

基于 Three.js 的物理实验三维仿真技术

郑文韬¹ 张轶安²

1. 大连理工大学, 中国·辽宁 大连 116000

2. 天津财经大学, 中国·天津 300300

摘要: 针对物理知识抽象性与复杂性较强, 传统二维实验仿真软件, 已经无法满足教师高质量教学需求这一问题, 本研究以 Three.js 技术为依托, 提出一种适用于物理实验教学的三维仿真软件, 主要是分析了 Three.js 的工作原理与组件后, 从系统设计、器材建模以及人机交互等多个维度出发, 重点阐述了物理实验三维仿真软件的开发设计方法, 并通过实例论证的方式, 探究软件的功能性与实用性, 旨在促进我国物理教育领域的智能化、数字化、现代化发展, 以供参考借鉴。

关键词: Three.js 技术; 物理实验; 三维仿真

3D simulation technology for physical experiments based on Three.js

Zheng Wentao¹, Zhang Yi'an²

1. Dalian University of Technology, China Liaoning Dalian 116000

2. Tianjin University of Finance and Economics, China Tianjin 300300

Abstract: Given the strong abstractness and complexity of physical knowledge, traditional two-dimensional experimental simulation software has been unable to meet the high-quality teaching needs of teachers. This study proposes a three-dimensional simulation software suitable for physical experiment teaching, relying on Three.js technology. After analyzing the working principle and components of Three.js, it focuses on elaborating the development and design methods of three-dimensional simulation software for physical experiments from multiple dimensions such as system design, equipment modeling, and human-computer interaction. Through case studies, it explores the functionality and practicality of the software, aiming to promote the intelligent, digital, and modern development of China's physical education field for reference.

Keywords: Three.js technology; Physical experiment; 3D simulation

0 引言

实验教学是物理教师传授知识经验的重要渠道, 但许多物理实验的复杂性较强, 具有现象发生快、危险系数高等特点, 加之教育经费以及师资力量等主观因素的限制, 难以在线下开展, 如粒子物理实验、波动光学实验以及核物理实验等, 不具备课堂操作或者实验室操作的条件, 在此背景下, 基于计算机与仿真技术的物理实验二维仿真软件应运而生, 为物理实验的线上模拟, 提供了技术支持, 但调查研究国内现有的物理实验二维仿真软件发现, 普遍存在实验效果展示直观性不足、缺少互动性与体验感等一系列问题, 导致物理实验教学质量 and 效果难以达到最大。针对这种情况, 本研究在 Three.js 技术的支持下, 提出一种实用性与功能性兼备的物理实验三维仿真软件, 并深层次分析该软件的开发设计方法, 对于我国物理教育领域的可持续高质量发展意义重大。

1 Three.js 引擎分析

1.1 Three.js 工作原理

Three.js 是一种以 WebGL 为依托的 JavaScript 库, 主要是在浏览器的支持下, 创建显示 3D 图形与 3D 动画, 在虚拟 3D 场景的构建与交互实现中效果显著, 具有效率高、交互性强以及扩展能力优等诸多显著的优势特征, 如下所述:

(1) 三维仿真软件的开发难度与复杂程度较高, 而 Three.js 技术的灵活运用, 能够将开发难度控制在最小程度内, 究其原因在于两个维度, 一个是 Three.js 技术作为智能化水平较高的开发工具, 在实际操作的过程中, 技术人员可结合实际需求, 灵活运用 JavaScript 库的顶层对象, 即 window; 另一个是 Three.js 技术的适用性较强, 支持多种类型的 API, 如矩阵 3D 渲染或者映射 3D 渲染等, 可以为开发人员更加高效便利地开展工作, 提供强有力的支撑,

最终实现对开发难度的有效降低^[1]。

(2) 通过对 WebGL 的深入分析和研究可知, 其本身不具备交互性能, 而 Three.js 技术弥补了这一漏洞, 在该技术的支撑下, 开发人员可根据个人需求, 进行移动、拾取等操作, 确保 3D 虚拟场景的构建具有较强的灵活性。另外, 在 Web 3D 开发过程中, 还可以利用 Three.js 技术进行纹理加载、场景阴影等相对较为复杂的操作, 进一步提高 3D 图形的创建成效。

