

虚拟仿真实验在大学物理实验教学中的应用研究*

刘高福 王平瑞 吴旭普

(贵州师范学院物理与电子科学学院 贵州 贵阳 550018)

(收稿日期:2019-10-27)

摘要:虚拟仿真实验是通过虚拟软件模拟现实实验,现已广泛应用于物理实验教学中.从学生学习、交流互动、实验仪器使用等方面分析了虚拟仿真技术在大学物理实验教学中应用的优缺点.从增加实验原理、提高学习兴趣、科学严谨和交互认知等方面探讨了如何提高大学物理虚拟仿真实验的教学效果和设计策略.最后通过例举长度的测量、三线摆、霍尔效应等3个实验分析了大学物理虚拟仿真实验的意义.

关键词:虚拟仿真实验 大学物理 实验教学 应用研究

随着信息技术的发展与普及,VR技术被广泛应用于实验教学中.虚拟仿真技术在物理实验教学中的应用越来越广泛^[1,2],虚拟仿真实验主要通过计算机模拟编程系统、网络技术等融合在一起,开发出一套与现实实验相对应的虚拟实验平台,通过计算机模拟实验器材、实验环境、实验步骤等,学生可通过模拟软件对实验器材进行组装、操作,测出实验数据,并对数据进行分析、处理,得出实验结果,最后完成实验报告.虚拟仿真实验是传统实验的补充和完善,二者相辅相成.任何软件系统的开发和应用都有其优缺点,文章将对虚拟仿真实验的优缺点进行分析,提出针对仿真实验的改善策略,并通过应用实例分析讨论.

1 大学物理虚拟仿真实验的优缺点

1.1 大学物理虚拟仿真实验的优点

(1) 学习时间自由,促进自主学习

虚拟仿真实验是利用计算机模拟系统和网络进行实验,学习地点、学习时间不限制,学生可以自由分配时间.虚拟仿真实验具有可设计性,操作方便,实验方法多样,能调动学生学习的主动性和积极性,注重学生想象力和创新力的培养.学生也可以利用丰富的虚拟仿真实验系统中的学习资源,自己制定

实验目的、实验内容完成实验^[3~5].学生还可以利用空余时间通过虚拟平台进行在线自主扩充学习,根据自己的兴趣选择不同的实验项目,并且针对实验内容进行创新性思考和设计.

(2) 便于师生交流,及时反馈

虚拟仿真实验通过在线学习,课堂上可以实现“线上”“线下”“O2O”交流学习模式.其主要特点是交互性强,操作过程简单,以自然的方式操作虚拟仪器,并得到虚拟对象的及时反馈,与真实实验操作过程一样^[6].这样能增强学生的现实感,使他们有更大的兴趣去获取知识.通过实验过程师生在线互动及反馈,探索知识技能的掌握和运用.通过仿真实验系统可实现“课前——课中——课后”一体化学习,如课前学生可利用仿真实验系统中的数据资源,查找相关资料,了解实验目的、实验仪器和实验设计等,进行课前预习;课中,教师可提前调取每个学生预习的数据,分析其预习情况,能较好地对学生进行差异化教学;课后,教师可以根据学生完成实验情况对其进行综合评价和分析,利用平台对数据进行统计,便于教师利用数据撰写教学反思.

(3) 实验操作安全,节约资源

虚拟仿真实验是在虚拟环境下进行的,学生不会因为操作失误而伤害到身体.例如利用水银测大

* 贵州省教学内容和课程体系改革项目“将虚拟仿真技术引入《大学物理实验》课程改革研究”,项目编号:2017520064;贵州师范学院一流平台项目“普通物理实验教学平台”,贵师院发:[2018]100号;贵州省“理论物理”一流课程建设项目,黔教高发:[2017]158号

作者简介:刘高福(1980-),男,硕士,副教授,主要从事物理教学和理论物理的研究.

