

Matlab 在物理教学中应用的研究综述

胡俊微 帅晓红

(四川师范大学物理与电子工程学院 四川 成都 610110)

(收稿日期:2021-11-23)

摘要:物理学是一门与实验、数学、统计、制图等广泛结合的自然科学. Matlab 作为一种数学计算工具,兼有制图、运算、编程、数据统计等多种强大的功能,为物理教学提供了极大的便利. 基于前人对 Matlab 在物理教学中的应用与实例进行统计并进行研究综述,对已有工作进行分类概述和综合分析,分析得到 Matlab 在物理教学的应用领域的发展趋势及热门方向,以寻找研究空白点.

关键词:物理教学 MATLAB 综述

本文基于 CNKI 中的高级检索功能,以物理教学和 Matlab 为主题词粗略检索,时间范围不限,检索到在 CNKI 总库中文献共计 200 篇(图 1),其中硕博学位论文 22 篇,图书 1 部,期刊文献 160 余篇. 再经筛选,选出《物理教学》《物理通报》《中学物理教学参考》《湖南中学物理》以及《教育教学论坛》等 8 个期刊的文献 23 篇,会议论文 3 篇,以及硕士学位论文 10 余篇作为原始文献进行研究,分为大学物理教学和中学物理教学两个层面,在每个层面中对 Matlab 的不同功能与教学的结合点以及在具体物理教学问

题中的处理方式进行了综述,对现有内容进行评述,并在此基础上寻求教学结合点和应用的空白.

1 研究成果的统计与分析

1.1 文献总览

自 2001 年第一篇 Matlab 与物理教学结合的文献发表以来,该领域的发文量总体上呈现上升的趋势. 根据现有趋势可以看出这个领域的论文会以一个小幅递增的趋势平稳发展. 就中学物理阶段和大学物理阶段来看,这二者文献数量各占 48.99% 和 51.01%.

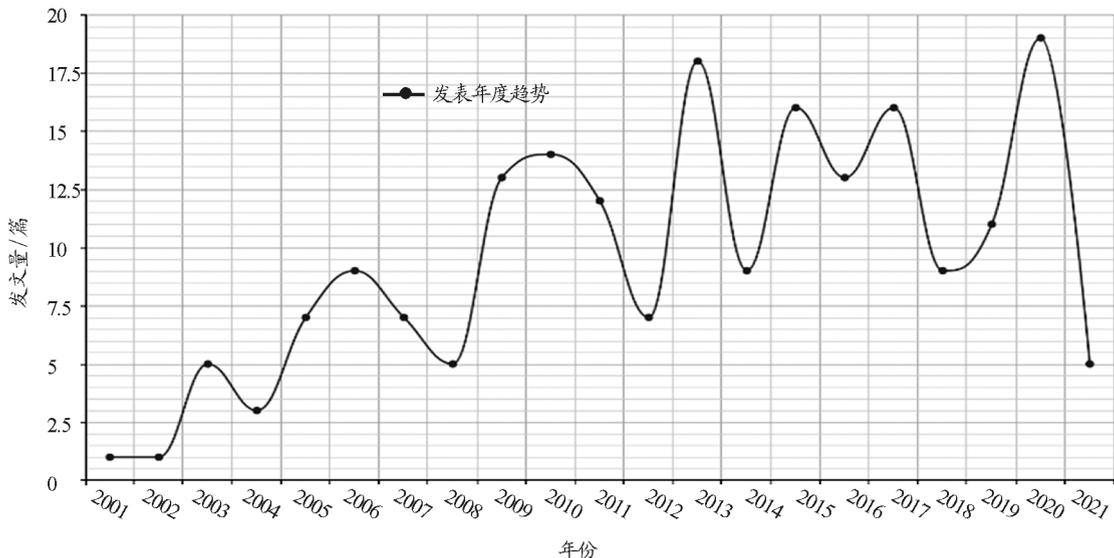


图 1 发文总趋势图

Matlab 应用于物理教学的趋势愈见明显的原因 有两个,一方面是 Matlab 自身随着时代的更新不断

作者简介:胡俊微(1997-),女,在读硕士研究生,主要研究方向为学科物理教学.

通讯作者:帅晓红(1971-),女,教授,主要从事物理教育教学及科研工作.

