

基于 Manim 技术的微课设计与实践

陆星家¹, 徐敏²

(1. 宁波工程学院 理学院, 浙江 宁波 315211; 2. 上海对外经贸大学 统计与信息学院, 上海 201620)

摘要: 为了提高课堂教学效果, 针对高等数学、面向程序设计等课程中不易理解的知识点, 采用 Mamin 技术设计相关知识点的微课。针对导数、切线、微分知识点, 利用 Manim 的二维绘图 Graphscene 对象展示以上知识点的内在联系, 并通过二维动画演绎相关概念。在曲面方程知识点, 采用 ThreeDScene 对象, 在球面坐标系下展示锥面、球面、曲面和抛物面等 3D 空间结构。在面向对象程序设计课程中, 以 2D 动画演示冒泡排序的算法实现过程。教学结果显示, 该特色微课便于学生对教学重点、难点的理解, 有效地提升课堂教学效果。

关键词: Manim; 导数; 切线; 曲面方程; 冒泡排序

中图分类号: O232

文献标识码: A

文章编号: 1008-7109(2021)03-0109-06

Design and Experiment of Micro-course Based on Manim Technology

LU Xingjia^{1*}, XU Min²

(1. School of Science, Ningbo University of Technology, Ningbo 315211, China; 2. School of Statistics and Information, Shanghai University of International Business and Economics, Shanghai 201620, China)

Abstracts: In order to improve the effectiveness of classroom teaching, Manim technology is used to design the relative micro-course in order to cope with knowledge of the calculus and object-oriented programming that is difficult to understand. Aiming at derivative, tangent, and differentiation, the Graphscene of 2-dimension graphic object of Manim library is used to deduct the relationship and demonstrate the concepts of knowledge points of two-dimensional animation. In the surface equation, ThreeDScene object is used to show the 3D spatial structure of cone, sphere, surface and paraboloid in the spherical coordinate system. In the object-oriented programming, it is used to demonstrate the algorithm implementation process of bubble sorting through 2-dimension animation. The teaching results show that the above micro-course facilitates students' understanding of key knowledge points, therefore it enhances the classroom teaching effectively.

Keywords: Manim, derivative, tangent, equation for a surface, bubble sorting

收稿日期: 2021-02-04

修回日期: 2021-05-23

基金项目: 宁波工程学院“十三五”校级教学改革研究项目(201903); 宁波市教育科学重点课题(2021YZD009)

通信作者: 陆星家(1979—), 男, 安徽淮北人, 博士, 副教授, 主要从事数据分析和数据挖掘研究,

E-mail: lxj@nbut.edu.cn

0 引言

微课和翻转课堂的出现,改变了传统课堂教学中知识传授和学习的方式,借助“互联网+”技术,学生可以在课堂以外随机开展课程学习。学习方式的改变同时对传统的教学方式也提出更高的要求,板书和多媒体课件越来越不能够满足课堂教学的要求。^[1]国内不同高校的教师纷纷提出“微课”课程改革的不同见解。李保强等提出“微课”须遵从“学生主导,教师协助”的原则,通过兴趣引导学生的自主学习。^[2]邢晓丹提出将大学课程“微课化”重构,提高高校 MOOC 平台有效学习率。^[3]周贤波等对基于“微课”的翻转课堂教学模式进行了研究,^[4]邢磊等将大学物理翻转课堂教学与“微课”结合起来,^[5]通过翻转课堂促进“微课”的教学效果,结合视觉特效的课程动画逐渐成为推动微课和翻转课堂技术创新的重要力量。传统的基于 Camstasia、Focusky、GeoGebra 制作的微课动画普遍具有对象控制不精确、不支持数学符号,以及不支持坐标轴操作等不足,随着 Python 语言的快速发展,利用 Python 技术设计和开发微课,逐步受到广大高校教师的重视,Python 语言具有代码量短、易调试、功能强大等优点,克服了 Java 语言、C++语言代码量庞大,语言规则繁杂的不足。随着 Python 语言对数学符号、视频制作的支持,利用 Python 制作 2D、3D 形式的微课逐渐成为高校教师提升教学信息化水平的重要技术手段。

