单位代码	10475
学　　号	104754211364
分 类 号	G633.7

河南大學

硕士学位论文

（专业学位）

GeoGebra 在初中物理可视化教学中的应用研究

培 养 单 位 ： 物理与电子学院
专业学位领域 ： 学科教学（物理）
专业学位类别 ： 教育硕士
申　　请　　人 ： 马婷婷
指 导 教 师 ： 刘平安 副教授
职 业 导 师 ： 王永胜 中学高级

二〇二三 年 六 月

中国知网 https://www.cnki.net

Research on the application of GeoGebra in junior high school physics visualization teaching

A Dissertation Submitted to

the Graduate School of Henan University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Education

By

Tingting Ma

Supervisor: Prof. Pingan Liu

School of Physics and Electronics

Henan University

June 2023

中国知网 https://www.cnki.net

摘 要

信息技术的蓬勃发展促进了教育方式的变革，促使教育朝着信息化的方向发展。为了实现教育信息化，国家出台了各项政策来推动教育教学的信息化改革。《义务教育物理课程标准（2022 年版）》也提出要将信息技术与物理教学相融合，切实帮助学生学习。初中物理是一门重要的课程，与高中物理相比较为简单，但是与学生的思维发展水平相比，它又具有一定的抽象性。物理教学内容的抽象性与学生的形象思维之间形成了矛盾，因此，在教学过程中，教师需要尽可能地将物理知识可视化、形象化，以帮助学生更好地理解。物理知识的可视化、形象化离不开信息技术的支持。动态教育软件 GeoGebra（以下简称 GGB）是一款免费开源的软件，具有强大的数据运算功能，它能够将“数”与“形”结合起来，能够将抽象的概念形象化，静止的规律动态化，能够模拟物理实验，GGB 软件的这些特点都表明它是一款非常适用用于可视化教学的软件。

本研究基于 GGB 软件探究辅助物理可视化教学的具体方法和过程：首先，查阅文献资料，了解 GGB 软件在物理教学中的使用现状和可视化教学在物理中的现状；第二步，针对物理概念、规律、实验、习题教学中遇到的困难点，利用 GGB 软件开发了一系列的教学课件将这些物理内容可视化，突破教学难点，帮助学生理解物理知识；第三步，基于已开发的课件和可视化教学理念，设计教学案例；最后，从教学实践方面，将设计的案例应用到教学实践中，并用问卷调查法和教育实验法对 GGB 可视化教学效果进行了分析，调查结果表明, 利用 GGB 软件进行可视化教学可以提高学生的学习兴趣和促进学生对物理知识的掌握，为了进一步验证利用 GGB 软件进行可视化教学的效果，选取了两个平行班进行教学实践，用 SPSS 软件对学生的后测成绩进行显著性检验，发现 GGB 软件确实可以促进学生对物理知识的理解与掌握，特别是对图像问题的理解。

笔者在利用 GGB 制作课件和教学实践经验的基础上，提出了应用 GGB 软件进行可视化教学的建议即模型建构要符合真实情况和学生认知发展规律、课件制作要以问题为导向、GGB 软件适合用于片段教学、要注意调动学生的积极性、合理利用已有的 GGB 资源。本研究的创新点是利用 GGB 软件开发制作了相关案例，这为一线教师进行可视化教学提供了一定的参考价值。

关键词：GeoGebra，可视化教学，初中物理，应用研究

中国知网 https://www.cnki.net

ABSTRACT

The booming development of information technology has promoted the change of education methods and prompted education to develop in the direction of informatization. In order to realize informatization in education, the state has introduced various policies to promote the reform of informationization in education teaching. The “Curriculum Standards for Compulsory Education in physics” (2022 Edition) also proposes to integrate information technology with physics teaching to effectively help students learn. Junior high school physics is an important course, which is relatively simple compared to high school physics, but it has a certain level of abstraction in comparison to students' level of cognitive development. Due to the contradiction between the abstract nature of physics teaching content and the visual thinking level of students, it is important for physics teachers to use visualization and illustration as much as possible in the teaching process to help students better understand. Visualization and illustration of physics knowledge rely heavily on the support of information technology.GeoGebra (GGB),a dynamic educational software, is a free and open-source software with powerful data computation capabilities. It combines “numbers” with “shapes”, visualizes abstract concepts,animates static laws,and simulates physics experiments.These features of GGB demonstrate that it is a very suitable software for visualized teaching.

This study explores the specific methods and processes of assisted physics visual teaching based on GGB software: First, consult literature to understand the status quo of GGB software in physics teaching and the status quo of visual teaching in physics; The second step, aiming at the difficulties encountered in the teaching of physics concepts, laws, experiments and exercises, GGB software is used to develop a series of teaching courseware to visualize these physics contents, break through teaching difficulties and help students understand physics knowledge. The third step, based on the developed courseware and visual teaching concept, design teaching cases; Finally, from the aspect of teaching practice, the case design is applied to teaching practice, and the effect of GGB visual teaching is analyzed by questionnaire survey and educational experiment. The results of the questionnaire survey show that visual teaching with GGB software can improve students' learning interest and promote students' mastery of physics knowledge. In order to further verify the effect of visualization teaching with GGB software, two parallel classes were

中国知网 https://www.cnki.net

selected for teaching practice. SPSS software was used to test the significance of students' post-test results, and it was found that GGB software could indeed promote students' understanding and mastery of physics knowledge, especially the understanding of image problems.

Based on the use of GGB to make courseware and teaching practice experience, the author puts forward some suggestions for using GGB software to carry out visual teaching, that is, model construction should conform to the real situation and the law of students' cognitive development, courseware making should be problem-oriented, GGB software should be suitable for segment teaching, attention should be paid to mobilizing students' enthusiasm and rational use of existing GGB resources. The innovation of this study is that GGB software is used to develop and produce relevant cases, which provides certain reference value for front-line teachers to carry out visual teaching.

KEY WORDS: GeoGebra, Visual teaching, Junior physics, Applied research

中国知网 https://www.cnki.net

目　录

第 1 章 绪论.....1
1.1 研究背景及研究意义.....1
1.1.1 研究背景.....1
1.1.2 研究意义.....2
1.2 国内外研究现状.....3
1.2.1 GeoGebra 软件在国内外教学中的研究现状.....4
1.2.2 可视化教学国内外研究现状.....6
1.3 研究内容与研究方法.....9
1.3.1 研究内容.....9
1.3.2 研究方法.....10
第 2 章 概念界定与理论基础.....13
2.1 GeoGebra 软件.....13
2.1.1 软件界面.....13
2.1.2 功能特色.....15
2.1.3 GeoGebra 与其他软件的对比分析.....16
2.2 概念界定.....17
2.2.1 可视化教学.....17
2.2.2 物理可视化教学.....17
2.2.3 基于 GeoGebra 的物理可视化教学.....17
2.3 理论基础.....18
2.3.1 认知主义理论.....18
2.3.2 建构主义学习理论.....19
2.3.3 双重编码学习理论.....20
第 3 章 GeoGebra 在初中物理可视化教学中的案例开发.....23
3.1 GeoGebra 在物理概念教学中的可视化案例开发.....23
3.1.1 声音的特性.....24
3.1.2 力臂的概念.....25
3.2 GeoGebra 在物理规律教学中的可视化案例开发.....27
3.2.1 凸透镜成像规律及变焦问题.....28
3.2.2 滑动变阻器的最大功率问题.....32
3.3 GeoGebra 在物理实验教学中的可视化案例开发.....35
3.3.1 光的反射和折射实验.....35
3.3.2 液体压强影响因素的实验.....37
3.4 GeoGebra 在物理习题教学中的可视化案例开发.....39

中国知网 https://www.cnki.net

3.4.1 光学习题.....40
3.4.2 力学习题.....42
第 4 章 GeoGebra 在初中物理中的可视化教学设计.....45
4.1 教学设计一——《眼睛和眼镜》.....45
4.1.1 课标要求和教材、学情分析.....45
4.1.2 教学目标和教学重难点.....46
4.1.3 教学过程.....46
4.1.4 教学优势.....51
4.2 教学设计二——《杠杆》.....52
4.2.1 课标要求和教材、学情分析.....52
4.2.2 教学目标和教学重难点.....53
4.2.3 教学过程.....53
4.2.4 教学优势.....56
4.3 教学设计三——液体压强.....57
4.3.1 课标要求和教材、学情分析.....57
4.3.2 教学目标和教学重难点.....57
4.3.3 教学过程.....58
4.3.4 教学优势.....64
第 5 章 GeoGebra 在初中物理中的可视化教学实践研究.....65
5.1 实践研究设计.....65
5.1.1 实践目的.....65
5.1.2 实践对象.....65
5.2 实验研究结论.....67
5.2.1 GeoGebra 软件可以提高学生的兴趣.....67
5.2.2 GeoGebra 软件可以促进学生对物理知识的掌握.....68
第 6 章 研究结论与反思.....71
6.1 研究总结.....71
6.1.1 开发了教学案例,进行了实践研究.....71
6.1.2 应用 GeoGebra 软件进行可视化教学中的建议.....71
6.1.3 GeoGebra 软件应用于物理教学的局限性.....73
6.2 研究不足与展望.....74
6.2.1 研究不足.....74
6.2.2 研究展望.....74
参考文献.....77
附录 A GeoGebra 的可视化教学效果调查问卷.....81
附录 B 后测试题.....83
附录 C 前后测成绩.....85
附录 D 杠杆的力臂制作步骤.....87

中国知网 https://www.cnki.net

附录 E 滑动变阻器最大功率制作步骤.....91
附录 F 液体压强的制作步骤.....95

中国知网 https://www.cnki.net

第 1 章 绪论

1.1 研究背景及研究意义

1.1.1 研究背景

（1）时代背景的需要

习近平总书记在国家教育大会上提出：教育是国之大计、党之大计。教育是一个国家发展的基石，国家发展靠教育，民族振兴靠教育。教育质量的高低影响着国家和民族的前途和未来。当前正处于一个信息化的时代，信息技术的蓬勃发展促进了教育的变革，使教育朝着信息化的方向发展。为了实现教育信息化，国家先后出台了《教育信息化中长期发展规划 2021—2035 年》《教育信息化“十四五”规划》和《中国教育现代化 2035》，文件中都强调要在教育教学中积极运用信息技术，深入开发和利用信息资源，培养具有创造性的人才，加快我国教育现代化进程。

为进一步明确信息技术在物理教学中的应用要求，《义务教育物理课程标准（2022 年版）》在“教学建议”中指出要让信息技术切实帮助学生学习，运用信息技术使物理现象和物理过程更加直观，增加学生的感性认识，丰富学生的体验。在“课程资源的开发和利用”中指出要充分发挥多媒体教学的优势，将信息技术与物理教学相融合，积极利用信息技术开发多媒体课程资源，优化课程资源[1]。

从整个社会大环境来看，国家都在积极倡导将信息技术与教育教学相结合，实现教育信息化。当前，信息技术的产品种类繁多，而中学物理课程中用到的软件主要有 3 大类：一类是数字文本资源工具，如 FLBOOK、XMind、Processon 等；另一类是动态演示分析软件，如 Camtasia Studio、PPT、GeoGebra、几何画板、Tracker 等；还有一类是虚拟实验技术类工具，如：PhET、NOBook 仿真物理实验室软件、Unity3D[2]等。虽然软件众多，但每个软件都有自己的适用环境和优势所在，教师要针对不同的教学环境和教学目的选择合适的教学软件。本研究将动态演示软件 GGB 与初中物理教学相结合，开发制作相关的 GGB 课件，并且将所制作的课件用于教学实践，分析利用 GGB 软件进行可视化教学的教学效果。

中国知网 https://www.cnki.net

（2）初中物理教学的需要

物理是初中阶段一门重要的课程，但初中物理的概念多且抽象，规律变式比较复杂，知识点的关联性强，题型多变且综合，这对初中生的思维水平来说是一个极大的挑战。初中生的思维处于形象思维向抽象思维的过渡阶段，但仍以形象思维为主，学生对知识的学习很大程度上依赖于观察和亲身体验。物理知识的抽象性和学生的思维水平之间存在一定的矛盾，例如：在理解物理概念时，学生由于前概念的影响而无法理解力臂到底是支点到力的作用点的距离还是支点到力的作用线的距离；在理解物理规律时，学生往往无法将规律的数学表达式和它的图像结合起来，无法认识函数图像上的特殊点、特殊线所表达的物理意义；在物理实验教学中，有的物理实验在现实情况下现象不明显或者无法实现，导致学生无法观察到现象或者进行实验。基于以上存在的困难和信息技术的发展，近年来许多教师都极力倡导进行可视化教学。可视化教学能够将抽象的物理概念、物理规律、物理实验转化成形象的视觉表达形式，促进学生对物理知识的掌握。可视化教学的实现离不开信息技术软件的支持。GGB 软件操作简单方便，拥有强大的数学计算和图形处理能力，能够动态呈现物理过程，并且其独有的 3D 功能便于学生进行多角度的观察。总之，GGB 软件非常适合用于可视化资源开发。

总体来说，利用信息技术实现可视化教学已经成为当前的一个研究趋势，GGB 在可视化教学方面有着得天独厚的优势，但是在研究过程中发现，利用 GGB 进行可视化教学主要集中在高中物理，对初中内容涉及的比较少。因此，基于初中物理教学内容，笔者利用 GGB 软件开发制作课件，并进行可视化教学，旨在改变传统的教学方式，激发学生的认知激情和学习兴趣，降低认知成本与学习负担，打造“高效课堂”。

1.1.2 研究意义

（1）有利于教师信息技术素养的提升

教师是可视化教学软件的运用主体，不仅要会运用已开发好的可视化教学资源，而且还要会利用相应的软件去开发制作资源，因此要不断提高自己的信息技术素养。本研究在附录中提供了部分课件的制作步骤，这有利于教师对 GGB 软件的学习，同时也有利于教师在此基础上进行二次开发或者创造新的教学资源，实现教师的个性化教学设计，满足学生的个性化需求，真正做到因材施教。

（2）有利于学生核心素养的提高

学生思维发展不够完善，而物理概念又具有一定的抽象性，学生有时难以辨析概念

中国知网 https://www.cnki.net

之间的异同，比如学生无法理解重力的方向是垂直向下还是竖直向下，因此，可以借助GGB 设计不同的轨道，让学生形象直观地看到重力的方向，帮助学生真正理解概念的内涵[3]。利用 GGB 进行可视化教学，能够化抽象为形象，加深学生对物理概念的认识与理解；能够将物理过程动态化、直观化，帮助学生建构物理模型，提高科学思维的深度发展；能够对实验数据进行精确分析，推动科学探究能力的发展。除此之外，陈林在研究水中虚像的位置问题时，将两条成像光线与法线的夹角控制在极小的范围内，他利用 GGB 对物理问题进行精准分析，这有利于培养学生严谨的科学态度[4]。在教学过程中，将物理内容可视化，可以调动学生的多种感官去获取物理知识，突破学习的重难点，提高学生的物理核心素养。

（3）有利于多媒体物理课程资源的丰富

通过“知网”对已有文献进行检索，发现一线教师多关注于高中物理教学的案例开发与研究，对初中物理教学关注的比较少。此外，在已开发的初中物理教学案例中，发现有些物理模型的设计是不符合真实的物理情境的。因此，本研究针对学生在学习中遇到的重难点，将 GGB 与初中物理教学融合，设计开发 GGB 与初中物理可视化教学深度融合的案例，并多次进行修改，以确保开发的案例是符合真实物理情况的，丰富初中物理课程资源。

（4）有利于课堂教学的优化

课堂是教学活动实施的主阵地，因此，每个教师都应该认真思考，怎样才能提高课堂教学质量。利用 GGB 创设可视化教学环境，能让学生尽快地融入课堂，主动建构自己的物理知识。目前，教师主要采用的“讲授+PPT”的形式，PPT 对学生的学习起到了很大的作用，但它也有一定的局限性，比如 PPT 无法处理动态变化问题，而 GGB 的动态功能比较强，可以弥补 PPT 的不足之处。

此外，GGB 的交互功能比较强，教师还可以利用 GGB 设计制作交互式的课件来帮助学生学习。利用 GGB 制作的课件既可以用在课前预习环节，也可以用在学生自主探究环节。学生可以任意拖动 GGB 课件上面的元件，可以亲自动手操作，亲身体验，这有助于学生的自主学习、协作学习和个性化学习，改变学生“学”的方式。

1.2 国内外研究现状

笔者通过对已发表的文献资料的收集、整理和分析，了解可视化教学和 GGB 在物

中国知网 https://www.cnki.net

理中已有的研究成果，分析目前的研究趋势，明确自己的研究方向。

1.2.1 GeoGebra 软件在国内外教学中的研究现状

（1）GeoGebra 软件在国外教学中的研究现状

GGB 软件是一个结合几何、代数与微积分的动态数学软件，它是由美国佛罗里达州亚特兰大大学的数学教授 Markus Hohenwarter 创建的动态几何软件。软件一经问世，就走国际化的开源发展之路，并被推广到德国、芬兰、挪威、奥地利等欧洲国家。目前全球已经有 190 多个国家使用 GGB，建立了 159 个 GGB 研究院，在欧洲设立了国际 GGB 研究院（International GeoGebra Institute），其目的就是为了 GGB 自身的优化以及软件的推广。

2007 年，Markus Hohenwarter 在其硕士论文《GeoGebra-didaktische Materialien and Anwendungen für den Mathematikunterricht》中以“教学法和电子学习”为理论基础，将 GGB 与具体教材相结合，开发设计了相关案例[4]。2008 年，Chris Little 在《Teaching Calculus CanGeoGebra Bridge the Algebra——Geometry Divide?》一文中重点介绍了 GGB 在微积分教学中的优势[6]。2008 年以后，GGB 的相关论文大幅增加，但都集中在数学教学领域，随后 GGB 也被应用在物理领域。2011 年，Eunice Maria Mussoi 为展示 GGB 在数学和物理方面的潜力，设计连续导数的应用和匀变速直线运动两个教学活动，利用 GGB 软件创建图像，并由 Java Applet 导入到 cXe 中进行教学，结果表明，使用 GGB 教学能够帮助学生更好地理解物理概念[7]。2014 年，M Malgieri 和 P Onorato 将 GGB 软件应用于量子力学，模拟例如单光子马赫－曾德和周－王－曼德尔实验，帮助学生学习量子力学的基础知识，研究结果表明，利用 GGB 进行教学，学生对概念的理解力大大提高，以及在使用路径求和方法去解决物理问题的能力得到了提升[8]。2021 年，Lorena Solvang 和 Jesper Haglund 在谷歌学术中搜索出相关文献 500 多篇，对其中的 39 篇做了重点研究，研究表明 GGB 用于教学的几种方式：（1）仿真模拟物理现象；（2）运用 GeoGebra 的 AR 功能进行实验过程的分析；（3）辅助学生参与物理建模过程[9]。

此外国外对于 GGB 的研究不止把它作为一种教学工具，而是更加重视将 GGB 作为一种学生学习的工具，如 Dan MacIsaac 认为的交互能力非常强，他觉得 GGB 的资源网站非常完善，可以很好地解决高中物理的仿真和动画演示的问题。学生们可以使用 iPad 在线自学，通过一段时间的学习，他们可以自行制作一些课程，或者将自己的工作成果进行上传和共享[10]。

中国知网 https://www.cnki.net

（2）GeoGebra 软件在国内教学中的研究现状

在 2007 年，Markus Hohenwarter 教授收到了一封来自台湾的邮件，邮件中提到了对 GGB 软件的汉化需求。此后，GGB 的作者和台湾学者黄福坤开始展开了合作，共同完成了 GGB 软件的汉化工作。在对 GGB 进行汉化以后，国内对 GGB 的研究才逐渐增多。2011 年，中国 GGB 研究院在北京师范大学教授曹一鸣的带领下成立，旨在推广和分享先进的数学教学技术。在中国知网以“GeoGebra 物理”为主题进行搜索，如 1-1 所示，从图中可以发现最早的相关研究论文始于 2011 年，随后的 2018-2021 年间由每年 6 篇一跃增长到每年 34 篇，在近两年关于 GGB 在物理中的应用研究达到高峰，说明物理教育工作者越来越重视 GGB 与物理的融合。

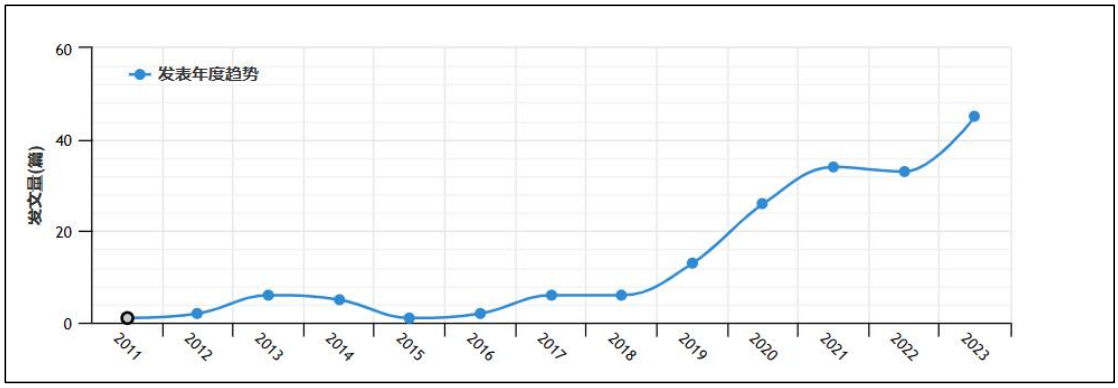


图 1-1 “GeoGebra 物理”的研究趋势

当前关于 GGB 在物理教学中的研究热点主要集中在以下几个方面：GGB 在中学物理概念教学、实验教学、物理问题、习题教学中的应用研究[11]。

GGB 在中学物理概念教学中的研究：重点是将抽象的物理概念形象化，帮助学生降低认知负荷，加深学生对物理概念的理解与运用。GGB 在运动、力、光学、热学、电磁学等模块的概念中都有涉及。例如：在运动学领域中，黄北京老师利用 GGB 软件辅助探究向心加速度的表达式[12]；华东师范大学丘来金在其硕士论文中利用 GGB 软件将《匀速圆周运动快慢》一节中的线速度、角速度等抽象概念形象化[13]。在力学方面，邓思佳等人利用 GGB 构建安培力与洛伦兹力的模型，帮助学生对力学概念的理解[14]。在热学领域，盛宝骥为了加深学生对理想气体的理解，使用 GGB 的 3D 绘图功能将 *P-V*、*P-T* 和 *V-T* 图像归结到一个模型中，增加学生的感性认识[15]。在光学领域，邓莹莹详细地介绍了利用 GGB 制作“向心力”“波的干涉”的绘图步骤[16]。在电磁领域，南京盛宝骥老师利用 GGB 的 3D 绘图功能，直观地呈现了电势的分布情况[17]；汪海宁使用 GGB 构建了一个三维的电动机旋转模型，它能够将看不到的磁感线以及电流的方向形象地呈

中国知网 https://www.cnki.net

现在学生面前，帮助学生更好地理解电动机的工作原理[18]。

GGB 在物理问题中的研究：殷正徐在《GeoGebra 在解决原始物理问题中的应用》一文中对利用 GGB 解决原始物理问题的可行性进行了分析，并利用 GGB 软件分析了飞机与秃鹰相撞时秃鹰对飞机的冲击力问题[18]。江苏淮安张静老师利用 GGB 软件对地球倒转现象进行了深入的研究[20]。

GGB 辅助物理实验教学：在实验教学中，GGB 的作用是绘制物理图像、处理实验数据，进行误差分析，有时也被应用于仿真实验。张赛男首次将 GGB 软件应用于物理实验教学中，他以“气体压强与体积关系”和“分压电路”实验为例，分析利用 GGB 进行仿真实验比实际实验具有更大的优势。这些优势主要体现在 GGB 软件能够使中学物理实验中一些不易操作，不易观察，成功率不高的实验直观地呈现出来，并且还具有更高的准确度[21]；上海大学教授邬晨海利用 GGB 软件对杨氏双缝干涉实验进行定量探究，打破了光学实验受制于实验器材，只能进行定性探究的局面[22]；中国石油大学林春丹等人运用 GGB 软件辅助静电场描绘的实验，不仅处理了实验数据，而且还形象地描绘出电场线和等势面[23]；江苏淮安张静等人利用 GGB 软件对使用半偏法测电压表内阻的实验进行了分析与验证[24]。

GGB 软件在习题教学中的应用：2015 年，安徽杨培军等人以两道磁场习题为例，给出了运用 GGB 软件可视化磁场中临界问题的方法，将 GGB 软件运用到磁场相关的教学中[25]。2017 年，南京殷正徐以 2014 年一道高考题为例，探究了等量同种电荷中垂线上的电场，将 GGB 软件运用到电场相关的教学中[26]；2021 年苏州大学陈林在其硕士论文专门分析运用 GGB 进行习题可视化教学原则和教学策略，并且分享了 GGB 软件在动态类、概念类、定量研究类习题中的案例[27]。

1.2.2 可视化教学国内外研究现状

（1）可视化教学的国外研究现状

1987 年 2 月，布洛斯·麦卡米克在美国国家科学基金上的报告《科学计算中的可视化》首次提出了“可视化”一词。由此可见，可视化最早被用于计算机领域，随后，人们认识到可视化教学在教育领域的重要作用，于是就开展了可视化教学运动。1999 年，Fink 在研究中发现在解题中应用可视化手段会提高学生的解题能力[27]。2004 年，马丁·爱普（Eppler,M.J.）和雷莫·布克哈德（Burkard,R.A.）在《Knowledge Visualization-Towards a New Discipline and its Fields of Application》一文中第一次提出“知识可视化”并建立

中国知网 https://www.cnki.net

了知识可视化的框架[29]。2015 年，Robert Lis 对发展中的可视化技术进行了简要介绍[30]。2017 年，Tinghong Gao 在《The Application and Practice of Matlab in Solid State Physics Teaching》使用可视化技术 Matlab 软件帮助学生理解固体物理课程中的晶体和非晶体结构，研究表明，可视化教学方法可以提高学生的参与度，能够提高学生的学习兴趣，提高教学效果[31]。2019 年，凯·奥哈洛兰（Kay O'Halloran）在视觉感知理论与认知理论的基础上提出了思维可视的多模式方法[32]。总体来说，可视化教学从原来的重视理论研究到重视可视化教学工具的开发和使用再到现在越来越重视与具体学科结合来提高学生的能力的实践研究。

（2）可视化教学的国内研究现状

为了解目前可视化教学在我国的研究趋势，以“可视化教学”为主题词在中国知网进行检索，共检索到 4930 篇文章，对全部检索结果进行可视化分析，得到“可视化教学”的总体趋势分布图。如 1-2 所示，可视化教学研究从最初 1996 年仅有 1 篇相关文献，到相关研究文献数量最多时期的 2021 年的 689 篇，其中研究成果呈现最快时期是在 2017 年至 2019 年间，而近两年间该领域的文献数量发表速度放缓。从整体上看，可视化教学领域的文献数量呈上升趋势，说明可视化教学仍是当前研究的一个热门话题。

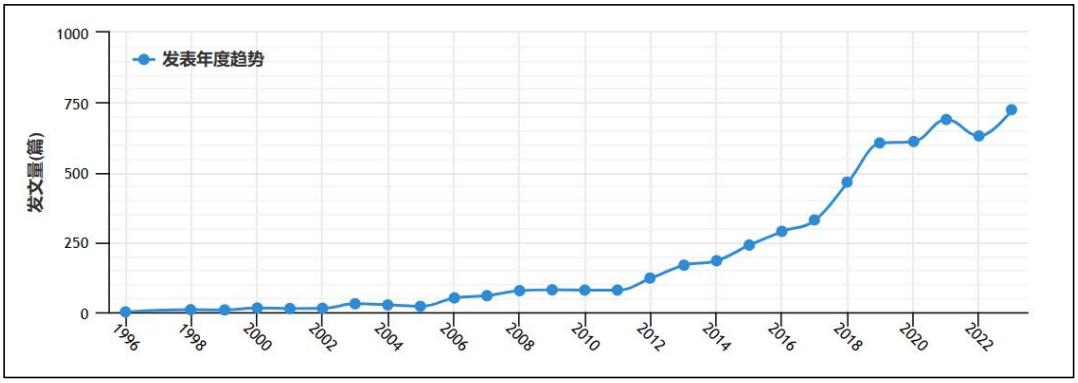


图 1-2 “可视化教学”的研究趋势

经过对文献资料的整理和分析，发现可视化教学的研究热点主要集中在可视化技术的应用、可视化教学设计、可视化教学对学生的影响、可视化教学在不同学科的应用。

可视化技术的应用：重点是如何将可视化技术应用于教学中。例如：朱国强基于 Matlab 软件仿真彗星的运动轨迹，进行可视化教学[33]；北京师范大学蔡苏老师利用增强现实（AR）技术进行可视化教学，并发现大部分学生的学习态度和 AR 教育的使用是呈正相关的[34]；张敏锐在《可视化软件在物理教学中的应用》对 Flash、VRML、Java 以及 Matlab 的优缺点进行了分析，并初步探讨了可视化软件在物理教学中的应用[35]；2022

中国知网 https://www.cnki.net

年曹平在《可视化软件助力初中物理习题教学》中对比分析 PhET、NOBOOK 及 GGB 的优势与不足[36]；崔北元等人利用以 Python 软件来实现高中物理试题讲评可视化[37]；明翔宇利用 GGB 分析高中物理图像的意义，建立抽象的物理模型，进行实验探究，帮助学生理解抽象物理知识[38]。

可视化教学设计：重点是研究可视化教学遵循的原则以及利用可视化的方法进行教学设计。例如：深圳大学教授曹晓明在《可视化教学过程设计研究》中介绍了如何利用“活动图”进行可视化教学设计[39]；浙江师范大学张维忠在认知负荷理论的基础上，结合数学中的经典案例，提出可视化教学的五大原则：信息组块原则、时空邻近原则、一致性原则、双通道原则、标记性原则[40]；李芒教授提出可视化教学的设计流程，并将其应用到数学学科中，设计开发了教学案例[40]。朱亚军针对可视化技术与高中物理融合时所存在的问题，提出了可视化教学设计时所应遵守的六大技术原则[41]。

