

# 虚拟实验室在高中物理教学中的应用 以《带电粒子在匀强磁场的运动》为例

吴荣华 方钦华

福建省华渔教育科技有限公司，福建 福州 350200

[6100945@qq.com](mailto:6100945@qq.com)

发表在《中小学电教》2019（03）31

**摘要：**高中物理实验实践是物理学习的重要基础，随着信息技术的发展，《物理课程标准》明确提出需要将信息技术与教学相融合。但是在实际教学中由于实验设备短缺、实验难度高等问题，很难很好地满足实现课程标准的要求。因此，本文从虚拟实验室的虚拟呈现功能和微观可视化视频两个方面开展对虚拟实验室应用于高中物理实验教学的研究，结合虚拟实验室教学案例，分析虚拟实验室在高中物理教学中的应用方式。

**关键词：**虚拟实验室；虚拟呈现；可视化教学；物理教学

高中物理是一门以实验为基础的学科，主要包括：力学、光学、电学、热学等等。高中物理实验教学在高中物理课堂教学中占据了举足轻重的地位。《物理课程标准》指出，学生需要“观察现象、进行演示和学生实验，能够使学生对物理事实获得具体的、明确的认识，这是理解概念和规律的必要基础”，学生获得物理知识最有效、最简易的方式之一就是通过实验探究来实现。但是在实际教学中可以发现，真实的物理实验教学中容易遇到很多困难，在实际教学时很难很好地实现课程标准的要求。分析主要原因有以下几点。

（1）实验室建设及使用成本高：一间独立的实验室，建设费用很高，且在实验教学过程中，器材损耗大；高精密的设备成本高，容易损坏。

（2）部分实验现象非直观性、不易观察，很多物理实验在实际操作中存在实验现象时间短、速度快、不易观察的特点。如“平抛实验”，学生很难准确地观察出平抛运动的轨迹，也就无法理解水平与竖直方向的运动形式等规律。这就要求尽量将实验现象能够通过放慢实验过程、显示实验轨迹等方式，方便学生进行观察乃至理解。

（3）部分物理实验危险性较高，教师在课堂教学时可能难以掌控。

（3）仪器数量有限，很多实验只能分组进行，影响教学效率。

（4）传统实验室学生主要根据实验指导书进行验证性实验，部分实验操作训练不足，动手能力、设计能力和创新能力难以提升

因此，高中物理实验教学迫切地需要通过更多的信息技术来辅助支持。在这种情况下，虚拟实验室通过将信息技术与教学进行融合，通过虚拟呈现和微观可视化视频的方式，可以良好地解决上述提到的诸多问题。

## 1 虚拟实验室的实验特点

《物理课程标准》指出，数字实验室系统是针对教育信息化改革所研发的产物，它利用传感器来测量实验数据，利用数据采集器采集实验数据，利用电脑来分析实验数据、得出实验结果，利用配套教具实现更高效的实验，利用网络管理整个数字实验室的教学。虚拟实验室是一款由仿真实验器材和虚拟实验环境构成的实验教学工具产品，包括相应的实验环境、实验仪器及实验信息资源等内容，通过虚拟实验室，既可再现真实实验，也可将师生设想中的实验以虚拟仿真的方式进行操作，解决了传统实验中资源限制、安全顾虑、备课、课堂互动等问题。<sup>[1]</sup>

## 1.1 虚拟实验室虚拟呈现功能的特点

与传统基础实验相比，虚拟实验室的虚拟呈现功能具有以下这些特点<sup>[2]</sup>：

(1) 安全性。虚拟实验室可以部分代替那些有危险的实验，通过计算机直观的、生动的把实验现象再现在学生面前。

(2) 经济性。虚拟实验室可以大幅度地降低实验的材料费用，大大降低成本，能实现实验成本过高的实验进行一人一组进行，因而虚拟实验室增加了学生实验的机会，提高了学校教学的质量。