Manim 是近年流行的一个基于 Python 的开源项目,项目由 Grant Sanderson 发起,Sanderson 早期在可汗学院开发微课,由于可汗学院“微课”存在制作质量不高的缺陷,Sanderson 推出了 Manim 项目,其主要功能是利用 Python 程序制作 2D、3D 动画,具有开源、对系统配置要求低、支持多平台、可以持续改进、生成的视频具有高质量和低容量的优势等特征。Manim 最大优势是开源和功能的高度定制化,使用者不需要付费,也可以根据自身需要动态地扩展 Manim 的功能,进而满足“微课”设计的需要。对于经常需要数学推导、物理定理演绎的“微课”,Manim 通过引用 Latex 语言,极大地方便了各种数学公式推导和物理定理的演绎,尤其适合广大高校教师制作精细程度要求高的“微课”。Manim 制作的“微课”具有精度高、支持坐标轴变换、支持数学符号的优点,设计的微课尤其适合“学生主导,教师协助”翻转课堂学习原则。Manim 技术在目前国内高校处于发展阶段,利用 Manim 进行微课设计的教改研究尚未见报道。

1 Manim 制作微课的步骤

Manim 基于经典的笛卡尔直角坐标系,空间中的点、线、面的位置通过 Python 程序代码设定,将点、线、面的函数形式和几何表示完整地统一起来。与 Camstasia、Focusky、GeoGebra 等“微课”设计软件相比,Manim 不支持鼠标点击操作,完全依赖 Python 的 Lambda 表达式进行几何图形绘制,并通过内置函数完成图形的移动、旋转和渐变等操作。Manim 整合 Latex 语言环境,使其对数学、物理公式的展示和操作的灵活度要优于“MathType”、“Word 公式编辑器”生成的公式。

Manim 制作“微课”通常包括 3 个步骤:① 微课知识点的设计;② Python 代码的编写;③ 代码的编译和效果测试。3 个步骤形成闭环,任何一步出现错误,都需要回溯到上一步,只有错误步骤修改完毕才能进入下一步。Manim 支持 3 种分辨率的动画视频,即低质量渲染视频(480 像素,每秒 15 帧)、中等质量渲染视频(720 像素,每秒 30 帧)、高质量渲染视频(1080 像素,每秒 60 帧)。在代码编译和效果测试阶段,可以采用输出低质量渲染视频的方式,减少视频渲染的等待时间,当“微课”设计达到预期时,再输出高质量渲染视频。

2 Manim 在“微课”设计中的应用

2.1 导数的微课设计

导数是高等数学一个重要的知识点,导数代表连续函数的局部特征,是函数极值、最优化等应用问

题的理论基础。在“导数微课”教学环节设计中,首先需要学生能够理解导数存在的条件,然后需要掌握导数的几何意义,最后熟练应用导数的数学定义。

在导数存在的条件环节中,连续性是需要学生掌握的第一个知识点,通过在动画中引入在曲线上运动的点来解释函数的连续性。如果运动点遇到间断点,则会停止运动。在导数的几何意义环节中,将连续函数在某一点的导数和该点的切线联系起来,让学生理解函数的导数就是该点切线的斜率。最后引申出导数的数学定义与极限的关系,即导数是 y 增量与 x 增量商的极限形式。

通过曲线上点的运动说明函数的连续性质(图 1(a)),其中(1,1)点为固定点,(3,9)点为运动点,当运动点从(3,9)位置出发,沿着曲线移动到固定点(1,1)点,与固定点重合之后,则得出 $y=x^2$ 在(1,1)点的导数(图 1(b)),进而根据在(1,1)点的导数,计算出通过该点的切线。