气压的仿真实验,用的是虚拟水银,实验不会对人体和环境造成污染.特别是利用虚拟仿真实验做三相电动机实验时,学生不会因为操作失误而触电.采用虚拟仿真实验也不会因为操作错误而破坏实验设备、仪器等操作对象.例如使用物理天平测量物体质量时,不会因为学生操作不当,而损坏左右两边和中间的刀口或摔坏仪器.目前部分虚拟仿真实验还具备“报警功能”,如以颜色、声音、光或文字等形式提醒学生操作中存在的问题,让学生及时纠正错误.虚拟仿真实验能起到保护人身安全、减少环境污染、节约原材料、不会造成实验仪器和仪表设备的损坏.

(4) 实验仪器逼真,立体感强

传统大学物理实验教学过程,学生对实验器材内部结构的认识,是教师通过展示实物图和语言描述进行讲解和说明.这需要学生进行合理的空间想象和构造,并在脑海中形成完整的三维立体实物图,其增加了学生外在认知负荷和判断的准确性.对于部分空间立体感比较弱的学生,难以对实物图进行有效的推断和构造^[1].利用虚拟仿真软件可以把实验仪器三维立体模型由内向外分层次呈现给学生,学生根据需要进行多个角度观察和分析.虚拟仿真实验是以学生为中心设计的,他们可以对虚拟物体进行视觉导航交互功能的设置,可以平滑地变换观察视点,如对电动机和发电机的内部构造,学生自由操控虚拟对象,构建逼真的三维立体电动机和发电机模型,便于认识电动机和发电机内部结构,从而理解其工作原理及两者的区别.而且,虚拟仿真实验允许学生根据个人需求、学习效果和接收能力等自行设计实验内容和步骤,实验过程人性化,对学生个性化思维培养起促进作用.

1.2 大学物理虚拟仿真实验的不足

(1) 学生缺乏对实验原理的理解

虚拟仿真实验可以提高学生的设计能力和创新思维,但通过调查发现,大部分学生虽能通过虚拟仿真软件有效地完成实验内容,但缺乏对实验原理的理解^[9].首先,在虚拟仿真实验中,学生通过操作虚拟实验仪器来完成实验过程,只要点击鼠标就能拖动实验器材,操作过程简单,在不理解实验原理的情况下,通过反复实验,也能较好地完成实验过程.这

导致部分学生对实验原理不重视或不理解,对实验教学资源不能合理利用.其次,由于虚拟仿真软件设计的局限性,学生不能直接接触实验仪器,降低了他们对仪器本身和参数的了解^[10],减弱了学生亲身体验的获得感.

(2) 缺乏对学生科学素养的培养

大学物理虚拟仿真实验与传统实验相比在培养学生的科学素养方面有其局限性.传统实验是在教师规范指导和监督下以科学严谨的态度进行实验,其目的是减少操作错误和不规范,从而减少对人身体的伤害和仪器的损坏.如学生在做气垫导轨实验时,是不允许未开气前将滑块放在气垫导轨上滑动,否则会损坏气垫导轨,造成实验器材不能正常使用.虚拟仿真实验操作过程中,其显著的特点是能有效避免因学生操作不规范而导致实验器材损坏或产生的危险,操作错了可重新做一次,学生固体会放松警惕,降低对实验操作规范性的认识,削弱对学生科学严谨态度的培养.

(3) 缺乏对学生协作性和互动性的培养

虚拟仿真实验是每个学生面对计算机屏幕进行实验操作,因操作过程简单、直观,不需要学生之间的协作交流合作.传统实验教学过程中一般通过分组实验进行,特别是有些实验需要学生间的协作才能完成,如研究刚体转动实验,在钩码下落前,需要一个学生用手托住钩码,另一个学生测量钩码重心到地面的距离,这有利于学生协作精神的培养.而利用虚拟仿真软件操作此实验只需要一个学生拖动鼠标就能完成,不需要学生间的相互协作和互动,一定程度上会削弱学生间团队精神的培养.