(3) Three.js 技术的扩展能力较强, 在实际操作该技术的过程中, 技术人员在进行 3D Canvas 渲染的同时, 还可以进行 SVG 渲染或者 2D Canvas 渲染等, 既能够提高软件开发的时效性与灵活性, 还能够减少不必要的工作程序, 实现高质量、高效率开发的技术目标。由此可知, 在物理实验三维仿真软件的开发设计中, 应用 Three.js 技术具有科学性与可行性。

1.2 Three.js 组件

在应用 Three.js 技术创建三维虚拟场景的过程中, 需要用到各种组件, 按照功能作用, 可将其划分成五种类型, 如图 1 所示。



图 1 Three.js 主要组件示意图

通过对图 1 的观察和分析可知, Three.js 的运行高度依赖于渲染器、场景、摄像机、光源与模型五大组件, 其中不同组件的工作原理与功能作用存在较大的差异性, 以场景、摄像机与光源为例, 三者的内在作用机理, 如下所述:

(1) 场景: 其是物体渲染与呈现的主要载体, 在实际操作 Three.js 技术时, 需要利用场景这一组件, 对物体进行渲染并将最终的渲染成果直观地呈现出来, 为保证渲染质量与呈现效果, 场景组件内还含有摄像机以及光源等组件, 有利于技术人员更好地开展三维模型的创建与显示工作^[2]。

(2) 光源: 真实性是衡量三维模型创建与显示效果的核心指标, 而 Three.js 技术的光源组件, 能够提高三维虚拟场景的真实性, 通过对环境光、平行光、聚光源等多

种光源的灵活应用, 提高三维虚拟场景的对比度, 使其更加接近物理世界的真实情况, 能够最大化三维场景的渲染效果。

(3) 摄像机: Three.js 技术主要应用于三维场景的创建, 但许多用户的显示器不具备三维场景的显示能力, 只能够展示平面物体, 在这种情况下, 就需要通过二维的方式, 将各种三维场景呈现到显示器上, 而三维场景的二维转换涉及到摄像机的投影转换问题, 整个转换过程的难度与复杂程度较高。对此, 为降低开发难度, Three.js 技术采用编码的形式, 对 WebGL 的投影形式进行转换, 使其封装到摄像机的初始对象内, 能够有效降低投影转换的难度与复杂程度, 进一步提高三维模拟仿真的质量和效率。

2 基于 Three.js 的物理实验三维仿真技术应用要点

2.1 系统设计

在应用 Three.js 技术开发设计物理实验三维仿真软件的过程中, 需要从专业的角度出发, 对软件系统的整体技术架构进行统筹规划, 本研究为在最大程度上保证软件系统运行的稳定性与可靠性, 最终决定采用分层架构, 如图 2 所示。



图 2 基于 Three.js 的物理实验三维仿真软件技术架构

根据图 2 相关内容可知, 该软件系统主要由五大功能模块组成, 其中不同功能模块的工作原理存在较大的差异性: 底层模块数据库的主要功能是储存各类有价值的信息数据, 如用户个人信息或者物理实验数据等, 以便于整个软件系统的可靠运转; 数据访问层主要的服务对象是用户, 即当用户具备软件系统的访问和使用权限时, 就可以通过数据访问层获取到所需要的物理实验数据; 业务逻辑层与应用层分别提供业务服务与接口服务; 表示层主要是将真实直观的三维仿真模型呈现给用户, 能够为教师更好地开展物理实验教学工作, 提供强有力的支撑。

总体而言,这种分层技术架构,能够全面保证物理实验三维仿真软件系统的运行质量和效率,减少卡顿、时延等不良现象的发生概率,强化用户的操作感与体验感,助力于物理实验教学的稳步推进^[3]。

2.2 实验环境

实验环境对物理实验三维仿真效果的影响较大,为在最大程度上保证三维仿真模型的真实性与精准性,需要利用 Three.js 技术构建三维高清渲染的虚拟环境,在实际操作中,应将重点放在两个维度:

一个是强化视觉效果:为确保三维高清渲染虚拟环境的呈现效果是 3D,而非简单的平面图形,要建立 X、Y、Z 三个坐标轴后,在此基础上,设置一个透视相机,在该组件的作用下,对模型的呈现范围、呈现角度等关键参数进行灵活的调节,能够确保其视觉效果,强化物理实验环境的真实性,给予学生沉浸式的学习体验;另一个是要凸出材料特性:物理实验的材料类型较多,呈现出了多元化的特点,其中不同材料的材质存在较大的差异性,若学生无法明确各类实验材料的性质,将会影响到最终的学习成效。因此,在三维高清渲染虚拟环境的创建中,要利用光源这一组件,对内部各种元素进行优化,如将点光源应用到托盘天平内,凸显出该实验工具的金属质感,既能够保证实验环境的真实性,还能够为学生更好地观察、分析实验现象创造有利条件。

除此之外,还需注意的是,在应用光源组件,优化实验三维环境的过程中,要确保各类光源的应用具有科学性与合理性,否则会起到适得其反的效果,在具体操作中,可结合表 1。

表 1 光源组件应用方法

序号	光源类型	特点
1	半球光源	天空光线照射、地面反射
2	环境光	场景覆盖光源
3	平行光	由远发射光
4	点光源	单点光源
5	聚光源	锥形光源

2.3 器材建模

在构建实验器材的三维模型时,要根据物理器材的特点,有针对性地选择合适的建模方法,实现对 3D 模型的有效创建与显示,其中形状较为规则的物理实验器材,如杠杆尺、钢珠以及小球等,可以应用各种几何图形进行构建,常见的几何图形有长方体、圆锥以及圆柱体等。而形状复杂不规则的物理实验器材,在三维模型的构建中,就

要提前进行全方位扫描,获取到实物各个顶点的数据后,再利用 Three.Vector 3 () 与 Three.Face 3 (), 设置一个完整的三角面,以此为基础,逐渐完成整个实验器材的建模工作^[4]。

以游标卡尺为例,其中一种精度较高的测量工具,在物理实验中应用广泛,如长度测量、深度测量以及内径测量等,其中力学实验、光学实验等复杂物理实验,都需要应用到游标卡尺,但这种实验器材三维建模工作的开展难度较大,究其原因,其形状十分不规则。针对这种情况,在实际开展三维建模工作时,对于相对规则的元件,如主尺以及深度尺等应用几何模型,而形状不规则的元件,如内外测量爪等,要设置三角面后,再通过纹理贴图等一系列技术措施,将刻度设置到游标卡尺上,如图 3 所示。

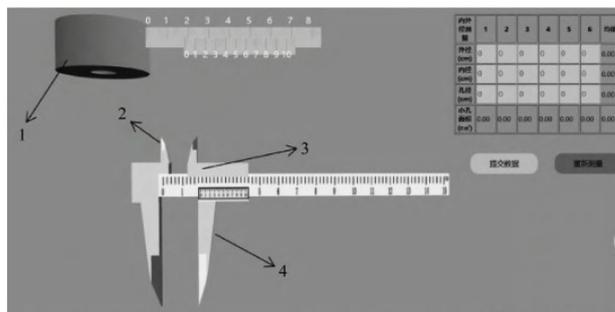


图 3 物理实验器材游标卡尺三维模型示意图

在图 3 中,1—4 分别代表的是圆柱体、圆柱、长方体、复杂几何体。

通过对图 3 的观察和研究可知,这种三维模型的准确性较强,能够将物理实验器材的形态真实地反映出来,既可以为光学实验、力学实验等复杂物理实验的高效开展,提供较大的便利;还能够加深学生对物理现象的理解和记忆,实现深度教学的目标。

2.4 实验交互

人机交互是物理实验三维仿真软件必不可少的关键功能,其指的是用户通过鼠标或者键盘等形式,与各种 3D 动画场景、3D 动画模型进行交互,在这一过程中,教师可反复呈现物理现象,使学生全面掌握物理现象的发生过程与发生特点。在实际开发设计交互功能的过程中,可应用综合性能较强的图形交互工具,如 dat.gui,这种交互工具可以利用步长,实现对变量滑块的灵活调节,最终科学改变软件程序的参数后,软件将在第一时间对用户的行为进行响应,达成高质量、高效率人机交互的技术目标。以望远镜为例,用户可在鼠标和键盘的作用下,对该模型的旋转目镜、旋转角度等关键参数进行灵活地调节,如图 4 所示。