(3) 互动性。虚拟实验室通过交互，在学生可能卡壳的地方，计算机就会提出问题，或者是实验做错了，屏幕就会指出错误及提示如何改正。这种教与学的灵活交互，提高了学生学习的兴趣和效率，实现教与学的双向交流。

(4) 效率性。从时间安排上看，虚拟实验室能够缩短实验时间，能在单位时间里安排更多的实验，在不增加实验课总学时的情况下，提高实验教学的课堂容量。

(5) 解决教学重难点。虚拟实验室可以把原本无法用传统实验手段直接观察到的实验给模拟出来，例如电磁波的传播等，把传统实验中一些不易看到或较难讲清的实验难点化难为易。

## 1.2 微观可视化视频的特点

在物理实验中，存在着很多物理实验现象是转瞬即逝、甚至是无法用肉眼直接观察到的，我们只能观察到其作用力的结果。传统教学模式通常只能对这些实验现象进行口头上的讲解或视频、图片等方式的演示，使得学生对于这些抽象性的知识无法很好地理解。但是，运用虚拟实验室的微观可视化视频，可以模拟演示出这些无法被肉眼直接观察到的物理现象、实验过程，帮助学生更好地理解实验背后的物理原理。总结来说，微观可视化视频具有以下这些特点：<sup>[3]</sup>

(1) 交互性强。微观可视化视频可以根据实验者的操作对实验过程和实验结果进行真实模拟，从而完成对应的试验计划和实验目标。

(2) 仿真性强。微观可视化视频可以模拟真实实验过程中肉眼难以观察到、或抽象不易理解的实际物理现象，设计出完整的三维可视化实验模型，比如如光线、电场、磁场等，可以进行微观、假想虚拟的形式进行辅助呈现（电场、磁场、光路）。

(3) 直观性强。微观可视化视频可以将实验现象、实验内容进行直观化、形象化的可视化展示，从而协助学生构建微观认知，培养学生的抽象思维能力、认识物质及其变化规律、减轻学生记忆负担。

## 2 虚拟实验室案例分析

本文以人教版高中物理选修 3-1 第三章第 6 节的《带电粒子在匀强磁场的运动》为例，结合 101 教育 PPT-虚拟实验室 (<https://ppt.101.com/>)，探究虚拟实验室的虚拟呈现功能和微观可视化视频在教学中的应用。

### 2.1 《带电粒子在匀强磁场的运动》的教学设计与实施

#### 2.1.1 教材分析

2017 版普通高中新课程标准对本节课的要求是：能用洛伦兹力分析带电粒子在匀强磁场中的圆周运动。本节课主要通过实验和理论探究沿着与磁场垂直的方向射入磁场的带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动，并讨论分析圆周运动规律的基本过程；了解质谱仪的工作原理。

#### 2.1.2 学习者特征分析

学生已经具备运用牛顿运动定律分析力与运动的关系，能分析匀速圆周运动的向心力，会用功能关系分析物体

运动情况。在上一课时学生已经认识洛伦兹力，会判断洛伦兹力的方向，会计算洛伦兹力的大小，并具备一定的三维空间思维能力。但是在认识带电粒子的圆周运动规律时，空间想象力仍是本节最大的障碍。学生对如何显示带电粒子的运动轨迹感兴趣，故而对洛伦兹力演示仪的工作原理表现出好奇心，并对实验现象感兴趣。对于洛伦兹力的应用也表现出一定的兴趣。

2.1.3 教学目标分析

- (1) 通过理论分析结合实验探讨带电粒子沿不同方向进入匀强磁场的运动，理解带电粒子在匀强磁场中做圆周运动，培养学生先有依据的猜想，在实验验证的科学探究核心素养。
- (2) 通过学生自己动手画图，认识找圆半径和圆心的重要性，再引导学生学会规范化画圆轨迹，提高学生对于圆半径大小的影响因素学习兴趣。
- (3) 通过理论分析和实验验证带电粒子在匀强磁场中轨迹圆大小影响因素，会求带电粒子在匀强磁场中的圆周运动半径、周期以及运动时间，培养科学论证思维能力。
- (4) 通过先分析无边界磁场的运动到右边界磁场的运动，先分析同一粒子在匀强磁场中的运动到不同粒子进入匀强磁场中的运动，掌握灵活分析带电粒子的运动的规律和分析方法，并初步认识质谱仪的工作原理，引导认识知识的应用与社会责任，培养学生利用知识推动社会发展的责任感。