在发展和进步,其功能不断丰富;另一个方面是计算机作为信息时代最重要的标志之一,它的高速发展使得计算机模拟成为物理研究中除理论分析、实验研究之外的第三种研究手段,也是科学探究的第三条途径,这种变化势必反映到物理课程的教学中来。

1.2 文献分布来源

在文献库里,发文的主要期刊为《物理通报》《物理与工程》《大学物理实验》等,其中《物理通报》的发文量最高(图2),已经占到了总库的23.58%。其中的物理与科技创新栏目收录了这方面大量的文章。

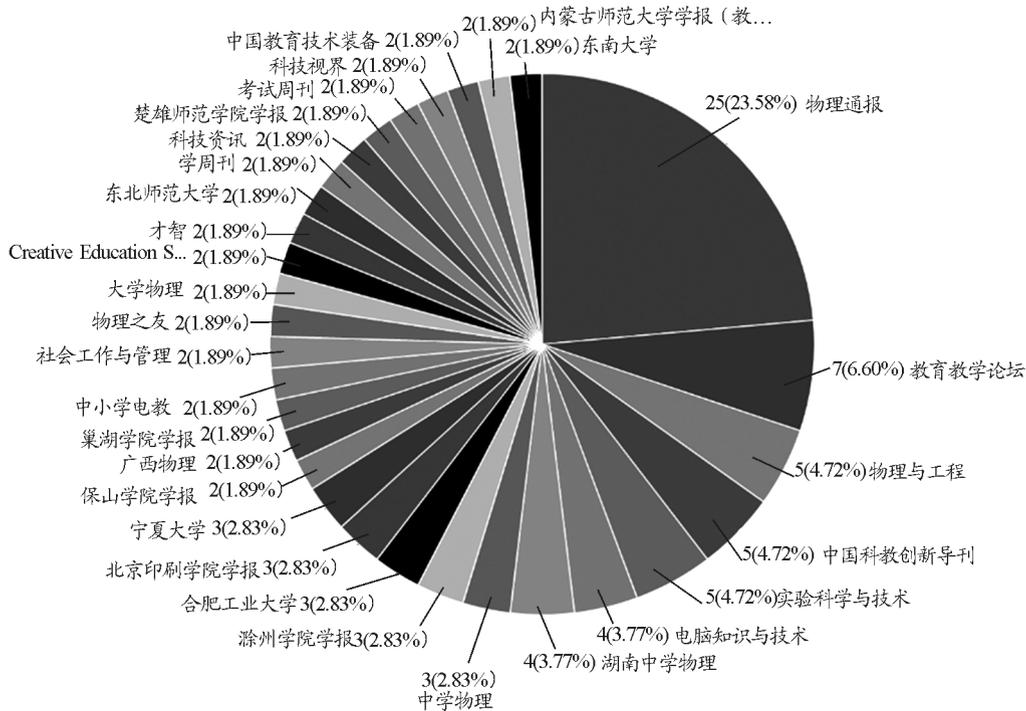


图2 文献分布来源占比图

从硕博学位论文的发表来看,Matlab与物理教学领域相关的文献共计22篇,其分布图如图3所示。在这20余篇论文中,主要的研究内容是Matlab

在物理教学中的应用研究,大多以案例的形式,将Matlab软件应用于一线物理教学,为传统模式下的物理教学注入新鲜的血液。

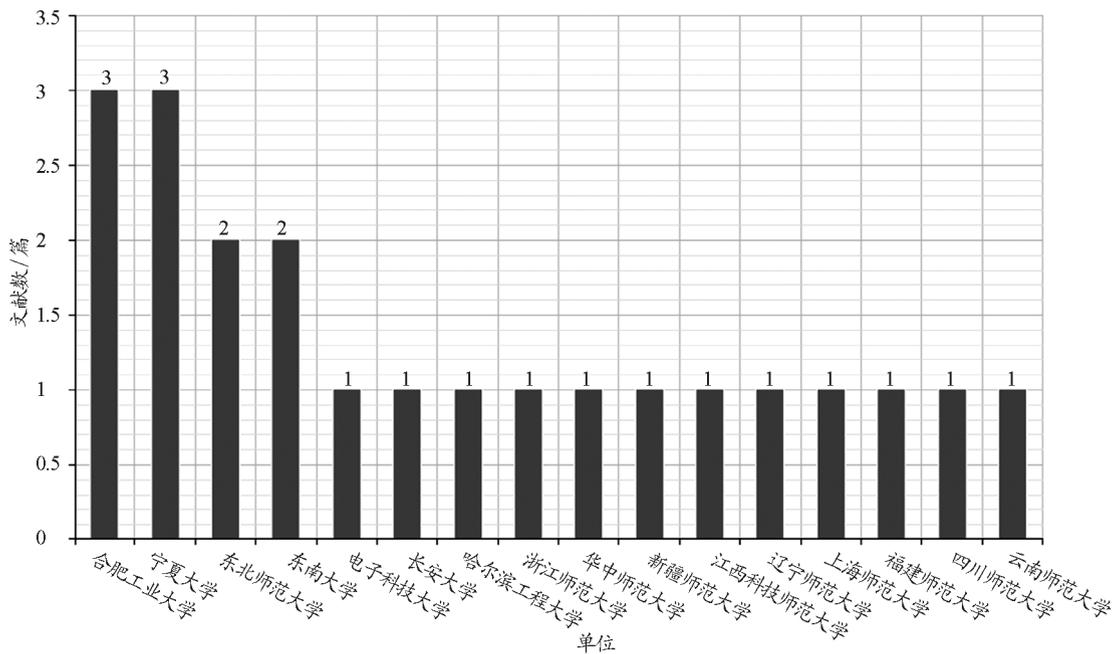


图3 发文单位分布图

2 Matlab 简介及其与物理教学的概述

Matlab 是 MathWorks 公司的商业数学软件,用于数据分析、图像处理等领域.所能解决的函数问题包括线性方程组的求解、微分方程及偏微分方程的求解、符号运算、傅立叶变换和数据的统计分析、工程中的优化问题以及建模动态仿真等.随着 Matlab 软件的更新和发展,其应用领域已经延伸到物理教学中来,至今已有 200 余篇文献.通过文献的整理和汇总可以发现 Matlab 在物理教学中主要应用于实验仿真,实验绘图,习题计算等方面,主要是为解决物理教学中的以下几方面难题:

(1) 对于物理实验来说,在现有的实验室的条件下无法达到预期效果的时候,Matlab 强大的仿真功能可以构建一个理想的实验条件,使其达到较好且可视化程度极高的实验效果.

(2) 对于中学物理中一些不易留痕的运动,如

简谐运动等,可以通过运动学公式在 Matlab 中进行程序的编写并绘图,清晰地呈现运动轨迹.

(3) 对于电磁学、分子运动、热力学等较为抽象部分,其仿真功能可以迅速地以平面图形、三维立体图像、动画等形式来表达出物理概念和物理信息;而对于动态分析,如动态电路分析时,动态仿真能将各物理量的变化趋势图展示出来.

(4) 在物理习题中,Matlab 作为一个数学计算软件可以为复杂的公式计算迅速提供答案;对于物理习题中的极值问题,Matlab 可以提供如图像法、三角函数法等多种方法给出极值解.