图 4 基于dat.gui的三维模型交互控件

根据图 4 可知,这种以用户真实需求为导向的实验交互模式,能够强化用户操作感,助力于物理实验教学的高效开展。

2.5 性能测试

在 Three.js 技术的支撑下,顺利完成物理实验三维仿真软件的开发设计工作后,为确保软件的功能作用符合物理教师对高质量实验教学的现实需求,要立足于专业客观的角度,开展功能性测试与非功能性测试,其中功能性测试指的是对软件虚拟实验室场景的创建质量、模型资源的加载速率以及实验交互功能的实现情况等进行全方位的检测,最终的检测结果表明,基于 Three.js 的物理实验三维仿真软件基本功能处于稳定运行的状态,能够满足不同物理教师个性化、多元化的使用需求。

非功能性测试指的是兼容性测试与拓展性测试,以兼容性测试为例,不同学校配置的 PC 端浏览器在版本上存在较大的差异性,需要软件系统适应各类浏览器,能够在不同的浏览器内保持稳定可靠的运行状态,否则将会出现适用性不足的问题。本研究在开展兼容性测试时,主要是选取常用的五类 PC 端浏览器,最终的测试结果,如表 2 所示。

表 2 基于Three.js的物理实验三维仿真软件兼容性测试结果

序号	浏览器类型	是否适用
1	Chrome 99.0.4844.74	是
2	IE 11.0.9600.18792	是
3	Firefox 98.2.0	是
4	Safari 10.13.6	是
5	Edge 99.0.1150.39	是

根据表 2 相关内容可知,该软件系统的兼容性较强,具备推广和使用价值,但在实际应用的过程中,还需要结

合现实需求,对其进行优化和完善,最大化其教学价值。

3 基于 Three.js 的物理实验三维仿真技术实际应用

在实例论证基于 Three.js 的物理实验三维仿真软件的应用效果时,综合对比分析各种复杂程度较高的物理实验,本研究决定选用撒克逊碗实验,这种物理实验主要用于探究临界下沉条件与几何特征的关系、临界下沉时间与几何特征的关系,在整个实验过程中,需要精确满足水涌入碗的临界条件,一旦出现误差,即便是最微小的偏差,也会导致下沉时间与理论值之间会出现差异,因此传统线下的实验操作形式,难以满足该实验要求。对此,将物理实验三维软件应用到该实验活动中,能够保证实验过程的完整性与实验结果的准确性,如图 5 所示。

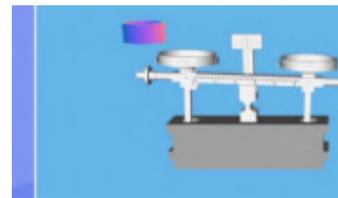


图 5 撒克逊碗实验模型示意图

结合图 5 相关内容可知,这种依托于现代科学技术的物理实验方法,能够全面保证实验的准确性与客观性,为学生更加深入地理解、掌握物理知识夯实基础。

4 结语

综上所述,通过对 Three.js 技术的专业应用,开发设计出物理实验三维仿真软件后,利用其取代传统的二维软件,应用于各种复杂的物理实验中,具有科学性与可行性,对于我国物理教育领域的创新发展,起着积极的促进作用。

参考文献:

- [1] 段伟笑, 魏敏. 基于 Three.js 的 Web3D 虚拟汽车展厅设计与实现[J]. 科技传播, 2025,17(15):174-177.
- [2] 林绮屏. 基于 Three.js 的高校图书馆虚拟展览系统的设计与实现[J]. 现代信息科技, 2025,9(10):86-91.
- [3] 苏龙生, 邓斯尧, 周佳莹等. 基于 Three.js 的虚拟模型 3D 交互展示研究及实现[J]. 科技创新与应用, 2024,14(01):43-46.
- [4] 王希. 一种基于 Three.js 的航空虚拟维修培训系统设计[J]. 中国科技信息, 2023,(03):26-28.

作者简介: 郑文韬(2004.04-), 男, 满族, 辽宁省锦州市人, 大学本科, 专业方向: 物理。

张轶安(2000.06-), 女, 汉族, 天津市人, 大学本科, 专业方向: 信息资源管理。