可视化教学对学生的影响：主要探究可视化教学对学生的思维能力的影响。例如陈立娟在《利用概念图培养创新思维的理论研究》中从理论上分析概念图对于学生直觉思维、发散思维和创新思维的意义[43]；内蒙古师范大学王靖文其硕士论文中探讨可视化教学对初中生物的逻辑思维影响[44]；尹庆丰在《秒用“可视化”技术促进科学思维进阶》一文中以“简谐运动”为例，运用可视化技术，进行“高级思维”课堂教学，推动了学生科学思维的深层发展[45]。

可视化教学在不同学科的应用：将可视化教学运用到生物、物理、化学等学科中，基于可视化软件工具开发不同的教学材料，并在此基础上进行教学实践；梅剑将可视化教学应用到物理学科中，探讨可视化教学对物理教学效果的影响[46]；闫媛媛将可视化教学与初中生物学科相结合进行实践研究，发现可视化教学有助于学生对初中生物知识的理解，并且有助于激发学生学习兴趣[47]；许萍将可视化教学与化学学科相结合，探讨可视化教学在高中化学中应用时的教学策略[47]。

（3）可视化教学在物理教学中的研究现状

笔者再以“可视化教学”为主题进行检索的基础上，再以主题词“物理”在结果中检索，共得到 439 篇文献，把这些文章导出为 Refworks 格式，并导入到 VOS viewer 软件，最后得到如图 1-3 所示的物理可视化教学的关键词共现网络图谱。

中国知网 https://www.cnki.net

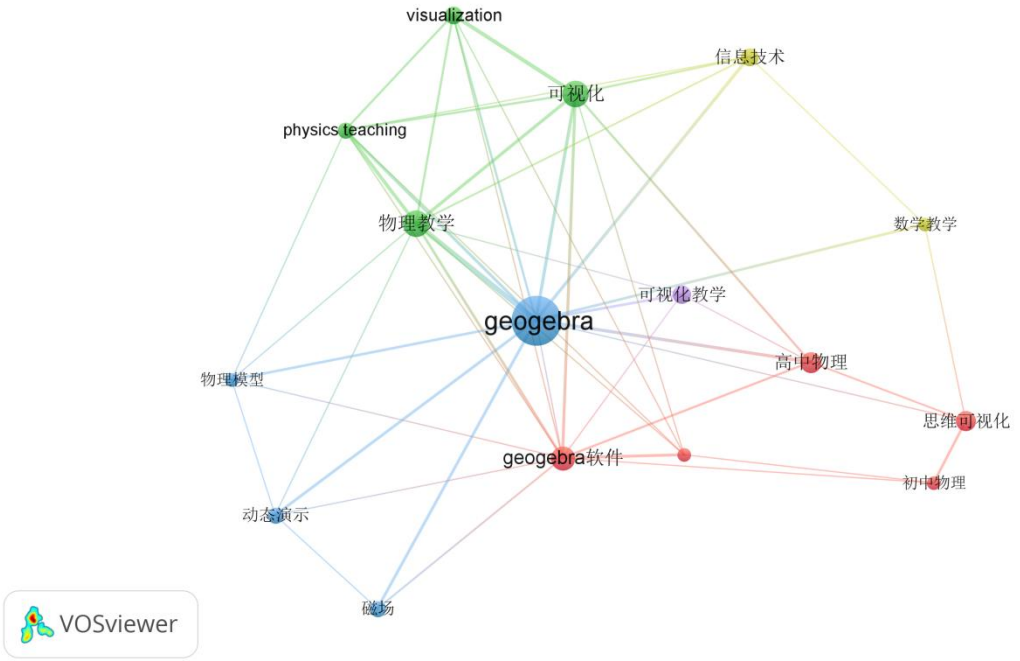


图 1-3 “物理可视化教学”关键词共现图

从图 1-3 中可以看出，“geogebra”出现的频次最高，并且与其他关键词的联系较为密切，这直观反映出在利用 GGB 软件进行可视化教学中是当前的研究热点。同时也可以看出 GGB 软件在物理可视化教学中主要被用在建构物理模型和动态演示两个方面。GGB 软件高中物理中运用的比较多，在初中物理中应用的比较少。总体上来说，运用 GGB 软件将物理知识可视化，是当前的研究趋势。但 GGB 软件在初中物理中运用的比较少，因此，本研究将 GGB 软件与初中物理可视化教学相结合，开发制作案例，进行教学实践。

1.3 研究内容与研究方法

1.3.1 研究内容

在对相关文献梳理研究的基础上，确定了研究主题，具体的研究内容如下：

（1）对 GGB 软件和可视化教学的国内外现状进行分析，明确研究的内容和意义。对 GGB 软件进行简要介绍，界定可视化教学、物理可视化教学的概念，明晰了 GGB 软件应用于初中物理可视化教学的理论基础。

（2）基于初中物理教学内容及课标要求，在教学实践中利用 GGB 软件设计开发了在物理概念、规律、实验、习题教学中的可视化教学课件，丰富了初中物理教学的课程

中国知网 https://www.cnki.net

资源。

（3）基于 GGB 可视化教学课件，制作了《杠杆》《液体压强》《透镜》三节的教学设计，为一线教师进行可视化教学提供参考。

（4）以《液体压强》一节课为例，选取实验班和对照班进行教学实践，对 GGB 软件的可视化教学效果进行调查，同时对八年级 3 班和八年级 4 班的教学成绩进行差异性检验，分析 GGB 软件是否可以帮助学生理解物理知识。

（5）针对制作可视化课件以及在研究过程中遇到的问题，总结了 GGB 在使用过程中应该注意的事项，反思了自己在研究中存在的不足并对未来进行了展望。

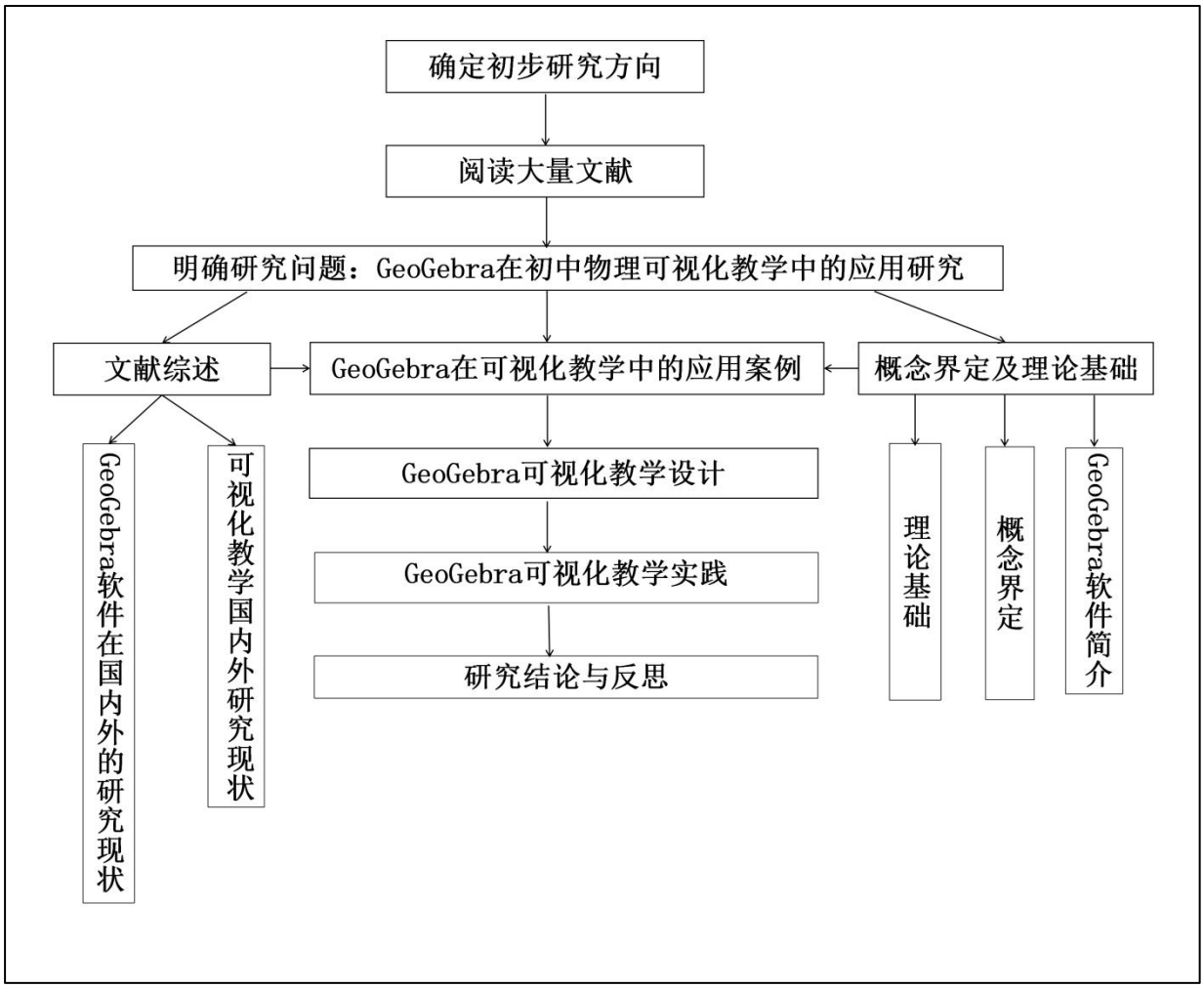


图 1-4 研究思路

1.3.2 研究方法

（1）文献研究法：利用图书馆、中国知网、万方等数据库，收集与该研究有关的文献，对所收集到的数据进行整理，并对其进行梳理。明确 GGB 软件和可视化教学在

中国知网 https://www.cnki.net

国内外的研究现状，了解当前的研究趋势，从而明确自己的研究方向。同时对已有的教育与教学相关的理论进行了整理与归纳，分析支持本研究的理论基础。

（2）案例分析法：结合初中物理的教学内容，选取学生认为在概念、规律、实验、习题学习中容易出现困难的典型案例，分析教师在“教”和学生在“学”中出现的困难点，利用 GGB 软件制作相应的课件，帮助教师和学生解决教与学中存在的困难点。

（3）问卷调查法：问卷调查是将自己所要调查的问题制作成问卷，让调查对象填写，然后对填写的结果进行统计分析，从而获得调查资料的方法。本研究采用“问卷星”发放问卷，对 GGB 的可视化教学效果进行了调查。

（4）教育实验法：教育实验法是在教育教学过程中，依据一定的假设，有目的地控制一些教育因素的变化，以引起其他因素朝着提高教育效果方向转变的方法。本研究选取了八年级两个平行班，实验班采用 GGB 软件进行教学，对照班采用传统方法进行教学，教学完成之后采用相应的试题来衡量教学效果，利用 SPSS 软件对测试结果进行统计分析，从而验证利用 GGB 软件进行可视化教学有助于促进学生对物理知识的掌握。

中国知网 https://www.cnki.net

中国知网 https://www.cnki.net

第 2 章 概念界定与理论基础

2.1 GeoGebra 软件

GeoGebra 是一款集几何、代数与微积分为一体的动态数学软件。GeoGebra 名称的来源是取自 Geometry 的“Geo”和 Algebra 的“gebra”，这很好地突出了几何与代数的两大功能。目前，GGB 软件已经从 1.0 版升级到了 6.0 版，界面原来越美观，功能也在不断地丰富，由最初的 2D 绘图到现在的 3D 绘图，适用的语言也从最初的英语增加到五十多种语言。现行的软件版本有两个：Classic5.0 和 Classic6.0。Classic5.0 的界面简洁，操作简单，软件的稳定性较好，使用者的体验感比较好，适合初学者学习使用。Classic6.0 相比 Classic5.0 来说，界面更加美观，能够支持在移动端使用，支持 3D 绘图。但是 Classic6.0 软件的稳定性比较差，还有待进一步发展，对初学者并不友好。综上所述，Classic5.0 和 Classic6.0 各有优点和缺点，用户可以根据自己的需求选择合适的版本。本研究中在课件开发与制作部分使用的是 Classic5.0 版本。GGB 软件还曾获得过欧洲学术软件奖、德国教育软件奖和教育媒体奖、国际免费软件奖以及人文科学技术奖等等，由此可见，该软件在教育领域具有很大的优势和发展潜能。

2.1.1 软件界面

以 Classic5.0 为例，GGB 的工作窗口如图 2-1 所示，初始状态界面由菜单栏、绘图工具栏、指令栏、代数区和绘图区组成。在菜单栏中，主要是实现文件的保存和导出、复制、粘贴以及视图的显示等功能。在绘图工具栏中，主要是点、线、面的绘制以及对绘制的图形进行旋转、平移、对称等操作。窗口左侧是代数区，主要显示绘图区中所绘制的点、线、面、向量等的坐标和函数表达式。窗口中间是绘图区，可以在此区域绘制想要的图形。在“视图”选项卡下点击“绘图区 2”会在“绘图区”的右侧再显示出一个绘图区，可以在“绘图区”绘制图形，在“绘图区 2”生成相应的函数图像，实现数形结合；并且在此选项卡下点击“3D 绘图区”会在绘图区的右侧产生一个“3D 绘图区”，在“3D 绘图区”中绘制图形，会自动在“绘图区”中自动生成 3D 图形的俯视图，当然也可以自行选择三视图中的任何一种。窗口的底下是指令栏，GGB 软件既可以通过工具栏中的工具实现图形的变换，也可以用指令实现图形的变换。比如旋转变换，可以用

中国知网 https://www.cnki.net

工具栏中的旋转工具进行旋转，也可以通过指令：rotate(<对象>,<旋转角度>,<旋转中心>)进行旋转。GGB 软件支持中英文指令，在指令栏的后面有帮助功能，可以看到指令的公式。

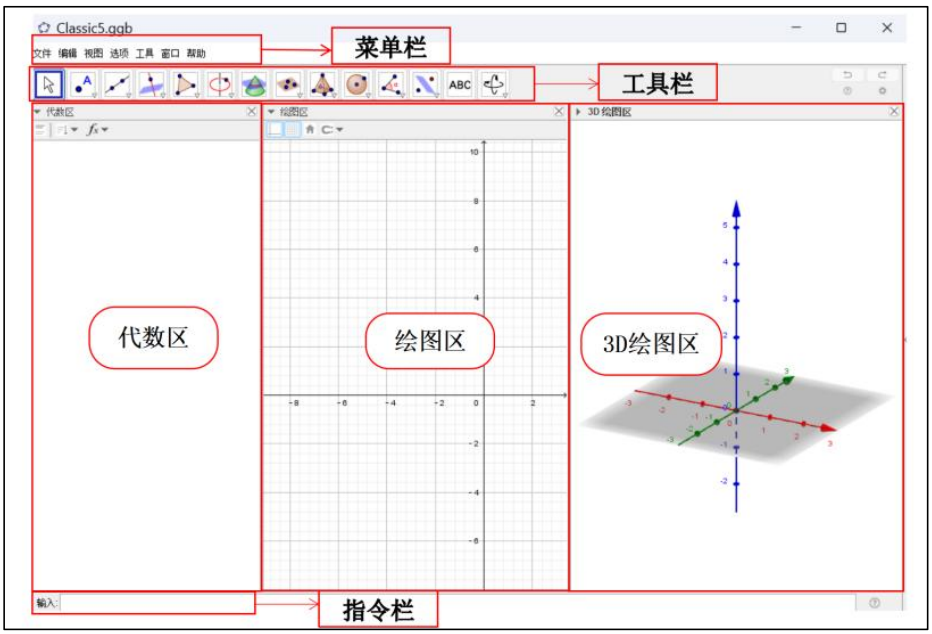


图 2-1 GeoGebra 软件界面

近年来，GGB 软件在物理上的应用增多。为了绘制物理图像的方便，处于一线的物理教师们基于 GGB 软件开发了专门绘制物理图像的工具栏。以肖建伟老师开发的物理工具模板合集如图 2-2 所示中，其中内嵌有电源、开关、电压表、电流表、电阻类元件等。这更加有助于 GGB 软件在物理教学中的应用。



图 2-2 GeoGebra 物理软件工具栏

中国知网 https://www.cnki.net

2.1.2 功能特色

（1）免费开源，资源丰富，实现共享

当前能够用在物理课堂教学中的信息技术软件有很多，但是完全免费的却不多。GGB 免费开源，可以自由下载，占用内存小，一方面可以为教育资源欠缺的学校提供便利，另一方面也有利于自身的传播。GGB 的网站中还有资源库，该资源库中含有一百多万的物理、数学教学资源案例，中学教师可以直接下载使用，这为许多一线教师提供了便利。GGB 制作的课件中可以看到作图过程，教师可以根据作图过程看到原设计者的设计思路，这有利于提高教师的信息技术水平，同时也有利于教师对课件的二次创作。GGB 用户可以在平台上分享自己制作的课件，同时也可以跟同行交流合作，实现资源共享。

（2）动态演示，数形结合，灵活生动

在日常教学的过程中，最难讲解的部分就是对于动态过程的处理，PPT 等软件虽然可以实现一定的动态化，但是也只能简单绘制一些运动路径，无法真正实现动态化。GGB 软件在动态问题中有着得天独厚的优势，在绘图方面，它不同于其他软件去定义几何元素，如果图形的大小发生改变，就必须重新作图，GGB 软件采用的是参数化绘图，利用几何从属关系，图形随参数变化而变化。在变量设置方面，GGB 软件一般是通过设置滑动条、构造动点等功能实现动态变化。GGB 软件中内置有计算功能，不仅可以显示出动态变化的过程中数值的变化，还可以显示出变化过程中各物理量之间的函数关系，真正实现数形结合。GGB 的 3D 视图功能可以绘制立体图形，有利于培养学生的空间思维能力，例如：对光的反射和折射的理解，利用 3D 功能绘制立体的光的反射和折射，便于学生加深对这一概念的理解。

（3）动手操作，亲自体验，自主探究

GGB 软件可以帮助教师进行课堂演示，加深学生对课堂知识的理解。教师可以将自己制作好的课件通过链接发送到班级群里，由于 GGB 软件支持跨平台使用，学生可以通过手机、平板、电脑等拖动课件中的对象，动手操作，亲自体验，发现问题。学生可以利用 GGB 软件对课堂没听懂的知识进行复习，也利用软件对更深难度的问题进行探究。总体来说，GGB 软件适用于课前预习、课堂探究、课后复习等各个环节，通过亲自动手操作，亲身体验，加深对所学知识的理解，培养学生的逻辑思维能力，满足学生的个性化需求。

中国知网 https://www.cnki.net

2.1.3 GeoGebra 与其他软件的对比分析

（1）GeoGebra 与几何画板进行对比分析

①GGB 免费且持续更新。目前，通过百度已经无法搜索到“几何画板”的官网，只有中国的代理商网站可以下载试用版，收费在 400 元左右。而 GGB 正版免费且仍在更新中，显然 GGB 软件在未来有更好的发展前景。

②GGB 操作简便。几何画板采用的是尺规作图，图形一旦绘制成功，就无法更改和调节。而 GGB 是通过参数绘图，可以改变参数的定义去控制图形的变化。

③GGB 软件数形并重。几何画板重视“几何”，重点展示图形的变化。而 GGB 不仅强调数和形，还强调数和形之间的联系，也就是说，当数发生变化的时候，形也会发生变化，形发生变化的时候，数也会发生变化。GGB 的数形结合，不仅能用来处理物理实验数据，还能用来展示图形和数量之间的关系。

（2）GeoGebra 软件与希沃白板的对比分析

①目的不同。GGB 主要绘制函数图像、几何图像、统计图像等，可以用来建构模型，分析数据。而希沃白板重在用于课堂教学，可以帮助教师制作教学课件、布置作业、管理班级等。

②功能的实现程度不一致：GGB 软件和希沃白板都能进行绘制图像、动态演示，交互性都很强。在绘制图像方面：GGB 软件是严格的坐标系，所绘制的图像都有自己的坐标和函数表达式，可以实现精确绘图；而希沃软件不能显示出线段的长度，只能进行粗略绘图。在动画演示方面：GGB 能够自由绘制物体的运动轨迹，显示出物体运动过程的变化；但希沃白板只能进行简单的路径绘制。在交互性方面：GGB 和希沃软件都可以对图形、文字等进行拖动、复制等操作，但希沃白板可以进行实时操作，事前无需预设好内容，而 GGB 要呈现动态变化，需要教师事前建构好模型。

（3）GeoGebra 与仿真软件的对比分析

①仿真软件是程序员将相关的物理规律内嵌于仿真软件之中，教师只需要按照相关的实验程序进行实验即可，如中学物理中常用的 NOBOOK 软件，提供了中学物理中的力、热、电、磁等模块的实验器材，能够呈现常规的物理实验，但是仿真软件只能选择所提供的设备进行演示，不能进行创新，无法满足教师的个性化需求。GGB 软件可以用点、线、面去构造仿真实验，满足教师的个性化需求，但是对教师自身的信息技术水平要求较高。

中国知网 https://www.cnki.net

②GGB 要比仿真实验的数据处理能力强。仿真实验重在演示物理现象，而 GGB 能可以将物理现象和物理规律结合起来。

2.2 概念界定

2.2.1 可视化教学

可视化一词源于英文 Visualization，原意是“使看得见的，清楚地呈现”[49]。由于信息技术的发展，人们可以利用计算机将数据转换成图形或者图像。从广义上来说，将抽象的事物与过程转换为形象化的图形图像的过程，都可以称为“可视化”，从狭义上来说，可视化主要是运用相关技术将抽象的“数据、信息和知识”以形象化与具体化的视觉形式表达出来，帮助人们更好地理解“数据、信息和知识”[50]。

可视化教学是指利用视觉化手段，如图表、图像、动画、视频等多媒体形式，对教学内容、过程、成果进行表达和呈现的一种教学方式[50]。它能够使抽象的知识点和概念更加直观、形象地展现出来，促进学生对知识点的理解和记忆。

2.2.2 物理可视化教学

物理可视化教学指的是在物理教学过程中，运用各种可视化手段，包括如实验演示、模拟仿真、动画、视频、虚拟实验室等可视化技术，将抽象的物理知识中所包含的概念原理、思想方法、条件之间的关联性以及它们的变化过程，以图像化、形象化和动态化的形式展示给学生的教学方式[51]。

2.2.3 基于 GeoGebra 的物理可视化教学

基于 GGB 的物理可视化教学是指在物理教学中，借助 GeoGebra 等软件，通过 GGB 软件的“几何”和“代数”两大功能，建构物理模型，将物理概念、规律、公式等知识以图文的形式呈现在学生面前，使学生直观地、形象地了解物理知识和原理。从本质上来讲，基于 GGB 的物理可视化教学就是借助 GGB 软件将抽象的物理知识形象化的教学方式。

中国知网 https://www.cnki.net

2.3 理论基础

2.3.1 认知主义理论

（1）皮亚杰的认知发展阶段理论

皮亚杰（Jean Piaget）是瑞士的一位心理学家，他提出了著名的认知发展阶段理论。该理论认为，人类的认知能力会随着年龄的增长而逐渐发展，它会经历四个不同的阶段，分别是感觉运算阶段、前运算阶段、具体运算阶段、形式运算阶段[52]。而初中生刚好处于形式运算阶段，在这一时期的儿童虽然能够将形式和内容区别开来，具有一定的抽象思维能力，但是形象思维还是占主导地位。因此，教师在教学的过程中，仍需要给学生提供大量的感性材料，帮助学生来理解物理概念，在物理规律的推导，需要将推导过程更加直观化，帮助学生逐步发展自己的抽象思维能力。根据皮亚杰的认知发展理论可知，初中生的思维发展阶段决定了教师需要将内容进行可视化，以帮助学生更加直观、更加形象地理解物理知识。

（2）认知主义的学习理论

认知派学习理论认为学习是一种内在的、主动的、有意识的心理过程，它强调个体的认知结构、知识组织和信息处理过程对学习的决定作用。该学派的主要观点有：①学习的实质在于主动地形成认知结构。②学习的过程就是一个信息加工的过程，人们获取信息或者学习首先来自感觉和知觉过程。③学习者的认知结构和知识组织方式对学习过程的进行起着重要作用。

认知派的代表人物主要有布鲁纳、奥苏贝尔、加涅等人，布鲁纳认为学习帮助学生掌握学科的基本结构要遵循结构性原则，即任何知识结构都可以用动作、图形、符号三种表征形式来呈现。动作表征是借助动作进行学习，无需言语的帮助；图像表征是借助表象进行学习，以感性材料为基础；符号表征则是以语言为基础，进行逻辑推导。在物理教学中，对于一些抽象的物理概念、无法直接呈现的物理实验、繁琐的物理规律，如果能够借助于信息技术软件，将这些知识通过图像表征表示出来，给学生提供大量的感性材料，这样对学生认知结构的形成大有好处。同时，布鲁纳也强调学生要想促进知识的转化，将所学的知识迁移到新的情境中，往往需要超越给定信息，采用多种方式进行表征，在物理教学中，对于物理规律的学习，例如：$U=IR$，可以采用语言表征和图像表征结合的方式，将更加有助于促进学生知识的迁移。奥苏贝尔认为学习本身受到学习

中国知网 https://www.cnki.net

材料性质的影响，学习材料要具有一定的意义，GGB 软件具有强大的数学功能，可以呈现有意义的逻辑性的学习材料，帮助学习进行有意义学习，而不是机械地死记硬背。加涅将学习过程划分为八个阶段，分别是动机、领会、获得、保持、回忆、概括、操作、反馈阶段。GGB 软件制作的物理课件趣味性强，可以增加学生的学习动机，引起学生的注意，只有引起学生注意，知识才能被加工。GGB 具有动态绘图功能，展示运动轨迹，可以给学生提供良好的感性材料，帮助学生理解知识。GGB 可以建构物理模型，帮助学生将不同习题但属于同一模型的知识组合起来，形成信息组块，简化学生记忆负担，便于进行调用。

皮亚杰的认知发展阶段理论表明在初中物理中进行可视化教学具有一定的必要性。根据认知派的学习理论可以得出，要促进学生的学习，需要充分调动学生的表象认知系统，采用多种方式表征知识，运用 GGB 技术将教学内容可视化，引起学生的注意，增加学生的感性体验，促进学生有意义学习。

2.3.2 建构主义学习理论

建构主义是在认知主义的基础上发展而来的，建构主义主要研究知识观、学习观、学生观以及教学观。

建构主义的学习观强调学生学习的主动建构性、社会互动性和情境性三个方面。学习的主动建构性强调学生能够主动地对自己头脑中的经验进行综合、重组和改造，从而解释新信息，并最终建构属于个人意义的知识内容。GGB 的可视化工具可以让学生自由地去探索和进行实验，学生不仅可以利用教师建构好的模型去探索和发现问题，而且还可以利用软件建构自己想要的模型来验证自己的假设和推断。在这个过程中，学生不仅可以去主动建构新知识，并且可以提高他们的自主学习和自我表达能力。

学习的社会性，是指要把学生看成一个社会人，学生在学习的过程中，并不是单独的一个个体去学习知识，而是处在一个社会文化之中，因此建构主义学习理论认为，学生要通过和他人交流和合作来建构自己的知识，并且可以从他人的经验和观点中获得启发和帮助。GGB 的在线社区和分享功能可以帮助学生分享自己的作品和经验，并且可以与其他学生进行讨论和协作。这些交流和协作可以帮助学生更好地理解物理知识，并且可以促进他们的学习进步。

学习的情境性是指学生的学习是个人在与自己的经验和环境互动中建构知识和理解的过程，我们应该关注与书本知识相关联的问题情境与生活情境，将知识置于真实情

中国知网 https://www.cnki.net

境中呈现，激发学生的认知需要。由此可见情境是学生建构知识的首要环节和依据。GGB 的可视化工具可以帮助学生将抽象的物理知识与实际问题联系起来，并且可以帮助他们构建物理模型来解决这些问题。例如：学生可以利用 GGB 软件来分析水中鱼的成像位置。

综上所述，建构主义理论为 GGB 可视化教学提供了有益的指导。通过使用 GGB 软件，学生可以参与到物理知识的建构过程中，并且可以通过实践、探究和交流来更好地理解物理概念。这种教学方式可以帮助学生发展科学探究能力，并且可以增强他们的自信心和学习动力，从而实现更好的学习效果。

2.3.3 双重编码学习理论

双重编码理论（Dual Coding Theory）是由心理学家 Paivio 在 20 世纪 60 年代提出的一种认知心理学理论[53]。该理论认为，人类的认知过程可以通过两种不同的方式进行编码：一种是语言编码，另一种是图像编码。语言编码指的是将信息转换为语言或文字的形式，例如词语、句子和段落。语言编码在学习和记忆信息时很重要，因为语言编码能够帮助人们理解信息的意义和逻辑关系。例如：在阅读一篇文章时，人们需要理解每个句子的意义，并将它们整合成一个连贯的故事。图像编码指的是将信息转换为可视化的形式，如图像、图表和图示。图像编码能够帮助人们更好地理解和记忆信息，因为图像编码具有更加生动、直观和易于记忆的特点。例如：当学习一个单词时，如果将其与一个具体的图像联系起来，人们就更容易记住这个单词。双重编码理论认为，这两种编码方式可以相互独立地进行，但它们也可以相互作用和交互影响，从而提高认知效率。

在教育领域，双重编码理论可以用来指导学习和记忆策略的设计和实施。例如：教师可以使用多媒体教学资源，将图像、动画和语言相结合，以帮助学生更好地理解和记忆信息。同时，在学习和记忆某个概念时，学生也可以尝试使用多种不同的编码方式，通过图像、语言、文字、数字等不同的方式来表达和探索该概念，从而加强记忆效果。