3 基于 Matlab 的物理教学实例总览

以下是通过文献梳理和统计分析,得出的基于 Matlab 的物理教学应用实例,分别从中学物理和大学物理两个方面进行了实例统计,分布如表 1 和表 2 所示.

表 1 中学物理中 Matlab 应用的统计

课程类别 \ 功能	绘图功能	计算功能	模拟仿真功能	实验数据处理功能
运动学类	a. 平抛运动的轨迹演示; b. 弹簧振子的运动图像; c. 简谐运动的图像绘制; d. 欠阻尼振荡图像; e. 李萨如图像的绘制	斜抛运动或类平抛运动轨迹方程的极值计算	a. 斜抛运动的轨迹与极值点; b. 运动问题最大速度,最大加速度的极值问题	a. 探究匀加速直线运动规律的实验数据拟合和描点画图; b. 探究平抛运动的规律的实验数据拟合与图像绘制
光学类	a. 夫琅禾费单缝衍射实验; b. 杨氏双缝干涉实验			
电磁学类	a. 模拟电场线的分布; b. 模拟带电粒子在电磁复合场中的轨迹; c. 电源的输出特性绘制	a. 动生电动势问题的微分方程求解; b. 电路曲线中用积分计算功率等物理量; c. 带电粒子在电磁场中的运动方程求解	a. 电磁波的发射、调制与接收; b. 电源输出功率与外电阻阻值的关系模拟	a. 测量电源电动势和内阻实验的数据拟合; b. 滑动变阻器分压电路研究实验的描点连线以及数据拟合
分子热运动类	布朗运动的运动轨迹描绘		a. 分子热运动的模拟; b. 布朗运动的模拟	
力学类	a. 落体运动中空气阻力影响的轨迹描绘; b. 机车启动问题中恒定拉力启动的运动图像描绘		重力加速度随纬度变化的演示	

表2 大学物理中 Matlab 应用的统计

Matlab 功能	仿真绘图	实验数据处理功能
大学物理教学应用	a. 单缝衍射的光强分布图; b. 牛顿环的演示以及光强分布图的呈现; c. 麦克斯韦速度分布函数图像; d. 温度、分子质量对麦克斯韦速率分布的影响; e. 自由落体运动中的衰减问题; f. 力的合成与分解图像	a. 热敏电阻随温度变化的实验数据的分析与处理; b. 液体表面张力系数测定的数据处理; c. 马吕斯定律实验原理的实验数据处理

3.1 Matlab 在中学物理中的应用

由上文统计的应用实例总览可以看出,在中学物理教学中 Matlab 主要应用在实验仿真、计算功能、实验数据处理以及绘图方面.其中应用实例集中于运动学、电磁学和光学 3 个方面.