2.1.4 教学设计

本次实验中，实验班使用虚拟实验室的洛伦兹力演示仪进行实验仪器的介绍和演示，对比班使用真实的洛伦兹力演示仪进行演示。

表 1 使用虚拟实验室的《带点粒子在匀强磁场的运动》教学设计

教学环节	教学过程	教师活动
问题导入	复习旧知	回顾磁场对运动电荷的作用力，即洛伦兹力；以及洛伦兹力的方向判断规则。
	视频引入	观看南极光视频，向学生提出问题“为什么南极光会呈曲线”，引出课题带电粒子在匀强磁场中的运动。
真实实验	学生讨论	提出问题，让学生思考并猜想，再引导学生理论分析，得出带电粒子的运动轨迹的结论。
	介绍仪器	先用洛伦兹力仪结构-功能图介绍仪器的结构和功能
	学生猜想	让学生猜想改变电流后磁场的变化情况，引出改变电流大小会影响磁场方向的知识点
	验证猜想	利用虚拟实验室中的洛伦兹力演示仪演示改变电流参数后，展示所呈现的磁感线以验证学生的猜想。
	真实实验验证	利用真实的洛伦兹力演示仪演示实验，观察现象，再次验证学生对于运动轨迹的猜想。
虚拟实验	实验的抽象呈现	分析带电粒子进入匀强磁场的运动及其运动轨迹，并分析现象背后的原因。
微观视频	知识运用	通过播放微观状态下的磁感线以及运动轨迹叠加的视频，提醒学生画运动轨迹的要点。
	课堂练习	教师巡视，并用手机拍下学生的作答情况。

实验分析讨论	理论推导	展示学生答题情况并分析画轨迹的重要决定因素——确定半径 $r$ 。由动力学关系公式进行推导，得出： $r=mv/qB$ ，得出运动轨迹的大小与磁场强度、速度以及粒子有关。
	真实实验验证	通过控制变量法，改变与运动轨迹大小相关的参数查看运动轨迹变化。
	课堂练习	教师巡视，并用手机拍下学生的作答情况，并讲解作图要点。
课堂总结	课堂总结	教师口述本节课的学习要点。
	知识拓展	改变实验条件（粒子进入磁场的方向），利用虚拟实验室进行侧面现象观察，引发思考：为什么粒子的速度与磁场不平行会做螺旋形运动。

2.2 教学效果分析

为了探究虚拟实验室对学生学习情况带来的影响，采用由授课教师设计的同一份试卷，分别对实验班和对比班同学进行前后测对比测验。前后测的实验的目的是为了检测虚拟实验室颗粒、微观视频及学科工具所带来的价值点，通过检测卷来分析颗粒的使用是否对学生学生对应的知识点有帮助。

