

Tin học vật lý trong quá trình giảng dạy các môn vật lý đại cương.

***Tôn Tích ái
Khoa Vật lý
Đại học khoa học tự nhiên
Đại học quốc gia Hà nội.***

Abstract

Computational Physics combines physics, computer science and applied mathematics in order to provide scientific solutions to realistic and often complex problems. Areas of application include environmental modeling, nuclear cleanup, the design of materials, ground water transport, the nature of elementary particles, medical imaging, energy management and teaching physics. A computational physicist or student of physics understands not only the workings of computers and the relevant science and mathematics, but also how computer algorithms and simulations connects the two.

In this article, our aim is to have the mathematical equations and connections among physical idea become alive before every student's eyes, and for every student to understand physical nature at a level usually attained only in a research environment. In this article some problems of general physics are presented with the aid of software Mathematica.

Realizing that most of our students get difficulties in understanding general physics that are full of abstract concepts, the author of this paper begins to look at the use of software- Mathematica in process of teaching. Author also works on introducing an alternative means of collecting, saving, and analyzing physical data by using Mathematica. Most general physics lessons are taught in our university without demonstrations. For overcoming the difficulties and for beginning, author tries to develop small programs in Mathematica and then in process of teaching, demonstrates students. It is the first experience in improving the teaching general physics at our university.

Efficient experimentation allows students to have a better grasp of theory and develop in them a sense of appreciation of the dependability of theory on experimental data. Furthermore, it hones the student's skill analyzing, interpreting and synthesizing.

The developed programs are a supplement to the course. Visualizations are made as interactive as possible so that students can easily change the parameters and see their effect.

The programs are concerned with mechanics, electricity, magnetism, heat and wave.

With these programs, students will:

-acquire a strong physics background that will provide an understanding of the principles in many areas of science and engineering.

- learn the necessary applied mathematics
- learn about computer using,
- learn to use programming languages to solve scientific problem
- become familiar with a variety of visualization techniques.

Tin học vật lý kết hợp các môn khoa học về vật lý, máy tính, và toán học ứng dụng với mục đích đưa ra được các lời giải có tính khoa học đối với các bài toán thực tế tương đối phức tạp. Phạm

vi áp dụng của môn khoa học này khá rộng rãi, hầu như bao trùm hầu hết các hoạt động khoa học kỹ thuật của con người như mô hình hoá các hoạt động môi trường, làm sạch hạt nhân, thiết kế chế tạo các loại vật liệu, nghiên cứu địa vật lý, nghiên cứu nước ngầm, nghiên cứu các hạt cơ bản, nghiên cứu y học, phương thức sử dụng các loại năng lượng, giảng dạy vật lý cũng như hầu hết các lĩnh vực khoa học kỹ thuật khác. Các nhà tin học vật lý hoặc sinh viên tin học vật lý đã nhận thức được rằng trong quá trình nghiên cứu và học tập của mình, họ không những phải hiểu về khoa học máy tính cũng như các môn khoa học liên quan, toán học mà còn phải hiểu biết, nắm vững các thuật toán trên máy tính cũng như các bài toán về mô phỏng.

Trong công trình này mục đích của chúng tôi là sử dụng các phương trình toán học liên kết các hiện tượng vật lý liên quan để thể hiện một cách trực quan trước mắt các sinh viên các kết quả mô phỏng để làm sao cho sinh viên hiểu được bản chất của hiện tượng của hiện tượng vật lý trong môi trường nghiên cứu. Trong công trình này một số vấn đề về vật lý đại cương được đề cập đến qua việc sử dụng phần mềm Mathematica.

