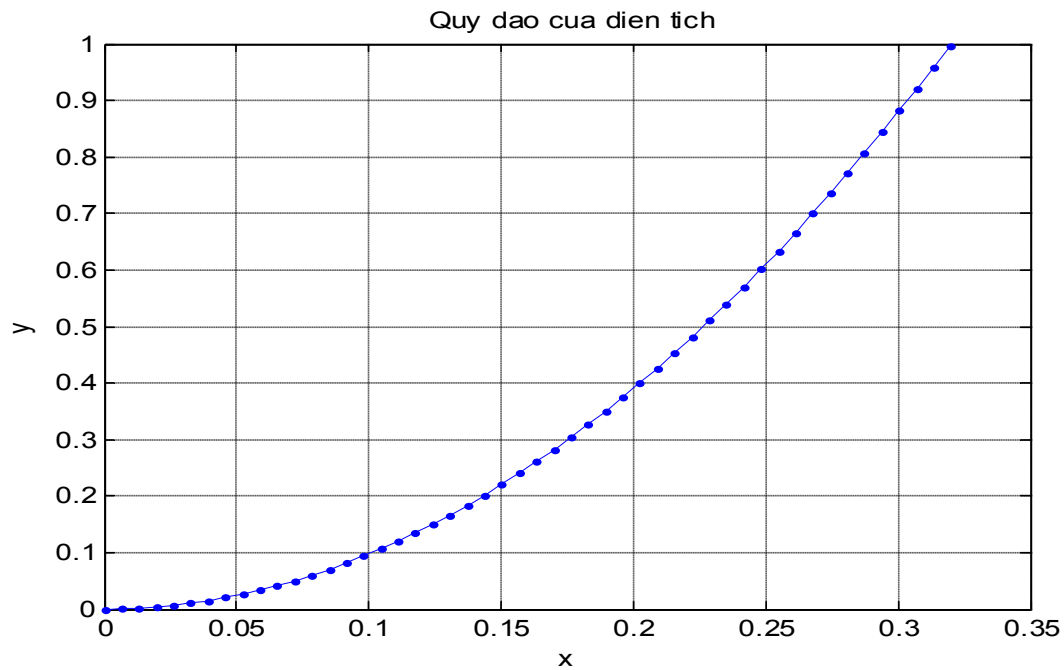
Kết quả tính số với hạt pozitron: Điện tích của hạt điện: $q = 1.6e^{-019}$ Khối lượng của hạt điện: $m = 9.1e^{-031}$; Vận tốc ban đầu: $v_0 = 3000000$; Cường độ điện trường: $E = 1000$; Khoảng bay xa: $L = 0.3$; Bước giảm của điện

trường: $l = 0.02$; Góc $\alpha = 0$.

- **Xuất kết quả:** chuyển động của điện tích được thể hiện trên các đồ thị từ hình 3.4 đến hình 3.7.



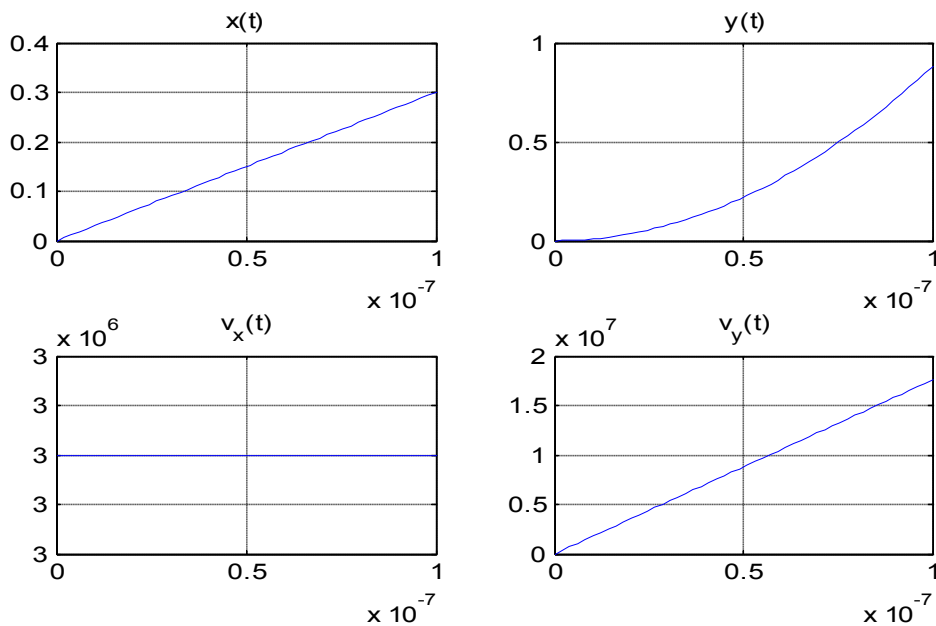
Hình 3.4. Quỹ đạo của điện tích chuyển động trong điện trường không đổi



