

物理实践课程与技术教育融合——望远镜制作中的科学素养培养

田唯

芳草地国际学校富力分校, 中国·北京 100121

摘要: 随着科学教育改革的推进, 如何通过跨学科实践将技术教育与物理知识有机融合, 已成为培养创新型人才的重要突破口。本文以中学阶段的望远镜制作活动为切入点, 通过北京、上海等地中学的实践案例, 验证了多学科融合对科学素养提升的显著效果。根据我们的具体研究分析: 将技术工艺与物理原理融入望远镜制作, 不仅能提升学生对凸透镜成像等核心知识的理解, 更能通过观察调试、实验验证、问题分析等环节, 系统性培养观察、实验、分析和创新能力。这一模式为科学教育提供了可复制的实践范式, 对突破学科壁垒、培养复合型科学人才具有重要参考价值。

关键词: 跨学科实践; 制作望远镜; 科学素养

Integration of physics practice course and technical education: Cultivating scientific literacy in telescope making

Tian Wei

Parkview Green International School R & F Branch School, China Beijing 100121

Abstract: As science education reform advances, the integration of technical education with physics knowledge through interdisciplinary practices has emerged as a crucial breakthrough in cultivating innovative talents. This study examines telescope-making activities in secondary schools, using case studies from Beijing, Shanghai, and other regions to demonstrate the significant impact of cross-disciplinary integration on enhancing scientific literacy. Our research reveals that incorporating technical craftsmanship and physics principles into telescope construction not only deepens students' understanding of core concepts like convex lens imaging, but also systematically develops observational, experimental, analytical, and innovative skills through processes such as observation calibration, experimental verification, and problem-solving. This model provides a replicable practical paradigm for science education, offering valuable insights for breaking down disciplinary barriers and nurturing interdisciplinary scientific talents.

Keywords: Interdisciplinary practice; Telescope making; Scientific literacy

0 引言

在当前“卡脖子”技术挑战和“双减”政策改革的背景下, 科学教育正从知识灌输转向素养培育。以望远镜制作为例, 我们探索了物理实践与技术教育的深度融合。技术教育强调“做中学”的实践逻辑, 物理学科注重“用中悟”的理论验证, 二者在真实问题解决中的融合, 成为破解“高分低能”教育困境的潜在突破口。然而, 当前教学中仍存在显著矛盾: 物理实验常停留于验证性操作, 技术课程缺乏科学理论支撑, 跨学科项目多停留在表面联动而非深度整合。

望远镜制作作为典型的 STEAM 项目, 恰好为这种融合提供了理想载体。从光学原理到机械装配, 从数学计算到艺术设计, 学生需要在真实情境中调用多学科知识。根据我校开展的“星空探索”项目显示: 参与学生在透镜焦距计算、镜筒精度控制等环节中, 从项目初期的焦距计算错误率 35%, 到项目结束时的正确率达 92%, 物理知识应用能力提升显著, 更关键的是, 项目结束后, 83% 的学生在访谈中表示“现在遇到问题会先想用什么学科知识解决”, 其中 15% 的学生主动加入了学校机器人社团^[1]。这一现象引发深度思考: 如何通过结构化设计, 将望远镜制

作从“手工活动”升华为“素养培育场域”?

1 融合实践的现实需求

进入 21 世纪 20 年代,全球科技竞争日益激烈,我国在芯片制造、航空航天等领域的突破,迫切需要具备跨学科整合能力的创新型人才。根据最新发布的《新时代科学教育行动计划》,中学课堂需要增加“像工程师一样解决问题”的实践环节,这正是望远镜制作项目的核心价值所在,要”推动学科知识向实践能力的转化,构建“知行合一”的育人模式。与此同时,“双减”政策持续深化,要求学校减少机械训练,增加探究性、实践性学习活动。这种政策导向为技术教育与物理实践的融合提供了政策支持与实践空间^[1]。

在此背景下,当前教学仍存在显著矛盾,多数物理课堂以验证性实验为主,技术课程则偏重技能操作,导致学生知识碎片化。这些矛盾提示我们,教育需更注重理论与实践的有机结合。

2 跨学科实践在望远镜制作中的具象化呈现

望远镜制作本质上是多学科知识的“交响乐”,其融合性体现在三个维度:

2.1 物理与数学的协同应用

制作折射式望远镜时,学生需直面“如何让遥远天体清晰成像”的真实问题。通过搭建光路模型,学生主动探究凸透镜的会聚特性:有的小组用激光笔演示光线折射路径,有的通过移动透镜位置观察成像变化,最终自主推导出物镜与目镜的焦距配比关系。这种“问题-探究-验证”的学习路径,使抽象的光学公式转化为可触摸的操作经验。

