

# Application of Python Programming in College Physics Teaching—A Case Study of Dynamic Process Simulation of Mechanical Vibration Synthesis

Xuehui Xiong Lili Zheng

School of Optoelectronic Materials and Technology, Jiangnan University, Wuhan, Hubei, 430056, China

## Abstract

In the era of artificial intelligence (AI), university physics education is facing new opportunities and challenges. Theoretical analysis and experiments are common research methods in physics. Both methods have some limitations in helping students establish an intuitive understanding of abstract physics concepts and deeply grasp the laws of complex physical processes. This paper takes vibration synthesis as an example to explore how to introduce Python technology into university physics education, help students establish an intuitive concept of vibration synthesis, and clarify the dynamic process and influencing laws of vibration synthesis. The work can be extended to other processes and links in university physics education, which has certain reference significance for using AI technology to promote university physics education.

## Keywords

Python; college physics teaching; mechanical vibration synthesis; dynamic process; graphical user interface

# Python 程序设计在大学物理教学中的应用——以机械振动合成动态过程仿真为例

熊学辉 郑丽丽

江汉大学光电材料与技术学院, 中国·湖北 武汉 430056

## 摘要

在人工智能时代, 大学物理教育面临着新的机遇和挑战。理论分析和实验是物理学中常见的研究方法。这两种方法在帮助学生建立对抽象物理概念的直观理解和深入掌握复杂物理过程的规律方面都有一些局限性。论文以振动合成为例, 探讨如何将Python技术引入大学物理教学, 帮助学生建立直观的振动合成概念, 阐明振动合成的动态过程和影响规律。这项工作可以推广到大学物理课程的其他物理过程和其他教育环节, 对利用Python技术促进大学物理教育具有一定的参考意义。

## 关键词

Python; 大学物理; 机械振动合成; 动态过程; 交互界面设计

## 1 引言

在人工智能(AI)时代, 大学物理教育面临着新的机遇和挑战<sup>[1]</sup>。如何将人工智能技术引入大学物理教育, 解决普遍存在的问题, 促进教育质量的显著提高, 是一个值得研究的热点问题<sup>[2,3,4]</sup>。大学物理的教学内容往往涉及许多复杂的动态过程, 如多源振动的合成、电磁波的传播、气体分子的运动等<sup>[5]</sup>。这些复杂的动态过程在实践中应用广泛, 具有重要的研究价值。以多源振动综合为例, 在机械工程中, 多源振动叠加通常用于研究共振频率和系统抗震设计, 而在结构分析中, 振动源可能来自风、地震或设备运行过程中产

生的机械振动。分析这些振动源对结构稳定性的影响非常重要。在教学过程中, 至关重要的是让学生直观、深入地理解振动合成的概念, 阐明振动合成的动态过程及其影响因素, 以提高教学质量。理论分析和实验是物理学中常见的研究方法。一方面, 理论分析往往是抽象的, 使学生难以从数学工具推导出的物理公式中清楚地理解物理概念和规律。另一方面, 在大学物理的实际教育教学过程中, 由于实验条件的限制, 许多教学内容无法通过课堂实验直接验证, 使学生难以理解理论。

针对上述大学物理教学中存在的问题, 论文以振动合成为例, 探讨如何将Python技术引入大学物理教育, 帮助学生建立直观的振动合成概念, 阐明振动合成的动态过程和影响规律。具体来说, 论文开发了一个用于振动合成的Python程序, 使学生能够动态直观地模拟振动叠加的过程;

【作者简介】熊学辉(1975-), 女, 中国湖北黄冈人, 硕士, 从事大学物理研究。

通过互动界面，引导学生探索实验条件的变化，如不同的频率组合、振幅比和相位差，这些变化会导致振动叠加状态的变化。这相当于建立了典型复杂物理过程的动态模拟展示和开展虚拟实验，克服了实际物理实验中仪器和资源有限的困难。通过 Python 技术，将抽象、复杂的物理概念和动态过程以更直观的动图描述呈现，从而激发学生的学习兴趣，提高教学质量<sup>[6,7]</sup>。

## 2 基于 Python 的机械振动合成的动态过程可视化和交互式仿真分析

### 2.1 基于 Python 的机械振动合成的动态过程可视化

物理学常常涉及到复杂的动态过程，比如波的传播、粒子运动、振动系统等。教师可以利用 Python 中的可视化工具（如 Matplotlib、VPython 或 Pygame）来动态展示物理过程。通过图形和动画展示复杂的随时间变化的物理现象，可以让学生更直观地理解抽象概念。