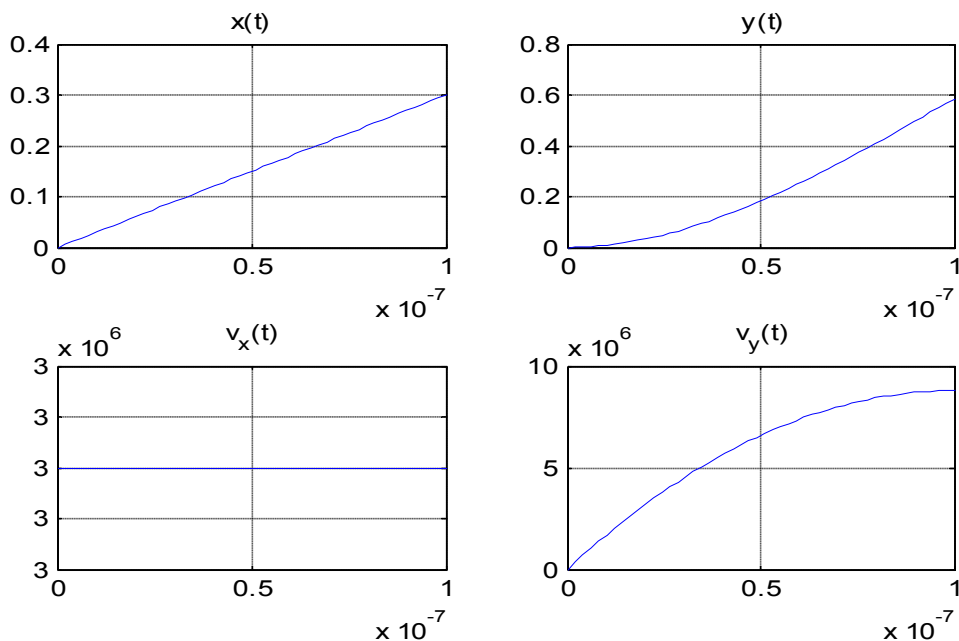
Hình 3.5. Quỹ đạo của điện tích chuyển động trong điện trường giảm nhảy bậc

Khi xét chuyển động của điện tích trong các điện trường khác nhau, tọa độ và vận tốc chuyển động của hạt điện theo phương Ox luôn không đổi. Sự khác biệt về tọa độ và vận tốc được thể

hiện rõ khi hạt điện chuyển động theo phương Oy , vận tốc chuyển động của hạt điện tăng lên khi điện tích chuyển động từ điện trường giảm tuyến tính sang điện trường giảm nhảy bậc.



Hình 3.6. Toạ độ và vận tốc chuyển động của điện tích trong điện trường không đổi



Hình 3.7. Toạ độ và vận tốc của điện tích trong điện trường giảm tuyến tính

Từ đồ thị hình 3.6; 3.7 ta nhận thấy đáng chú ý parabol của các đường cong quỹ đạo đều biểu hiện chuyển động biến đổi đều của hạt điện, theo phương oy toạ độ và vận tốc của hạt điện tăng khi bay từ điện trường giảm tuyến tính sang điện trường đều.