2.2.1 学习效果总结

结论：对比传统教学方式，使用虚拟实验室工具对学生整体学习效果提升不明显。

测试结果如表 3，使用虚拟实验室教学和使用传统教学方式对学生的学习效果都有提升作用。

表 3 实验班与对比班前后测效果差异分析

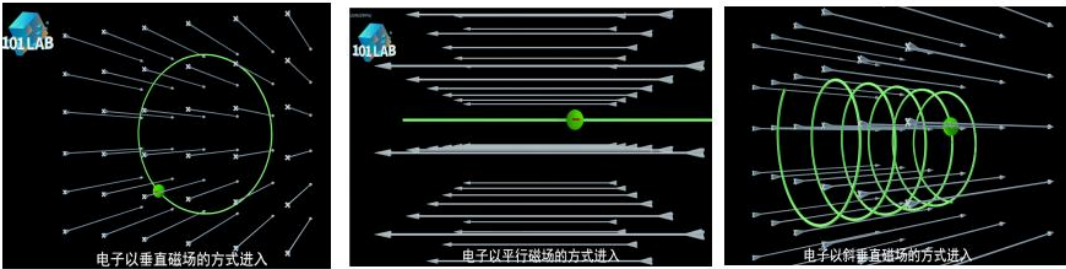
实验条件	前测正确率	后测正确率	提升效果	t 值	sig.
使用虚拟实验室教学	54.17%	79.17%	25.00%	1.555	0.123
使用传统教学方式	47.87%	65.56%	17.68%		

从正确率来看，实验班在前后测正确率上均高于对比班，因此效果的差异来源于班级本身的差别。对两班的提高效果进行独立样本 T 检验。结果显示，采用虚拟实验室颗粒教学 and 传统教学方式所产生的学习效果的差异不太显著( $t=1.555$ ,  $p=0.123 > 0.05$ )，即使用虚拟实验室颗粒对学生的学习效果有提升，但是提升不明显。

2.2.2 微观可视化视频对教学效果的影响

结论：对比传统教学方式，使用微观视频呈现微观粒子的运动轨迹（如图 1），对学生学习对应知识的效果提升明显。

图 1 电子以不同的角度进入磁场的微观可视化视频



测试结果如表 4，使用微观视频演示对学生的学习效果有提升作用；而使用传统教学方式反而造成学生学习效果下降。

表 4 实验班与对比班前后测题 1 效果差异分析

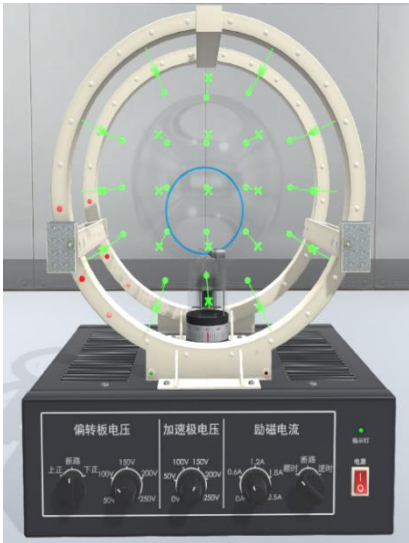
实验条件	前测正确率	后测正确率	提升效果	t 值	sig.
使用微观视频演示	87.50%	91.67%	4.17%	9.186	0.000
使用传统教学方式	29.79%	24.44%	-5.34%		

从正确率来看，实验班在前后测正确率上均高于对比班，因此效果的差异来源于班级本身的差别。对两班的提高效果进行独立样本 T 检验。结果显示，采用虚拟实验室工具教学和传统教学方式所产生的学习效果差异非常显著( $t=9.186$ ,  $p=0.000<0.05$ )，使用微观视频呈现微观粒子的运动轨迹，对学生学习对应知识的效果提升明显。

### 2.2.3 虚拟实验室的虚拟呈现对教学效果的影响

结论：对比传统教学方式，使用虚拟实验室颗粒进行虚拟呈现电流方向和磁感应线（如图 2），对学生学习电流方向和磁感感线知识没有显著提升。

图 2 虚拟实验室（虚拟呈现电流方向和磁感应线）



测试结果如表 5，使用虚拟实验室演示对学生学习效果有提升作用；而使用传统教学方式反而造成学生学习效果下降。

表 5 实验班与对比班前后测题 2 效果差异分析

实验条件	前测正确率	后测正确率	提升效果	t 值	sig.
使用微观视频演示	51.04%	69.79%	18.75%	0.741	0.460
使用传统教学方式	67.78%	80.00%	12.22%		

从正确率来看，实验班在前后测正确率低于对比班。对两班的提高效果进行独立样本 T 检验。结果显示，采用虚拟实验室工具教学和传统教学方式所产生的学习效果的不显著( $t=0.741$ ,  $p=0.460>0.05$ )，即使用虚拟实验室颗粒（虚拟呈现电流方向和磁感应线），对学生学习电流方向和磁感感线知识没有显著提升。