论文通过 python 语言中的 turtle 库和 Python 图像处理库 PIL（全称 Python Imaging Library Imaging Library）编制程序，画出了沿 x 方向的简谐振动的轨迹动图和沿 y 方向的简谐振动的轨迹动图，同时也画出了一个质点同时参与这两个垂直方向的振动时合成的轨迹动图。

设有两个互相垂直的同频率的简谐振动，它们分别在 x, y 轴上运动，其简谐振动方程为：

$$x = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \quad (1)$$

$$y = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2) \quad (2)$$

将上面两式中的 t 消去，可得到合振动的轨迹方程：

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (3)$$

这是一个椭圆方程，它的形状由两分振动的振幅及相位差 ( ) 的值决定。

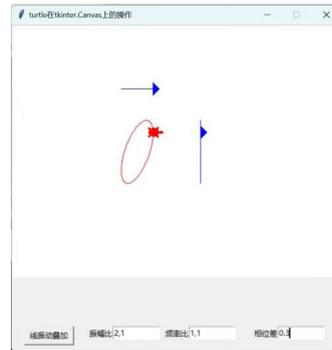
两个垂直方向的振动的合成数学公式也不复杂，但概念抽象，真正的动态物理过程难以理解，论文通过 Python 模拟的动图展示了振动及合成随时间演变过程，让学生真真切切，亲历目睹振子的运动，同一个振子是如何同时参与两个方向的运动，形成合运动轨迹。

```
amp = 50 # 振幅
freq = 1 # 频率
phase = 0
for t in range(0, 200):
    x = amp/m1 * math.cos(m * freq * t * 2 * math.pi / 200 + phase)
    tu1.goto(x,100)
    tu1.down()
    y = amp/n1 * math.cos(n * freq * t * 2 * math.pi / 200 + phase + phase1 * math.pi)
    tu2.goto(100,y)
    tu2.down()
    tu.goto(x, y)
    tu.down()
```

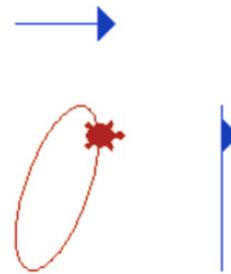
沿 x 和 y 方向的简谐振动及合振动代码实现，定义了三支画笔画振动轨迹，轨迹随时间的变化由下列代码中的 x 变量和 y 变量控制。

首先模拟了同频率的两个垂直方向的简谐振动的叠加过程，频率相同，相位差不同，合成的偏振态不相同。如图

1 所示，既截取了一幅静态图如图 1 (a)，也展现了分振动和合振动的物理过程的动态图如图 1 (b)。图 1 (a) 展示的最一般的情况，沿 x, y 方向的简谐振动，它们的振幅比 2 : 1，相位差 = 0.3π，一个振子同时参与两个方向的振动，合振动是椭圆。在图中用 python 中的 turtle 库调用三个画笔函数 turtle.pen ( ) 画出了沿 x, y 方向的分振动（蓝色画笔）和乌龟形红色画笔为合振动，图 1 (b) 动态展示了合振动的椭圆轨迹是因为同时参与两个方向的振动，表明了与分振动的关系。



(a) 相位差 = 两个同频率振动合成动图



(b) 对应的合成动图

图 1 合成动图

这种动态可视化的机械振动合成模拟引入到教学中，有利于帮助学生深刻理解其他广义振动形式，有利于深刻理解振动合成规律，有利于理解后续课程中涉及的各种振动叠加引起的复杂物理过程。

同时，也可将 Python 程序设计应用于其他动态物理过程的可视化模拟，便于学生对抽象物理概念的深刻理解，引导学生积极思考，激发学习兴趣，有利于大学物理教学，提高教学质量。

### 2.2 振动合成过程的交互式仿真分析

教师可以利用 Python 开发交互式的物理仿真工具，允许学生修改参数并观察其对结果的影响。这种互动性有助于学生通过实验探索学习物理概念，促进深度理解。论文利用 python 语言中 Tkinter 库 编辑了交互界面。Tkinter 库是 Python 中用于创建图形用户界面 (GUI) 的标准库之一。图形交互式界面方便修改程序参数，而不需读懂程序，不需在文本里修改参数。

```
root = Tk ( )
```

```
canvas = Canvas ( root, width=640, height=400 )
canvas.pack ( )
```