Nhận thức được rằng đa số các sinh viên của chúng ta thường gặp nhiều khó khăn để hiểu được bản chất của các vấn đề trong vật lý đại cương, vì trong đó nhiều lúc chứa đầy các khái niệm trừu tượng vì vậy tác giả của công trình đã xem xét việc sử dụng Mathematica trong quá trình giảng dạy. Việc lựa chọn các phương tiện để thu thập, lưu trữ và phân tích các số liệu bằng phần mềm Mathematica đã được khảo sát. Phần lớn các vấn đề trong vật lý đại cương trong các trường của chúng ta được các thầy giáo trình bày mà không có các thí nghiệm chứng minh. Để vượt qua khó khăn đó cũng như để bắt đầu thử nghiệm, tác giả đã viết các chương trình nhỏ bằng ngôn ngữ Mathematica và sau đó thử nghiệm chúng trong quá trình giảng dạy nhằm chứng minh cho sinh viên biết được bản chất của các vấn đề vật lý. Có thể xem đây là một thử nghiệm đầu tiên nhằm một bước cải tiến phương pháp giảng dạy vật lý đại cương trong trường đại học của chúng ta.

Thử nghiệm đưa ra với mục đích cung cấp cho sinh viên một công cụ để nắm bắt được các vấn đề về lý thuyết và tạo cho họ khả năng đánh giá một cách có căn cứ về các vấn đề lý thuyết cũng như các kết quả thực nghiệm. Xa hơn nữa những kết quả thu được đã tạo điều kiện cho sinh viên trau dồi thêm kỹ năng phân tích minh giải và tổng hợp.

Những chương trình máy tính được soạn thảo có thể được xem như là các phụ lục của các giáo trình. Các kết quả được thể hiện trên màn hình đã làm cho bài giảng sinh động hơn và đồng

thời cũng cho phép sinh viên thay đổi một cách dễ dàng các tham số và thấy được bằng mắt mình hiệu quả của những thay đổi đó.

Bước đầu các chương trình máy tính được viết cho một số vấn đề về cơ học, điện, từ nhiệt và sóng cũng như một số vấn đề về vật lý hạt nhân, phóng xạ. Với những chương trình máy tính toán minh họa các vấn đề về vật lý đại cương này sinh viên sẽ có khả năng:

- hiểu được cơ sở vật lý và dựa trên kiến thức đó có khả năng tìm hiểu các nguyên lý của khoa học và kỹ thuật.
- biết được sự cần thiết của toán học ứng dụng.
- nắm bắt được các phương thức sử dụng máy tính.
- học được một ngôn ngữ lập trình nhằm giải quyết các vấn đề của khoa học
- làm quen được các dạng khác nhau của kỹ thuật nghe nhìn.

1. Cơ học.

Trong phần này Mathematica được sử dụng để minh họa các định nghĩa về vận tốc, gia tốc của chuyển động, ý nghĩa của các đại lượng trên cũng như số trị cũng như hướng, sự liên hệ giữa khoảng cách với các đại lượng trên.

Vấn đề biến đổi các phương trình chuyển động thành các phương trình quỹ đạo cũng được xem xét đến

Để minh họa ta hãy xét một vật thể có khối lượng bằng m chuyển động trong trường trọng lực. Giả sử chuyển động trong mặt phẳng (x, z) . Các phương trình vi phân về chuyển động của vật là $x''(t) = 0$ và $z''(t) = -g$ cùng với các điều kiện ban đầu, trong đó z là độ cao còn x là khoảng cách của vật thể. Từ phương trình chuyển động suy ra phương trình quỹ đạo ta có thể biểu diễn được quỹ đạo của vật thể, qua đó có thể xác định được độ cao cực đại cũng như khoảng cách xa nhất mà vật thể đạt được. Tìm góc nghiêng ban đầu để vật thể đi được khoảng cách xa nhất.

Sử dụng Mathematica ta cũng có thể dễ dàng khảo sát chuyển động trong trường hợp có lực cản. Như trong phần lý thuyết của cơ học đại cương ta có thể sử dụng các định luật của Newton để hình thành các phương trình vi phân:

Các phương trình đó có thể thu được từ các dạng phương trình sau: $\frac{d}{dt}(\vec{mv}) = \vec{F}$, hoặc

$$m \frac{dv}{dt} = m\vec{g}, \frac{d^2s}{dt^2} = g$$

Các phương trình trên có thể được sử dụng khi vật chuyển động không có sức cản. Trong trường hợp khảo sát đến các sức cản, về mặt toán học ta cần phải khảo sát phương trình dưới dạng tổng quát:

$$m \frac{d^2s}{dt^2} = \sum f$$

Như vậy có thể hình thành hai bài toán chính:

Bài toán 1: Một vật thể được bắn lên từ mặt đất với vận tốc ban đầu v_0 tạo với phương nằm ngang một góc α , bỏ qua sức cản của không khí (H.1).