GGB 是一款基于几何、代数、统计和微积分的开源数学软件，可以用来进行建模、可视化、实时演示等操作。在物理可视化教学中，GGB 可以通过图像编码和语言编码两种方式来促进学生的认知过程。具体来说，通过 GGB 软件，教师可以设计和制作各种形式的可视化教学资源，这些资源可以使用图像编码的方式来展示物理概念和规律，从而帮助学生更好地理解和记忆。例如：在学习《眼睛和眼镜》时，教师可以使用 GGB 软件展示眼睛在看近处物体或者远处物体时晶状体的变化，这可以让学生理解近视眼和

中国知网 https://www.cnki.net

远视眼的成像原因，以及用什么样的透镜进行校正。在学习速度与时间的图像和路程与时间的图像时，教师可以结合 GGB 软件制作课件，用同一物体的运动来同时生成速度时间图像和路程时间图像，帮助学生更好地理解辨析速度－时间图像和路程－时间图像的不同。教师通过 GGB 软件可以在图形和动画的基础上，用文字和数学符号来表达和解释物理概念和规律。例如：利用 GGB 软件来模拟杠杆的动态平衡的实验，可在 GGB 的课件上用文字和符号显示出动力、动力臂、阻力和阻力臂的大小，在杠杆的转动过程中，还能实时显示出它们的变化情况，这将数字的变化和图像的变化结合起来，运用双重编码促进学生学习。

综上所述，GGB 可视化教学可以结合双重编码理论，通过图像编码和语言编码相结合的方式来帮助学生更好地理解和记忆物理。这种教学方式不仅可以提高学生的学习兴趣和积极性，还可以加强学生对于物理知识的掌握和应用能力。

中国知网 https://www.cnki.net

中国知网 https://www.cnki.net

第 3 章 GeoGebra 在初中物理可视化教学中的案例开发

笔者结合物理概念、规律、实验、习题教学的特点，分析要将这些内容可视化的必要性，再针对 GGB 软件的特点，分析得出利用 GGB 软件进行可视化教学的可能性；根据初中物理的教学内容以及笔者的实践经验，分析物理概念、规律、实验、习题教学中教师的“教”和学生的“学”中存在的困难点，针对这些困难点，利用 GGB 软件开发制作教学课件将这些物理内容可视化，突破教学中的困难点；为了便于一线教师使用这些教学课件，笔者还详细得介绍了如何使用这些课件；最后分析总结利用 GGB 软件应用于这些内容的优势和应用环节。

3.1 GeoGebra 在物理概念教学中的可视化案例开发

物理概念反映的是物理现象或物理过程事物的本质特征和共同属性，本身是有一定的抽象性所在的。抽象的概念要想传递给学生，首先要创设丰富有趣的情境，引起学生的好奇心，要让学生有想要去了解的欲望；其次，教师必须给学生呈现出大量的感性认识材料将抽象的东西可视化，然后让学生通过观察分析归纳总结出事物的共同特征或者本质特征，从而实现概念的建构。在传统教学中，教师会采用实物直观的方式来帮助学生理解概念，但实物直观无法突出事物的本质特征，因此在概念教学中需要借助于一定的方式建构物理模型，忽略次要因素，突出事物的本质。除此之外，教师还会由于器材、时间、空间的限制，而无法给学生提供直观的学习材料，没有这些感性材料的辅助，学生就无法真正理解物理概念。而 GGB 软件不仅能够创设出有趣的物理情境，引起学生的好奇心，还可以建构出实物或者物理模型突出事物的本质特征，加强学生对物理概念的理解。本研究选取了在概念教学中的两个案例，一是声音的三要素，一是力臂的概念，利用 GGB 软件创设情境，突出概念的本质特征，将抽象的概念可视化，便于学生对概念的理解。

中国知网 https://www.cnki.net

3.1.1 声音的特性

在声音的特性中，音调、响度、音色都是非常抽象的概念，学生对它们的理解存在着一定程度的困难。教师在讲解音调概念时采用了两个演示实验：一是通过改变钢尺伸出桌面的长度来研究音调与发声体振动快慢的关系，二是敲击不同的音叉，用示波器显示出它的波形。在讲解响度的概念时采用了转换法，将声音的振动幅度转化为乒乓球被弹开的幅度。在讲解音色的概念时，用示波器观察音叉、钢琴与长笛的波形图再次用到了示波器。以上的教学方法中存在两大问题：第一目前大多数的中学物理实验室还是比较缺乏像示波器这种实验器材，在课堂上教师是用观看视频的形式代替演示实验。第二学生在学习响度的时候，未能从波形图上认识到响度与振幅之间的关系。学生在声音的特性时，往往不能将声音的高低与声音的大小区别开来。基于以上原因，本研究借助于 GGB 软件去构造模型帮助学生理解声音的三要素，让学生能够同时调动视觉和听觉，将声音的三要素与波形图结合起来，加深对知识的理解。

本课件的制作方法参考了乔永海老师的思路[54]。自制“声音三要素”课件主要调用了 GGB 的函数功能和滑动条工具，在其指令栏中输入波形函数，在 GGB 的界面就会出现相应的波形图像，移动滑动条，改变波形图像。

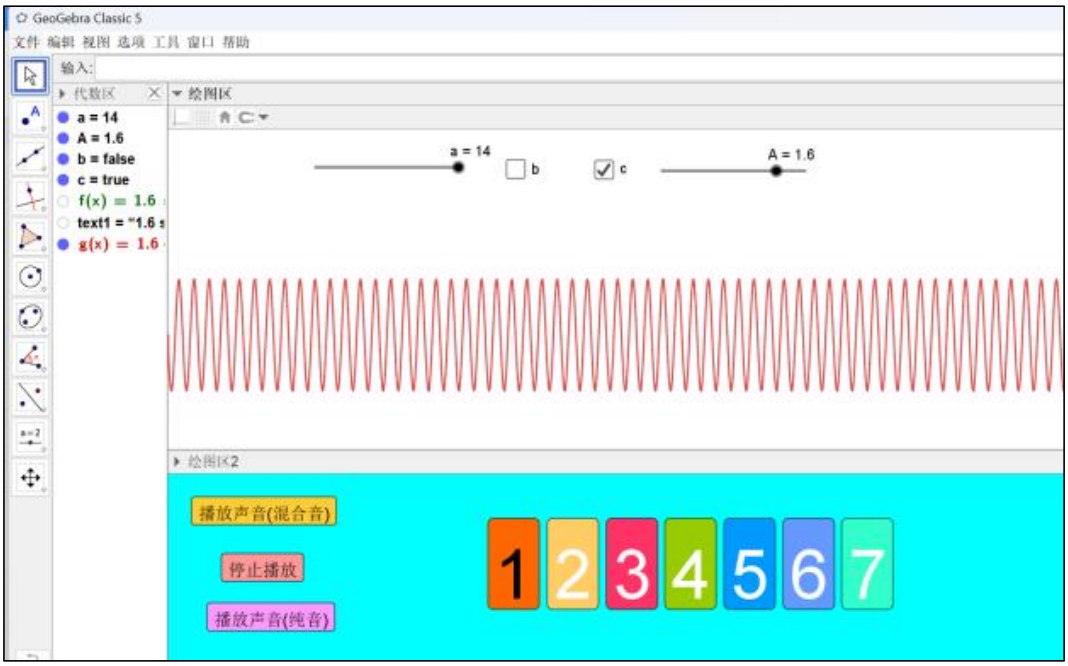


图 3-1 声音的三要素控制界面（GGB 截图）

中国知网 https://www.cnki.net

利用 GGB 软件构造如图 3-1 所示的课件，移动滑动条 a，可以改变波形的疏密程度，即音调；移动滑动条 A，可以改变波形的高低，即响度；播放混合音和播放纯音可以听到两种不同的声音。如图 3-2 所示，也可以显示出两种不同的函数图像。这种将声音函数可视化的方式可以帮助学生认识到音色不同的时候，波形是完全不同的。通过点击下面的数字按钮，可以弹奏出美妙的音乐。利用 GGB 构造的课件将声音的特性和声音的图像结合在一起，有利于学生对声音特性的理解。

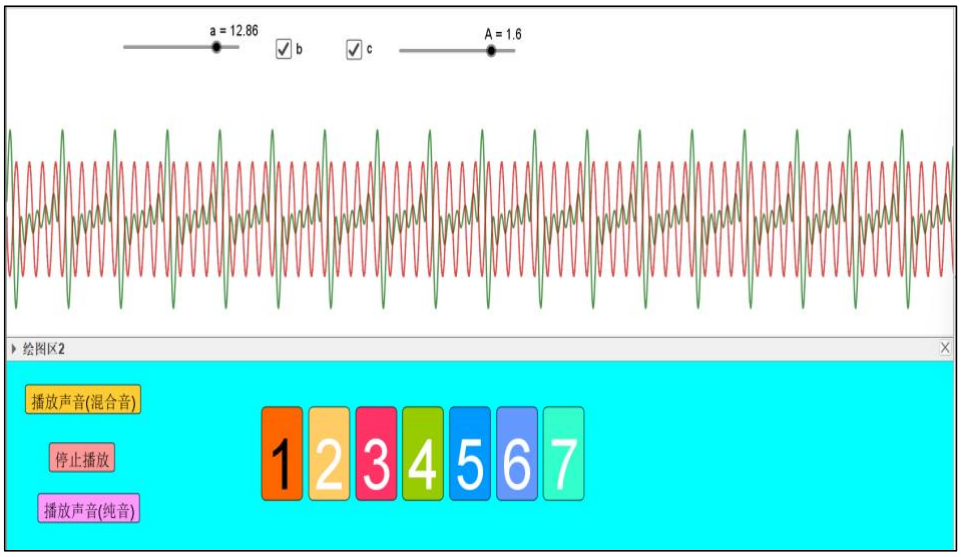


图 3-2 纯音和混音的波形图（GGB 截图）

利用 GGB 构造的“声音的三要素”课件可以用在课堂导入环节，教师在导入时邀请一位同学利用该软件弹奏一曲音乐，这会增加课堂的互动性和趣味性，会调动学生学习的积极性。本课件也可以用在新课讲授环节，既可以作为教师教学演示的软件去使用，也可以作为学生自主探究的软件去使用。

3.1.2 力臂的概念

在初中物理概念教学中，力臂是中学物理教学中非常重要的概念之一，但它同时也是教学难点之一。根据笔者的教学实践，发现力臂概念建立的时候存在以下几个困难点：

（1）教材中直接给出力臂的概念，缺乏知识建构的过程。2012 年人教版中联系生产生活实际，以“古代劳动人民在建造宫殿时为什么要利用木棒撬动巨大木料？”这一问题引入本节课的内容，利用生活中简单的器材让学生体验这些工具的使用，归纳总结出杠杆的共同特征，得出杠杆的概念，紧接着就直接给出了杠杆的五要素，对力臂概念

中国知网 https://www.cnki.net

的建立完全没有铺垫和过渡。教材中创设的情境更注重杠杆概念的建立，而忽视了对力臂概念的建立，学生缺少对建立力臂概念的思考，只是机械被动地认识到力臂，因此往往不能很好地理解力臂的概念。

（2）学生存在相应的前概念。学生在玩跷跷板的时候，如果想要把对方压下来，通常会往后移动。根据这样的生活经验，学生会误以为是支点到力的作用点的距离影响了杠杆的平衡。因此，在建立力臂概念时，教师必须让学生充分认识到支点到力的作用点的距离和支点到力的作用线的距离的不同，帮助学生破除前概念，建构起正确的概念。

（3）现有的创新教具不符合学生的认知规律。在力臂概念建立的过程中，一线教师制作了如图 3-3 所示“圆形杠杆”的教具，但是学生刚刚认识到杠杆这个概念，能否认识到杠杆的本质，理解这种特殊形状的硬物也可以看作杠杆呢？如果学生不能认识到这种特殊形状的硬物也属于杠杆，那么在“力臂”概念建立的第一步就出现了障碍。

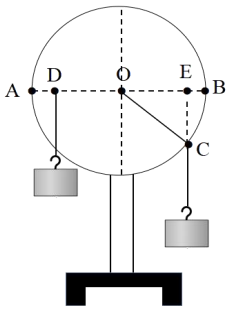


图 3-3 圆形杠杆

基于以上的分析，笔者利用 GGB 软件将教具可视化，如图 3-4 所示，主要目的有两个，一是帮助学生认识杠杆的本质，理解特殊形状的杠杆也是杠杆，二是帮助学生认识到力臂是支点到力的作用线的距离。如图 3-5 所示，调节参数 a，能够杠杆拉宽，直观展示长方形宽杠杆的生成过程。参数 c 是控制左侧砝码的个数，参数 d 是控制右侧砝码的个数，调节砝码的个数让杠杆保持平衡。如图 3-6 所示，点击力的作用线，可以显示出动力和阻力的作用线，选中点“F”，点击开始追踪，可以清楚地看到只要钩码在这条直线上移动，杠杆就不会发生转动的。但是如果钩码稍微偏离这条直线，杠杆就会发生转动，如图 3-7 所示。利用 GGB 软件制作的力臂可视化课件可以帮助学生更加精确直观地认识到在其他条件不变的情况下，支点到力的作用线的距离不发生改变，杠杆就不发生转动，从而帮助学生认识到力臂是支点到力的作用线的距离，而不是支点到力

中国知网 https://www.cnki.net

的作用点的距离。

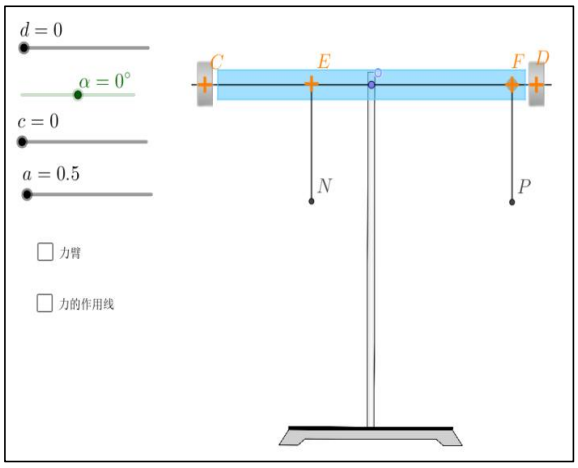


图 3-4 杠杆的控制界面（GGB 截图）

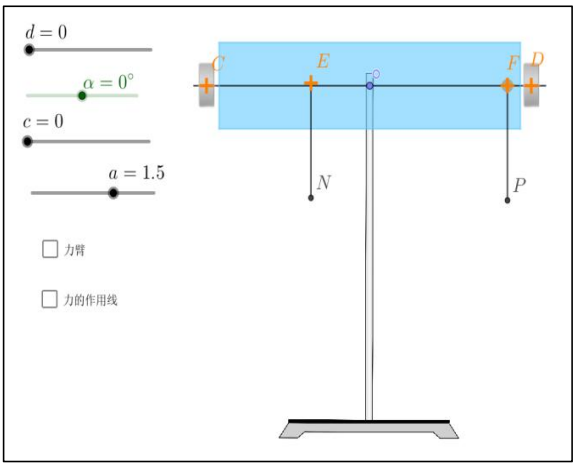


图 3-5 调节参数，宽形杠杆（GGB 截图）

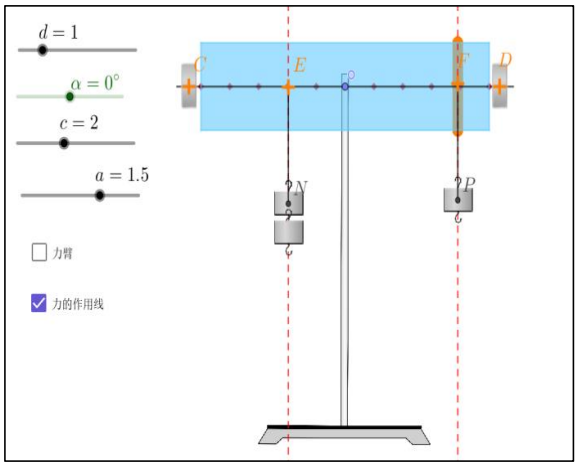


图 3-6 追踪点“F”的轨迹（GGB 截图）

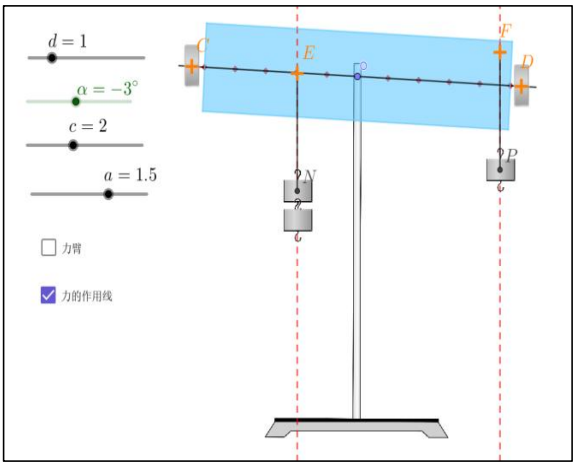


图 3-7 杠杆发生转动（GGB 截图）

本课件不仅可以用于帮助学生建构力臂的概念，而且还可以用来探究杠杆的平衡条件。但由于杠杆的平衡条件是学生自主探究的实验，教师在教学过程中，可以将此软件作为一个辅助性软件，不可用模拟实验来代替真实的物理实验。

3.2 GeoGebra 在物理规律教学中的可视化案例开发

物理规律反映的是物理现象或物理过程在某一范围内变化的必然趋势和本质联系。它以概念为最小单元，反映的是物理概念之间的逻辑关系，比如牛顿第二定律反映的就是合外力、加速度、质量三个概念之间的关系。物理规律是以概念为基础，概念具有一定的抽象性，因而这表明物理规律也是具有一定的抽象性的。物理规律反映的是概念之间的关系，通常是以数学公式的形式进行表达，物理规律的数学性也给学生学习物理带

中国知网 https://www.cnki.net

来了一定的困难。物理规律通常是通过三种方式得出的：即实验探究、理论分析和理论推导，从得出方式可以看出有些规律只能通过理论演绎的方式得出。物理规律的抽象性、数学性、理论性表明了需要采用一定的方式将物理规律可视化，降低学生学习物理规律的难度，提高学生学习物理规律的积极性。GGB 软件具有强大的运算能力，能够将“数”与“形”结合起来，将抽象的规律以直观形象的形式表达出来。

笔者结合初中物理的内容，发现凸透镜成像规律可以用 GGB 进行可视化，帮助学生掌握成像的规律和像的动态变化，还发现凸透镜成像的变焦问题和滑动变阻器的最大功率问题这类题型，比较适合用 GGB 进行可视化。

3.2.1 凸透镜成像规律及变焦问题

在义务教育物理课程标准（2022 年版）规定中，我们可以看出，对于凸透镜成像规律的要求是：要探索和认识凸透镜成像的规律，要了解凸透镜成像规则的应用[1]。凸透镜成像规律包含两个方面的内容：成像规律和像的动态变化。如图 3-8 所示，可以借助 GGB 软件去探究凸透镜成像规律。哈尔滨师范大学的蔡文婧利用 GGB 软件辅助凸透镜成像规律的教学，通过教学实践，发现利用 GGB 软件辅助教学可以提高学生的学习兴趣和学习内驱力，并且还可以提高学生的物理成绩[55]。

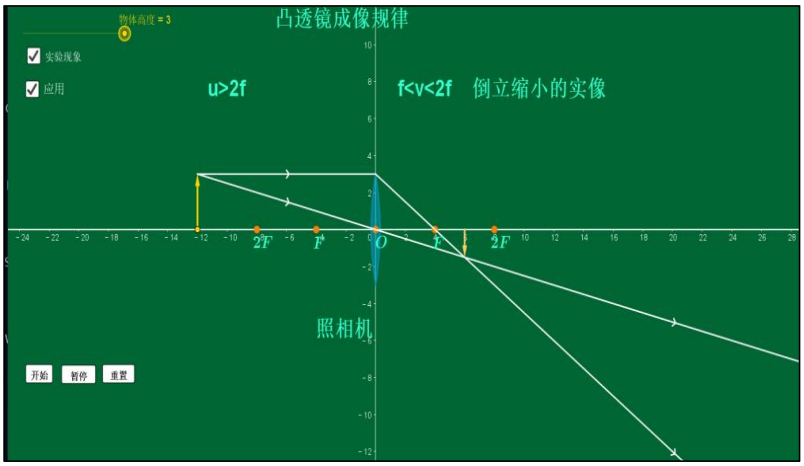


图 3-8 凸透镜成像规律控制界面（GGB 截图）

凸透镜成像规律及像的动态变化规律一直都是中学物理教学的重难点，同时也是中学物理教师研究的热点，一线教师都致力于采用实验、动画等多种方式来帮助理解凸透镜成像的规律。但对于凸透镜成像的变焦问题，一线教师研究得比较少。而且这类拓展

中国知网 https://www.cnki.net

型实验，由于时间和教学资源的限制，教师通常不会专门去做实验。因此，可以利用 GGB 软件构建变焦问题的课件，帮助学生理解凸透镜的变焦问题。

凸透镜成像的变焦问题，大致可以分为三种情况：

（1）焦距直接变化的（更换照相机镜头，常在选择题中出现）；

（2）水透镜的注水和抽水，在实验题中出现较多；

（3）加装近视镜或者远视镜（实验题中较多）。

这三种类型，实际上都是在改变透镜的焦距。在日常教学中，教师如果只采用讲授的方式，学生很难理解这类问题的本质，也很难将这三种情况归结为一类问题。为了帮助学生更好地理解凸透镜的变焦问题，教师可以利用 GGB 软件建构出凸透镜的厚薄程度可以改变的模型，将凸透镜的变焦问题可视化，帮助学生们建立焦距，物距，像距之间的大小关系，促进学生对这一类问题的认识。

本研究先以水透镜的实验来分析凸透镜成像的变焦问题，如图 3-9 所示，某同学用自制的水透镜来探究凸透镜成像规律，他将水透镜里面的水抽出来后，发现在光屏上的像变模糊了，为了使光屏上再次得到清晰的像，应该将光屏向哪个方向移动？如果保持光屏不动，物体该朝着哪个方向移动？

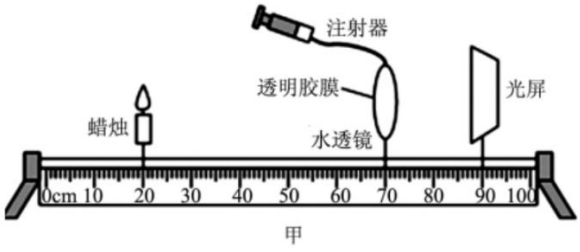


图 3-9 水透镜

解析：水透镜里面的水抽出来，实际上是透镜在变薄，即透镜的折射能力变弱，焦距越大。利用 GGB 构建的水透镜可以动态地演示这一过程，如图 3-10 所示，透镜的厚薄程度是由焦距点 F 来控制的，焦距越小，透镜越厚。通过改变焦距去控制透镜的厚薄程度，教师可以让学生从视觉上直观地认识到透镜的厚薄程度决定焦距的大小。

第一个问题，物体不动，光屏应该朝着哪个方向移动？如图 3-10 所示，水透镜的焦点在(4,0)位置处，物体所成的像的横坐标在(10,0)位置处，将水透镜里的水抽出，透镜是变薄的，调节参数，使透镜变薄，发现水透镜所成的像的横坐标移动到(16,0)，如

中国知网 https://www.cnki.net

图 3-11 所示。由此，可以发现物体所成的像在远，且在变大，所以可以得出光屏应该是在向右移动，即光屏在远离透镜。

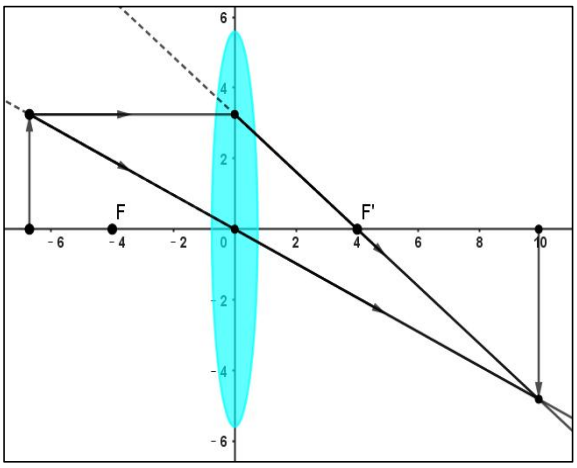


图 3-10 水透镜的控制界面（GGB 截图）

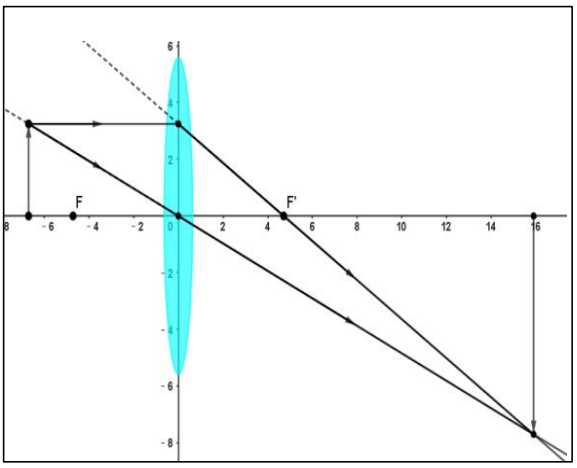


图 3-11 水透镜变薄（GGB 截图）

第二个问题，如果保持光屏不动，物体该朝着哪个方向移动？可以拖动物体左右移动，结果发现要使像移动到原来的位置，物体应该向左移动，如图 3-12 所示。教师借助于 GGB 软件，可以得到要想让物体的像重新移动到原来的位置，物体应该向左移动，即朝着远离焦点的方向。同理，可以演示向水透镜里面注水的情况，即焦距变小的情况。通过对两种情况的演示分析，教师引导学生总结得出如图 3-13 所示的规律。

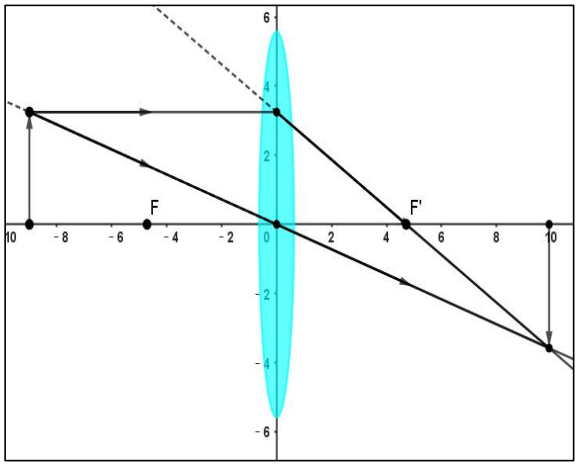


图 3-12 物体向左移动（GGB 截图）

中国知网 https://www.cnki.net

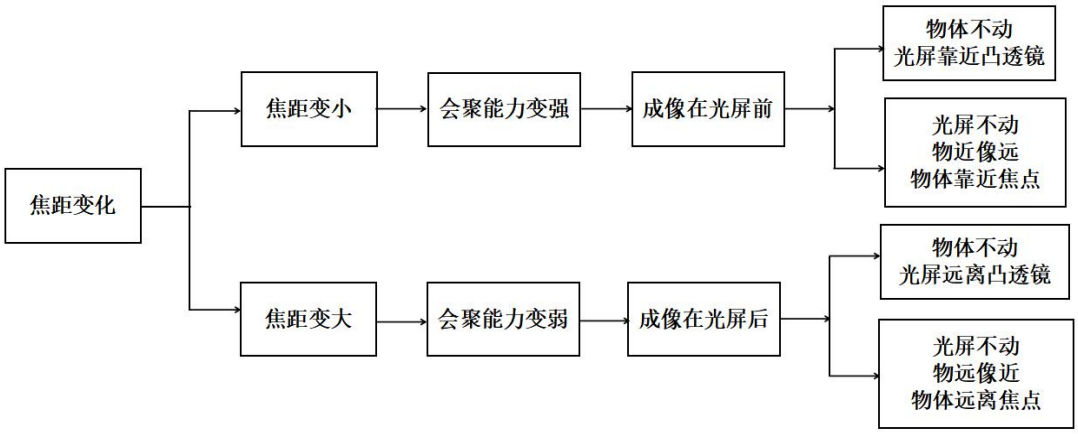


图 3-13 水透镜的变焦规律

利用 GGB 软件演示水透镜的前面加上近视镜或者远视镜的情况，如图 3-14 所示，在凸透镜的前面加装近视镜，即在水透镜前面加一个凹透镜之后可以明显地看到光线与主光轴的交点由“F′”移动到了“G”点，也就是说在凸透镜的前面加上一个凹透镜之后，折射能力是减弱的，即焦距是变大的。GGB 软件也可以帮助学生认识在透镜面前加装远视镜的情况，通过动态演示，学生认识到在透镜面前加装眼镜仍属于变焦问题。当学生认识到这一类问题的本质之后，就可以采用凸透镜的变焦问题的规律去分析解决问题。教师借助于 GGB 构造的水透镜模型能用最简洁的语言解释这一复杂的规律，同时也可以节省画图的时间，提高课堂效率。学生通过 GGB 构造的水透镜模型，可以直观地看到透镜的厚薄发生改变之后物体像的变化过程，能够在头脑中生成这一动态过程。这能够帮助学生举一反三，掌握一类题型的变化规律。