3.1.1 运动学和力学

通过已有文献研究发现,目前 Matlab 在中学物理的运动学和力学中主要是为了解决运动的留迹问题,同时也有少数实例涉及了复杂运动的图像描绘问题.

南京师范大学的罗志恒是最早一批研究 Matlab 在物理教学中的应用的,他于 2003 年提出几个运动与力学方面应用的实例^[1];第一个是弹簧振子的简谐运动图像绘制,第二个是李萨如图形的绘制.朱国强等人将图形绘制运用到习题上,通过分析三变量列方程,解方程,最后绘制图像,可以很清晰地看出 3 个变量的极值点^[2].周小奋对于运动学中求极值的问题用到该软件的数学计算功能,其中的实例涉及变力斜拉物体的问题,斜抛运动的极值问题^[3].

3.1.2 电磁学

在中学物理中,电磁学是教学的重点也是教学难点,从力学到电磁学是一个具象思维到抽象思维的转变,也有对想象能力和空间思维的要求.而借助 Matlab 软件可以将抽象的电磁学概念转化成直观易懂的图像或者是动画.

江苏省的周小奋对用 Matlab 软件对点电荷电场线的分布图像绘制做出了详尽的介绍.在绘图过程中,点电荷的电场分布采用了涵盖大学物理知识的点电荷电场计算公式,解出电场强度分布满足等于常量 C ,对 C 进行不同的取值来得到不同的电场线分布;为了呈现稳恒磁场分布的图像,宁夏大学的王芙蓉等人用 Matlab GUI 制作成可交互的多媒体

课来探究电流环大小与电流强度和稳恒磁场分布的影响,得到三维立体空间图^[4];朱国强则是利用 Matlab 中的实验数据分析与处理能力来展开滑动变阻器的分压实验研究,绘制图像完成后,再将离散的数据进行拟合,所运用到的方法是最小二乘法^[5].他的另一篇文章中提出在研究电源的输出特性中,采用 subplot 来分割图像窗口,在一个图像中得到多个曲线,就可以同时得到 $I-R$, $U-R$, $P-R$, $\eta-R$ 4 个输出特性图像.

3.1.3 光学

对于光学教学中对实验条件要求较高和实验效果不佳等问题,有学者利用计算机模拟方法对光的衍射现象进行模拟,通过模拟图像把各个因素与条纹变化的关系形象地描绘出来,从而使学生加深对光的衍射现象的理解,同时也推动物理教学手段的发展.

张卫山等人利用 Matlab GUI 构建了一个波动光学仿真平台,实现了不同条件下波动光学实验的仿真^[6];夏漫提出利用光的单缝衍射基本理论,结合 Matlab 语言的编程和图像处理功能,对光的单缝夫琅禾费衍射进行仿真,模拟出在缝宽和波长不同的情况下单缝衍射的光强和条纹的变化^[7].陈荣环等人利用 Matlab 中的 GUIDE 功能,根据光的干涉与衍射原理,分别模拟光的干涉与衍射图样,并给出明暗条纹对应的光强曲线^[8].

3.2 Matlab 在大学物理中的应用

相较于中学物理而言,大学物理所涉及的公式定律和计算的复杂程度都是要高出很多,这势必对具有强大运算能力和仿真能力的软件有很大的需求.目前国内对 Matlab 应用于大学物理教学的实例大概可以分为仿真绘图、计算功能和实验数据处理 3 大类.

3.2.1 仿真绘图

在大学物理教学中所用到的仿真绘图方式主要

有两种,第一种是基于 simulink 功能的仿真,这种仿真方式可以通过积分、微分、偏导等模块构建一个流程框图,起始物理条件通过流程图的层层运算,得到所要显示的运算结果.此外 simulink 这种仿真方式还可以通过元器件的选择,连线,调节各个元器件的参数,然后通过虚拟示波器的显示来呈现图像;第二种方式是通过函数方程的计算来得到.基于这两种方式,刘伟波等人提出了可视化教学模型的建构实例和牛顿环的演示以及光照强度的分布图^[9];段秀芝等人绘制出单缝衍射的光强分布图,以及用 simulink 分析弹簧振子的运动波形^[10];蔡莉莉等人对麦克斯韦速度分布函数图像和分子质量对麦克斯韦速率分布的影响做出了详细的绘图说明^[11].