以上代码设置了宽 640 像素 × 高 400 像素的白色画布。首先利用如下语句设置了一个操作按钮：

```
bt = Button ( root, text=' 线振动叠加 ', command=lsr )
bt.place ( x=20, y=480 )
```

设置好如下对话框内容就可点击操作按钮运行程序，设置对话框设置程序如下：

```
la=Label ( root, text=' 振幅比' )
la.place ( x=120, y=480 )
Et=Entry ( root, width=10 )
et.place ( x=160, y=480 )
et.insert ( 0, ' 1, 1' )
```

在画布上坐标为 ( 120, 480 ) 设置了标签为“振幅比”的对话框，初始值为 1 : 1。同理可设置“频率比”，“相位差”等对话框。

比如论文利用交互界面，调节两个垂直方向的振动的频率比，振幅比，相位差等因素，非常适合演示李萨如图形，开展相关虚拟实验。图 2 所示为不同频率比和振幅比的李萨如图形，通过修改对话框的参数，即可得到不同的李萨如图形，图 2 表明一个周期达到 x 轴最大位移次数为 1，而达到 y 轴最大位移次数为 2， $f_x : f_y = 1 : 2$ ，与设置的频率比一致，说明可以通过李萨如图形的分析探测未知信号的频率。基于 Python 的虚拟实验不仅有利于对振动叠加抽象过程的理解，也有利于开展应用研究。

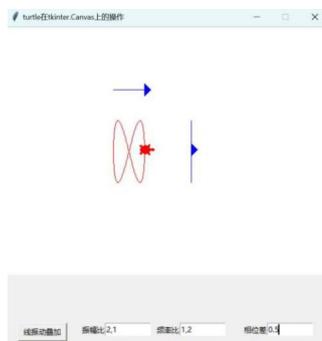


图 2 振幅比 2 : 1，频率比 1 : 2 合成李萨如图

利用交互界面，调节两个垂直方向的振动的频率比，振幅比，相位差等因素，非常适合开展振动合成的相关虚拟实验。通过交互式界面，引导学生探索实验条件的变化，如不同的频率组合、振幅比和相位差，这些变化会导致振动叠加状态的变化。这相当于建立了典型复杂物理过程的动态模拟展示和开展虚拟实验，克服了实际物理实验中仪器和资源有限的困难。

### 3 结论

论文通过 Python 技术能够直观展示机械振动合成的动态轨迹，揭示振动合成的本质和规律，激发学生学习兴趣；利用 python 的交互界面设计，可调节参数进行虚拟实验，实现快捷、低成本实验，激发学生探索兴趣。论文的方法也可以应用于大学物理教学的其他动态过程设计，通过 Python 技术，将抽象的物理概念和复杂的动态过程以更直观的动图描述呈现，从而激发学生的学习兴趣，提高教学质量。

### 参考文献

- [1] Yeadon W., Hardy T. The Impact of AI in Physics Education: A Comprehensive Review from GCSE to University Levels. 2023, <https://arxiv.org/pdf/2309.05163>.
- [2] 宋碧雄,胡海云.大学物理中Python的应用[J].物理与工程,2019,29(S1):64-68.
- [3] 马淑红,侯振,焦照勇,等.基于Python的科里奥利力对物体运动影响的可视化模拟[J].物理与工程,2023,33(2):81-87.
- [4] A. Mandanici, G. Mandaglio, G. Pirrotta, et al. Simple Physics with Python: A Workbook on Introductory Physics With Open-Source Software[J]. Computing in Science & Engineering, 2022,24(2):1-5.
- [5] 屠飞泉,谭志云,万猛,等.布朗运动的python模拟及其应用[J].凯里学院学报,2024,42(3):18-22.
- [6] 宋定飞,谢姣娣.生成式人工智能和Arduino在物理实验中的应用——以声速的测量为例[J].物理教学探讨,2023,41(11):64-66+71.
- [7] 汪琼,刘晋阳.人工智能与学科教学有机融合的挑战——以物理学增强现实App教学应用为例[J].江苏教育,2021(17):19-24.