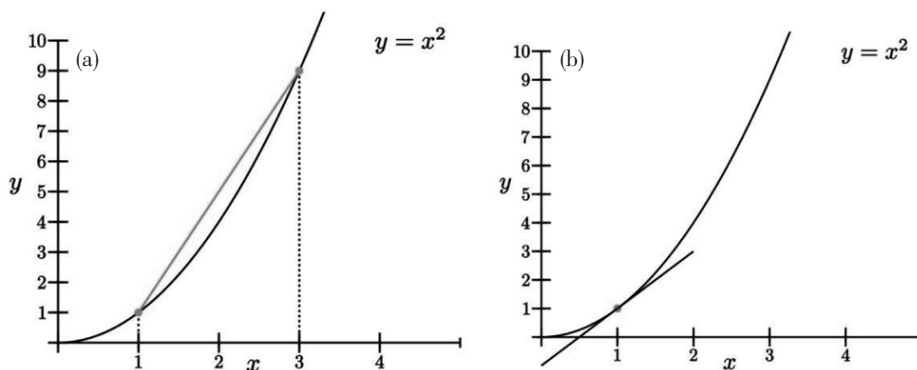


图 1 函数几何意义: (a) 连续性; (b) 导数

如图 2,当运动点(3,9)通过曲线 $y=x^2$ 滑动到(1,1)点形成的直线即 $y=x^2$ 在(1,1)点的切线 $y=ax+b$,其中 a 就是切线的斜率 $a=f'(x_0)$ 。根据导数极限定义 $f'(x_0)=\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0+\Delta x)-f(x_0)}{\Delta x}$,有 $a=f'(x_0)$,即通过(1,1)点的斜率和导数相同。导数极限定义两端同时乘以 Δx ,可以得到微分形式 $f(x_0+\Delta x)-f(x_0)=f'(x_0)\Delta x+o(\Delta x)$,其中 $o(\Delta x)$ 是 Δx 的高阶无穷小,由于 $f(x_0+\Delta x)-f(x_0)=\Delta y$,可以得出 y 微增量 $\Delta y=f'(x_0)\Delta x+o(\Delta x)$,当 $\Delta x \rightarrow 0, \Delta x=dx$,因为 $f'(x_0)=\frac{dy}{dx}$,得 $\Delta y=\frac{dy}{dx}dx+o(\Delta x)$,则 $\Delta y=dy+o(\Delta x), \Delta y-dy=o(\Delta x)$ 。以上内容通过动画形式向学生展现,使得同学可以准确无误地理解和掌握导数、切线、微分 $dy=f'(x_0)$ 、增量 $\Delta y-dy=o(\Delta x)$ 之间的关系。

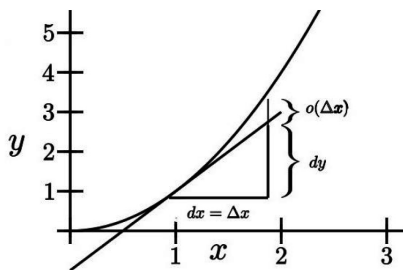


图 2 斜率、切线、微分与微增量的关系

2.2 曲面方程的微课设计

在曲面方程的“微课”设计环节中,空间曲面的三维结构与板书和 PPT 二维结构存在维度差异,只能通过将三维结构投影到二维平面上,这样不利于学生的空间结构理解。对于双叶双曲面、双曲抛物面

等不常见的空间曲面,绝大多数同学的学习都是很困难的,主要原因是学习者很难想象出空间曲面的空间结构,进而无法理解,只能采用死记硬背的方式记住公式,阻碍了学生对知识点的理解和应用。Manim通过 Camera 对象提供三维空间曲面模型的展示,通过旋转、平移、渐变等操作,全视角地展示空间曲线的三维结构,有利于学生先理解空间模型结构,然后再掌握空间曲面的数学公式,进而提升后续曲面积分和曲线积分等知识点的教学效果。

在空间曲面的“微课”设计中,需要 360° 空间曲面的环绕展示和 xoy 平面的投影展示,其中 360° 环绕展示可以帮助学生理解空间曲面的三维结构, xoy 面的投影展示则是为后续的二重积分做铺垫,便于学生掌握三维曲面在二维平面上的投影。圆锥面 $x^2+y^2=a^2z^2$ 和椭圆锥面 $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=z^2$ 的“微课”设计如图 3 所示。

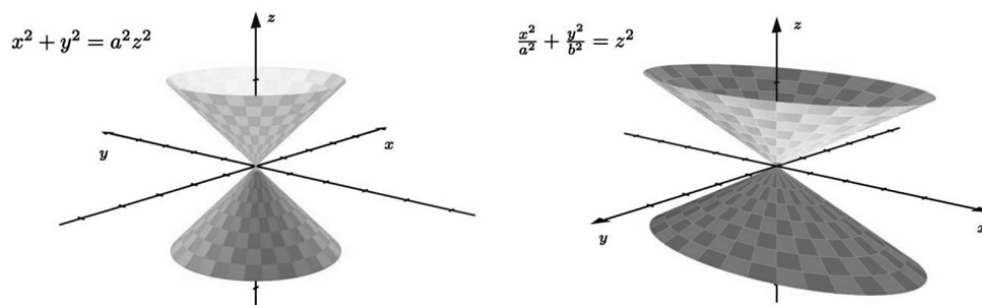


图 3 圆锥面与椭圆锥面

球面 $x^2+y^2+z^2=r^2$ 和椭球面 $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}=1$ 的微课设计(图 4)。