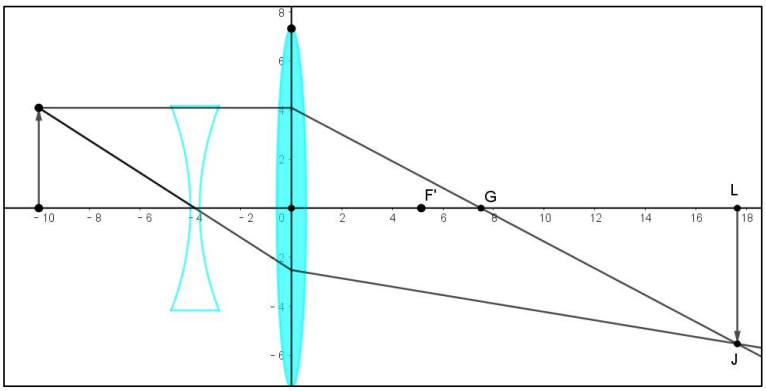


图 3-14 透镜前面加近视镜（GGB 截图）

中国知网 https://www.cnki.net

3.2.2 滑动变阻器的最大功率问题

滑动变阻器最大功率问题中的电路结构是以串联电路为主，如图 3-15 所示，滑动变阻器 R 与一个定值电阻 R_0 串联，移动滑动变阻器的滑片，电路中滑动变阻器的功率会发生改变。这类问题的规律是：当滑动变阻器的最大阻值 R_{max} 大于定值电阻的阻值 R_0 时，达到最大功率的条件是让滑动变阻器的阻值 R_x 等于 R_0，当滑动变阻器的最大阻值 R_{max} 小于 R_0 时，达到最大功率的条件是滑动变阻器的阻值达到最大。

滑动变阻器的最大功率问题是教学中的难点，这个规律一般会在中考题中的第 14 题和计算题的 21 题中用到。在解决此类有关电功率的问题时，学生除了需要将欧姆定律与电功率的计算公式融会贯通，还必须借助数学上的配方法和顶点坐标法去找到滑动变阻器功率最大的条件。此外，学生还需要能够将动态电路和二次函数的图像结合起来，综合运用知识去解决问题。这类问题对学生的能力要求比较高，是中考物理的重难点之一，也是学生最容易丢分的问题。

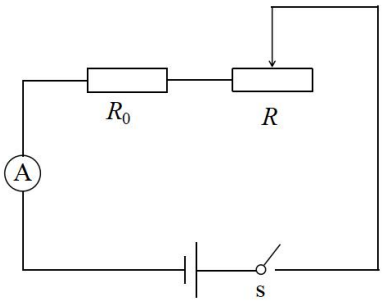


图 3-15 滑动变阻器最大功率电路图

在实际教学过程中，教师常采用理论推导和函数图像结合的方法进行教学。采用这样的方法会存在两个方面的问题：一是教师所画的函数图像是一个示意图，没有精确的数值，因此不便于通过图像找到滑动变阻器最大功率的条件；二是不能展现出滑动变阻器的滑片在移动的过程中，函数图像自动生成的场景。GGB 的最大的优势就是动态性，利用 GGB 辅助滑动变阻器最大功率的讲解，有助于学生在头脑中生成一个动态图像，培养学生的模型建构能力，便于加强对此类问题的理解。

利用 GGB 构造如图 3-16 所示的场景，具体操作步骤如下：

（1）调节电压为 12 V，R_0 为 2.6 Ω，R_{max} = 15 Ω，此时 $R_{max} \geq R_0$，在绘图区 2 可以显示出 P-R 的函数关系，并且可以看出当 $R_x = R_0$ 时，功率达到最大值；

中国知网 https://www.cnki.net

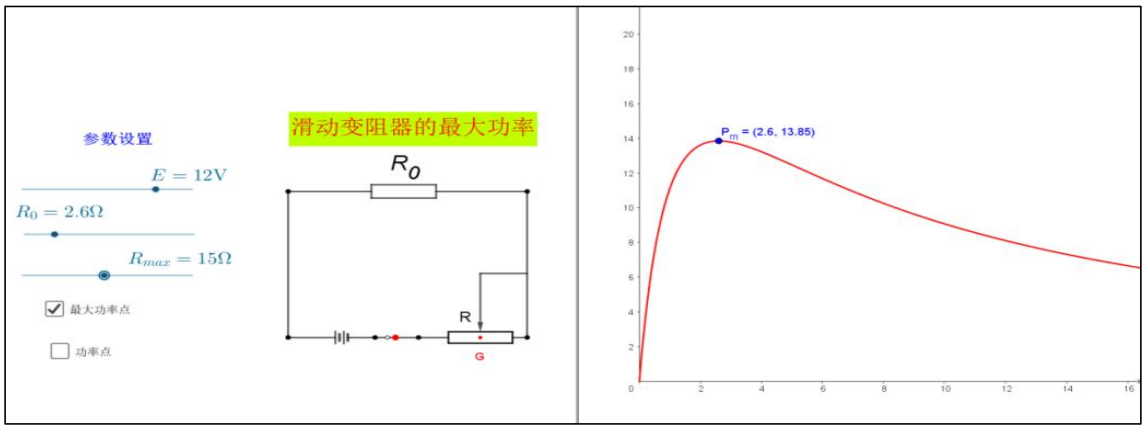


图 3-16 $R_{max} \geq R_0$, $R_x = R_0$，P 最大（GGB 截图）

（2）如图 3-17 所示，点击复选框“功率点”显示出点 P，点击开始追踪，移动点 G，可以得到 P 的运动轨迹，可以发现此时的轨迹越过了函数图像的最高点，所以当 $R_{max} \geq R_0$，功率达到最大的条件是 $R_x = R_0$；

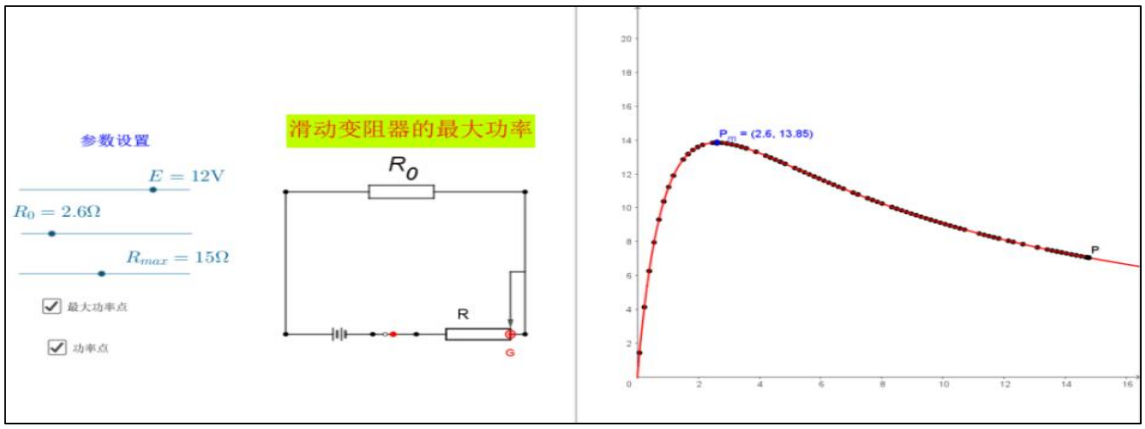


图 3-17 移动点 G，追踪 P_m 点的轨迹（GGB 截图）

（3）如图 3-18 所示，调节 $R_{max} < R_0$，移动滑动变阻器的滑片到最右端，发现是轨迹未达到最高点，所以此时滑动变阻器的条件是 $R_x = R_{max}$；

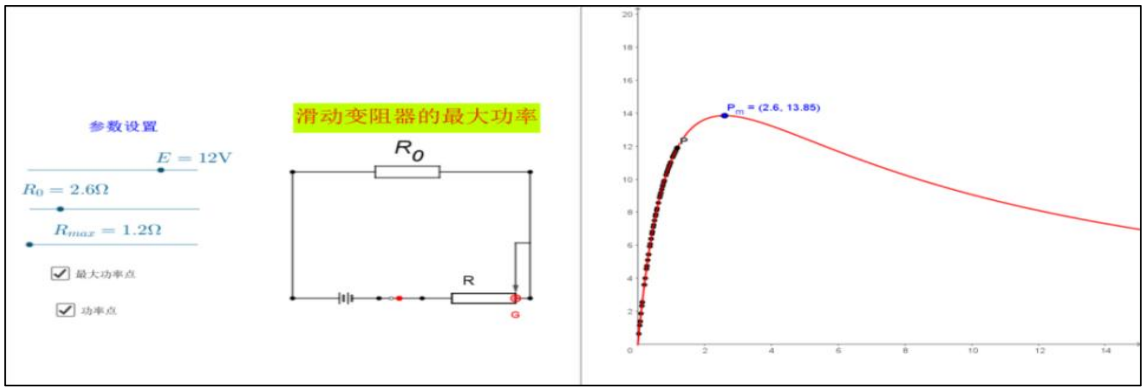


图 3-18 $R_{max} < R_0$ 时，$R_x = R_{max}$，P 最大（GGB 截图）

中国知网 https://www.cnki.net

（4）如图 3-19 所示，控制其他变量不变，只改变电源的大小，即在其他量不变的情况下，电源越大，功率峰值越大，但是达到最大功率时的阻值依然是不变的；

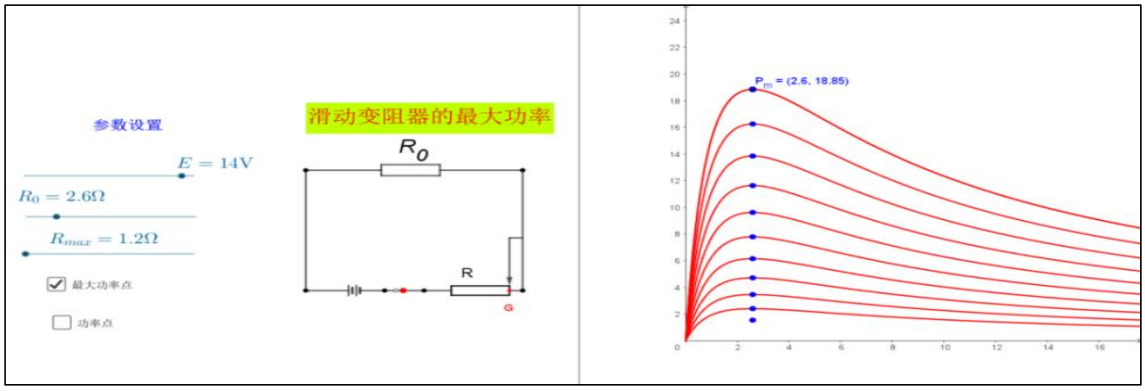


图 3-19 改变电源大小，*P-R* 的图像（GGB 截图）

（5）如图 3-20 所示，控制其他量不变，只改变电阻 R_0 的阻值，可以发现其他量不变的情况下，电阻 R_0 越大，功率的峰值是越小的，且峰值是向右移动的。

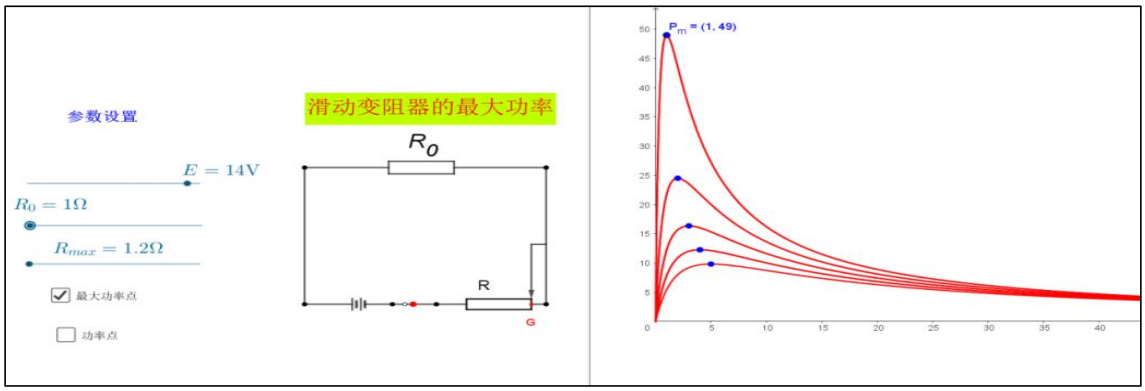


图 3-20 改变 R_0 的阻值，*P-R* 的图像（GGB 截图）

本课件中运用 GGB 软件的两个绘图区，在绘图区构建电路图，在绘图区 2 显示函数图像，利用 GGB 软件两个绘图区，将移动滑动变阻器的操作和移动滑动变阻器引起的功率变化的函数图像结合起来。利用 GGB 的追踪功能，可以实现在移动滑动变阻器的时候，函数图像的自动生成过程。利用 GGB 软件的极值功能，可以直接定位出滑动变阻器功率达到最大时点的坐标，从而可以直观地看出滑动变阻器阻值达到最大时的条件。GGB 软件可以直观找到功率达到最大时的阻值，但教师在使用的时候也要配合理论推导才能实现有效教学，只演示不进行理论分析，学生只会把它当成一个理论的知识点进行记忆。只进行理论分析，不把规律可视化，对于学生思维能力的要求过高，不利于学生的学习。只有将规律可视化和理论分析结合起来，才能达到最好的教学效果。

中国知网 https://www.cnki.net

3.3 GeoGebra 在物理实验教学中的可视化案例开发

物理实验是在人工操控的情况下，物理工作者利用实验仪器和设备，将物理现象重复地重现出来，从而有目的地展开观察和研究的一种方法。物理学是一门以实验为基础的科学，物理实验是物理教学的重要组成部分，在教学中要通过各种重要途径、运用技术手段切实加强物理实验教学，以达到培养学生科学探究能力的目的。在初中物理实验教学中存在一些问题：（1）某些物理实验在常规环境下无法实现；（2）由于时间和实验资源的限制，无法进行实验；（3）某些实验现象不明显等等，因此就需要借助于一定信息技术软件帮助教师进行实验教学。GGB 软件具有 3D 绘图功能，可以建构其真实的物理实验场景，使实验现象更加明显，例如利用 GGB 软件的 3D 绘图功能去研究光的反射和折射实验。它具有数学运算功能，可以实现图文并茂，实现实现结果的可视化。比如利用 GGB 软件可以生成 I-U 和 I-R 图像，从而让学生总结出欧姆定律。利用 GGB 软件进行实验教学，只需要教师实现建构好实验场景，学生就可以动手操作进行实验，这打破了时间和实验资源的限制，有效帮助教师进行实验教学。

在初中物理教学中，光学部分的实验在实际操作过程中，由于客观条件的限制都不是很明显，例如平面镜成像、凸透镜成像实验、光的反射与折射等。除此之外，笔者基于自己的教学实践，发现在初中物理液体压强的影响因素实验的定性探究和物理公式的定量研究之间存在矛盾，因此可以借助 GGB 的仿真功能和函数功能来解决以上问题。

3.3.1 光的反射和折射实验

在光的折射实验教学中，如图 3-21 所示，常会因为光源不稳定、实验环境并非完全黑暗等因素，而造成光路不清晰等问题。光路不清晰，学生无法观察到实验现象，并且教师在实验演示的过程中，也会因为光路不清晰而无法确定光线是否是从圆心入射以及无法读出入射角和折射角，进而也无法得出折射定律。基于以上原因，教师可以利用 GGB 的 3D 视图功能，开发制作光的折射定律的可视化教学课件，帮助学生更好地理解光的折射定律，助力学生对知识的主动建构。

中国知网 https://www.cnki.net

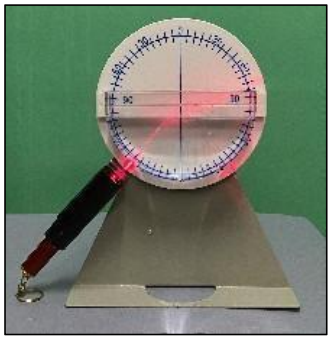


图 3-21 光的折射实验

利用 GGB 软件建构如图 3-22 所示的课件，角度 *i* 是用来控制入射角的大小，数值 *a* 和 *b* 是用来控制入射光线和折射光线所在的平面，改变入射角 *i* 的大小，会发现折射角小于入射角，且入射角增大时，折射角也增大。调节参数 *a* 和 *b*，如图 3-23 所示，能够从三维的角度看到入射光线、反射光线、法线、折射光线始终处于同一平面上，这有助于学生空间思维能力的培养。

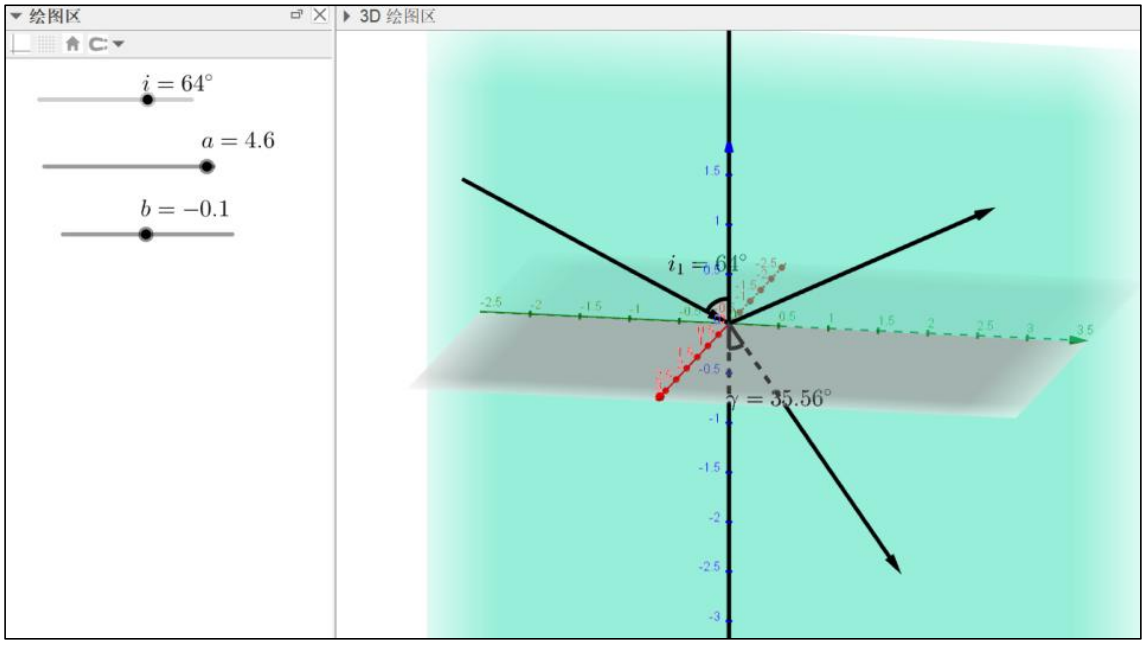


图 3-22 光的折射实验控制界面（GGB 截图）

中国知网 https://www.cnki.net

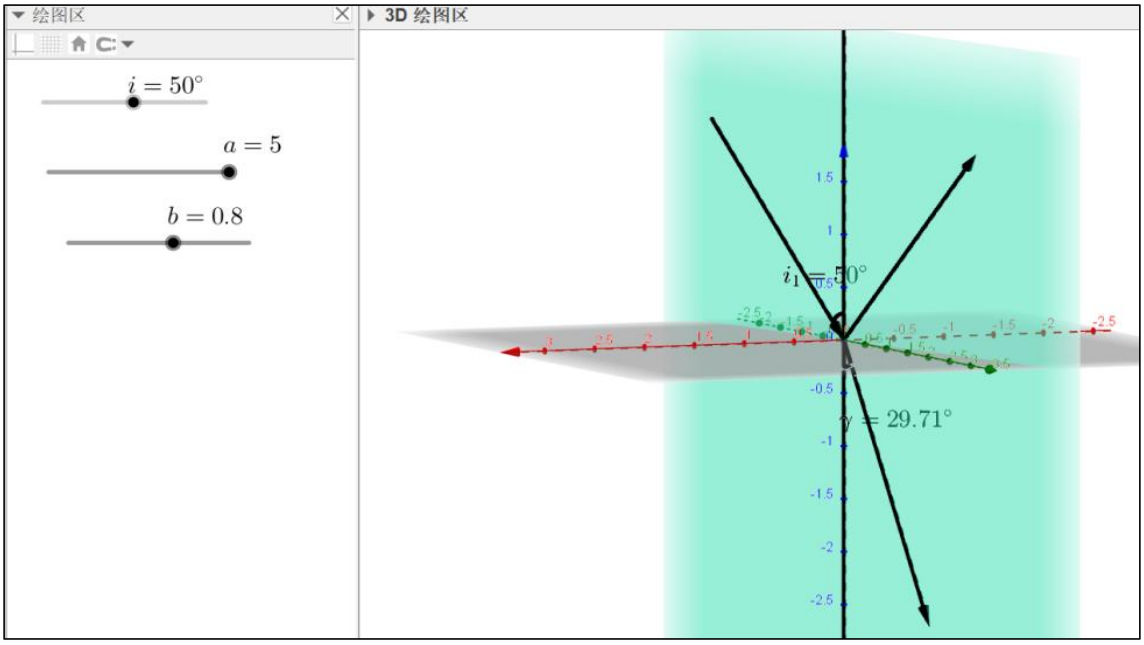


图 3-23 3D 视角入射、法线、反射、折射在同一平面上（GGB 截图）

3.3.2 液体压强影响因素的实验

探究液体压强影响因素的实验是 2022 年课标中新增的初中物理教学中必做的探究性实验，在教学过程中，是利用压强计定性的探究液体压强与液体密度和深度的关系，然后通过理论分析得出液体压强的计算公式。从定性的研究直接过渡到定量的计算，对于学生的思维而言，衔接显得不够自然。近年来，一线教师都致力于将传感器应用到初中物理实验中，实现定量研究。但目前大多数学校还是比较缺乏传感器等先进实验器材。因此，可以借助于 GGB 软件构造液体压强的实验模型，在实验的基础上，用 GGB 软件实现对实验数据的定量分析。

如图 3-24 所示的课件，实验中有两个变量：一个是密度，一个是深度。密度的变化可以通过滑动条的功能来实现，深度可以通过度量动点的长度来实现。本课件可以将液体压强实验的模型和函数图像统一起来进行分析，并且还可以找到压强和深度之间以及压强和密度之间的定量关系。要能够在一个界面表示两种定量关系，就需要重新建立坐标系，坐标系的建立可以通过 GGB 的指令功能来实现。

中国知网 https://www.cnki.net

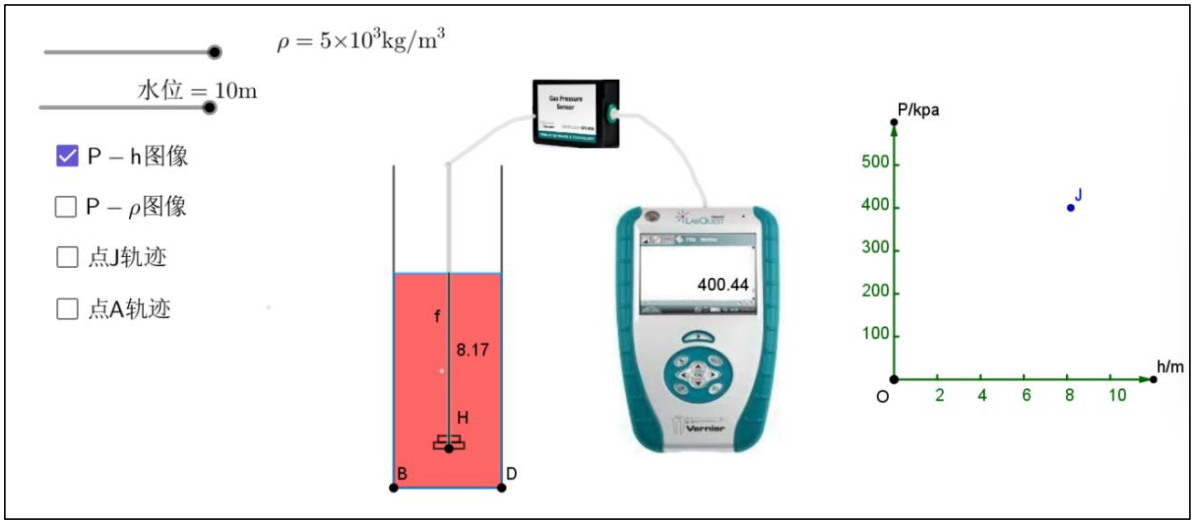


图 3-24 液体压强的控制界面（GGB 截图）

教师在课堂教学中探究压强与深度之间的关系时，可以拖动点 H，就可以改变压强计在水中的深度，通过压强计中显示出的数值，可以得在密度一定的情况下，深度越深，压强越大的定性结论。如需要显示出压强与深度之间的定量关系时，可以点击图中的“*P-h* 图像”，就可以显示出 *P-h* 的坐标系，点击开始追踪点“J”，拖动点 H，就可以得到随着深度的变化，压强变化的轨迹图，从而得出密度一定时，压强与深度之间成正比，如图 3-25 所示。

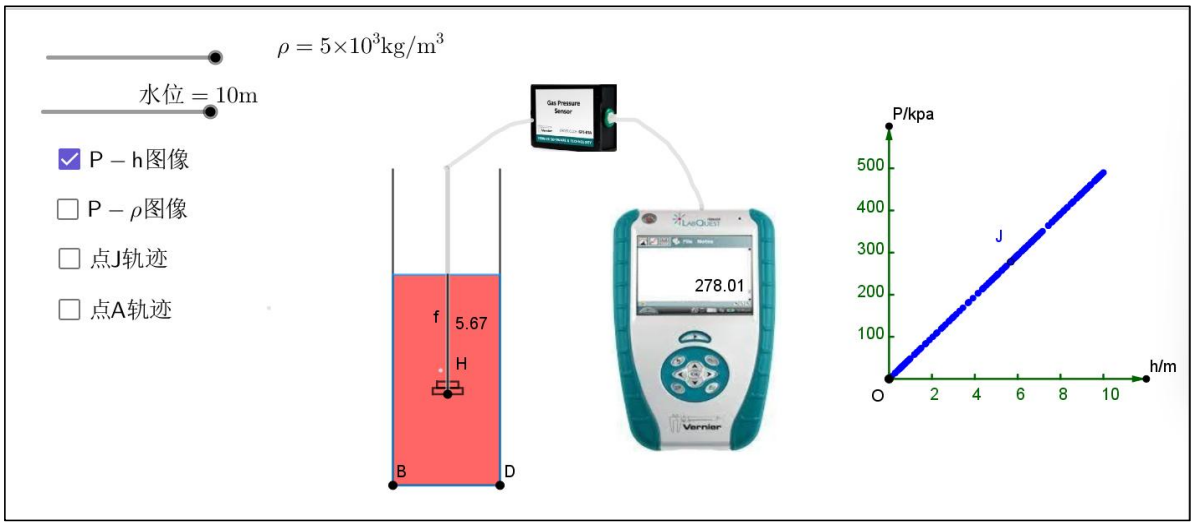


图 3-25 液体压强与深度之间的关系（GGB 截图）

教师在课堂教学中探究压强与密度之间的关系时，拖动滑动条ρ，就可以改变液体的密度，且ρ取不同的值，液体的颜色也会发生改变。通过图中的压强计显示的示数，教师引导学生得出在深度一定时，密度越大，压强越大的定性结论，如需显示出压强与密度之间的定量关系时，点击图中的“*P-ρ*图像”，就可以显示出坐标 *P-ρ*的坐标系，点

中国知网 https://www.cnki.net

击开始追踪点“A”，拖动滑动条ρ，就可以看到随着密度的变化，压强变化的轨迹图。通过轨迹图，得出在深度一定的情况下，压强与密度成正比的关系，如图 3-26 所示。

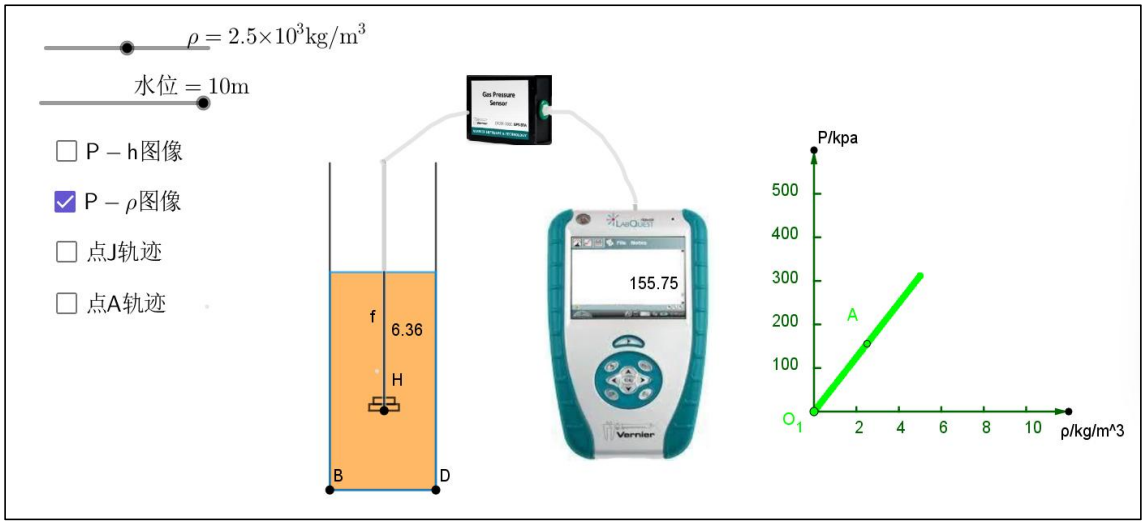


图 3-26 液体压强与密度之间的关系（GGB 截图）

调节参数使容器的形状为上宽下窄，上下同宽，上窄下宽，如图 3-27 所示，从图中可以发现只要容器的密度和液体的深度保持一致，液体压强就不会发生改变。

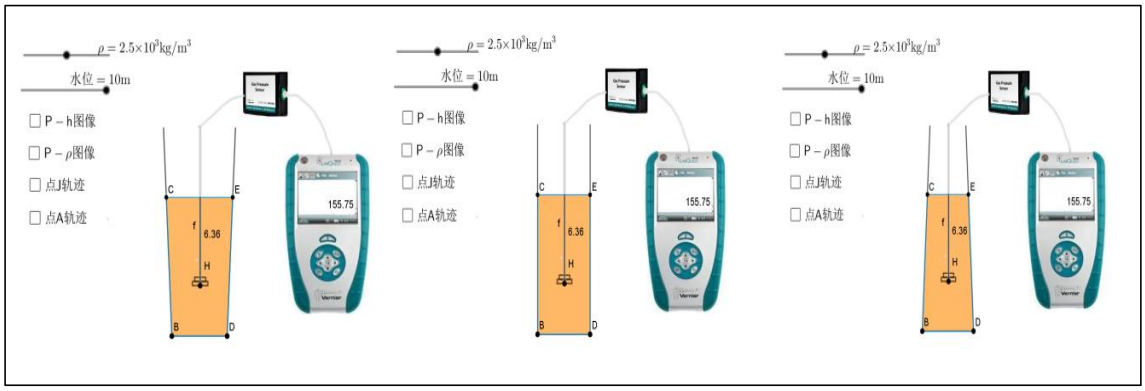


图 3-27 液体压强与容器形状之间的关系（GGB 截图）

在利用 GGB 的课件进行探究的过程时，如果缺少实验器材，可以利用此课件进行探究实验，但是如果在实验器材完备的情况，教师应该准备器材，让学生亲自做实验，体会实验探究的过程。GGB 构建的液体压强影响因素的探究实验，应该起到一个辅助作用，主要是在定性探究和定量推导之间架构桥梁。本课件还无法探究液体压强的大小与方向无关这一因素，模型还有待改进。