- Vẽ đồ thị của vật thể.
- Sau khoảng thời gian bao lâu vật chạm đất.
- Độ cao vật đạt tới được.
- Với góc α bằng bao nhiêu vật đạt đến.

Một đoạn chương trình để giải bài toán trên theo ngôn ngữ Mathematica :

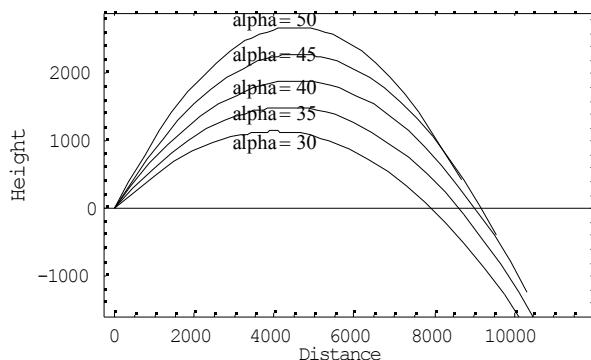
```
x[t_] = v0 Cos[alpha Degree] t;
z[t_] = v0 Sin[alpha Degree] t - g t^2/2;
ft = {x[t], z[t]} /. {v0 -> 300, g -> 9.8};
plot[alpha_] := ParametricPlot[
ft, {t, 0, 50}, PlotStyle -> Thickness[0.01], DisplayFunction -> Identity]
graph = Table[plot[alpha], {alpha, 30, 60, 5}];
texz = {
  Text[FontForm["alpha= 30",
    {"Times", 10}], {4000, 1000}],
  Text[FontForm["alpha= 35",
    {"Times", 10}], {4000, 1400}],
  Text[FontForm["alpha= 40",
    {"Times", 10}], {4000, 1800}],
  Text[FontForm["alpha= 45",
    {"Times", 10}], {4000, 2300}],
  Text[FontForm["alpha= 50",
    {"Times", 10}], {4000, 2800}]} // Graphics;
Show[graph,
  texz, DisplayFunction -> $DisplayFunction, Frame -> True,
  FrameLabel -> {"Distance", "Height", "", ""}];
```

Bài toán 2. Cũng như trong trường hợp bài toán 1 nhưng lực cản của không khí trong trường hợp này lực cản của không khí bằng $-mkv$ (H.2)

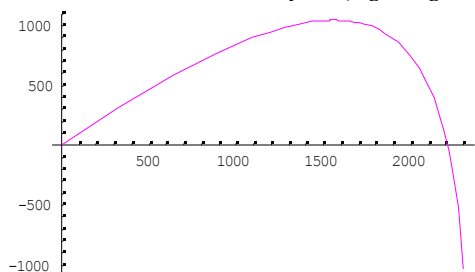
Bài toán 3. Chuyển động rơi của vật thể trong môi trường phân lớp có hệ số cản khác nhau.

Bài toán 4. Vấn đề bắn chặn các vật thể lạ trong “chiến tranh giữa các vì sao”.

Các bài toán này cũng như nhiều bài toán khác đã được mô phỏng bằng Mathematica. Các kết quả thu được có thể phục vụ tốt cho việc giảng dạy các bài toán cơ học.