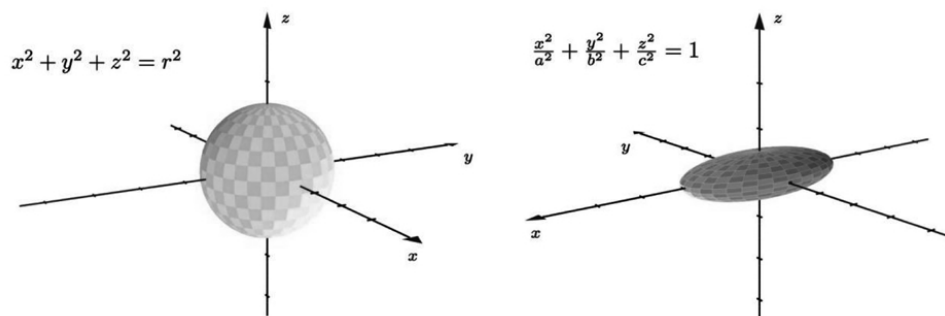


图 4 球面与椭球面

单叶双曲面 $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}-\frac{z^2}{c^2}=1$ 和双叶双曲面 $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}-\frac{z^2}{c^2}=1$ 的“微课”设计(图 5)。

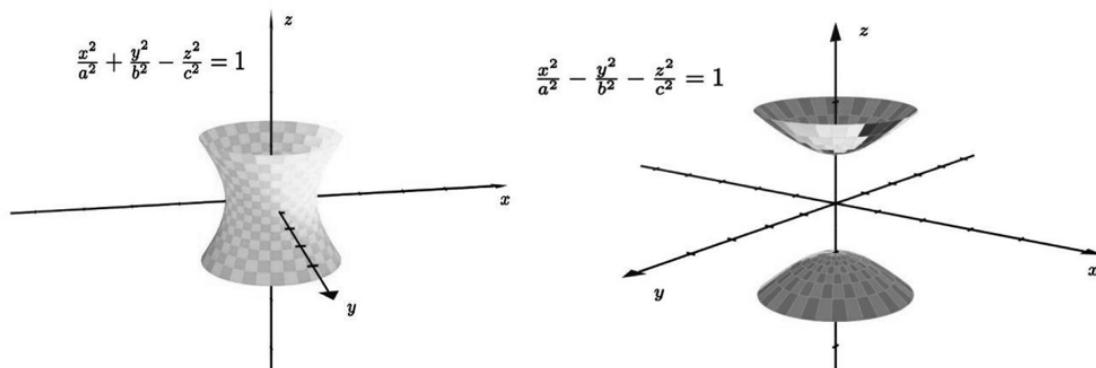


图 5 单叶双曲面和双叶双曲面

椭圆抛物面 $\frac{x^2}{2p} + \frac{y^2}{2q} = z$ (p 与 q 同号) 和双曲抛物面 $-\frac{x^2}{2p} + \frac{y^2}{2q} = z$ (p 与 q 同号) 双曲抛物面的“微课”设计(图 6)。

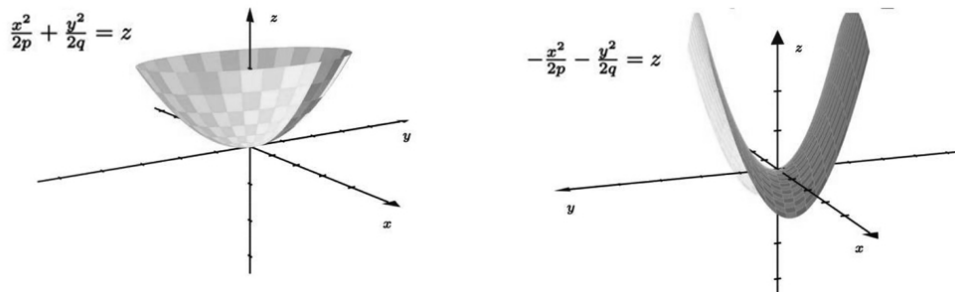


图 6 椭圆抛物面和双曲抛物面

2.3 冒泡排序算法的微课设计

冒泡排序算法从前到后,即从下标较小元素开始,依次比较相邻元素的数值,若发现逆序数,则交换两数的位置,使较大的元素逐渐从前向后移动,其思想类似水中气泡的沉浮,较大的气泡代表较大的数,较小的气泡代表较小的数,冒泡排序算法完成后,气泡从上到下依次从小到大排列。

以(16, 9, 3, -1, -2)数组的冒泡排序为例:

- 1) 比较 16 和 9 两数是否是逆序,由于 $16 > 9$,两数为逆序,交换 2 个数的位置,交换后数组为(9, 16, 3, -1, -2)。
- 2) 比较 16 和 3 是否逆序,由于 $16 > 3$,两数为逆序,交换 2 个数的位置,交换后的数组为(9, 3, 16, -1, -2)。
- 3) 继续比较相邻元素,直到 16 移动到数组的最后一位,数组为(9, 3, -1, -2, 16)。数组的最后一个元素是 16,即最大数已经排好位置,冒泡排序算法第一次内循环结束。
- 4) 由于 16 已经位于数组的最后一位,下一次循环只考虑(9, 3, -1, -2),通过逆序数比较,第二内循环结束后,数组为(3, -1, -2, 9, 16)。
- 5) 依次类推,排序好的数组为(-2, -1, 3, 9, 16)。