3.4 GeoGebra 在物理习题教学中的可视化案例开发

习题教学是物理教学的重要组成部分，它可以帮助学生巩固理论知识，加深对概念

中国知网 https://www.cnki.net

和原理的理解；能够培养学生解决问题的能力，掌握解决问题的方法和步骤；还可以帮助学生发现和弥补知识的不足。当前习题教学存在着这样的问题：（1）注重物理知识的传授；（2）教师的教学手段单一；（3）学生参与习题课的积极性不高等，为了优化习题教学的方式，可以在习题教学中引入 GeoGebra 软件，丰富教师的教学方式，提高学生的课堂参与度。

结合初中物理的习题教学的内容，发现初中物理动态类的习题教学对教师来说是一个不小的挑战，这类习题不仅需要教师能够展示出物理现象的多个过程，还需要能够展现出在每个过程中物理量的变化。借助 GeoGebra 软件真实、有趣的物理情境，将多过程、多变化进行可视化，突破动态问题所带来的的教学困扰。本研究选择了两道习题，一道题是河南省郑州市的模考习题，一道是杠杆的动态变化习题。

3.4.1 光学习题

（2019. 河南二模）如图 3-28 所示，一束方向不变的光线从左方射向水面，这时的反射角是β，折射角是γ；若把水槽的左端稍垫高一些，待水面恢复平静时，反射角是β_1，折射角是γ_1，则

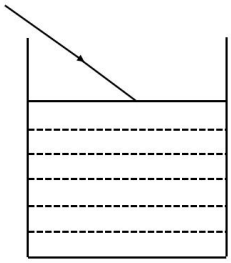


图 3-28

A. $\beta_1 = \gamma_1 = \gamma$　B. $\beta_1 < \gamma_1 < \gamma$　C. $\beta_1 < \gamma_1 > \gamma$　D. $\beta_1 > \gamma_1 > \gamma$

解题思路：当把水槽左端垫高些时，水面仍然是水平的，即法线方向仍然是竖直方向，故入射角不变，所以反射角和折射角也不变化；即$\beta_1=\beta$，$\gamma_1=\gamma$. 故 BCD 错，A 正确。本题解题的关键在于学生要能够认识到不论水槽如何倾斜，水面永远是水平的，抓住这个关键点，这道题就可以迎刃而解了。但是由于初中生思维发展还不是很完善，他们更容易理解直观展示自己面前的东西，所以教师可以用实验法来帮助学生理解这一过程，但是仅采用实验法，学生只能看到水面始终保持水平，但是却无法定量研究两次光

中国知网 https://www.cnki.net

线的倾角是否真的发生变化，因此就需要借助 GGB 来辅助教学，帮助学生定量研究这一问题。

如图 3-29 所示，当杯子处在水平面上的时候，入射角、反射角、折射角的数值可以在图中显现出来，可以拖住点 B，转动杯子，在转动杯子的过程中，水面始终与地面保持水平，入射角、反射角和折射角始终不发生改变。

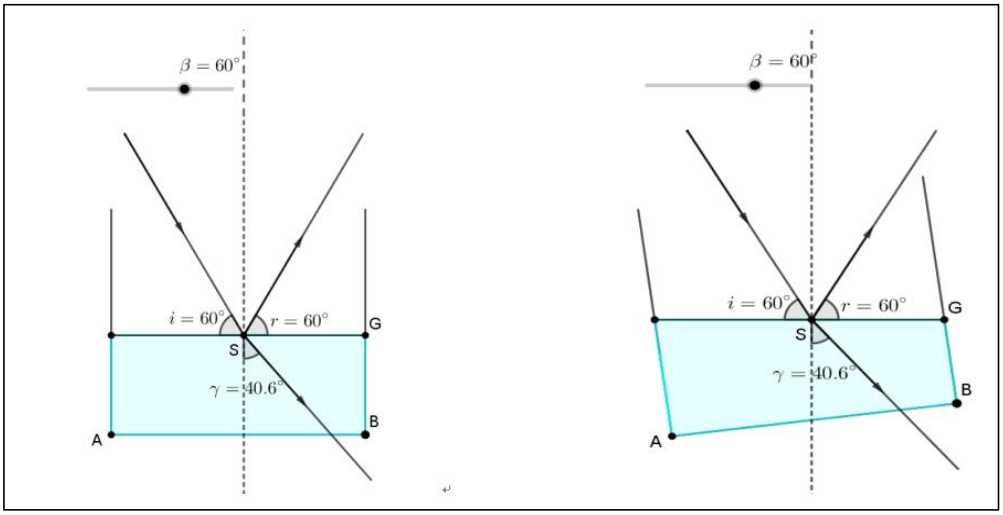


图 3-29 入射角、反射角、折射角不会发生改变（GGB 截图）

调节滑动条β的数值，如图 3-30 所示，改变入射角的角度，发现此规律仍然成立。

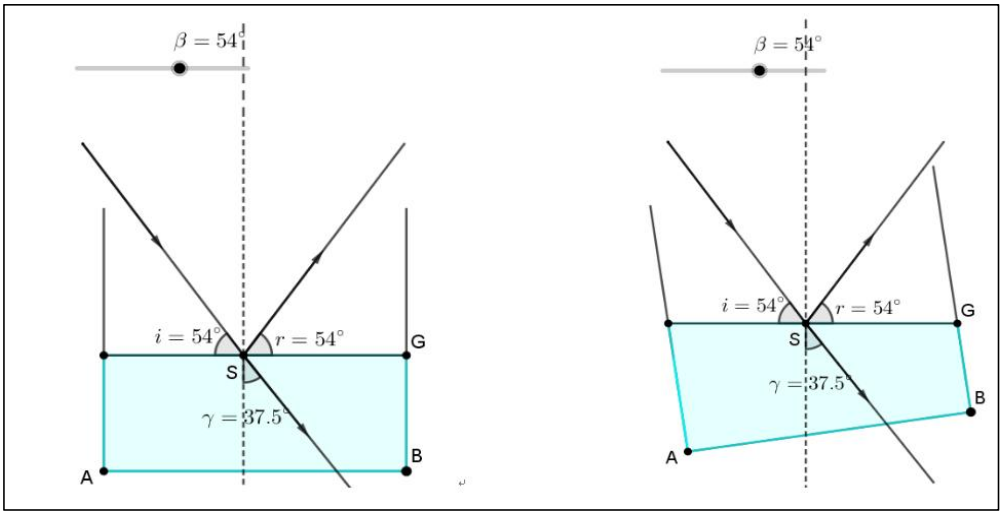


图 3-30 改变入射角，规律不变（GGB 截图）

通过利用 GGB 构造的模型，可以帮助学生认识到不管杯子怎么旋转，水面始终平行于地面，同时还可以定量直观地分析入射角改变时，规律依然成立,如图 3-30 所示。

中国知网 https://www.cnki.net

3.4.2 力学习题

初中物理中杠杆的动态平衡问题大致分为三种，如图 3-31 所示：

（1）杠杆受垂直于杠杆的力发生转动；

（2）杠杆受到竖直向上的力发生转动；

（3）杠杆受水平力发生转动。

传统教学中，教师是通过板书和板画的形式分析得到力臂的变化情况，然后根据杠杆的平衡条件 $F_1l_1 = F_2l_2$ 求出 F 的表达式，通过力臂的变化得到拉力 F 的变化情况。但是这类问题涉及了多位置，多过程的分析，需要重复作图，会造成多线图的叠加，从视觉上让学生产生畏难情绪，对学生的学习产生干扰。本研究利用 GGB 构建杠杆的动态平衡模型将三种情况统一起来进行研究。

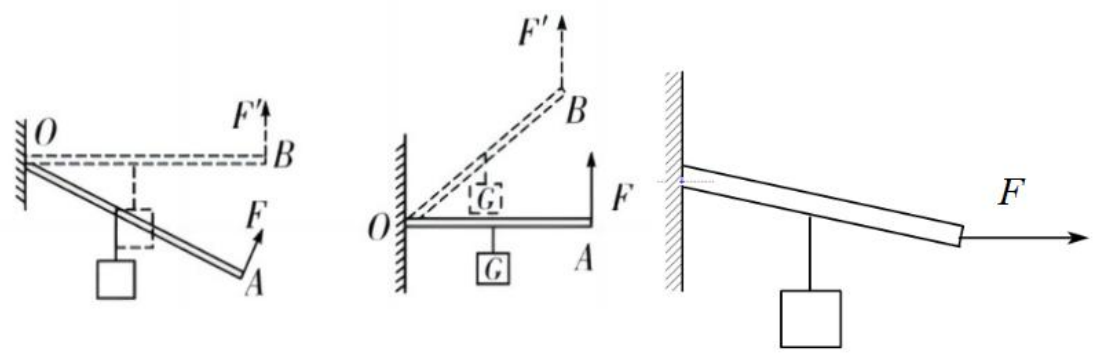


图 3-31 杠杆动态平衡的三种类型

如图 3-32 所示，当拉力垂直于杆，在动态演示的过程中，学生可以观察到动力臂的大小始终等于杆长，其大小不会发生变化，阻力臂在 0-180°内先变大后减少，拉力也是先变大后变小。对于这一过程，可以通过 GGB 制作的课件动态显示出来。利用“追踪”功能，可以看出重力作用点和阻力作用点的运动轨迹是一组同心圆，这能够加深学生对杠杆的动态平衡问题的认识，同时，也有助于学生在遇到此类问题时对杠杆在不同位置处动力作用点和阻力作用点的确定。

中国知网 https://www.cnki.net

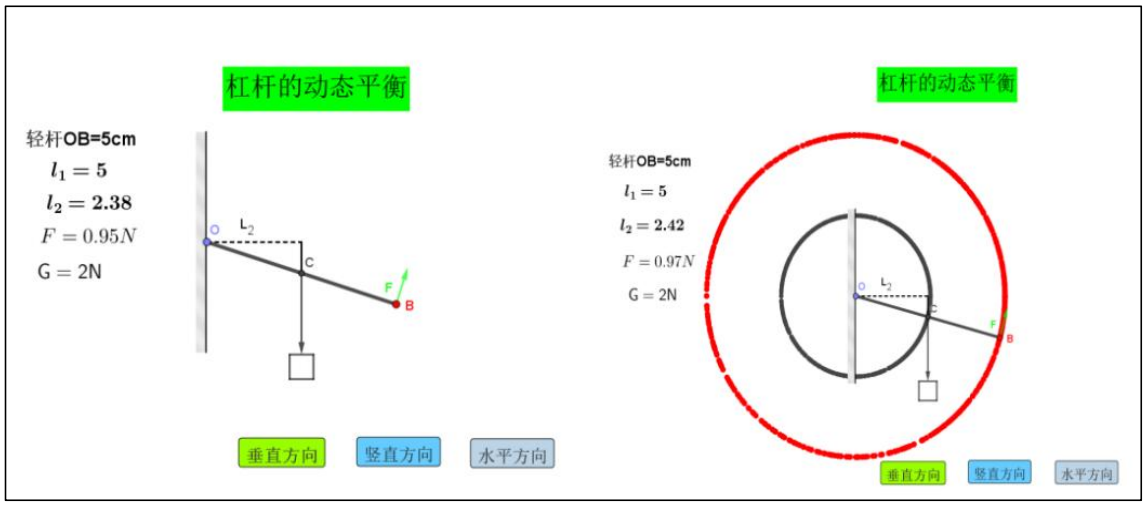


图 3-32 拉力垂直于杆（GGB 截图）

如图 3-33 所示，当拉力为竖直方向时，通过 GGB 构建的模型，可以从数据上清晰地看到拉力 F 的大小是不会发生改变。通过演示，可以发现阻力 G 的大小始终不变，在 0-90°内，阻力臂 l_2 和动力臂 l_1 在不断变小，但比值保持不变。教师引导学生利用杠杆平衡条件分析出 F 的大小不会发生改变原因是阻力臂与动力臂的比值不变。

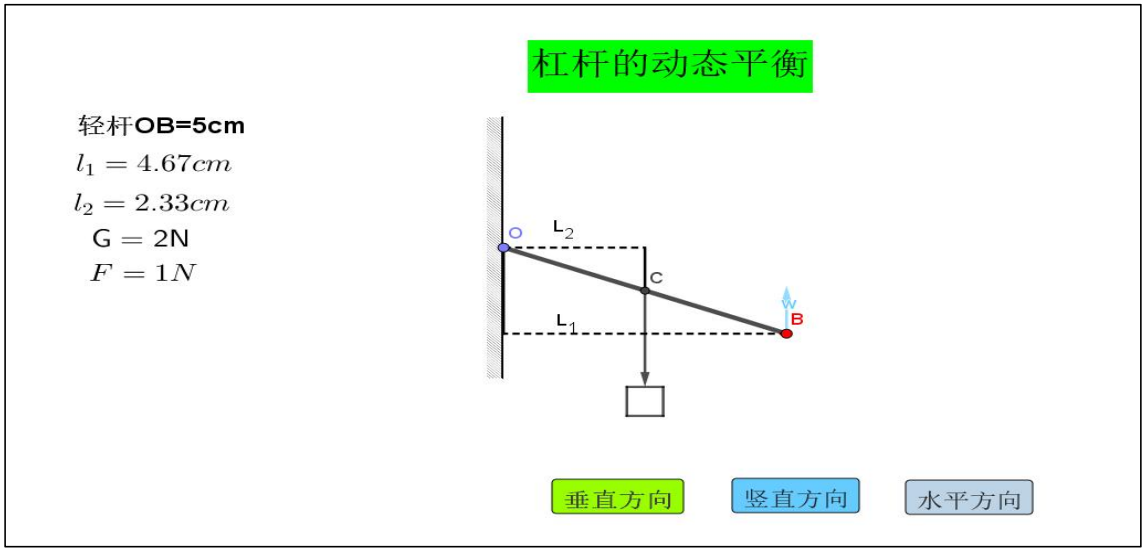


图 3-33 拉力为竖直方向（GGB 截图）

如图 3-34 所示，当拉力为水平方向时，拖动点 B 转动的过程中可以发现阻力 G 始终不变，在 0-90°内，动力臂 l_1 在逐渐变小，但阻力臂 l_2 在逐渐变大，从图像可以得出杠杆受的拉力 F 在变大，方向向右。继续拖动点 B 在运动的过程中，转动到水平位置，此时这个位置是一个临界位置，动力臂 l_1 的大小趋近于 0，动力的大小趋近于∞，因此杠杆是永远无法达到水平位置的。

中国知网 https://www.cnki.net

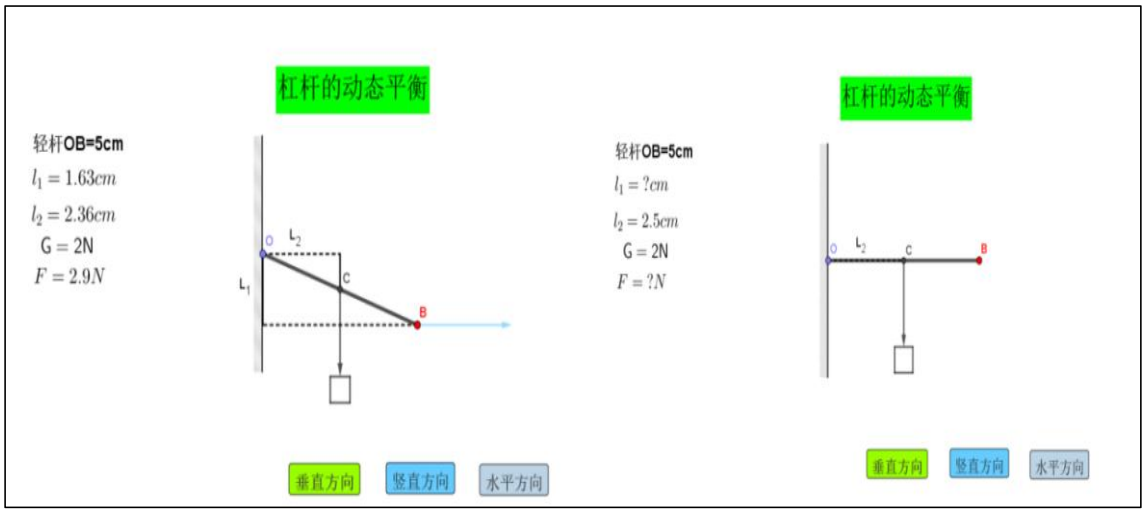


图 3-34 拉力为水平方向（GGB 截图）

拖动点 B 继续转动到如图 3-35 所示的位置，可以看到阻力力臂 l_2 在逐渐减小，动力臂 l_1 在逐渐变大，从演示中可以发现动力大小在逐渐减小，方向变为水平向左。利用 GGB 可以让观察到杠杆受水平力转动时，在不同位置处，力的方向也是会发生变化的。

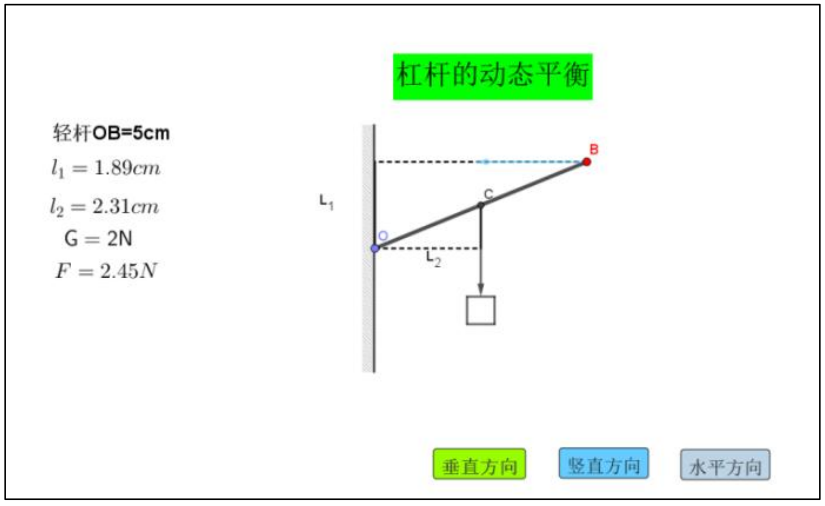


图 3-35 拉力的方向发生改变（GGB 截图）

利用 GGB 软件建构的杠杆动态平衡模型可以将三种情况统一起来进行分析，可以研究 0-360°范围内杠杆的动态变化情况，不仅能够从数值上观测到杠杆的变化情况，而且还可以从图形的大小的变化上看到相关物理量的变化情况。利用 GGB 软件辅助杠杆动态平衡问题的讲解，能够动态展现这一变化过程，降低学生的认知负担，提高学生对这三种情况的理解与分析。此外，还需要注意的是杠杆的动态平衡习题在中学物理中属于难度比较高的习题，教师要结合学生的水平要选择讲解的难度，不能不顾学生的水平单独作为一个专题进行讲解。

中国知网 https://www.cnki.net

第 4 章 GeoGebra 在初中物理中的可视化教学设计

在教育实习中，结合初中物理的教学内容开发制作了一些课件，将开发出的课件与物理教学实践相结合设计了 3 个教学案例，分别是《眼睛和眼镜》《杠杆》《液体压强》的新课教学。教师在进行教学设计的过程中，在没有使用到 GGB 课件的时候，也遵循着可视化教学的理念，从采用图片、视频、实验等多种方式将知识可视化，便于学生理解物理知识。

4.1 教学设计——《眼睛和眼镜》

4.1.1 课标要求和教材、学情分析

（1）课标要求

《眼睛和眼镜》一节课是处于“运动和相互作用”这个二级主题之下，课标中对本节课的要求是：“了解人眼成像的原理，了解近视眼和远视眼的成因与矫正方法。具有保护视力的意识”[1]。尽管课标对学生的要求是处于了解水平，但是因为眼睛是人体的一个重要器官，而且学生戴眼镜的人数也在不断增加，所以为了提高学生对眼睛的保护意识，本节课的学习就显得尤为重要。

（2）教材分析

本节课是人教版八年级上册第五章第 2 节内容, 主要内容包括三部分：眼睛、近视眼、远视眼的成因和近视眼和远视眼的矫正。从知识的关联性上来说，它既包含了一定的生物学科知识，又包含了前面学习的透镜及成像规律等物理知识。眼睛的结构、近视眼及其矫正、远视眼及其矫正等内容与日常生活的联系非常紧密，充分体现了新课标中的“从生活走向物理，从物理走向社会”这一发展的理念。本节课的授课时长为 1 课时。

（3）学情分析

学生对眼睛和眼镜比较熟悉，在生物学课程中，他们已经对眼球的结构、近视眼和良好用眼习惯进行了介绍，因此，他们对本节知识的学习已经有了良好的基础。但学生从物理的角度去了解眼睛和眼镜是存在一定困难的，这是因为学生刚刚学习过凸透镜成

中国知网 https://www.cnki.net

像规律，他们对知识的理解和应用还不够娴熟，而且他们更倾向于通过自己的亲身体验来获得知识。由于眼睛是人体重要的器官，眼睛的调节不能直观地展现出来。因此利用 GGB 软件展示眼睛的构造及调节，促进学生对眼睛及其调节方法的了解。

4.1.2 教学目标和教学重难点

（1）教学目标

①物理观念：了解眼睛的构造，知道眼睛是怎样看见物体的。了解眼镜是怎样矫正视力的。

②科学思维：能够将眼睛的结构简化为凸透镜的模型，从凸透镜的成像规律分析眼睛是如何看清远处的物体的。

③科学探究：让学生利用制作的 GGB 课件，探究“近视眼和远视眼的矫正”，锻炼总结规律的能力。

④科学态度与责任：通过课堂教学，使学生具有眼睛保健意识。将科学技术应用于日常生活的意识。

（2）教学重难点

①教学重点：正常眼睛如何看清楚远处的物体以及近视眼和远视眼的形成原因。

②教学难点：近视眼和远视眼的矫正方法。利用 GGB 软件可以实现在眼睛的前面加装透镜，可以动态地调节透镜的厚薄程度，从而让物体的像呈现在视网膜上。

4.1.3 教学过程

环节一：图片导入

【教师活动】教师播放展示两幅图片，一副是清晰的图片表示正常人眼中的世界，一副是模糊的图片表示近视人眼中的世界，并向学生提问：“为什么有些人必须戴上眼镜才能看清物体，而有些人不需要戴眼镜就能看清物体呢？”

（设计意图：通过清晰图片和模糊图片的对比，不近视的学生了解近视学生的感受，近视的学生更加有切身体会，提出问题，引起学生的思考。）

环节二：眼睛的结构和成像规律

（1）学生讨论分析眼睛的结构

中国知网 https://www.cnki.net

【教师活动】教师展示眼睛构造的图片，让学生回忆生物课上所学的知识，并请学生上台把眼睛的结构放在合适的位置。

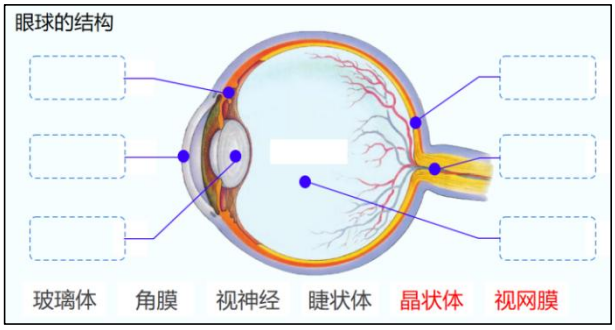


图 4-1 眼睛的构造

【学生活动】小组讨论与展示；学生点评与修改。

（设计意图：通过让学生上讲台把眼睛结构放在合适位置的互动，可以调动学生的积极性，其他学生对回答问题的学生进行评价和交流，促进学生自主学习。）

（2）简化眼睛的结构

【教师活动】教师先带领学生回顾生物课上所学的眼睛是如何看到物体的，然后引导学生从光学的角度研究眼睛。让学生观察眼睛的结构并思考两个问题：第一眼睛的结构与哪个光学器件相似？第二眼睛的成像原理与哪个仪器的成像原理相同？

（设计意图：通过学生的观察，联系旧知，教师让学生认识到眼睛的结构是可以简化成凸透镜的结构，并认识到可以凸透镜的成像规律来分析眼睛成像的原理。）

（3）观察正常眼睛的成像规律

【教师活动】教师展示如图 4-2 所示的图片，让学生观察找出眼睛看远处物体和看近处物体时光路图的不同。

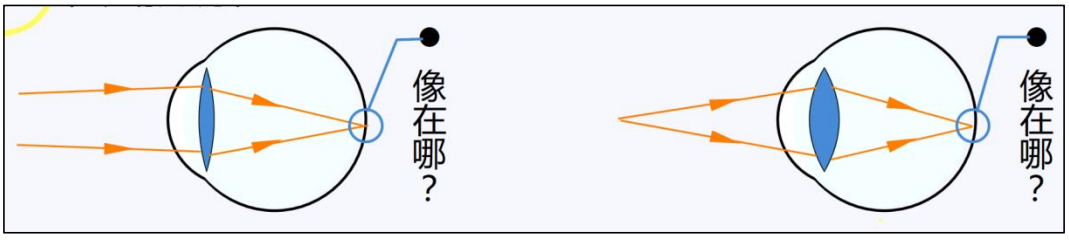


图 4-2 看远处的物体和近处的物体

【教师活动】教师带领学生总结规律，看远处物体时，晶状体变薄，折光能力变弱，看近处物体时，晶状体变厚，折光能力变强。无论是看远处的物体还是看近处的物体，

中国知网 https://www.cnki.net

都可以通过晶状体的调节使物体的像呈现在视网膜上，在视网膜上形成清晰的像。这就是正常眼睛的成像原理。

（设计意图：通过“找不同”的活动，锻炼学生的观察能力，让学生通过观察分析总结得出正常眼睛的成像规律）

环节三：近视眼及其矫正

【教师活动】教师利用 GGB 软件演示近视眼的成像原因，如图 4-3 所示，并让学生讨论如何分析如何矫正近视眼。

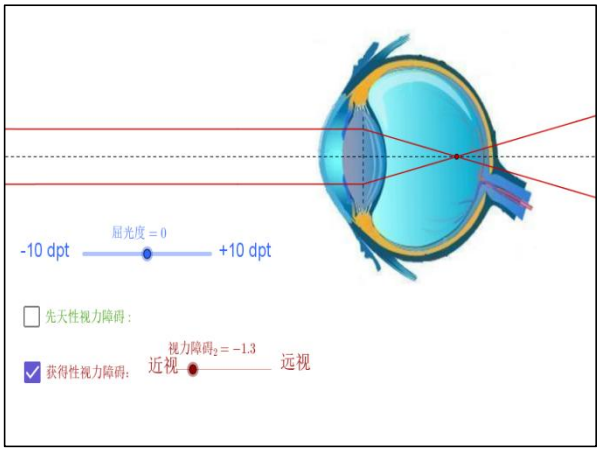


图 4-3 近视眼的成像图（GGB 截图）

【教师活动】学生讨论分析之后，教师利用 GGB 软件调节屈光度，如图 4-4 所示，使物体的像重新呈现在视网膜上。

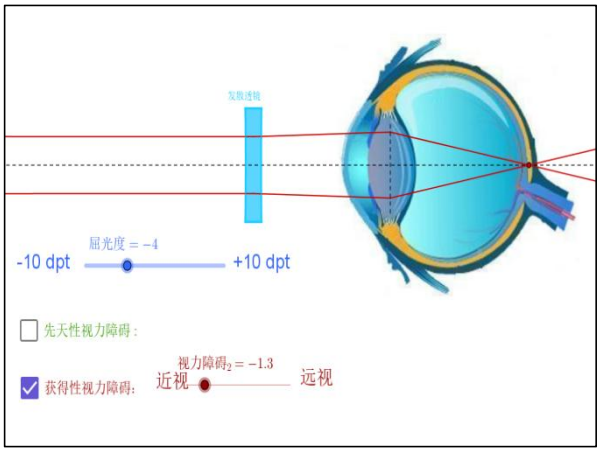


图 4-4 近视眼的调节（GGB 截图）

（设计意图：教师通过 GGB 软件的动态演示，可以使学生清楚地看到近视眼的形成原理，并让学生讨论分析如何矫正近视眼，再次用 GGB 软件演示近视眼的矫正过程，

中国知网 https://www.cnki.net

加强学生的认识，并在学生头脑中生成动态矫正的过程。）

环节四：远视眼及其矫正

【教师活动】教师引导学生猜测远视眼的形成原因，并利用 GGB 软件演示远视眼的成像原因，如图 4-5 所示。并让学生思考远视眼的矫正方法，请同学上台利用 GGB 软件进行调节。