3.2.2 计算功能

面对大学物理中复杂的数学表达式及公式,要得一个精确解是相对困难的,而 Matlab 自带的函数程序库为大学物理教学提供了极大的便利,其函数工具箱能为复杂的数理方程提供精确解.函数库所涉及的有积分微分函数、极限函数以及功能更为强大的表达式求解函数等.上海交通大学的胡盘新等人提出两个利用 Matlab 求解物理问题中的超越方程的实例,并且能利用所求出的方程解绘制出可视化的图像,在一定程度上加深了学生对物理问题的理解^[12].

3.2.3 实验数据处理

在大学物理实验教学中,传统的物理实验的数据采用的是手工作图的方法,而 Matlab 软件利用编程可以为我们众多的实验处理提供一个精准而有效的处理方法.在这个方面已经有不少的学者针对不同的大学物理实验,给出了很多实验数据处理的方法实例:李同伟介绍了一种液体表面张力系数测定的数据处理方法^[13];厦门工学院的范丽琴等人针对大学物理中的经典实验霍尔系数的测量数据进行线性拟合得到霍尔系数^[14].将 Matlab 这样的计算机应用软件融合到大学物理实验中,有利于提高实验数据处理能力,也为教学提供了一种数据处理的方法.

4 结论与展望

(1) 从文献发布的总趋势来看,Matlab 作为一

种新型的教学辅助手段越来越多地渗透进物理教育教学的实践中,也引起了物理教学工作者对此领域的关注,说明了随着科学技术的发展,物理教学手段呈现出多样化发展的趋势,出现一些新的结合点和变化.

(2) 从 Matlab 与物理教学的结合点来看,虽然物理教学所涵盖的很多大的领域都有所涉及,但是从具体内容来看,主要集中于运动学,光的干涉、衍射以及部分电学实验,可见,研究的内容具有高度的重合性和集中性,而对于物理教学中的很多内容还未曾涉及,空白点较多,发展空间充足.

参考文献

- 1 罗志恒,陆建隆. MATLAB 在普通物理教学中的应用[J]. 物理通报,2003(2):20~22
- 2 朱国强,谢令时. 求解物理极值——MATLAB 软件在物理教学中的应用之二[J]. 物理通报,2014(9):92~96
- 3 周小奋. Matlab 在中学物理教学中的应用初探[J]. 物理通报,2011(10):68~71
- 4 王芙蓉,纪婷婷,汤全武. MATLAB 在制作物理多媒体课件中的应用[J]. 物理通报,2015(6):105~108
- 5 朱国强. 处理实验数据——MATLAB 软件在物理教学中的应用之四[J]. 物理通报,2015(2):77~80
- 6 张卫山,尚剑锋,刘雪林,等. 基于 MATLAB GUI 的波动光学仿真平台[J]. 大学物理实验,2013,26(3):85~87
- 7 夏漫,陈佳,徐扬子,等. 基于 MATLAB 的光的单缝衍射实验模拟研究[J]. 大学物理实验,2015,28(2):90~92
- 8 陈荣环,常晓慧. 交互式实验演示软件在中学物理教学中的应用[J]. 物理之友,2017,33(4):47~49
- 9 刘伟波,贾天俊,李荣. 基于 MATLAB 大学物理可视化教学模式的实践与思考——以“牛顿环干涉”教学为例[J]. 物理通报,2015(8):18~20
- 10 段秀芝,杨萍萍,赵炯. MATLAB 软件在大学物理教学中的应用[J]. 物理通报,2014(4):29~30
- 11 蔡莉莉,张琳. Matlab 在麦克斯韦速率分布律中的应用[J]. 大学物理实验,2013,26(4):75~78
- 12 胡盘新,钟季康. 在大学物理教材中引入计算机数值解的尝试[J]. 物理与工程,2006(2):47~50
- 13 李同伟,王翠,孙红章. 大学物理实验教学中基于 MATLAB 的液体表面张力系数测定的实验数据处理[J]. 教育教学论坛,2015(33):237~238
- 14 范丽琴,张春红. Matlab 程序编辑在大学物理实验数据处理中的应用[J]. 电子测试,2021(5):97~98,104