2 提高虚拟仿真实验教学效果的设计策略

2.1 增加实验原理的设计策略

实验原理是实验设计的基础,要研究实验,只有明确实验原理,才能真正掌握实验的关键、操作的要点,进而进行实验的设计、改造和创新.虚拟仿真实验在设计过程中重视学生操作能力的培养,同时应加强学生对实验原理的理解.实验过程要求根据实验原理进行操作,才能更好地理解、改造和创新实验.学生在操作虚拟仿真实验前,应增加实验原理的

讲解并要求学生回答相应的问题,根据他们回答问题的情况进行差异化辅导.同时增加系统的控制功能,学生只有掌握了原理之后,才能继续后面的实验操作,防止部分学生只为了实验结果而做实验.实验过程也可以增加相应的问题,让学生边做实验边回答问题,从而提高学生对实验原理的理解和实验过程的掌握.

2.2 提高学习兴趣和科学严谨的设计策略

虚拟仿真实验具有易学、易用、便捷、趣味性等特点,给学生提供了一个较好的服务平台.现代实验教学理念认为,实验教学应当以实验操作为主,强调学生动手动脑能力,虚拟仿真实验应有计划地引导学生对实验过程有更深入思考和讨论.大学物理实验教学过程应有课前预习、课后思考,并要根据实验结果进行总结,完善或设计新的实验,培养学生思维能力、设计能力,从而提高学生学习物理的兴趣.虚拟仿真实验在软件编制过程中应考虑学生实验操作的正确与错误,对操作错误应及时给予体现或警示,对学生实验操作过程不当应做出相应的警告,并提示此操作不当将造成哪些可能的危害和损失,并对实验操作规范性有相应的考核标准,以培养学生科学严谨的学习态度.

2.3 增加交互认知的设计策略

为了提高学生学习大学物理实验的兴趣和效果,大学物理虚拟仿真实验系统的设置应具有良好的交互性.学生可以对虚拟环境实验器材自由操作,并通过系统对实验过程实时反馈.虚拟仿真实验应强调学生的亲身体验和参与,让学生在虚拟实验操作中收获知识和乐趣.系统的交互性应表现在虚拟环境的真实性和环境对学生行为反应的准确性.情境认知理论认为,在真实的情境下组织教学,其学习内容与设计要与具体的实践相结合.构建主义认为充分利用虚拟现实的学习环境,增加学生之间、师生之间的交流合作,主动构建获得知识.从情境认知理论与建构主义的角度来看,在虚拟和真实情境下进行学习,能提高学生的学习兴趣和实践操作技能,有利于知识的构建.而虚拟仿真技术能够创造出逼真的三维立体学习情境和互动环境,使其成为开发学习情境的有效工具.通过情境认知和构建,

利用仿真实验学习平台,借助多媒体辅助教学网络,数字化学习平台和互动交流协作学习的形成,消除课内课外的界线,实现“线上”“线下”有机结合,提高学生对实验的认知水平和沟通、交流能力.实验教学软件的设计开发中,可采用双屏或多屏,让多个学生同时操作一台实验仪器,增加学生之间的协作和交流,培养他们的合作能力.同时,虚拟仿真实验系统在设计中,应增加讨论内容,加强学生间的互动性.

3 虚拟仿真实验在大学物理实验教学中的应用举例

大学物理虚拟仿真实验系统主要是针对实验教学活动而设计、开发的教学平台,是传统实验的补充和完善,能够弥补现有实验仪器数量不足或老旧,实验开出率过低等问题.引入虚拟仿真实验,除按照培养计划或教学大纲开出的实验外,还可以提供更多的选修实验、开放实验,学生可根据自己的兴趣和知识需要灵活选择实验.学生还可以利用虚拟仿真实验平台根据实验目的,设计实验方案,组装实验,并对实验结果和数据进行分析,不断优化实验方案,从而得出最优结果.通过“实验——改进设计——检验”不断优化的环节,有利于培养学生循序渐进的学习态度和独立思考的设计能力,激发学生的学习兴趣.下面举例分析虚拟仿真技术在大学物理实验教学中的应用.