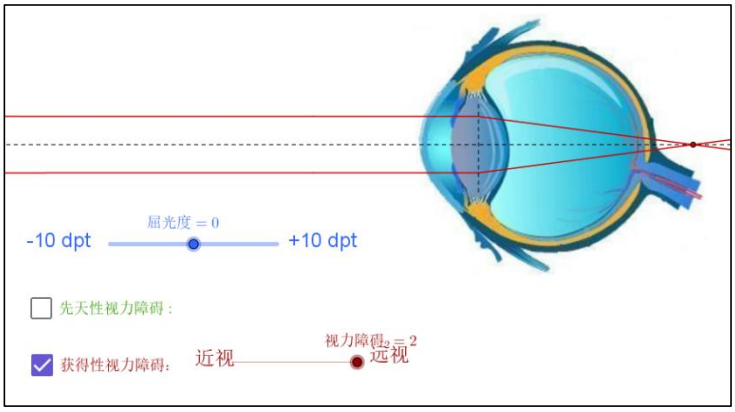


图 4-5 远视眼的成像图（GGB 截图）

【学生活动】学生根据近视眼的形成原因猜测远视眼的形成是由于物体所成的像落在了视网膜的后方。学生利用 GGB 软件矫正远视眼，如图 4-6 所示。

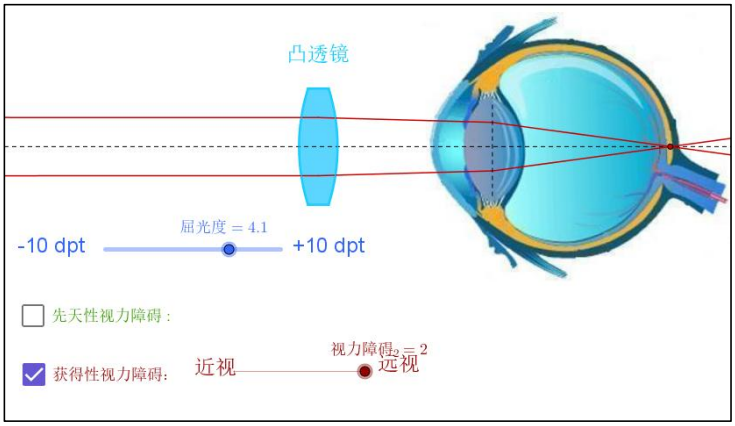


图 4-6 远视眼的调节（GGB 截图）

（设计意图：通过 GGB 软件的动态演示，可以清楚地看到远视眼的形成原理，并让学生利用 GGB 软件动手操作矫正远视眼，充分发挥学生的主体作用，增加学生的探究意识。）

环节五：先天性视力障碍

【学生活动】学生利用 GGB 软件自主探究先天性视力障碍的形成原因，类比前面

中国知网 https://www.cnki.net

后天性视觉障碍的矫正方法分析得出先天性视觉障碍的矫正方法，并利用 GGB 软件去验证。小组演示并讲解探究成果。

（设计意图：先天性视力障碍这种情况是很难做实验去模拟的，让学生利用 GGB 软件进行自主探究，调节使物体所成的像重新落在视网膜上，学生动手操作，获得知识，能够加深对知识的认识，也能够掌握 GGB 软件的使用。）

探究成果一：学生通过调节“视觉障碍 $_1$”可以直观且清晰地看到先天性近视的形成原因是眼球前后方过长，导致物体所成的像落在了视网膜的前方，成果图如图 4-7 所示。

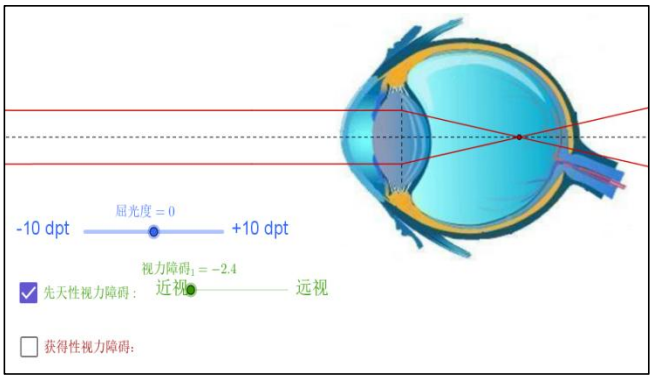


图 4-7 先天性近视眼球前后方过长（GGB 截图）

探究成果二：学生通过调节“屈光度”可以在眼睛的前方加上透镜，并且可以发现先天性近视的矫正是在视网膜的前方加上一个凹透镜，减弱眼睛的折射能力，从而使物体的像重新呈现在视网膜上，成果图如图 4-8 所示。

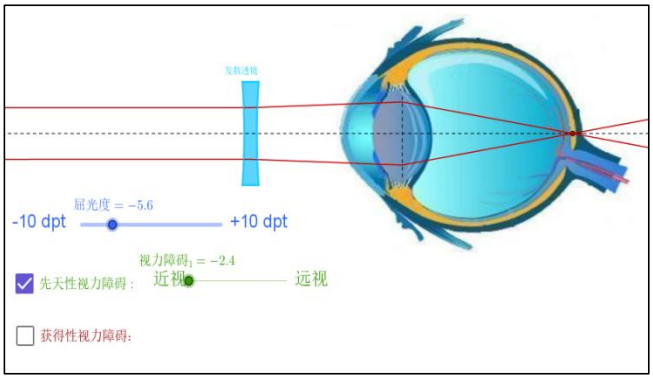


图 4-8 先天性近视的调节方法（GGB 截图）

探究成果三：学生通过调节“视觉障碍 $_1$”可以动态地观察到先天性远视的形成原因是眼球前后方过短，导致物体所成的像落在了视网膜的后方，成果图如图 4-9 所示。

中国知网 https://www.cnki.net

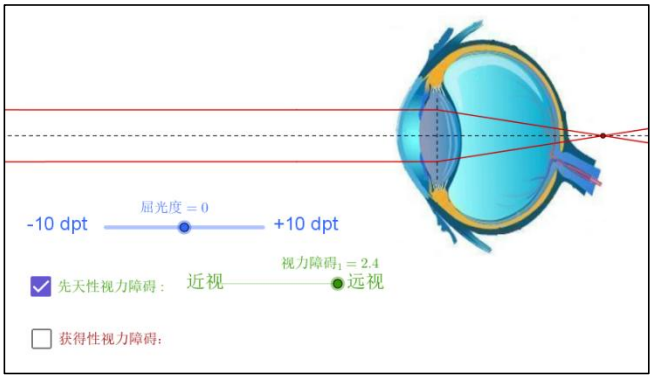


图 4-9 先天性远视眼球前后方过短（GGB 截图）

探究成果四：学生通过调节“屈光度”可以在眼睛的前方加上透镜，并且可以发现先天性远视的矫正是在视网膜的前方加上一个凸透镜，增强眼睛的折射能力，从而使物体的像重新呈现在视网膜上，成果图如图 4-10 所示。

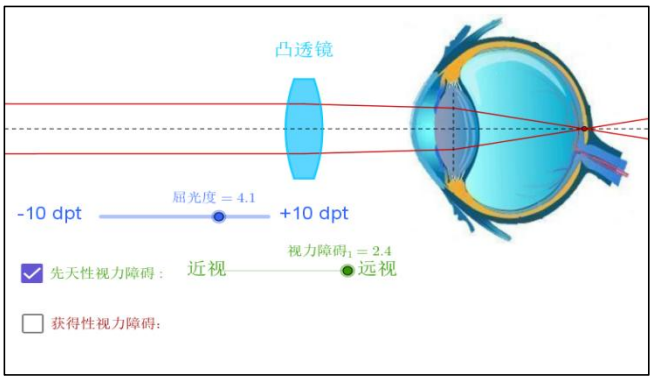


图 4-10 先天性远视的调节方法（GGB 截图）

环节六：课堂小结

【教师活动】教师总结小组的成果，并带领学生回顾今天所学的知识，要求学生画出本节课所学知识的思维导图。

（设计意图：带领学生对知识点进行总结，有助于学生梳理清楚本节课的知识脉络，要求学生画出思维导图，也体现了将知识可视化的理念。）

4.1.4 教学优势

本次教学利用 GGB 软件动态地演示后天性视觉障碍和先天性视觉障碍的成像原因以及矫正方法。教师先示范演示，学生了解调节参数的方法，学生再进行自主探究，发挥学生的主体性。利用思维导图梳理本节课的知识脉络，也体现着可视化教学的理念。

中国知网 https://www.cnki.net

4.2 教学设计二——《杠杆》

4.2.1 课标要求和教材、学情分析

（1）课标要求

《杠杆》一节内容是处于“运动与相互作用”这个一级主题之下，课标中对本节的内容要求为：“知道简单机械，探究并了解杠杆的平衡条件”[1]。本条标准有两点要求。第一点要求学生知道简单机械，这里所说的简单机械具有一定的开放性，主要是包括杠杆和滑轮，它们是生产、生活中常用的机械，也是较复杂机械的基本单元。要求学生知道一些简单机械的构造特点和工作原理。第二点要求学生探究并了解杠杆的平衡条件，了解杠杆的分类。

（2）教材分析

本节教学内容是人教版八年级下册第十二章《简单机械》第一节内容《杠杆》，从知识的关联性上来讲，本节内容是对力的三要素、力的作用效果、二力平衡等力学知识的进一步应用和延伸，也是后面学习滑轮、轮轴等简单机械的基础。另外，杠杆在生活和生产中有着广泛的应用，在学习了力的作用效果及力的平衡等知识后，学习这部分知识，不仅可以加深对物体平衡状态的认识，而且还有重要的实际应用意义。从知识的内容上来讲，本节内容主要包括杠杆的概念、探究杠杆的平衡条件和杠杆的应用等内容。本节课的内容主要分为 2 个课时，第 1 课时为杠杆的定义和五要素以及杠杆的平衡条件，第 2 课时为生活中的杠杆。本节教学设计只针对第 1 课时。

（3）学情分析

学生在知识储备上，对力的三要素、力的作用效果、二力平衡等相关知识有所了解，在认识能力上面，对知识的认知停留在感性阶段。他们在经过八年级上册一学期的学习训练，已经具备了一定的自主探究能力，但是自主探究能力容易受到感官经验的限制，对许多问题的理解和分析只关注于眼睛看到的表面现象，难以突破到对现象的本质了解。

中国知网 https://www.cnki.net

4.2.2 教学目标和教学重难点

（1）教学目标

①物理观念：认识杠杆，能够识别杠杆，知道杠杆的五要素以及杠杆的平衡条件。

②科学思维：通过观察总结得出杠杆的定义，引导学生观察、分析、构建力臂的概念。

③科学探究：经历探究杠杆平衡条件的过程，学会分析实验现象，寻找数据间的规律并从中归纳出实验结论。

④科学态度与责任：通过科学的探究过程，对实验数据的分析和处理，培养学生科学、严谨、实事求是的科学态度，教师通过对实验器材的改进，培养学生的创新意识。

（2）教学重难点

①教学重点：探究杠杆的平衡条件。

②教学难点：力臂概念的构建，以及力臂大小的测量。当改变支点到力的作用线距离和支点到力的作用点距离，杠杆会处于不同的状态。利用 GGB 软件建构的杠杆模型能够动态呈现这一过程，帮助学生突破难点。

4.2.3 教学过程

环节一：故事导入

【教师活动】教师讲述一个小猴子和小兔子平分胡萝卜的故事：小猴子让胡萝卜在水平位置保持平衡竖直切开，小兔子选择长的一端。教师向学生提出问题：小猴子和小兔子平分胡萝卜了吗？

（设计意图：通过平分胡萝卜的小故事引入课堂，引起学生的思考，让学生带着问题进入本节课的学习，能够提高学生的注意力，激发学生对新知识的求知欲。）

环节二：建构杠杆概念

【教师活动】教师展示关于杠杆的三幅动态图片：工人用木棒撬石头，小朋友玩的跷跷板，古人捣米的舂。提出问题：这些工具在使用的过程中，有什么样的共同点？

【学生活动】学生通过观察图片，得出这些工具都是硬棒，不容易发生形变，且都在绕着固定点转动。

中国知网 https://www.cnki.net

【教师活动】教师对学生的回答进行归纳总结，得出杠杆的概念，且学生在归纳总结的过程中，教师要引导学生用科学的语言来表述物理现象。

（设计意图：首先教师采用的是最简单的杠杆模型，便于学生对这些工具的观察分析、归纳总结得出力臂的概念；其次展示的图片是动态图，学生可以很清晰地观察到这些工具是在绕着固定点在转动。）

环节三：建构支点、动力、阻力概念

【教师活动】教师结合工人利用木棒撬石头的例子，分析得出支点、动力、阻力的概念。

（设计意图：教师在得出动力、阻力的概念时，常会直接给出支点、动力、阻力的概念，缺少结合具体案例进行具体分析的过程，不利于学生概念的建构，因此，在这里结合具体案例进行分析，促进学生的有意义地学习。）

环节四：建构力臂概念

（1）提出引起杠杆转动因素的猜想

【教师活动】教师引导学生举出生活中杠杆的例子，并展示如图 4-11 所示的自制跷跷板，提出问题：右侧的小鸟想要把左侧的小鸟翘起来，它该怎么办？

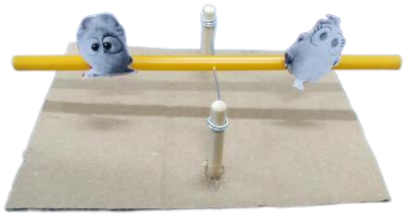


图 4-11 自制跷跷板

【学生活动】学生根据自己的生活常识，猜想右侧的小鸟想要把左侧的小鸟撬起来，应该是右侧的小鸟向右移动。

【教师活动】教师操作演示，并根据现象，引导学生提出猜想：支点到力的作用点的距离影响杠杆的转动吗？

（设计意图：由生活中的杠杆过渡到教师自制的杠杆工具，并由“愤怒的小鸟”的例子提出支点到力的作用点的距离可能会影响杠杆的转动。）

（2）利用 GGB 软件验证猜想并建构力臂的概念

中国知网 https://www.cnki.net

【教师活动】教师利用 GGB 软件进行演示，如图 4-12 所示，支点到力的作用点的距离在不断发生改变时，杠杆并没有发生转动，说明支点到力的作用点的距离不是影响杠杆转动的因素。

【学生活动】学生对实验的三次情况进行观察分析，总结发现共同点，并提出新的猜想：支点到力的作用线的距离影响杠杆的转动吗？

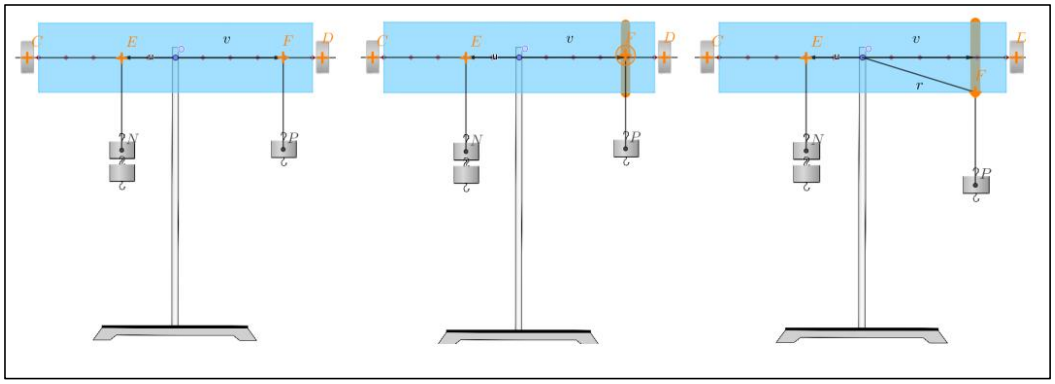


图 4-12 改变支点到力的作用点的距离，杠杆无转动（GGB 截图）

【教师活动】教师利用 GGB 课件改变支点到力的作用线之间的距离，杠杆发生了转动，如图 4-13 所示，因此可以得出支点到力的作用线的距离是影响杠杆转动的因素。总结得出杠杆力臂的概念。

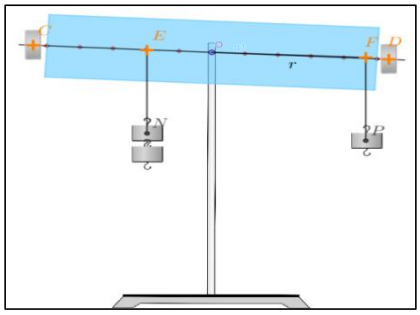


图 4-13 改变支点到力的作用线的距离，杠杆转动（GGB 截图）

（设计意图：利用 GGB 的课件帮助学生验证猜想，当原有猜想不正确时，从动态演示的过程中提出新的猜想，并去验证猜想，从而得出正确的结论，建构其力臂的概念。）

环节五：力臂的画法

【教师活动】教师引导学生分析得出力臂的概念之后，结合数学上所学的点到直线的距离的画法，总结归纳力臂的画法。

【学生活动】学生思考分析力臂的画法，并练习学案上力臂的作图方法。

中国知网 https://www.cnki.net

（设计意图：巩固练习，通过学生动手画图加深对概念的进一步理解。）

环节六：杠杆的平衡条件

【教师活动】教师先引导学生利用 GGB 软件猜想影响杠杆平衡条件的因素，再利用如图 4-14 的实验器材探究杠杆的平衡条件。



图 4-14 杠杆平衡条件探究实验

【学生活动】学生动手实验，得出杠杆的平衡条件是动力与动力臂的乘积等于阻力与阻力臂的乘积。

（设计意图：利用 GGB 软件进行实验的猜想，再让学生通过真实的实验进行科学探究。合理地将 GGB 软件应用到科学探究的猜想环节。）

环节七：课堂小结

【教师】教师总结今天学习的支点、动力、阻力、动力臂、阻力臂为杠杆的五要素，并总结今天研究力臂的思路，并提出问题：生活中的杠杆有哪些分类呢？

（设计意图：对知识点进行总结，有助于学生在脑海中建构起本节课的知识脉络。从研究力臂的问题抽离出的研究思路，以便学生遇到相同的问题时，能够更好地进行迁移，同时也是增强了学生科学探究能力和科学思维能力。）

4.2.4 教学优势

本次教学采用 GGB 软件将力臂的概念可视化，帮助学生建构力臂的概念。通过调节参数，可以改变杠杆的宽度，从而让学生认识到这种特殊形状的工具也属于杠杆。通过 GGB 软件的追踪功能，学生能够清晰地看到阻力作用点的运动路径，从而认识到力到作用线的距离不发生改变，杠杆就不会发生转动，建构起力臂的概念。

中国知网 https://www.cnki.net

4.3 教学设计三——液体压强

4.3.1 课标要求和教材、学情分析

（1）课标要求

《液体压强》一节内容是处于“运动与相互作用”这个一级主题之下，课标中对本节的内容要求为：“探究并了解液体压强与哪些因素有关”[1]。本条标准要求学生能够通过实验探究液体压强与哪些因素有关。

（2）教材分析

本节课是人教版八年级下册第九章第二节的内容，从知识的关联度上讲，本节内容是在学习了密度、浮力、平衡力和压强的基础上展开的，同时这些知识又与大气压强、流体压强和浮力的知识有所关联。学会本节知识有助于学生形成完整的知识网络，形成物质运动及相互作用的物理观念。从知识内容的角度来看，本节课的内容主要分为三部分：液体压强的特点、液体压强的大小、连通器。本节课的内容主要分为两个课时，课时 1 主要介绍为液体压强的特点和液体压强的大小，课时 2 主要介绍液体压强的应用和连通器的应用。

（3）学情分析

从学生现在具备的素养上来分析，在学习心理上，学生具有强烈的好奇心和求知欲，在学习能力上，学生具备独立获取知识、收集、处理信息以及独立操作的能力，在思维能力上，学生以形象思维为主，对形象直观的事物有深刻的理解，抽象思维有一定的发展。基于此，教师需要尽可能地将教学内容可视化，帮助学生理解掌握物理知识。

4.3.2 教学目标和教学重难点

（1）教学目标

①物理观念：知道液体内部存在压强，了解液体内部压强的特点，知道液体压强的影响因素，了解微小压强计的构造和工作原理。

②科学思维：经历科学探究的过程，掌握本次实验中所用的转换法、控制变量法，通过理想液柱模型推导液体压强的公式并会简单计算。

中国知网 https://www.cnki.net

③科学探究：通过压强计来探究液体压强内部的规律，并能够借助 GGB 软件，了解液体压强与影响因素之间的定量关系。

④科学态度与责任：经历科学探究，使学生保持认识科学本质的兴趣，养成尊重事实、探究真理的科学态度与责任；联系生活中的现象，体会物理对社会发展的推动作用，培养学生的责任感、使命感。

（2）教学重难点

①教学重点：通过对实验现象的观察、实验数据的分析，认识和理解液体压强内部的规律。

②教学难点：在实验探究的过程中，学生对所用到的控制变量法、转换法的掌握，利用理想模型法去推导液体压强的公式。利用 GGB 软件的函数图像功能，将液体压强与深度、密度之间的关系式展现出来，帮助学生理解液体压强的公式。

4.3.3 教学过程

环节一：复习导入

【教师】教师引导学生回顾固体压强的公式，并将固体和液体进行类比，固体对桌面有压强，提出问题：杯中的水也会对杯底有压强吗？

（设计意图：回忆上节课所学的固体压强的知识，通过把固体放在桌面上，会对桌面有压强，类比到液体也存在压强。将类比推理的思想运用到物理教学中，培养学生提出问题的能力。）

环节二：液体向各个方向都有压强

【教师活动】教师利用图 4-15 所示的实验装置进行演示实验，向学生提出问题：观察到了什么现象？产生这种现象的原因是什么？

【学生活动】学生对演示实验进行观察分析，得出：液体对容器底部和侧壁都有压强。学生小组讨论液体压强产生的原因：对容器底部有压强，是因为液体自身存在重力，对容器侧壁有压强，是因为液体具有流动性。

中国知网 https://www.cnki.net

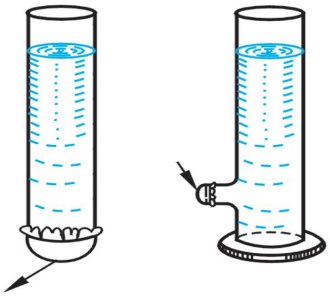


图 4-15 液体对容器底部和侧壁有压强

【教师活动】教师提出问题：液体的内部有压强吗？并利用如图 4-16 的教具，演示液体内部向各个方向都有压强。

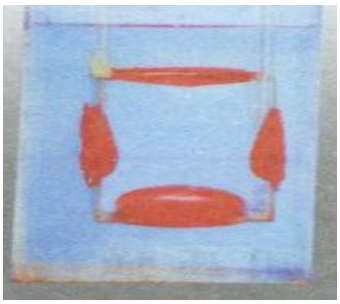


图 4-16 液体内部有压强

【学生活动】学生观察分析得出液体向各个方向都有压强，并且还可以得出液体的压强可能与深度有关。

（设计意图：通过 2 个演示，学生初步感知液体对各个方向都有压强。教师引导学生分析液体压强产生的原因，让学生初步建立液体压强的概念。通过第 2 个演示实验，学生还可以分析得出液体压强可能与深度有关，这样就自然过渡到对液体压强大小的研究。）

环节三：定性探究液体压强与液体密度、深度的关系

【学生活动】学生根据自己的生活经验，猜想：液体压强还可能是与液体的密度、方向等有关。

【教师活动】教师引导学生要验证液体压强的大小与什么因素有关，是需要通过实验进行探究的。向介绍在实验过程中所用的工具—液体压强计，重点要对液体压强计的工作原理进行分析。

（设计意图：学生通过生活事例，理性猜测液体压强的影响因素，将生活经验与物理学习相结合。在教学中，笔者发现许多学生对液体压强计的工作原理不了解，因此要

中国知网 https://www.cnki.net

对液体压强计的工作原理进行重点分析，让学生认识到液体压强计实际上用到了转换法，将液体压强的大小转换成 U 形管液面的高低。）

【教师活动】教师提出问题：在实验中要探究多个因素与一个物理量之间的关系时，应该采用什么样的方法？让学生分组讨论设计实验方案和实验表格。

（设计意图：教师让学生基于以上的猜想设计实验方案和实验表格，培养学生的实验设计能力。）

【学生活动】学生利用如图 4-17 所示的实验装置定性探究液体压强的影响因素，并且如实记录实验数据，分享表达实验结论。



图 4-17 定性探究液体压强内部的特点

（设计意图：学生分享表达自己的实验结论，一方面可以锻炼学生用科学语言描述实验现象的能力，另一方面可以培养学生的交流合作能力。）

环节四：定量探究液体压强与液体密度、深度的关系

（1）学生探究液体压强与液体密度和深度的定量关系

【教师活动】教师提出问题：液体压强与液体的深度和液体密度之间存在着怎样的定量关系？

【学生活动】学生由液体压强定性实验的实验结论，猜想：液体压强可能与液体深度和液体密度成正比，也可能与它们的二次方成正比等等。

【教师活动】教师利用 GGB 课件进行演示（有条件的学校可以让学生自己动手操作），保持液体的密度不发生改变，改变压强计的探头在液体中的深度，如图 4-18 在 *P-h* 图像中显示出点 J 的运动轨迹，提出问题：通过函数图像，可以发现压强与深度之间是怎样的关系呢？

【学生活动】学生观察得到压强与深度的图像是一个过原点的直线，因此可以得出

中国知网 https://www.cnki.net

在密度不变的情况下，液体压强与液体密度是成正比的。

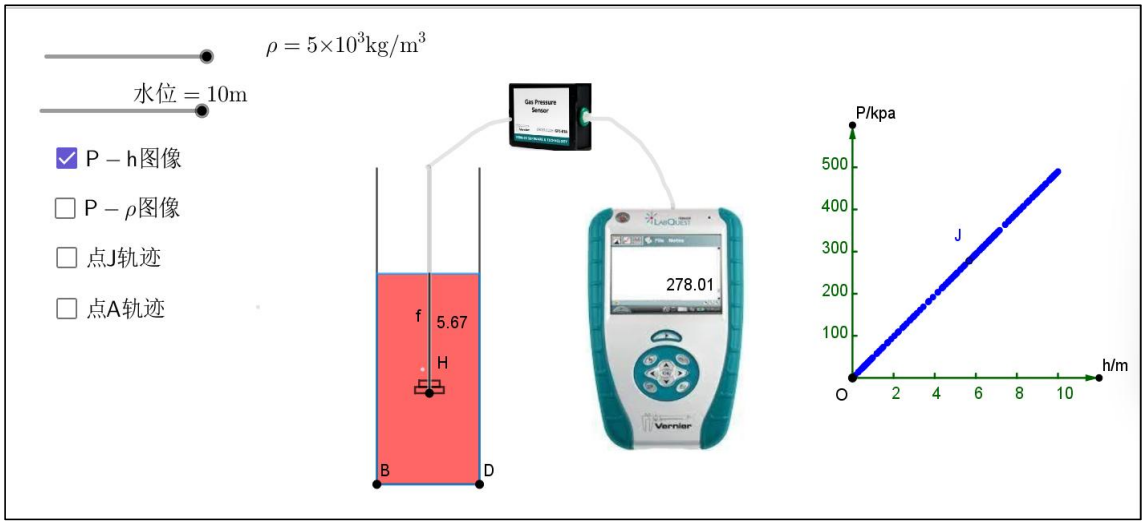


图 4-18 液体压强与深度的定量关系（GGB 截图）

【学生活动】学生使用 GGB 软件探究液体压强与液体密度的关系，保证液体深度不发生改变，改变液体的密度，如图 4-19 所示在 *P*-ρ图像中显示出点 A 的运动轨迹。提出问题：通过函数图像，可以发现压强与密度之间是怎样的关系呢？

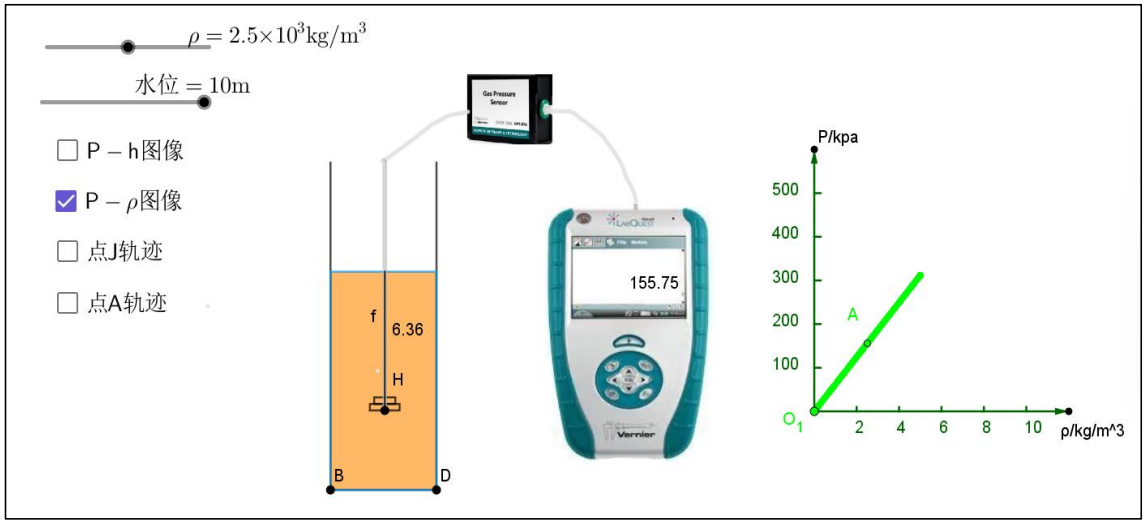


图 4-19 液体压强与密度的定量关系（GGB 截图）

【学生活动】学生通过观察分析，可以发现液体压强与液体密度之间的关系也是一条过原点的直线，因而可以验证出液体压强是与液体密度成正比。

（设计意图：通过 GGB 设计的课件可以将压强与密度之间函数关系可视化，帮助学生定量地了解液体压强与密度以及深度之间的关系，先由教师演示如何调节参数来探究液体压强与液体深度之间的关系，再由学生调节参数探究液体压强与液体密度之间的关系，增强学生的课堂参与度。）