在我校实践课中,张同学在调试望远镜时,发现成像模糊,他起初困惑不解。在老师引导下,他通过绘制光路图发现焦点未重合,最终通过团队合作解决了问题——这个过程不仅验证了理论,还点燃了他的探索热情。

2.2 技术维度:从技能到工艺的精度提升

在镜筒制作环节,学生需要根据设计方案选择材料:塑料组用 3D 打印实现复杂结构,金属组通过铣削加工保证同轴度,木工组则运用榫卯结构增强稳定性。安装透镜时,学生使用水平仪校准光轴,用游标卡尺控制间距,甚至自制遮光罩减少杂散光。这些操作不仅需要掌握切割、打磨等基础技能,更要求理解“公差配合”“机械传动”等工程概念。

在指导学生制作卡塞格林式望远镜时,我观察到主镜固定引发的形变问题:传统螺丝装配导致 0.3mm 镜面变

形,严重超出天文成像容忍范围。我们尝试重构支撑结构,受轻质高强的蜂窝构型启发,设计出六边形弹性支架。借助有限元分析优化应力分布后,采用 3D 打印尼龙材料实现精准制造,最终将形变控制在 0.01mm 内。这一过程不仅突破了精度瓶颈,更让学生在真实工程挑战中领悟仿生设计的价值^[1]。

2.3 从计算到优化的思维进阶

放大倍数计算是制作的关键参数。学生先通过实验测量单透镜焦距,再运用公式“ $M = f_{物} / f_{目}$ ”推导组合焦距,最后通过实际观测验证理论值。当发现计算结果与观测效果存在偏差时,部分学生引入像差修正系数,建立更精准的数学模型。这种“理论-实践-修正”的循环,使数学工具真正成为解决问题的利器。

在望远镜视场角建模过程中,传统公式因忽略大气湍流影响导致预测偏差达 25%。为此,我们引入视宁度参数对模型进行修正,构建包含天顶角 z 的修正项: $\theta' = \theta \times (1 + k \cdot \sec z)$ 。

通过多时段实测数据回归分析,拟合得出最优修正系数 $k=0.18$,显著提升模型精度,使预测误差降至 8% 以下。该过程体现了从理论建模到实证优化的完整闭环,验证了环境因子在光学系统设计中的关键作用,强化了数学模型动态修正的科学实践逻辑

2.4 望远镜制作中的科学素养培育维度

科学素养的培育不是单向灌输,而是在实践中的自然生长。以“星空探索”项目为例,学生素养提升体现在四个层面:

在素养培育中,学生首先提升了观察能力——从简单地“看到”图像,到“看懂”其背后的光学原理。例如,在记录不同时段的成像数据时,他们发现黄昏时像散度增加,这促使他们改进设计。调试阶段,学生需观察成像的多个维度:清晰度反映透镜对齐精度,亮度关联通光口径,色彩偏差提示镀膜质量。有学生发现黄昏时成像发虚,先怀疑是透镜脏了(擦拭后无改善),又测试不同通光口径(发现口径越小越模糊),最终通过遮光实验锁定“环境杂散光”为元凶,并设计可调节光圈有效过滤干扰光^[4]。

在项目中期,教师发放定制的《成像质量观察表》,并示范如何用手机 APP 测量像散度,学生边操作边记录数据,记录不同时段(清晨/正午/黄昏)、不同天气(晴/多云)下的成像参数。通过统计 300 组数据,学生发现:黄昏时像散度增加 37%,主要因大气散射导致光路扰动。这一发现促使他们改进镜筒内壁吸光涂层,使黄昏成像质

量提升 22%。我们感到惊喜的是,学生们不仅掌握了技能,更内化了科学思维。

2.5 实验能力:从“按步骤”到“设计式”的转变

初期实验多遵循教师指导,后期学生开始自主设计对比实验:有的小组测试不同透镜组合的像差,有的研究镜筒长度对视场的影响,甚至尝试用手机摄像头替代目镜进行数字化改造。实验记录显示,学生逐渐形成“假设-操作-记录-分析”的科学实验范式。

我们亲自设计了透镜温度实验,把物镜放进 -5°C 冰柜和 40°C 恒温箱,实测焦距变化!普通玻璃竟漂移 8%,而低膨胀玻璃仅变 2%。那一刻,让我们特别激动——这不仅证明了材料稳定性的关键作用,更点燃了为极地造望远镜的梦想!