H.1. Chuyển động trong trường hợp không có lực cản



H.2. Chuyển động trong trường hợp có lực cản

2. Vật lý phân tử.

Trong phần này ta có thể sử dụng Mathematica để mô phỏng quá trình truyền nhiệt của Newton, các định luật cũng như các quá trình của chất khí lý tưởng, các định luật về nhiệt động học cũng như các chu trình của các máy nhiệt khác nhau, trong đó có chu trình Carno. Một số mô phỏng có thể được hình thành như sau:

Bài toán 1. Phương trình truyền nhiệt của Newton có dạng:

$$\frac{dT(t)}{dt} = -k(T(t) - T_s) \text{ với điều kiện ban đầu } T(0) = T_0, \text{ trong đó } T(t) \text{ là nhiệt độ của vật thể,}$$

T_s là nhiệt độ của môi trường. Giả sử có một cốc cà phê với nhiệt độ thay đổi theo thời gian được cho trong bảng 1. Hãy xác định hệ số k trong phương trình truyền nhiệt.

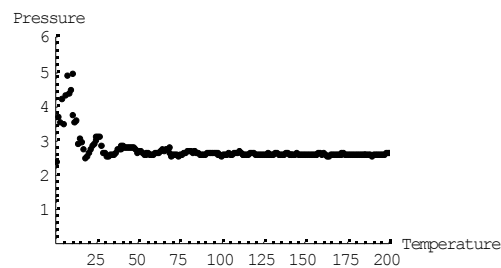
Bài toán 2. Mô phỏng quá trình va chạm đàn hồi của các phân tử khí với thành bình, từ đó suy ra áp suất của chất khí (H.3)

```

(*Simulation of an ideal gas*)
Clear["Global`*"]
L=0.2;(*Definition of parameters*)
Num=10.;
Temp=300.;
mass=6.7 10^-27;
kB=1.38 10^-23;
d=2;
vth=Sqrt[2 kB Temp/mass];
tcollisInt=10 L/vth;
NumCollis=200;
Npi=N[Pi];
DeltaV=0;
T[0]=0.;
Do[x[i]=Random[Real,{-L,L}];
  y[i]=Random[Real,{-L,L}];
  RandomAngle=Random[Real,{-Npi,Npi}];
  u[i]=vth Cos[RandomAngle];
  v[i]=vth Sin[RandomAngle],
  {i,1,Num}];
Do[tcollis=tcollisInt;(*Find shortestcollision time*)
  Do[tx[i]=Abs[(x[i]-L Sign[u[i]])/u[i]];
    If[tx[i]<tcollis,tcollis=tx[i];mol=i];
    ty[i]=Abs[(y[i]-L Sign[v[i]])/v[i]];
    If[ty[i]<tcollis,tcollis=ty[i];mol=i],
    {i,1,Num}];
  T[n]=T[n-1]+tcollis;
  Do[x[k]=x[k]+u[k] tcollis;(*Molecules move in lines*)
    y[k]=y[k]+v[k] tcollis,{k,1,Num}];
  If[tx[mol]<=ty[mol],(*Change momentum of colliding mol*)
    u[mol]=-u[mol];
    DeltaV=DeltaV+2Abs[u[mol]],
    v[mol]=-v[mol];
    DeltaV=DeltaV+2Abs[v[mol]]];
  p[n]=mass DeltaV/(8 L T[n]),
  {n,1,NumCollis}];
PressureData=Table[{n,(10^19)p[n]},
  {n,1,NumCollis}];
ListPlot[PressureData,PlotRange->{{0,NumCollis},{0,6}},
  AxesLabel->{"Temperature","Pressure"},AxesOrigin->{0,0}];
(* Kiem tra ket qua *)
Area=0.4 0.4;
density=Num/Area;
pp=density kB Temp 10^19;
Print["Pressure calculated : ",pp]

```

Kết quả ta có thể thu được như đã được biểu diễn trên H.3:



3. Điện từ học.

Có thể nói trong phần điện từ học, Mathematica có thể mô phỏng được nhiều hiện tượng, bài toán với mục đích tạo cho sinh viên một cách nhìn đầy đủ hơn về các hiện tượng về điện và từ. Ta có thể đưa ra một số bài toán cụ thể để minh họa cho khả năng của Mathematica trong giảng dạy và nghiên cứu vật lý điện và từ.