中国知网 https://www.cnki.net

（2）利用 GGB 软件推理得出液体压强的 k 值

【教师活动】教师引导学生分析得出液体压强与液体密度和液体深度的乘积成正比，即：$P=k\rho h$，利用 GGB 软件的计算功能，计算 $k=\frac{P}{\rho h}$。改变液体密度和深度，可以发现 k 值始终不发生改变，且 k 值始终为 9.8。

【教师活动】教师引导学生猜想 k 值实际上就是之前学过的 g 值，然后将公式中的 k 换成 g，得出 $P=\rho gh$ 。

（设计意图：通过 GGB 的运算功能，可以定量地得出 k 值的大小，从而得出液体压强的表达式。）

（3）液体压强函数图像的物理意义

【教师活动】教师提出问题：P-ρ和 P-h 图像的斜率表示什么吗？

【学生活动】学生自主进行理论公式的推导得到：P-h 图像的斜率表示的是ρ和 g 的乘积，P-ρ图像的斜率表示的是 h 和 g 的乘积。

【教师活动】教师利用 GGB 课件，显示出 P-h 的图像，同时改变密度，得到如图 4-20 所示的图像；显示出 P-ρ图像，同时改变深度，得到如 4-21 所示图像。提问：“通过图像，大家发现了什么规律？”

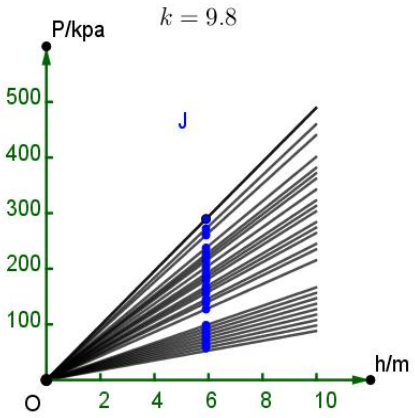


图 4-20 改变密度时 P-h 图像（GGB 截图）

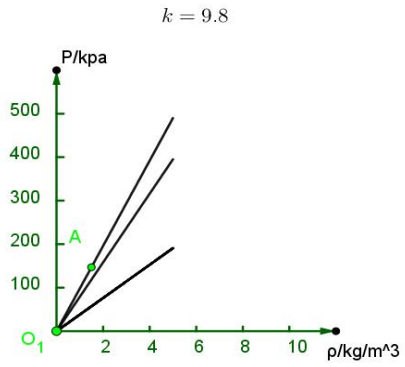


图 4-21 改变深度时 P-ρ图像（GGB 截图）

【学生活动】学生通过教师的演示观察到当密度越大的时候，图像的倾斜程度越大，根据 P-ρ图像观察到深度越深的时候，图像的倾斜程度越大。

（设计意图：学生不仅从公式推导中得出图像的斜率的含义，更是从老师的动态演

中国知网 https://www.cnki.net

示中得到液体压强的函数图像所代表的物理含义。）

（4）液体压强与容器形状之间的关系

【教师活动】教师利用 GGB 软件调节参数，引导学生探究液体压强与容器形状之间的关系，如图 4-22 所示。

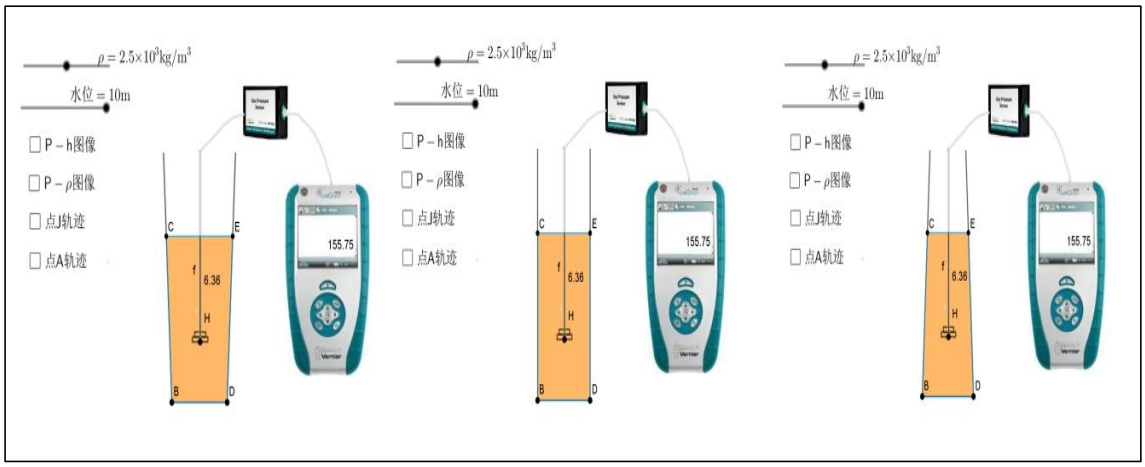


图 4-22 液体压强与容器形状的定量关系（GGB 截图）

环节五：通过理想液柱模型推导液体压强的公式

【教师活动】教师引导学生从理想模型的角度推导液体压强的公式，从理论分析的角度得出比例系数 k 等于 g。

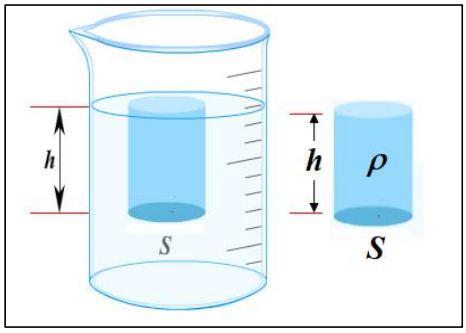


图 4-23 液柱模型

（设计意图：通过理想液柱模型推导液体压强的计算公式，帮助学生进一步认识到液体压强产生的原因是由于某一平面上方液体的重力。结合之前得出所学液体压强容器形状无关，可以得出此公式是适用于任何容器中的静止液体的。）

环节六：课堂小结

【教师活动】教师带领大家完成例题 1 的计算，并让学生分享交流本节课的收获，总结今天所学的知识的内容。在知识内容上，知道液体压强的特点，液体压强的公式以

中国知网 https://www.cnki.net

及液体压强的函数图像所表示的物理意义；在方法上，本节课中用到了转换法和控制变量法。

（设计意图：推理得出计算公式之后，教师要通过相应的习题练习帮助学生掌握公式的运用。教师让学生自行总结本节课的收获，有助于学生建构本节课的知识脉络。学生通常不会关注课堂上运用到的思维方法，教师要引导学生总结常用的思维方法。）

4.3.4 教学优势

本次教学遵循着可视化教学理念，采用多种方式呈现物理现象，同时利用开发制作的 GGB 课件能够帮助学生进行定量研究得出液体压强的计算公式。利用 GGB 软件还证明了液体压强与容器的形状无关，这样可以帮助学生理解液体压强公式的适用条件。学生通过公式推导得出 P-h 和 P-ρ的斜率表达的含义，教师利用 GGB 软件形象地演示出 P-h 和 P-ρ的物理含义。

中国知网 https://www.cnki.net

第 5 章 GeoGebra 在初中物理中的可视化教学实践研究

本研究结合 GGB 软件的特点以及中学物理教学内容的特点，设计了 GGB 软件在初中物理中的教学案例，并将教学案例应用于初中物理教学中，考查利用 GGB 软件进行可视化教学的教学效果。

5.1 实践研究设计

5.1.1 实践目的

本研究将 GGB 软件运用于《液体压强》的新课教学，探索运用 GGB 软件进行可视化教学能否提高学生的学习兴趣和促进知识的掌握。采用问卷调查法调查了在运用 GGB 进行可视化教学之后，学生对 GGB 是否可以提高自己的兴趣和促进物理知识掌握的认同感。为进一步验证 GGB 软件可以促进学生对知识的掌握，选取两个程度相当的平行班，八年级 3 班采用 GGB 传统的教学方式进行教学，八年级 4 班采用可视化软件进行教学。在教学完成之后，教师使用液体压强的课后习题对两个班级进行测验，通过学生测试的成绩分析两个班是否具有显著性差异，探究 GGB 可视化教学是否能够促进学生对物理知识的掌握。

5.1.2 实践对象

本实验的实践对象是汝州市第一高级中学附属初级中学的两个班级，笔者所实践的八年级 3 班和八年级 4 班两个班级学生的入学成绩均等，人数相当，八年级 3 班为对照班，八年级 4 班为实验班，两个班级共 92 人。结合自己的教学计划进度，选取了液体压强一节课进行教学实践研究。

本研究选取期中考试作为学生的前测成绩。利用 SPSS 软件对两个的学生成绩进行分析，如表 5-1 所示：

中国知网 https://www.cnki.net

表 5-1 八年级 3 班和 4 班前测成绩

班级	N	均值	标准差	均值的标准误
对照班	46	48.76	11.47	1.69
实验班	46	49.50	10.45	1.54

表 5-1 统计了八年级 3 班和 4 班的物理成绩的基本情况，包括样本容量、平均值、标准差等。通过表 5-1 中的数据分析可知，两个班的平均值非常接近，实验班的平均成绩略高于对照班，从标准差的数据分析可知，实验班的离散程度要小于对照班。为了验证两个班是否具有统计学意义上的差异性，首先对前测成绩先进行正态性检验，发现两个班的成绩符合正态分布，接着采用独立样本 t 检验的方式比较两个班级学生整体水平的差异性，如表 5-2 所示：

表 5-2 八年级 3 班和 4 班前测成绩独立样本 t 检验

	莱文方差等同性检验		平均值等同性的 t 检验						
								差分的 95%置信区间	
	F	显著性	t	df	Sig.（双侧）	平均值差值	标准误差值	下限	上限
假定等方差	1.664	.200	-.323	90	.747	-.739	2.288	-5.285	3.807
不假定等方差			-.323	89.23	.747	-.739	2.288	-5.285	3.808

根据 5-2 中的数据可知，学生的前测成绩的莱文方差等同性检验结果 $F = 1.664$，$P = 0.200$，$P > 0.05$，说明方差齐性，因此要选用方差相等的检验结果，根据平均值等同性的 t 检验结果，$t = -0.323$，$P = 0.747$，$P > 0.05$，说明八年级 3 班和八年级 4 班的前测成绩在统计学上是不存在显著性差异的。也就是说八年级 3 班和八年级 4 班是两个平行班，用来做实验班和对照班是完全可行的。

中国知网 https://www.cnki.net

5.2 实验研究结论

在经过液体压强一节课的教学之后，通过问卷调查法得到学生的学生兴趣和知识掌握情况，通过实验法得到学生的物理学习成绩情况，总结得到如下结论：

5.2.1 GeoGebra 软件可以提高学生的兴趣

在对实验班和对照班实施后测结束后，笔者利用课余时间用 GGB 软件对照班重新讲解，讲解结束后，一共发放问卷 92 份，回收 92 份，有效问卷 92 份。问卷主要从学生的学习态度和知识掌握难易度两个方面进行考察，现将调查结果统计如表 5-3 所示。

表 5-3 GeoGebra 可视化教学的效果分析

样本数量		92				
调查主题	调查题目	非常认同	认同	不认同	非常不认同	认同率
兴趣态度	我希望老师上课能够多使用 GeoGebra 展现动态效果	60	32	0	0	100%
	使用 GeoGebra 能提高我学习“液体压强”的兴趣	70	22	0	0	100%
	“液体压强”一课使用 GeoGebra 能吸引我的注意力	58	27	4	3	92.7%
知识掌握	GeoGebra 的动态效果能帮助我理解液体压强的公式	55	27	5	5	89.13%
	GeoGebra 能提高我对液体压强与密度、深度图像的认识	65	24	2	1	96.7%
	GeoGebra 降低了我学习“液体压强”的难度	40	41	6	5	88.04%

调查结果表明，在学习兴趣方面，100%的学生希望老师上课能多使用 GGB 软件，并且认为在课堂使用 GGB 软件能够提高他们对“液体压强”的学习兴趣，92.7%的学生认同能吸引自身注意力。在知识掌握方面，有 100%的同学认为 GGB 软件的使用能够提

中国知网 https://www.cnki.net

高自己对液体压强与深度、密度之间关系图像的认识，89.13%的同学认为 GGB 软件的使用能够帮助自己理解液体压强公式。88.04%的同学认为 GGB 软件的使用降低了液体压强的学习难度。总体上来看，GGB 软件的使用是能够增强学生学习的兴趣和注意力。最重要的是 100%的同学认为 GGB 的使用能提高自己对液体压强的图像问题的认识，也是笔者设计此课件最大的初衷。

5.2.2 GeoGebra 软件可以促进学生对物理知识的掌握

在使用 GGB 软件进行液体压强的教学之后，对八年级 3 班和八年级 4 班进行后测一共 7 道试题，共计 70 分，测试时长为 20 分钟。从平均成绩上来看，实验班的平均成绩为 54.33 分，对照班的成绩为 48.28 分，实验班的成绩要略高于对照班，但还需要检测实验班和对照班之间的成绩是否具有显著性差异，利用 SPSS 软件分析得到如表 5-4 所示的结果：

表 5-4 八年级 3 班和 4 班后测成绩独立样本 t 检验

	莱文方差等同性检验		平均值等同性的 t 检验						
	F	显著性	t	df	Sig.（双侧）	平均值差值	标准误差值	差分的 95%置信区间	
								下限	上限
假定等方差	0.108	.743	-2.759	90	.007	-6.043	2.191	-10.396	-1.691
不假定等方差			-2.759	89.996	.007	-6.043	2.191	-10.396	-1.691

根据表中的数据可知，学生的后测成绩的莱文方差等同性检验结果 $F = 0.108$，$P = 0.743$，$P > 0.05$，说明方差齐性，因此要选用方差相等的检验结果，根据平均值等同性的 t 检验结果，$t = -2.759$，$P = 0.007$，$P < 0.05$，说明八年级 3 班和八年级 4 班的后测成绩在统计学上是存在显著性差异的，且实验班的成绩是要优于对照班的，也就是说 GGB 软件的使用可以促进学生对物理知识的掌握。

中国知网 https://www.cnki.net

利用 GGB 软件设计液体压强的课件，主要有两个目的：一是加强学生对于液体压强与深度、密度图像的理解。二是加深对液体压强计算公式的理解。GGB 软件的后测试题中，4、5 两题是考查液体压强的图像问题，第 7 题是为了考查将液体压强的公式与容器的形状的综合题型。笔者对两类题型的得分情况进行统计分析，得到如下结果：

（1）液体压强图像问题

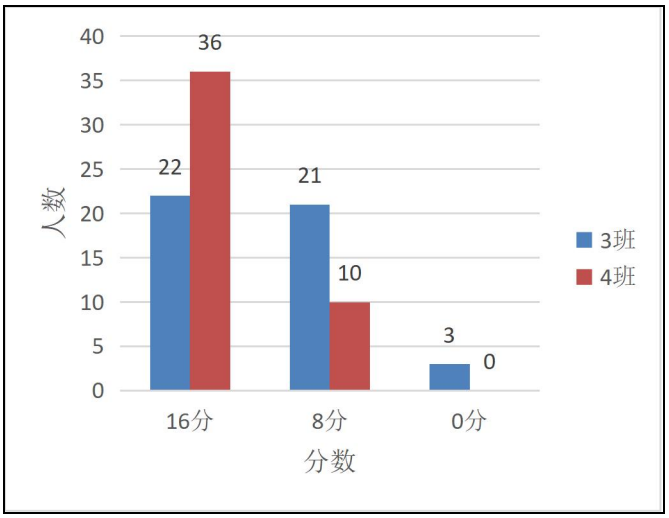


图 5-1 液体压强图像题得分人数

在液体压强图像的两道题中，八年级 3 班满分人数为 22 人，占比为 47.8%，八年级 4 班满分人数为 36 人，占比为 78.2%，八年级 4 班在两道题中没有得 0 分的，证明八年级 4 班对液体压强图像问题掌握得比较好，从整体上要优于对照班。

（2）液体压强计算问题

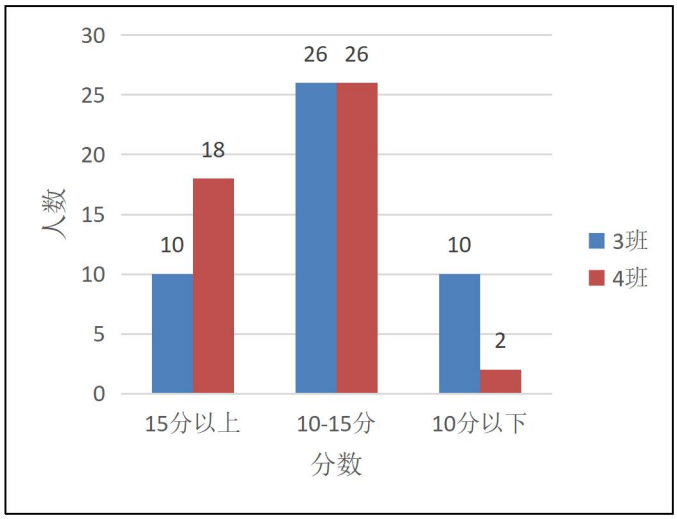


图 5-2 液体压强计算题得分人数

在液体压强图像的两道题中，八年级 4 班 15 分以上为 18 人，占比为 39.1%，八年

中国知网 https://www.cnki.net

级 3 班和八年级 4 班在 10-15 分数段的人数都为 26 人，八年级 4 班在 10 分以下的人数较少，只有 2 人。从图中的人数分布情况来看，八年级 3 班和八年级 4 班的成绩主要分布在 10-15 分之间，但 4 班的高分段的人数较多。从整体来看，4 班的掌握程度是要优于 3 班的。

从两类题型的统计分析结果来看，实验班的成绩在两类题型上都要优于对照班，这表明利用 GGB 软件进行液体压强的可视化教学确实可以提高学生对图像问题理解和对计算公式的运用。学生的自评结果和教育实验法的结果都可以证明利用 GGB 进行可视化教学可以促进学生对物理知识的掌握。

中国知网 https://www.cnki.net

第 6 章 研究结论与反思

6.1 研究总结

GGB 软件界面操作简单，具有强大的计算功能。教师通过“几何”和“代数”两大功能将概念、规律、实验可视化，利用“几何”功能去模拟物理场景，呈现出物理现象，利用“代数”功能构建物理模型。本研究主要从实践研究结论、GGB 软件应用注意事项和 GGB 软件的局限性进行总结。

6.1.1 开发了教学案例，进行了实践研究

通过将 GGB 软件与初中物理结合，笔者开发制作了杠杆的力臂、凸透镜成像的变焦问题、滑动变阻器最大功率等 8 个 GGB 课件，基于课件进行相关的教学设计，并依据教学设计进行可视化教学实践。笔者通过问卷调查法和教育实验法对 GGB 软件在初中物理可视化教学的应用效果进行了研究。研究发现，在兴趣态度方面，100%的同学都希望能够在课堂上使用 GGB 软件，有 70%的学生非常认同利用 GGB 软件进行可视化教学能够提高自己的学习兴趣，58%的同学非常认同利用 GGB 软件进行可视化教学可以提高自己的注意力。在知识的掌握方面，学生认同 GGB 软件可以促进自己对实验的掌握和理解。为了进一步验证 GGB 软件进行可视化教学的效果，选取两个班进行教学实践，发现实验班和对照班之间具有显著性差异，从而得出利用 GGB 软件进行可视化教学可以促进学生对知识的掌握和理解。

6.1.2 应用 GeoGebra 软件进行可视化教学中的建议

为了帮助教师更好地使用这款软件，基于对 GGB 软件的认识、制作课件时和教学实践中的经验，提出应用 GeoGebra 软件进行可视化教学的建议：

（1）模型建构要符合真实情况和学生认知发展规律

教师在建构模型时，一定要确保模型的科学性，要反复思考真实的模型是怎么样，反复检查所使用的公式和函数是否能够使模型符合真实情况。例如在官网上搜集到的杠杆的动态平衡如图 6-1 所示，当杠杆旋转到图中所示的位置时，杠杆所受的动力依然是向下的，此模型显然没有考虑过杠杆旋转过 180°的情况，用一个错误的模型进行物理教

中国知网 https://www.cnki.net

学，不利于学生对知识的掌握。教师 GGB 软件教学时，要确保模型建构的科学性之外，也要注意教学内容符合学生的认知规律，不要选择过于复杂或过于抽象的场景。要确保场景的复杂程度和学生的学习水平相适应，保证学生能够理解和吸收所呈现的信息。



图 6-1 杠杆的动态平衡模型（GGB 截图）

（2）课件制作要以问题为导向，确保课件使用的必要性。

教师使用 GGB 软件进行可视化教学时，一定要明确自己的制作目的，不能为了使用而使用。GGB 软件在应用的时候一定是为了解决教师在“教”和学生的“学”上所遇到的困难点，且这些困难点是无法用虚拟的方法解决的。在概念教学中，声音的特性的课件是基于中学物理实验室缺乏示波器这样的器材设计的，力臂的课件是基于教材对力臂的概念缺乏建构过程，且在实际实验时学生往往不能猜想到力到作用线的距离是影响杠杆转动的因素等问题而设计的。在规律教学中，凸透镜变焦规律教学课件是基于教学时间和器材的限制而设计的，滑动变阻器最大功率问题是基于数形结合问题而设计的；在实验教学中，光的折射实验是基于实验现象不明显的问题而设计的，液体压强是基于传统实验无法实现定量研究而设计的；在习题教学中，光学习题是基于传统实验现象不明显并且不能实验定量研究的问题而设计；力学习题是基于传统教学无法呈现动态变化的问题而设计。本研究在使用 GGB 软件时以问题为导向，认真分析在课堂中引入 GGB 软件的必要性。因此，教师在设计制作时，一定要明确自己的制作目的，确保在课堂中引入 GGB 软件的必要性，不可“唯工具论”。

（3）GGB 软件适合用于片段教学

GeoGebra 软件具有强大的作图功能，因而具有非常好的直观性，可以帮助学生更加直观地理解物理概念和物理现象；可以展示物理过程的动态变化，同时也可以定格某一物理过程；可以模拟物理实验，突破实验现象不明显或者实验器材不完善所带来的问题；具有强大的运算功能，能够展示物理量的动态化，能够使物理实验结果可视化；但

中国知网 https://www.cnki.net

由于信息技术软自身的性能和 GeoGebra 软件特点的限制，在一整节课堂中很难将所有的内容都用 GGB 软件都进行可视化，GGB 软件适合用于为了解决某个问题的片段教学。

（4）GGB 软件应用时要注意调动学生的积极性

GeoGebra 软件具有非常好的交互性，因此教师在使用 GGB 软件时不要把 GGB 软件只作为一个演示性的软件，要注意调动学生学习的积极性，提高学生的课堂参与度。例如讲解“声音的三要素”时制作的课件，可以让学生自己上台演奏一首歌，让学生充分参与到课堂教学中来。由于 GGB 软件既支持手机端也支持电脑端，所以 GGB 软件也可以作为学生自主探究的软件。教师建构好物理模型，设置问题情境，让学生利用软件进行自主探究，培养学生解决问题的能力。比如教师在设计《眼睛与眼镜》一节课中，让学生利用 GGB 软件自主探究近视眼和远视眼的形成原因和矫正方法。在教师设置的问题情境之外，学生也可以对自己想要研究的问题进行探究。在杠杆的动态平衡问题中，学生通常会提出：杠杆受多大的水平力能够达到水平位置？杠杆在绕着固定点旋转 360 度的情况是怎样的？。此外，对于学有余力的学生，教师可以指导学生利用此软件进行模型建构。

（5）合理利用已有的 GGB 资源

GGB 网站资源库仍在不断地更新之中，每天都会有老师上传自己制作的课件，教师应该时刻关注 GGB 网站的更新状况。如果教师需要用 GGB 软件进行教学，可以查找官网上是否有自己想要的资源。教师如果觉得这些案例符合自己的教学思路，在尊重作者的基础上可以用来辅助自己的教学。如果觉得不符合自己的教学思路，可以学习别人建构模型思路并在此基础上融入自己的观点，重新建构模型。

6.1.3 GeoGebra 软件应用于物理教学的局限性

GGB 软件操作简单，它不仅可以作为教师教的一种方式，而且还可以作为学生学的方式。教师可以使用 GGB 软件将抽象的物理知识可视化，从而促进学生对知识的理解。学生可以利用 GGB 软件实现自主探究，提高学生自主探究能力和问题解决能力。在 GGB 软件的可视化教学研究中，发现 GGB 软件应用于物理教学存在着一定的局限性：

（1）GGB 软件在仿真方面优势略显不足，从目前已开发出的案例来看，在中学物理实验中，主要有秒表的使用、刻度尺的使用、温度计的使用、滑动变阻器的使用等，但这类教学的仿真远不如实物教学来得直观。教师在利用 GGB 软件进行仿真器材的绘制时，会出现绘图步骤过于繁多的情况。

中国知网 https://www.cnki.net

（2）利用 GGB 软件进行实验教学时，所有的场景都是建立在已经计算好的数据的基础之上，全部都是理想化的结果，很少会出现实验误差，虽然提高了课堂教学的效率，但不利于学生误差分析能力的发展。

6.2 研究不足与展望

6.2.1 研究不足

由于笔者的精力和教学实践时间的限制，GGB 软件在初中物理可视化教学中的研究还存在以下几个方面的不足：

（1）在案例开发方面存在的问题：第一，绘图步骤繁多。GGB 可以通过调用工具栏中的工具进行绘图，也可以通过指令进行绘图。工具栏中的工具绘图虽然简单，但是容易造成绘图步骤繁多；指令绘图虽然简单，但是指令工具偏多，比较难以掌握。第二，模型不能完全模拟现实情况，只能在一定范围内保证模型的正确性。例如：在建构光学习题杯子绕着某一点旋转的问题中，液面既可以呈现出梯形，也可以呈现出三角形，目前建构出的模型是满足实际情况的，但其中还存在动态变化的问题，模型不够完善，仍需要调试。

（2）在对 GGB 可视化教学效果的研究中，只进行了一节课的教学实践，实践时间比较短，调查的样本量比较小。主要是由于在中学物理教学中已开发的 GGB 可视化教学案例比较少。笔者需要一边开展教学实践，一边进行 GGB 可视化教学案例的开发与制作。在笔者已开发制作好的案例中，由于教学案例所对应的实验对象的不同，这也给教学实践带来了一定的限制，将 GGB 软件应用到初中物理液体压强的教学中是笔者当前能够做到的研究。

6.2.2 研究展望

（1）GGB 软件的可视化教学效果高低与教师的信息化水平密切相关的。因此可以将 GGB 软件作为物理师范生或者物理教师培训的选修课。本研究提倡让学生亲自动手操作 GGB 软件，改变学生“学”的方式，因此也可以将 GGB 软件作为中学生的选修课，提高学生的信息技术素养。

（2）GGB 软件在初中物理教学中还有很多有待开发的案例，例如：凹面镜对光的会聚作用和凸面镜对光的发散作用、小孔成像原理以及伽利略斜面实验、探究浮力的影

中国知网 https://www.cnki.net

响因素实验、密度计的探究实验等。这些问题也是笔者今后的研究方向和工作重点。希望在后续的研究中，更多的物理教师参与到 GGB 软件的可视化教学中来，开发出更多的教学案例或者制作一本适合学生使用的校本教材，帮助学生进行自主探究，促进学生对物理知识的理解。

中国知网 https://www.cnki.net

中国知网 https://www.cnki.net

参考文献

[1] 中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准(2022 年版)[M].北京:北京师范大学出版社,2022.

[2] 陶扬,王玉婷,邢红军.中学物理课程数字资源简介[J].物理教师,2022,43(11):75-78+81.

[3] 江新文.农村初中物理教学与软件工具 GeoGebra 的深度融合[J].中学理科园地,2022,18(06):89-91.

[4] 陈林,桑芝芳.用 GeoGebra 精确绘制水中物体的虚像位置[J].中国现代教育装备,2022(06):30-32.

[5] Markus Hohenwarter. GeoGebra — didaktische Materialien und Anwendungen für den Mathematikunterricht[J]. Journal für Mathematik-Didaktik,2007,28(1).

[6] Chris Little. Teaching Calculus: Can GeoGebra Bridge the Algebra‐Geometry Divide?[J]. Mathematics in School,2008,37(5).

[7] Eunice Maria Mussoi,Maria Lucia Pozzatti Flores,Ana Marli Bulegon,Liane Margarida Rockenbach Tarouco. GeoGebra and eXe Learning: applicability in the teaching of Physics and Mathematics[J]. Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics,2011,9(2).

[8] M Malgieri,P Onorato,A De Ambrosis. Teaching quantum physics by the sum over paths approach and GeoGebra simulations[J]. European Journal of Physics,2014,35(5).

[9] Solvang L,Haglund J.How can GeoGebra support physics education in upper-secondary school-a review[J].Physics Education,2021,56(5):055011.

[10] Dan MacIsaac.Example Geogebra physics simulations and animations for physics teaching[J].The Physics Teacher,2017,55(6).

[11] 金惠吉,王静.GeoGebra 软件在物理教学中的应用研究综述[J].物理通报,2021(06):145-148.

[12] 黄北京.用 GeoGebra 辅助探究向心加速度大小的表达式[J].物理教学探讨,2013,31(07):59+61.

[13] 丘来金. GeoGebra 辅助中学物理教学的探讨[D].华东师范大学,2018.

[14] 邓思佳,沈璐,付丽萍.巧用 GeoGebra 构建安培力与洛伦兹力的模型[J].物理通报,2021(11):134-139.

[15] 盛宝骥.用 GeoGebra 呈现理想气体状态方程的三维图景[J].物理通报,2017(12):94-96+102.

[16] 邓莹莹,闫慧娟,张计才.GeoGebra 软件在中学物理教学中的应用[J].物理通报,2019(10):120-123+127.

[17] 盛宝骥.用 GeoGebra 软件描绘电荷电势分布[J].物理教师,2018,39(01):71-73.

[18] 汪海宁,李红梅.浅析 GeoGebra 软件在物理教学的应用[J].科技风,2021(07):75-76.