### 2.2.4 虚拟实验室仪器结构介绍对教学效果的影响

结论：对比传统教学方式，使用虚拟实验室颗粒进行仪器结构介绍（如图 3），对学生掌握仪器结构没有显著提升。

图 3 虚拟实验室的洛伦磁力演示仪





测试结果如表 6，使用虚拟实验室和真实仪器教学，对学生的学习效果都有提升作用。

**表 6 实验班与对比班前后测题 2 效果差异分析**

实验条件	前测正确率	后测正确率	提升效果	t 值	sig.
使用虚拟实验室介绍	27.08%	85.42%	58.33%	1.332	0.186
使用真实仪器介绍	25.53%	77.78%	52.25%		

从正确率来看，实验班在前后测正确率上均高于对比班，因此效果的差异来源于班级本身的差别。对两班的提高效果进行独立样本 T 检验。结果显示，采用虚拟实验室工具教学 and 传统教学方式所产生的学习效果的差异不显著 ( $t=1.332$ ,  $p=0.186>0.05$ )，即使用虚拟实验室颗粒进行仪器结构介绍，对学生掌握仪器结构没有显著提升。

### 3 研究结论与总结

#### 3.1 研究结论

在理论方面，本文梳理了虚拟实验室的虚拟呈现和微观可视化视频在物理实验教学中的特点，二者对于高中物理实验实践有着很好的结合。通过对虚拟实验室的虚拟呈现在物理教学中的应用研究，对于丰富高中物理课堂教学实践，推进物理教学模式优化与改革来说有着深远的意义。

在物理实践活动实施现状方面，本次实验根据前后测学习效果评测的综合分析可知，目前使用虚拟实验室颗粒和微观视频教学，对学生的整体学习效果提升不是非常明显。但不同维度的表现有所差异，具体来看：

- (1) 使用微观视频呈现微观粒子的运动轨迹，对学生学习对应知识的效果提升明显；验证了微观视频对知识进行微观表征的过程，能够培养学生的抽象思维能力、逻辑思维能力和空间想象能力的过程，有利于提高学生这方面的学习绩效；
- (2) 使用虚拟实验室颗粒（虚拟呈现电流方向和磁感应线），对学生学习电流方向和磁感感线知识没有显著提升；
- (3) 使用虚拟实验室颗粒进行仪器结构介绍，对学生掌握仪器结构没有显著提升。

#### 3.2 研究反思

本次实验课程中，虚拟实验室仅作为仪器结构的补充讲解，甚至是简单引入，没有触及更深的教学难点，因此对于该工具能否良好解决教学难点等维度存在质疑。建议后期实验中，在进行教学设计时能够更好地将工具多维度的功能加入到教学中，并尽可能让学生也尝试该工具的练习、使用，从而提高学生对虚拟实验室的认知，也提升实验的准确度；建议后期进行学生实验加上自主探究的模式进行验证。对于虚拟实验室的虚拟呈现和微观可视化视频如何在课堂实验实践中更好地辅助学生的学习、支持教师的教学，如何更好地培养学生的实践能力、拓宽实验思维，需要我们在以后的研究中继续探索。

## 参考文献：

- [1] 廖婷.基于 3D 和 EON 的中学虚拟化学实验的研究与设计[D].四川:四川师范大学,2007:12.
- [2] 张晓英, 祖大刚.基于虚拟仪器的虚拟实验[J].高师理科学刊,2002(04):11
- [3] 袁建平.中学物理教学的三维可视化模型课件的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学, 2016:15

作者简介：吴荣华（1980-），男，汉族，江西，福建省华渔教育科技有限公司，高级研究员、学士，研究方向：教育研究及信息教学。

作者电话：18157731089、E-mail: [6100945@qq.com](mailto:6100945@qq.com),

收刊人：福建省福州市长乐市湖南镇动漫城 吴荣华 350200