Bài toán 1. Lượng cực điện. Cho lượng cực điện, hãy tính điện thế tại mỗi điểm bất kỳ trong hệ thống tọa độ cực, từ đó suy ra cường độ điện trường tại mỗi một điểm trong không gian.

Bài toán 2. Một đĩa tròn bán kính R , tích điện với mật độ điện tích mặt không đổi $\sigma = Q/\pi R^2$.

- Xác định điện thế, điện trường dọc theo trục của đĩa
- Xét trường hợp khi $R \rightarrow \infty$ để đĩa trở thành mặt phẳng tích điện đều.

Bài toán 3. Quả cầu tích điện đều. Khảo sát một quả cầu tích điện đều có bán kính bằng R .

- Tìm điện trường cho các trường hợp $r > R$ và $r < R$ và vẽ Đồ thị kết quả.
- Tìm điện thế trong các trường hợp tương tự như câu a
- Vẽ điện trường và các mặt đẳng thế trong trường hợp hai chiều
- Tương tự như câu c nhưng đối với trường hợp ba chiều.

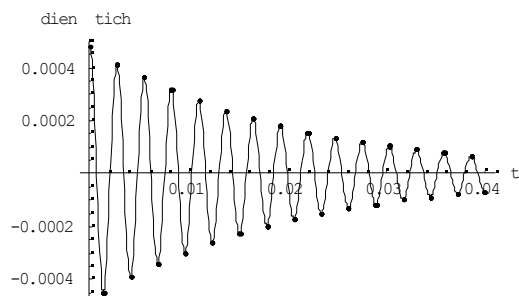
Bài toán 4. Dao động tắt dần. Dao động cưỡng bức. và dòng điện xoay chiều (H.4, H.5).

Trong bài toán này ta nghiên cứu mạch RLC khi không có nguồn (dao động tắt dần) và khi có nguồn xoay chiều (dao động cưỡng bức hoặc mạch dòng xoay chiều).

Để nghiên cứu dao động tắt dần ta dùng chương trình:

```
Clear["Global`*"];
eq={L q''[t]+R q'[t]+q[t]/C==0,q[0]==Q0,q'[0]==0};
sol=DSolve[eq,q[t],t]/FullSimplify//Flatten;

values={L->40. 10^-3,R->4.,Q0->480 10^-6,C->4.8 10^-6};
f[t]=sol[[1,2]];
p1=Plot[f[t]/.values,{t,0,0.04},PlotRange->All,
PlotPoints->400,AxesLabel->{"t","dien tích"}];
```

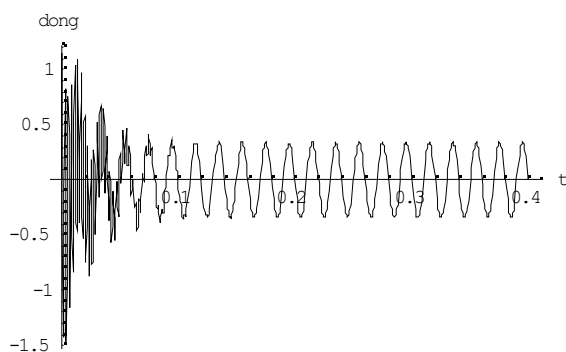


H.4. Dao động tắt dần

Trong trường hợp nghiên cứu dao động cưỡng bức, rồi sau đó nghiên cứu dòng xoay chiều ta dùng đoạn chương trình sau. Khi mình giải kết quả cần làm cho sinh viên chú ý đến quá trình quá độ trong các dao động cưỡng bức:

```
Clear["Global`*"];
eq={L q''[t]+R q'[t]+q[t]/C==Um Cos[omega t],
  q[0]==Q0,q'[0]==0};
sol=DSolve[eq,q[t],t]//FullSimplify//Flatten;
f[t_]=sol[[1,2]];
values={L->40. 10^-3,R->3,C->4.8 10^-6,Q0->480. 10^-6,
  Um->220.,omega->2.Pi 50};
Plot[f[t]/.values,{t,0, 0.4},PlotStyle->Thickness[0.01],
  AxesLabel->{"t","dong"}]
Um/Sqrt[R^2+(L omega-1/(C omega))^2]/.values;
```

Kết quả ta có:



H.4. Dao động cưỡng bức.