3.1 长度测量的应用分析

大学物理实验中测量物体长度的常用工具有螺旋测微器、游标卡尺、读数显微镜等,他们的测量范围、使用方法和测量精度都不同.下面以游标卡尺为例,它由主尺和游标尺两部分组成,主尺的精确值是毫米,在主尺上附加一个有刻度能够滑动的小尺叫游标尺,利用它可以把主尺估读的数值准确地读出来.根据游标卡尺的精确度不同可分为0.1 mm,0.05 mm,0.02 mm 3种精度的游标卡尺.传统游标卡尺操作如图1所示,测量物体的直径需要双手共同操作,以防止测量物体掉落,测量过程虽读数无估读,但仪器本身和测量过程夹物体的松紧不同,造成测量结果不同.应用虚拟仿真实验操作如图

2所示,测量过程简单,用鼠标将待测物体拖动到相应的位置,拖动游标尺固定物体,游标尺上的刻度可以放大,方便读数,由于系统设计原因,多次正确测量的数据是一样的,输入测量数据系统能自动保存,便于数据处理.系统还能根据默认数据直接匹配学生测量的正确与错误,便于教师对学生评价.

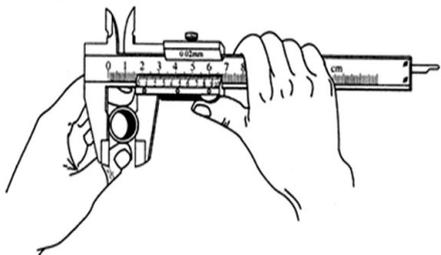


图1 游标卡尺实物操作示意图



图2 游标卡尺仿真实验操作

3.2 三线摆测转动惯量的应用分析

转动惯量是刚体绕轴转动时惯性大小的量度,通常用 J 或 I 表示.在经典力学中,转动惯量的表达式为

$$J = \int r^2 dm \quad (1)$$

式中 dm 是表示微小质元, r 是微小质元到转轴的垂直距离.如图3所示用三线摆实验装置测量圆盘及圆环的转动惯量^[11].



图3 三线摆实物操作图

三线摆下圆盘的转动惯量的表达式为

$$J_1 = \frac{m_1 g R r}{4\pi^2 d} T_1^2 \quad (2)$$

式中 m_1 为下圆盘的质量, g 为重力加速度, $R = \frac{\sqrt{3}a}{3}$ (a 是下圆盘的3个接点之间的距离), $r = \frac{\sqrt{3}a'}{3}$ (a' 是上圆盘的3个接点之间的距离), T_1 是圆盘的扭动周期, d 为上下两圆盘间的垂直距离.把质量为 m_2 的圆环放在圆盘上,使两者圆心重合,组成一个系统.如果测得它们扭动的周期为 T_2 ,则这个系统的转动惯量为

$$J_2 = \frac{(m_1 + m_2) g R r}{4\pi^2 d} T_2^2 \quad (3)$$

则圆环的转动惯量为

$$J = J_2 - J_1 \quad (4)$$

传统实验装置如图3所示,其周期用秒表进行测量,距离用直尺或卷尺测量,测量结果与悬线的松紧有关,多次测量的结果可能会相差较大.如采用三线摆的虚拟仿真实验如图4所示,测定转动周期时,当输入相应的转动次数,转动过程中系统会自动记录时间,距离的测量也不会因为悬线的松紧而影响测量值结果.测量过程将读数输入相应的数据表格,测量完毕后,输入相应的公式,系统将自动算出测量结果.



图4 三线摆虚拟仿真操作

3.3 霍尔效应的应用分析

霍尔效应的原理是带电粒子在磁场中运动受到洛伦兹力的作用而发生偏转,并打到金属板上,在金属板两侧上形成电势差 U_H .主要用来测量 U 型线圈中间的磁场大小和分布情况.当金属板两极板的电势差 U_H 达到某一值时,此时带电粒子在磁场和电

场的共同作用下,所受的合外力为零,粒子将沿直线运动,此时满足如下关系式

$$qE = q \frac{U_H}{d} = qvB \quad (5)$$

式中 d 为两金属板的间距, v 为带电粒子在磁场中的运动速度.