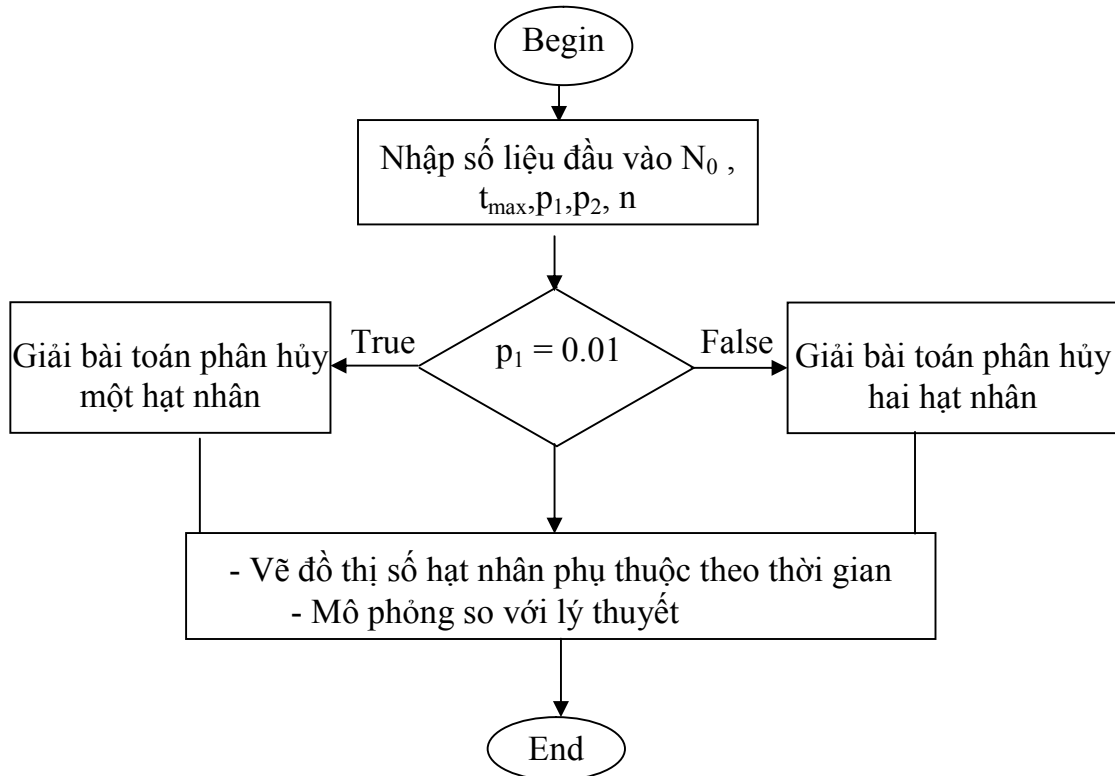
3.3. Bài toán phân rã phóng xạ

Thiết kế bài toán: Mô phỏng quá trình phân

hủy hạt nhân theo thời gian.

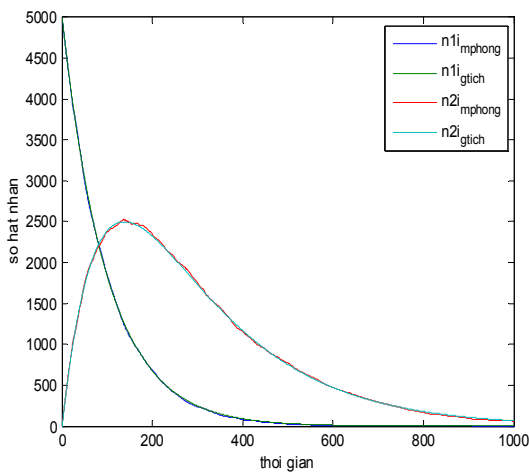
Sự phân hủy hạt nhân là một quá trình ngẫu nhiên tuân theo quy luật phân bố Poisson với xác suất p . Khi xây dựng chương trình phân rã hạt nhân cần thử n lần sau nhiều khoảng thời gian rồi lấy giá trị trung bình.