4. Kết luận. Qua các bài toán minh họa trên ta có thể nhận xét rằng với sự trợ giúp của một phần mềm phổ dụng và chuyên dụng ta có thể làm cho sinh viên hiểu được bản chất của vấn đề, có những quan sát có thể có được mà không cần có các thí nghiệm chứng minh. Qua các chương trình kể trên sinh viên có thể tự mình thay đổi được các thông số cần thiết để làm sáng tỏ những yếu tố quyết định nên bản chất của hiện tượng.

Tài liệu tham khảo.

1. Martha L. Abell, James P. Braselton Mathematica by example. AP Professional 1998
2. Alvin Halpern. 3000 solved problems in physics McGraw-Hill. 1988
3. Harvey Gould. An Introduction to Computer Simulation Methods. Applications to physical system. Addison-Wesley 1996.
4. Tôn Tích ái. Phương pháp số. Đại học quốc gia Hà nội. 2001
5. Tôn Tích ái. Phần mềm toán cho kỹ sư. Đại học quốc gia Hà nội. 2003

Bản đăng ký tham gia hội thảo

1. Họ và tên: Tôn Tích ái
2. Chức danh khoa học , học vị: Giáo sư, Tiến sĩ
3. Đơn vị công tác: Khoa Vật lý ĐHKHTN Hà nội
4. Địa chỉ 334 Nguyễn Trãi Hà nội
5. Điện thoại liên lạc: CQ 5584085, NR 8548879, E-mail:
6. Đăng ký tham gia hội thảo: Trình bày báo cáo.
7. Yêu cầu phương tiện hỗ trợ: Máy tính có phần mềm Mathematica và LCD Projector
8. Tóm tắt nội dung:

Tin học vật lý trong quá trình giảng dạy các môn vật lý đại cương.

*Tôn Tích ái
Khoa Vật lý
Đại học khoa học tự nhiên
Đại học quốc gia Hà nội.*

Abstract

Computational Physics combines physics, computer science and applied mathematics in order to provide scientific solutions to realistic and often complex problems. Areas of application include environmental modeling, nuclear cleanup, the design of materials, ground water transport, the nature of elementary particles, medical imaging, energy management and teaching physics. A computational physicist or student of physics understands not only the workings of computers and the relevant science and mathematics, but also how computer algorithms and simulations connects the two.

In this article, our aim is to have the mathematical equations and connections among physical idea become alive before every student's eyes, and for every student to understand physical nature at a level usually attained only in a research environment. In this article some problems of general physics are presented with the aid of software Mathematica.

Realizing that most of our students get difficulties in understanding general physics that are full of abstract concepts, the author of this paper begins to look at the use of software- Mathematica in process of teaching. Author also works on introducing an alternative means of collecting, saving, and analyzing

physical data by using Mathematica. Most general physics lessons are taught in our university without demonstrations. For overcoming the difficulties and for beginning, author tries to develop small programs in Mathematica and then in process of teaching, demonstrates students. It is the first experience in improving the teaching general physics at our university.

Efficient experimentation allows students to have a better grasp of theory and develop in them a sense of appreciation of the dependability of theory on experimental data. Furthermore, it hones the student's skill analyzing, interpreting and synthesizing.

The developed programs are a supplement to the course. Visualizations are made as interactive as possible so that students can easily change the parameters and see their effect.

The programs are concerned with mechanics, electricity, magnetism, heat and wave.

With theses programs, students will:

-acquire a strong physics background that will provide an understanding of the principles in many areas of science and engineering.

- learn the necessary applied mathematics
- learn about computer using,
- learn to use programming languages to solve scientific problem
- become familiar with a variety of visualization techniques.

Ngày 15.9.2004

Tôn Tích ái