两金属板间的电势差 U_H 的表达式为

$$U_H = K \frac{IB}{b} \quad (6)$$

式中的比例系数 K 叫霍尔系数,由霍尔元件本身决定,是确定的值, I 为通过霍尔元件的电流, B 为待测的磁场大小, b 为金属板的宽度,此时 B 的表达式为

$$B = \frac{U_H b}{KI} \quad (7)$$

传统霍尔效应的实验装置如图 5 所示,其测量霍尔电势差 U_H 的系统误差较大,因在工艺制作时,很难将金属板上两电极焊在同一等势面上,当电流流过时,不加外磁场,在两电极间也会产生一电势差 U_0 .如采用霍尔效应的虚拟仿真实验如图 6 所示,通过软件设置可使两电极的电势在同一等势面上,无外加磁场下,不会产生电势差 U_0 .且测量数据在系统中直接录入,输入相应的公式,系统将自动算出实验结果,并能自动保存数据,方便数据获取.

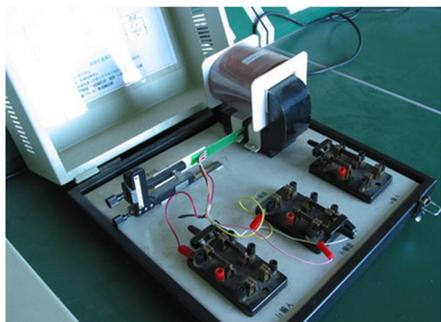


图 5 霍尔效应实物操作图

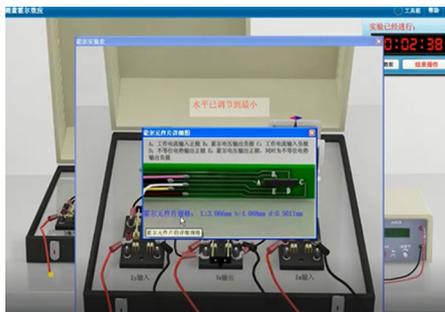


图 6 霍尔效应虚拟仿真操作

4 小结

虚拟仿真实验已经在大学物理实验中广泛应用,其在教学过程中有一定的优越性,如比传统大学物理实验更简捷、方便和直观,实验过程不会对仪器造成损坏,能节省原材料,能避免有些实验原料对环境产生的污染.虚拟仿真实验在使用过程中可以根据具体要求,对实验操作过程进行完善,使实验过程更加合理.同时,虚拟仿真实验让学生不局限于实验室,可以在图书馆、教室、寝室等地方实现自主学习和研究.通过生动的画面、文字、特技和声音于一体的独特优势,真实的虚拟环境,富有吸引力,尤其能动态表现实验过程,让学生深入其中,对提高学生学习的兴趣有较大的帮助.但目前虚拟仿真实验软件在编制方面仍存在一些不足,如缺乏对学生科学态度、协作能力和沟通能力等的培养,不能实现对实物仪器的亲身体会感.但虚拟仿真实验是对传统大学物理实验的补充和完善,两者相辅相成,一些不具备条件完成的实验也可以利用仿真实验完成,以帮助学生对物理知识的理解和掌握.