[19] 殷正徐.GeoGebra 在解决原始物理问题中的应用[J].物理教学探讨,2017,35(10):55-58.

[20] 张静,于文高.利用 GeoGebra 让行星的逆行现象不再神秘[J].物理教师,2020,41(06):62-64+68.

[21] 张赛男,周延怀,邵新一.基于 Geogebra 的辅助物理教学研究[J].软件导刊,2012,11(06):199-201.

[22] 邬晨海.Geogebra 在物理教学中的应用[J].物理教师,2012,33(11):55-56.

[23] 林春丹,李秋真,张程等.基于智能手机的静电场描绘及模拟[J].物理与工程,2020,30(03):113-118.

中国知网 https://www.cnki.net

[24] 张静,许勤.对半偏法测电压表内阻的系统误差分析的完善与验证[J].中学物理教学参考,2019,48(23):33-36.

[25] 杨培军,张兴华,王鹏.利用 GeoGebra 寻找有界磁场中的临界情况[J].物理教学探讨,2015,33(09):54-56+58.

[26] 殷正徐.应用 GeoGebra 软件深入研究一道高考物理题——等量同种点电荷连线中垂线上的场强研究[J].物理之友,2017,33(08):47-49.

[27] 陈林. 基于 GeoGebra 的高中物理习题可视化教学研究[D].苏州大学,2021.

[28] Fink R A,Ward.B,Smith S M.Creative cognition:theory research,and applications[M] Cambridge, MA:The MIT press,1922:2395.

[29] Eppler M J,Burkhard R A.Knowledge Visualisation: Towards a New Discipline and its Fields of Application[D].2004.

[30] Robert Lis. VISUAL TEACHING TECHNOLOGY IN IT SYSTEMS FOR THE “MILLENNIAL GENERATION”[J]. Advances in Science and Technology Research Journal,2015,9(28).

[31] Tinghong Gao,Xuechen Hu,Jinmin Zhang. The Application and Practice of Matlab in Solid State Physics Teaching[P]. Digital Technology in Education,2017.

[32] Fernández-Fontecha A,O’Halloran K L,Tan S,et al.A multimodal approach to visual thinking:the scientific sketchnote[J].Visual Communication,2019,18(1):5-29.

[33] 朱国强.物理仿真——Matlab 软件在物理教学中的应用之五[J].物理通报,2015(03):88-91.

[34] 蔡苏,王沛文,杨阳等.增强现实(AR)技术的教育应用综述[J].远程教育杂志,2016(5):27-40.

[35] 张敏锐,李凌云.可视化软件在物理教学中的应用[J].软件导刊,2008,7(12):199-200.

[36] 曹平.可视化软件助力初中物理习题教学[J].理科考试研究,2022,29(16):40-43.

[37] 崔北元,李金良,孙梅芳.信息技术助力高中物理试题讲评可视化——以 Python 为例[J].物理教师,2022,43(07):64-67.

[38] 明翔宇,陈俊.在“双新”背景下,例谈 Geogebra 软件在高中物理教学中的应用[J].物理教学,2022,44(04):22-26.

[39] 曹晓明.可视化教学过程设计研究[J].中国电化教育,2009(03):16-19.

[40] 张维忠,唐慧荣.可视化教学内容设计的五大原则[J].电化教育研究,2010(10):99-102.

[41] 李芒,蔡旻君,蒋科蔚,王妍莉.可视化教学设计方法与应用[J].电化教育研究,2013,34(03):16-22.

[42] 朱亚军.论高中物理可视化教学的学术原则与实施[J].物理教师,2015,36(06):32-34.

[43] 陈立娟,陈小会.利用概念图培养创新思维的理论探究[J].教学与管理,2008(15):13-15.

[44] 王靖文. 运用可视化教学促进初中生物理逻辑思维的教学实践[D].内蒙古师范大学,2019.

[45] 尹庆丰,刘霁华.妙用“可视化”技术促进科学思维进阶——以“简谐运动”教学为例[J].物理教师,2021,42(01):21-24.

[46] 梅剑. 初中物理课堂小结的可视化教学实践研究[D].内蒙古师范大学,2016.

[47] 闫媛媛. 初中生物学可视化教学的实践研究[D].延安大学,2022.

中国知网 https://www.cnki.net

[48] 许萍. 思维可视化在高中化学教学中的实施策略研究[D].哈尔滨师范大学,2019.

[49] 徐苑苑.思维可视化的教学研究[J].中国信息技术 教育,2013(5):70-74.

[50] 岑健林.可视化教学的研究与探索[J].中国教育信息化,2022,28(07):41-49.

[51] 陈林,桑芝芳.基于 GeoGebra 的高中物理可视化教学研究——以“交变电流”为例[J].物理教学探讨,2022,40(01):46-49.

[52] 让·皮亚杰.教育科学与儿童心理学[M].吴福元,译.北京:商务印书馆,1980:5-11.

[53] Clark,J.M.&Paivio,A.Dual coding theory and education[J].Educational Psychology Review,1991(3):149-210.

[54] 乔永海.GeoGebra 软件和高中物理的深度融合[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2022.

[55] 蔡文婧. GEOGEBRA 辅助初中物理教学的应用研究[D].哈尔滨师范大学,2022.

中国知网 https://www.cnki.net

中国知网 https://www.cnki.net

附录 A GeoGebra 的可视化教学效果调查问卷

亲爱的同学：你好！本次问卷针对利用 GGB 软件上课的效果满意度调查，调查采用匿名的方式进行，一共有 6 道试题，调查结果仅作为研究数据使用，不作为您的学习成绩、道德品质等方面的评价依据。请大家根据自身实际情况认真、如实填写，感谢你的配合！

1. 我希望老师上课能够多使用 GeoGebra 展现动态效果(　　)

A.非常认同 B.认同 C 不认同 D.非常不认同

2. 使用 GeoGebra 能提高我学习“液体压强”的兴趣(　　)

A.非常认同 B.认同 C 不认同 D.非常不认同

3. “液体压强”一课使用 GeoGebra 能吸引我的注意力(　　)

A.非常认同 B.认同 C 不认同 D.非常不认同

4. GeoGebra 的动态效果能帮助我理解液体压强的公式(　　)

A.非常认同 B.认同 C 不认同 D.非常不认同

5. GeoGebra 对液体压强与密度、深度关系的认识(　　)

A.非常认同 B.认同 C 不认同 D.非常不认同

6. GeoGebra 降低了我学习“液体压强”的难度(　　)

A. 非常认同 B.认同 C 不认同 D.非常不认同

中国知网 https://www.cnki.net

中国知网 https://www.cnki.net

附录 B 后测试题

1．关于液体压强，下列说法中正确的是(　　)

A．在同一深度，液体向上的压强大于向下的压强

B．在同种液体中，越深的地方液体的压强越大

C．液体对容器底的压强小于对容器侧壁的压强

D．液体具有流动性，所以液体内部向上的压强为零

2.如图 9－2－1 所示，一个盛水的试管由竖直方向逐渐倾斜，在水从试管中流出前，水对管底的压强将(　　)

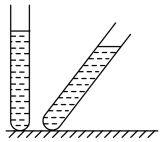


图 9－2－1

A．逐渐变大　　B．逐渐变小　　C．不发生变化　　D．先变大后变小

3．如图 9－2－2 所示，A、B、C 三个容器中分别装有盐水、清水和酒精，三个容器中液面相平，容器底部受到液体的压强分别为 p_A、p_B、p_C，则(　　)

A．$p_A>p_B>p_C$　　B．$p_A<p_B<p_C$　　C．$p_A=p_B=p_C$　　D．无法确定

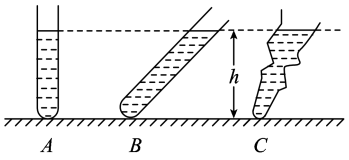


图 9－2－2

4．图 9－2－3 中能正确描述液体压强与深度关系的是(　　)

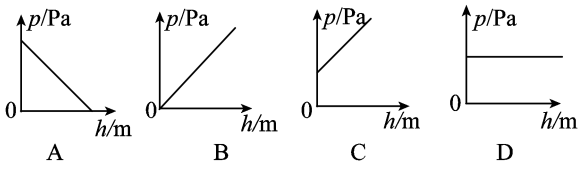


图 9－2－3

5.小亮同学在研究液体内部压强的规律时，大胆探索，用甲、乙两种液体多次实验，根据实验数据画出了液体压强随深度变化的图像，如图 9－2－4 所示，则甲、乙两种液体的密度关系是(　　)

中国知网　https://www.cnki.net

A．$\rho_{甲}<\rho_{乙}$　　B．$\rho_{甲}=\rho_{乙}$　　C．$\rho_{甲}>\rho_{乙}$　　D．条件不足，无法判定

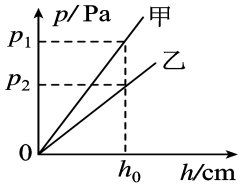


图 9－2－4

6.如图 9－2－5 所示，某实验小组探究液体的压强规律。（10 分）

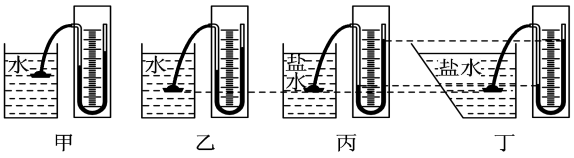


图 9－2－5

(1)探究装置叫_____，是用来测量_____的，液体压强大小通过_____来显示。

(2)实验前，要注意检查装置的_____性，使左右两侧玻璃管中的液面_____。

(3)甲、乙两图是探究液体压强与_____关系的。

(4)要探究液体压强与盛液体的容器形状是否有关，应选择_____两图进行对比，结论是：液体压强与盛液体的容器形状_____。

(5)在图丙中，固定该装置金属盒的橡皮膜在盐水中的深度，使橡皮膜分别处于向上、向下、向左、向右等方位，这是为了探究同一深度处，液体向_____的压强的大小关系。

7.小明用水桶存水 10N，水深 8cm，水桶的底面积是 100cm^2，如图所示，则桶底所受水的压强为多少？桶底所受水的压力为 10N 吗？请你通过计算说明（g 取 10N/kg)（20 分）

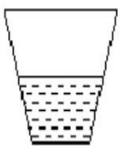


图 9-2-6

中国知网　https://www.cnki.net

附录 C 前后测成绩

姓名	班级	前测成绩	后测成绩	姓名	班级	前测成绩	后测成绩
许 XX	3 班	55	60	朱 XX	4 班	43	48
王 XX	3 班	54	59	邢 XX	4 班	49	71
杨 XX	3 班	27	62	王 XX	4 班	52	74
管 XX	3 班	41	53	缪 XX	4 班	54	68
李 XX	3 班	57	55	陈 XX	4 班	49	69
潘 XX	3 班	61	58	刘 XX	4 班	30	54
袁 XX	3 班	41	52	高 XX	4 班	50	56
张 XX	3 班	45	62	王 XX	4 班	64	51
王 XX	3 班	44	65	胡 XX	4 班	55	72
刘 XX	3 班	69	52	赵 XX	4 班	50	51
顾 XX	3 班	54	58	王 XX	4 班	51	61
刘 XX	3 班	42	61	洪 XX	4 班	32	68
袁 XX	3 班	32	53	王 XX	4 班	48	40
杜 XX	3 班	44	58	张 XX	4 班	45	49
汤 XX	3 班	61	55	刘 XX	4 班	50	48
汪 XX	3 班	54	56	陈 XX	4 班	56	45
钱 XX	3 班	24	62	卢 XX	4 班	59	62
王 XX	3 班	51	50	蔡 XX	4 班	52	46
汪 XX	3 班	41	45	解 XX	4 班	59	52
李 XX	3 班	39	57	汪 XX	4 班	35	32
王 XX	3 班	66	50	陶 XX	4 班	73	53
高 XX	3 班	55	41	王 XX	4 班	59	45

中国知网 https://www.cnki.net

刘 XX	3 班	66	45	李 XX	4 班	60	57
任 XX	3 班	41	40	葛 XX	4 班	55	74
吉 XX	3 班	61	45	郝 XX	4 班	66	57
朱 XX	3 班	38	46	卢 XX	4 班	39	55
李 XX	3 班	52	45	施 XX	4 班	65	60
宋 XX	3 班	58	65	孙 XX	4 班	49	41
魏 XX	3 班	36	55	胡 XX	4 班	57	46
陈 XX	3 班	55	49	陶 XX	4 班	38	67
曹 XX	3 班	59	48	练 XX	4 班	40	55
林 XX	3 班	51	43	刘 XX	4 班	47	55
李 XX	3 班	55	50	郑 XX	4 班	54	44
付 XX	3 班	30	46	黄 XX	4 班	34	49
王 XX	3 班	53	40	李 XX	4 班	28	63
张 XX	3 班	40	41	刘 XX	4 班	51	54
平 XX	3 班	53	34	徐 XX	4 班	47	54
王 XX	3 班	46	39	代 XX	4 班	63	50
章 XX	3 班	68	23	何 XX	4 班	44	44
陈 XX	3 班	44	31	孙 XX	4 班	64	33
罗 XX	3 班	56	42	沈 XX	4 班	47	38
毛 XX	3 班	42	35	尹 XX	4 班	53	51
张 XX	3 班	25	27	孙 XX	4 班	27	68
梁 XX	3 班	39	32	梁 XX	4 班	48	52
樊 XX	3 班	55	46	陈 XX	4 班	43	63
季 XX	3 班	63	30	朱 XX	4 班	43	54

中国知网 https://www.cnki.net

附录 D 杠杆的力臂制作步骤

序号	名称	描述	定义	数值
1	数字a			a = 1.5
2	点 O			O = (0, 0)
3	角度 α			α = -3°
4	点 A	x轴上的点	描点(x轴)	A = (-6, 0)
5	点 A'_1	A 旋转 α	旋转(A, α, O)	A'_1 = (-5.99, 0.31)
6	点 A'	A 关于 O 的镜像	对称(A, O)	A' = (6, 0)
7	点 A'_2	A'旋转α	旋转(A', α, O)	A'_2 = (5.99, -0.31)
8	列表 l1	序列(描点(线段(A'_1, A'_2), n), n, 0, 1/10)	序列(描点(线段(A'_1, A'_2), n), n, 0, 1/10)	l1 = {(-5.99, 0.31), (-4.79, 0.25), (-3.6, 0.1...
9	线段 h	线段OA'_2	线段(O, A'_2)	h = 6
10	圆 e	圆心为 O 且半径为 a 的圆	圆周(O, a)	e: $x^2 + y^2 = 2.25$
11	直线 n	经过点 O 且垂直于 h 的直线	垂线(O, h)	n: -5.99x + 0.31y = 0
12	点 I	e 与 n 的交点	交点(e, n, 2)	I = (0.08, 1.5)
13	向量 w	向量(O, I)	向量(O, I)	w = (0.08, 1.5)
14	列表 $l1'_1$	l1 按向量 -w平移	平移(l1, 向量(-w))	$l1'_1$ = {(-6.07, -1.18), (-4.87, -1.25), (-3.67, -1.31...
15	点 K	$l1'_1$ 上的点	描点($l1'_1$)	K = (-6.07, -1.18)
16	点 L	$l1'_1$ 上的点	描点($l1'_1$)	L = (5.91, -1.81)
17	列表 l1'	l1 按向量 w 平移	平移(l1, w)	l1' = {(-5.91, 1.81), (-4.71, 1.75), (-3.52, 1....

中国知网 https://www.cnki.net

（续表）

序号	名称	描述	定义	数值
18	点 M	l1' 上的点	描点(l1')	M = (6.07, 1. 18)
19	点 J	l1' 上的点	描点(l1')	J = (-5.91, 1.81)
20	四边形 q1	多边形J, K, L, M	多边形(J, K, L, M)	q1 = 36
20	线段 j_1	线段JK	线段(J, K, q1)	$j_1 = 3$
20	线段 k_1	线段KL	线段(K, L, q1)	$k_1 = 12$
20	线段 l_1	线段LM	线段(L, M, q1)	$l_1 = 3$
20	线段 m_1	线段MJ	线段(M, J, q1)	$m_1 = 12$
21	点 B	x轴上的点	描点(x轴)	B = (-7, 0)
22	点 B'	B 关于 O 的镜像	对称(B, O)	B' = (7, 0)
23	点 B'_1	B 旋转 α	旋转(B, α, O)	B'_1 = (-6.99, 0.37)
24	点 B''	B' 旋转 α	旋转(B', α, O)	B'' = (6.99, -0.37)
25	线段 f	线段$B'_1A'_1$	线段(B'_1, A'_1)	f = 1
26	线段 g	线段A'_1O	线段(A'_1, O)	g = 6
27	线段 i	线段A'_2B''	线段(A'2, B'')	i = 1
28	点 C	f 上的点	描点(f)	C = (-6.49, 0.34)
29	点 D	i 上的点	描点(i)	D = (6.43, -0.34)
30	点 F	q1 的内点	内点(q1)	F = (5.59, -0.24)
31	点 E	q1 的内点	内点(q1)	E = (-2.36, 0.1)
28	数字 L左	abs(x(E))	abs(x(E))	L左 = 2.36
29	数字 L右	abs(x(F))	abs(x(F))	L右 = 5.59
30	数字 c			c = 2
31	数字 d			d = 1
36	数字 F左	c * 3	c * 3	F左 = 6
37	数字 F右	3d	3d	F右 = 3

中国知网 https://www.cnki.net

（续表）

序号	名称	描述	定义	数值
38	数字 M左	round(F左L左 + 0.5abs(x(C)), 0)	round(F左L左 + 0.5abs(x(C)), 0)	M左 = 17
39	数字 M右	round(F右L右 + 0.5abs(x(D)), 0)	round(F右L右 + 0.5abs(x(D)), 0)	M右 = 20
40	角度 β	(M左 - M右)°	(M左 − M右)°	β = -3°
41	直线 j	经过点 O 且垂直于 x 轴的直线	垂线(O, x轴)	j：x = 0
42	直线 k	经过点 E 且平行于 j 的直线	直线(E, j)	k:x = -2.36
43	直线 l	经过点 F 且平行于 j 的直线	直线(F, j)	l: x = 5.59
44	直线 m	经过点 O 且垂直于 j 的直线	垂线(O, j)	m: y = 0
45	点 G	k 与m 的交点	交点(k, m)	G = (-2.36, 0)
46	点 H	l 与 m 的交点	交点(l, m)	H = (5.59, 0)
47	向量 u	向量(O, G)	向量(O, G)	u = (-2.36, 0)
48	向量 v	向量(O, H)	向量(O, H)	v = (5.59, 0)
49	点 N	E + (0, -4)	E + (0, -4)	N = (-2.36, -3.9)
50	线段 p	线段EN	线段(E, N)	p = 4
51	点 P	F + (0, -4)	F + (0, -4)	P = (5.59, -4.24)
52	线段 q	线段FP	线段(F, P)	q = 4
53	列表 l2	序列(N + (0, -n), n, 0, c, 1)	序列(N + (0, -n), n, 0, c, 1)	l2 = {(-2.36, -3.9), (-2.36, -4.9), (-2.36, -5....
54	图片 pic2			pic2
55	点 S			S = (1.74, -14.51)
56	布尔值 a_1			a_1 = false
57	布尔值 b			b = false
58	图片 pic6			pic6

中国知网 https://www.cnki.net

（续表）

序号	名称	描述	定义	数值
59	图片 pic7			pic7
60	图片 pic8			pic8
61	图片 pic1			pic1
62	图片 pic9			pic9
63	图片 pic3			pic3
64	图片 pic4			pic4
65	图片 pic5			pic5
66	列表 l3	序列(P + (0, -n), n, 0, d)	序列(P + (0, -n), n, 0, d)	l3 = {(5.59, -4.24), (5.59, -5.24)}
67	图片 pic10			pic10
68	图片 pic11			pic11
69	图片 pic12			pic12
70	图片 pic13			pic13
71	图片 pic14			pic14
72	点 Q			Q = (-3.96, -12.62)
73	点 T			T = (3.89, -12.64)
74	图片 pic15			pic15
75	线段 r	线段OF	线段(O, F)	r = 5.59

中国知网 https://www.cnki.net

附录 E 滑动变阻器最大功率制作步骤

序号	名称	描述	定义	数值
1	点 A			A = (4, 9)
2	点 B			B = (4, 1)
3	线段 f2	线段BA	线段(B, A)	$f_2 = 8$
4	点 C			C = (-1, 1)
5	点 D	f_2上的点	描点(f_2)	D = (4, 4.51)
6	四边形 q1	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	q1 = 1.84
6	线段 g	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	g = 0.62
6	线段 h	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	h = 2.95
6	线段 i	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	i = 0.62
6	线段 j	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	j = 2.95
6	线段 k	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	k = 1.38
6	线段 l	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	I = 0.67
6	线段 m	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	m = 0.67
6	向量 u	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	u = (0, -3.19)
6	点 E_1	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	E_1 = (1.85, 1)
6	点 F	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	F = (3.33, 0.69)
6	点 G	滑R三点(C, B, D)	滑R三点(C, B, D)	G = (3.33, 1)
7	点 H			H = (-3, 1)
8	线段 n	开关(H, C)	开关(H, C)	n = 0.57
8	线段 p	开关(H, C)	开关(H, C)	p = 1.06
8	点 I	开关(H, C)	开关(H, C)	I = (-2.43, 1)
8	点 J	开关(H, C)	开关(H, C)	J = (-2.06, 1)

中国知网 https://www.cnki.net

（续表）

序号	名称	描述	定义	数值
8	点 K	开关(H, C)	开关(H, C)	K = (-2.06, 1)
8	线段 q	开关(H, C)	开关(H, C)	q = 0.37
9	点 L			L = (-7, 1)
10	线段 r	电源2(L, H)	电源2(L, H)	r = 1.25
10	线段 s	电源2(L, H)	电源2(L, H)	s = 2.17
10	线段 t	电源2(L, H)	电源2(L, H)	t = 0.67
10	线段 a	电源2(L, H)	电源2(L, H)	a = 0.37
10	线段 b	电源2(L, H)	电源2(L, H)	b = 0.67
10	线段 c	电源2(L, H)	电源2(L, H)	c = 0.37
10	点 M	电源2(L, H)	电源2(L, H)	M = (-4.46, 1)
10	点 N	电源2(L, H)	电源2(L, H)	N = (-4.83, 1.34)
11	点 O			O = (-7, 9)
12	线段 d	电阻(O, A)	电阻(O, A)	d = 0.73
12	线段 e	电阻(O, A)	电阻(O, A)	e = 2.98
12	线段 f_1	电阻(O, A)	电阻(O, A)	f_1 = 2.98
12	线段 g_1	电阻(O, A)	电阻(O, A)	g_1 = 0.73
12	线段 h_1	电阻(O, A)	电阻(O, A)	h_1 = 3.83
12	线段 i_1	电阻(O, A)	电阻(O, A)	i_1 = 4.19
12	点 P_1	电阻(O, A)	电阻(O, A)	P_1 = (-1.68, 9)
12	点 Q	电阻(O, A)	电阻(O, A)	Q = (-0.19, 9.36)
13	线段 j_1	线段OL	线段(O, L)	j_1 = 8
14	文本 text2			"参数设置"
15	数字 E			E = 14
16	数字 R_0			R_0 = 4

中国知网 https://www.cnki.net

（续表）

序号	名称	描述	定义	数值
17	数字 R_{max}			R_{max}=12.1
18	文本 text1			"滑动变阻器的最大功率"
19	文本 text3			"R_0"
20	函数 f	$((E / (R_0 + x))^2$ x) / (x > 0)	$((E / (R_0 + x))^2$ x) / (x > 0)	f(x) = $((14 / (4 + x))^2$ x) / (x > 0)
21	点 P_m	极值点(f, -4.3, -4.3)	极值点(f, -4.3, -4.3)	P_m = (4, 12.25)
22	数字 R_x	(h + i - m) / h R_{max}	(h + i - m) / h R_{max}	R_x = 11.91
23	点 P	(R_x,f(R_x))	(R_x,f(R_x))	P = (11.91, 9.22)
24	布尔值 o			o = true
25	布尔值 w			w = true
26	布尔值 text4			"R"

中国知网 https://www.cnki.net

中国知网 https://www.cnki.net

附录 F 液体压强的制作步骤

序号	名称	描述	定义	数值
1	点 B			B = (0, 0)
2	数字 水位			水位 = 10
3	折线 f	折线 (0, 15), (0, 0), (5, 0), (5, 15)	折线 (0, 15), (0, 0), (5, 0), (5, 15)	f = 35
4	点 O			O = (23.15, 5.05)
5	点 O_1			O_1 = (22.82, 3.6)
6	数字 ρ			ρ = 1.5
7	点 C	B + (0, 水位)	B + (0, 水位)	C = (0, 10)
8	点 D			D = (5, 0)
9	点 E	D + (0, 水位)	D + (0, 水位)	E = (5, 10)
10	四边形 q1	多边形 C, B, D, E	多边形(C, B, D, E)	q1 = 50
10	线段 c	线段CB	线段(C, B, q1)	c = 10
10	线段 b	线段BD	线段(B, D, q1)	b = 5
10	线段 d	线段DE	线段(D, E, q1)	d = 10
10	线段 e	线段EC	线段(E, C, q1)	e = 5
11	点 F	f 上的点	描点(f)	F = (2.56, 0)
12	点 G	F + (0, 15)	F + (0, 15)	G = (2.56, 15)
13	线段 g	线段GF	线段(G, F)	g = 15
14	点 H	g 上的点	描点(g)	H = (2.56, 0)
15	线段 h_1	线段GH	线段(G, H)	h_1 = 15
16	数字 h	如果(y(H) < y(C), y(C) - y(H), 0)	如果(y(H) < y(C), y(C) - y(H), 0)	h = 10
17	点 I	e 与 h_1 的交点	交点(e, h_1)	I = (2.56, 10)

中国知网 https://www.cnki.net

（续表）

序号	名称	描述	定义	数值
18	线段 i	线段IH	线段(I, H)	i = 10
19	数字 P	ρ * 9.8h	ρ * 9.8h	P = 147
20	点 J	O + (h, 1P / 50)	O + (h, 1P / 50)	J = (33.15, 7.99)
21	点 A	O_1 + (ρ , P / 50)	O_1 + (ρ , P / 50)	A = (24.32, 6.54)
22	轨迹 loc1	轨迹(J, H)	轨迹(J, H)	loc1 = 轨迹(J, H)
23	轨迹 loc2	轨迹(A, ρ)	轨迹(A, ρ)	loc2 = 轨迹(A, ρ)
24	点 K	O + (12, 0)	O + (12, 0)	K = (35.15, 5.05)
25	点 L	O + (0, 12)	O + (0, 12)	L = (23.15, 17.05)
26	点 M	O_1 + (12, 0)	O_1 + (12, 0)	M = (34.82, 3.6)
27	点 N	O_1 + (0, 12)	O_1 + (0, 12)	N = (22.82, 15.6)
28	布尔值 k			k = true
29	布尔值 j			j = true
30	布尔值 a			a = false
31	布尔值 l			l = false
32	点 Q			Q = (6.26, 15.83)
33	点 R			R = (10.46, 15.83)
34	图片 pic1			pic1
35	点 S			S = (11.39, 5)
36	点 T			T = (16.44, 5.01)
37	笔触 stroke1			stroke1
38	笔触 stroke2			stroke2
39	点 U			U = (10.15, 1.58)
40	点 V			V = (18.14, 1.6)
41	图片 pic2			pic2

中国知网 https://www.cnki.net

（续表）

序号	名称	描述	定义	数值
42	文本 text1	"" + P + ""		"147"
43	折线 m	折线(H + (-0.5, 0.6), H + (-0.5, 0.3), H + (0.5, 0.3), H + (0.5, 0.6), H + (-0.5, 0.6))	折线(H + (-0.5, 0.6), H + (-0.5, 0.3), H + (0.5, 0.3), H + (0.5, 0.6), H + (-0.5, 0.6))	m = 2.6
44	折线 n	折线(H + (-0.5, 0.6), H + (-0.5, 0.3), H + (0.5, 0.3), H + (0.5, 0.6), H + (-0.5, 0.6))	折线(H + (-0.5, 0.6), H + (-0.5, 0.3), H + (0.5, 0.3), H + (0.5, 0.6), H + (-0.5, 0.6))	n = 3.4
45	笔触 stroke3			stroke3
46	笔触 stroke4			stroke4
47	笔触 stroke5			stroke5
48	数字 o	P / (ρ h)	P / (ρ h)	o = 9.8
49	文本 text2	"k=" + (公式文本(o)) + ""	"k=" + (公式文本(o)) + ""	"k=9.8"
50	列表 l1	{向量(O, O + (0, 12)), 向量(O, O + (12, 0)), 序列({线段(O + (0, 2i), O + (0.2, 2i)), 文本(100i, O + (-1.5, 2i - 0.1))}, i, 1, 5), 序列({线段(O + (2i, 0), O + (2i, 0.2)), 文本(2i, O + (2i - 0.1, -1))}, i, 1, 5)}	{向量(O, O + (0, 12)), 向量(O, O + (12, 0)), 序列({线段(O + (0, 2i), O + (0.2, 2i)), 文本(100i, O + (-1.5, 2i - 0.1))}, i, 1, 5), 序列({线段(O + (2i, 0), O + (2i, 0.2)), 文本(2i, O + (2i - 0.1, -1))}, i, 1, 5)}	l1 = {(0, 12), (12, 0), {{0.2, “100”}, ...
51	列表 l2	{向量(O_1, O_1 + (0, 12)), 向量(O_1, O_1 + (12, 0)), 序列({线段(O_1 + (0, 2i), O_1 + (0.3, 2i)), 文本(100i, O_1 + (-2, 2i - 0.1))}, i, 1, 5), 序列({线段(O_1 + (2i, 0), O_1 + (2i, 0.2)), 文本(2i, O_1 + (2i - 0.1, -1))}, i, 1, 5)}		l2 = {(0,12),(12,0), {{0.3, “100”}, ...

中国知网 https://www.cnki.net