通过排序动画,不仅可以观察相邻逆序元素的交换过程,同时也能够清晰地理解冒泡排序算法的内循环和外循环的范围边界,以及冒泡排序算法的时间复杂度。

2.4 应用效果

基于 Manim 的微课设计能够提供完整统一的动画设计方案,制作好的相关的课件视频上传到 Github 网站,给同学提供了方便学习和复习的平台,可通过在线浏览或者下载方式进行学习。微课不需要安装任何的 App 或者小程序,只需浏览或下载即可,在使用过程中学生没有排斥心理。(图 7 浏览次数累计图)是 2020-2021 年第一学期网络 2020 级 1 班(30 人)、网络 2020 级 2 班(29 人)在 18 个教学周内浏览次数的每周累计图,其中网络 2020 级 1 班浏览总次数 224 次,网络 2020 级 2 班浏览总次数 226 次,生均浏览次数为 8 次,对于学生在课外加深知识点的理解,起到了较好的效果。

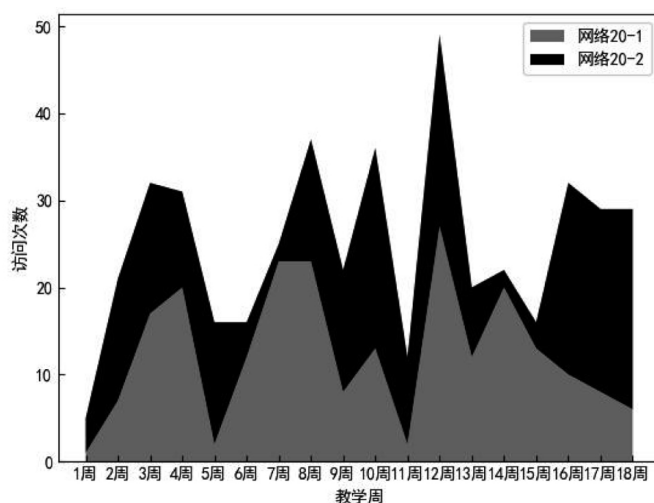


图7 学生浏览网址的累计图

对采用和未采用以上微课内容授课的网络工程2020级与油储工程2019级的期末考试成绩、总评成绩进行双样本 t 检验,假设以上两个班级属于独立的两个样本,通过双样本 t 检验比较两个独立组的平均值,以确定两个班级成绩是否具有显著差异。表2是使用微课前后的网络工程2020级与未使用微课油储工程2019级的双样本 t 检验的结果,结果显示期末成绩的 P 为0.031 2,小于0.05,即存在显著性差异,总评成绩的 P 为0.039 2,小于0.05,也存在显著性差异,具有统计学差异,也就是通过以上微课内容,对学生的学习成绩有提升作用。

表2 双样本 t 检验

班级	期末成绩			总评成绩		
	均值	方差	P 值	均值	方差	P 值
网络工程2020级	72	9.9	0.031 2	73	8	0.039 2
油储工程2019级	62.5	19.2		67	12	

3 结语

针对高等数学、面向对象程序设计两门课程教学中出现的难点和重点,利用Manim开展“微课”设计,制作了导数、切线、微分、曲面方程、冒泡排序等“微课”。相比传统的Camstasia制作的微课,基于Manim的微课具有清晰度高、文件体积小、动画精度高的优势,尤其对运动、定位有很高要求的数学、物理“微课”设计,Manim是目前“微课”设计的最佳选择。学生浏览次数的统计结果显示,学生对于以上微课内容较为欢迎,值得进一步推广。

参考文献:

- [1] 张方方. “微课”对高校教学改革的影响[J]. 中国成人教育, 2016(1): 111-113.
- [2] 李保强, 汤瑞丽. 基于墙洞理论的校本微课开发探析[J]. 教育科学研究, 2016(11): 54-58.
- [3] 邢晓丹. “微课化”重构提高高校MOOC平台有效学习率研究[J]. 大学教育, 2020(12): 1-3.
- [4] 周贤波, 雷霞, 任国灿. 基于微课的翻转课堂在项目课程中的教学模式研究[J]. 电化教育研究, 2016, 37(1): 97-102.
- [5] 邢磊, 董占海. 大学物理翻转课堂教学效果的准实验研究[J]. 复旦教育论坛, 2015, 13(1): 24-29.