参考文献

- 1 林青松.基于翻转课堂的“现代教育技术”实验课程设计[J].实验室研究与探索,2014,33(01):194~198
- 2 李晓.运用信息技术培养大学生创新能力的策略研究[J].云南民族大学学报(哲学社会科学版),2015,32(02):155~160
- 3 李美娜.初中物理力学虚拟实验系统的设计与实现[D].长春:东北师范大学,2011
- 4 宁铎,庞玮,陈峻,等.大学物理实验在教学实践中的应用[J].大学物理实验,2012,25(3):110~111
- 5 邢红宏,梁承红,柳叶.网络课程在大学物理实验教学中的应用探索[J].实验技术与管理,2011,28(10):127~129
- 6 田凯,王丽霞,蔡晓艳.仿真实验与实体实验相结合在大学物理实验教学中的应用探索[J].大学物理实验,2016(03):80~83
- 7 李娟娟.物理虚拟仿真实验系统的设计研究[D].扬州:扬州大学,2012
- 8 唐金龙,谢英英,罗晓琴,等.物理实验一体化教学模式

的探索与实践[J]. 实验科学与技术, 2015, 13(3): 110 ~ 112

9 方亮, 杨俊义, 顾妍, 等. 物理虚拟仿真实验平台及其课程教学体系的建设实践[J]. 物理通报, 2018(9): 80 ~ 83

10 张任平. 基于虚拟仿真实验室的创新性实验教学改革创新探索[J]. 教育教学论坛, 2017, 11(3): 273 ~ 274

11 毛爱华, 刘官元, 董大明. 放置不同物体三线摆转动周期变化规律研究[J]. 大学物理, 2009, 28(4): 18 ~ 19, 22

Research on the Application of Virtual Simulation Experiment in University Physics Experiment Teaching

Liu Gaofu Wang Pingrui Wu Xupu

(School of Physics and Electronic Sciences, Guizhou Education University, Guiyang, Guizhou 550018)

Abstract: Virtual simulation experiment through virtual reality software simulation experiment, is now widely used in physics experiment teaching. Through the students learning, interaction and analysis of experimental apparatus using the virtual simulation technology in the college physics experiment teaching and the advantages and disadvantages of the application. From increasing experimental principle, increase interest in learning, cognitive science and rigorous and interaction aspects discusses how to improve the effect of the virtual simulation experiment of college physics teaching and design strategy. At last, through examples the length of the measurement, three-wire pendulum, hall effect and so on three experimental analysis of the meaning of virtual simulation experiment of college physics.

Key words: virtual simulation experiment; university physics; experimental teaching; applied research

(上接第 91 页)

(3) 对视频 3 分析(具体操作过程略去)

从 $x-t$ 图像中我们发现, 红蜡块在释放初始阶段做加速运动后很快做匀速运动, 对 $x-t$ 图像进行线性拟合, 得到红蜡块做匀速运动的速度为 0.067 m/s.

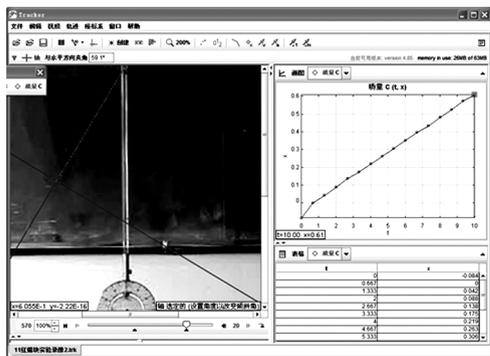


图 13 红蜡块实验视频 3 的 $x-t$ 图像

定量分析: 验证运动的合成与分解满足平行四边形定则, 两个分运动互相垂直, 计算两个分速度的

平方和

$$v_1^2 + v_2^2 = 0.035^2 + 0.057^2 = 0.004474$$

合速度平方

$$v_{\text{合}}^2 = 0.067^2 = 0.004489$$

得到

$$v_1^2 + v_2^2 = v_{\text{合}}^2$$

说明运动的合成满足平行四边形定则.

本次实验改进利用现代技术中的“视频编辑软件”很好地让学生体会到“合运动与分运动的关系”, 感受到物理实验和物理规律的完美契合.

参考文献

- 1 齐国元. 新课程下物理教学的一缕清风——谈 DIS 在物理实验中的应用. 第九届浙江省中小学实验教学优秀论文评选一等奖
- 2 曾裕. 利用视频, 定量分析真实运动[J]. 物理教学, 2014(6): 23 ~ 27