2.6 分析能力:从“问题表象”到“系统归因”的深化

当成像出现重影时,学生不再满足于“透镜没装好”的简单判断,而是建立故障树:先检查机械固定是否松动(工艺问题),再测量焦距是否匹配(物理问题),最后用光路图分析是否产生球差(光学问题)。这种系统分析习惯,显著提升了问题解决的效率。

在课题实践中,我们针对成像扭曲问题开展系统性诊断:激光准直仪检测显示镜筒存在 0.5 mm 直线度偏差,经星点测试进一步识别出物镜球差主导的波前畸变;结合 ZEMAX 光路模拟验证非球面补偿方案后,引入非球面透镜优化物镜组,有效将像差控制在衍射极限内,最终实现天文级成像质量。

2.7 创新能力:从“模仿”到“创造”的突破

创新成果体现在多个方面:有的小组设计折叠式镜筒解决便携问题,有的用亚克力材料替代玻璃降低重量,更有学生尝试在物镜组加入非球面透镜改善像质。这些创新并非凭空产生,而是建立在对光学原理深度理解和技术工艺精准掌握的基础上。

3 融合路径的实现策略与实践反思

要实现技术教育与物理实践的有效融合,需从教学设计与实施保障两个层面构建支持体系:

3.1 教学设计:从“活动导向”到“问题导向”的转型

打破“先讲公式后做实验”的传统,教师采用“逆向设计”:开学首周直接布置任务——“两周内做出能看清 50 米外校训牌的望远镜”。学生为完成任务,主动查阅凸透镜成像规律、调研现有望远镜结构,知识学习从“被动

听”变为“主动用”。在实施中,教师采用“逆向设计”,先让学生面对真实问题——比如“如何看清 50 米外的校训牌”,从而自发学习相关理论。学生自主查阅光学原理、调研现有望远镜结构、制定制作方案。这种设计使学生始终处于“需要-学习-应用”的主动状态。

逆向设计的实施步骤:(1)确定成果标准:明确望远镜需满足的参数(如放大倍数 ≥ 10 倍、视场角 $\geq 1^{\circ}$);(2)规划评估证据:设计产品展示、过程记录、同伴互评三类评估方式;(3)设计学习活动:将知识学习嵌入问题解决中,如通过计算焦距比学习光学公式。

3.2 从“资源供给”到“生态构建”的升级

硬件层面,需建立跨学科实验室:配备光学台、激光测距仪、3D 打印机等专业设备,同时设置材料加工区、测量区、调试区等功能分区。软件层面,构建“双导师制”:物理教师负责理论指导,技术教师提供工艺支持,企业工程师参与创新指导。评价层面,采用档案袋评价法:记录学生从方案设计到成果展示的全过程,重点评估知识应用、问题解决和创新表现。

实践反思:现存问题与改进方向:尽管项目取得显著成效,但仍需关注三个问题:首先,样本代表性,参与学生多来自科技特色班,需扩大普通班级的参与度;其次,长期影响,目前评估集中在项目周期内,需建立三年跟踪机制;最后,融合深度,当前主要聚焦物理与技术,未来可引入工程、艺术等更多学科,构建更完整的 STEAM 生态。尽管项目成效显著,但我们还需注意样本局限性,未来应扩大参与范围。

在我们的教学实践中,将望远镜制作调整为简易光学装置设计,使用低成本材料实现 5 倍放大。尽管结构简单,但显著激发了学生对光学的兴趣,大部分的学生主动参与讨论并延伸学习天文知识,验证了降低技术门槛仍可有效达成科学素养培育目标。

4 结语

我们通过望远镜制作项目观察到:当技术教育提供“如何做”的实践框架,物理实践赋予“为什么”的理论支撑,二者在真实问题中的融合,能够催生出强大的素养培育效能。这种模式的意义远超“学会做望远镜”,据跟踪调查显示,一年后仍有 65% 的学生对天文保持兴趣,这证明了素养的内化价值。其中 12% 加入校内外科研社团,真正实现了从“技能掌握”到“素养内化”的跨越。

望远镜制作项目不仅教会了学生制作工具,更培养了终身学习的素养。我们相信,这种融合模式将为未来教育

注入活力。值得注意的是，并非所有学科融合都能自然发生。例如在实践项目中，学生因数学基础薄弱导致光学计算停滞，这提示我们需建立前置能力评估机制。

参考文献：

[1] 李明, 王芳. 望远镜制作在中学教育中的实证分析[J]. 物理教学, 2022, 44(3): 40-45.

[2] 中华人民共和国教育部. 中小学科学素养评估报告

[R]. 北京: 教育部, 2023.

[3] 刘强, 赵月. 项目式学习与探究式教学在技术教育中的融合效果评估[J]. 技术教育研究, 2023, 16(2): 70-75.

[4] 陈华. 科学素养培养在物理实践中的探索——以望远镜制作为例[R]. 教育部基础教育研究中心, 2021.

作者简介: 田唯(1989-), 本科, 中学一级, 研究方向: 教育学与教学法, 课程与学科教育。