Kết quả mô phỏng: Sơ đồ khối thuật toán giải như sau:



Kết quả chạy chương trình cho trường hợp tính số: Số hạt không bền lúc đầu: $N_0 = 5000$. Xác suất phân hủy: $p_1 = 0.01$; $p_2 = 0.005$; Khoảng thời gian khảo sát: $t_{max} = 500$; Số lần thử: $n = 200$.

Xuất kết quả: Ta được hai đồ thị mô tả sự phụ thuộc của số hạt nhân theo thời gian được trình bày như các hình dưới đây:



Hình 3.8. Chuỗi hạt nhân phân rã theo thời gian

Sự trùng hợp đường cong lý thuyết với đường cong mô phỏng chứng tỏ sự đúng đắn

của quy luật phân rã phóng xạ. Theo thời gian số hạt nhân nguyên tử thứ nhất (hạt nhân mẹ) giảm dần đồng thời số hạt nhân thứ hai (hạt nhân con) tăng dần sau đó lại giảm dần theo quy luật giảm của định luật phân rã phóng xạ.

IV. KẾT LUẬN

Việc thiết kế, mô phỏng một số bài toán vật lý bằng ứng dụng phần mềm MATLAB đã thu được:

- Đã mô phỏng được 03 bài toán vật lý cơ bản và nâng cao bao gồm: (i) dao động của con lắc đơn, (ii) chuyển động của hạt điện trong điện trường, (iii) quá trình phân rã phóng xạ của một hạt nhân và chuỗi hạt nhân.

- Xây dựng được 07 đồ thị biểu diễn quỹ đạo chuyển động của vật, sự phụ thuộc theo thời gian của các đại lượng đặc trưng như tọa độ, vận tốc, năng lượng, mô men động lượng, khối lượng... xấp xỉ được các đường cong lý thuyết với các đường cong thực nghiệm. Xuất kết quả định lượng cho từng bài toán.

- Phân tích và đưa ra những nhận xét chi tiết cho từng bài toán cụ thể. So sánh được sự khác nhau giữa dao động tuần hoàn và dao động tắt

dần, sự khác biệt khi hạt điện chuyển động trong các điện trường khác nhau....

Thông qua kết quả này chúng ta có thể ứng dụng phần mềm MATLAB để thiết kế, mô phỏng áp dụng cho một số bài toán kỹ thuật trong thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Viết Dư Khương (2004), *Bài giảng Tin học*

cho Vật lý I, Vật lý II, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Hà Nội.

2. Nguyễn Phùng Quang (2005), *Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.

3. Nguyễn Văn Hòa (2008), *Vật lý đại cương*, Trường Đại học Lâm nghiệp.

4. Nguyễn Văn Hùng (2002), *Điện động lực học*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.

5. *Getting Started with Matlab, getstart.pdf* (Bộ cài Matlab 6.5, Release 13).

APPLICATION OF MATLAB SOFTWARE IN DESIGNING AND MODELLING SOME PHYSIC PROBLEMS

Luu Bich Linh, Bui Thi Toan Thu

SUMMARY

This paper introduces the results of applying MatLab software to solve some physic problems. The physic problems are divided into three groups on the basis of different types of physical motions, including the oscillation of a simple pendulum, the motion of the electrical element in an electromagnetic field, and the nuclear decay process. By application Matlab software to design and simulate the problems, 03 graphs were constructed to present the time dependence of the angle θ , the energy fluctuation of the simple pendulum in two cases of circulation oscillation and non-circulation oscillation; 03 simulated graphs presenting motion orbits of electrical element by the time dependence of the coordination and velocity in electrolic field; 01 thoeretical curve in simulating nuclear decay process. The quantitative results and arguments are also exported for each problem. The results can be used to improve student's skills in using the software when studying course of physics and applying for other technical courses.

Key words: *Design, electric field, osliation, physics, simulation*

Người phản biện: TS. Phạm Minh Đức

Ngày nhận bài: 8/5/2013

Ngày phản biện: 17/5/2013

Ngày quyết định đăng: 07/6/2013