

基于 OBE 理念的大学物理实验教学设计

——以三线摆测转动惯量实验为例

陈涛

桂林电子科技大学北海校区 广西北海 536000

DOI:10.32629/ems.v8i5.20175

[摘要] 在高等院校理工科专业的课程中,《大学物理实验》是理工科人才培养的核心课程之一,学生通过该课程的学习为后续的专业实验课程的学习打下良好的基础。本文对三线摆测量转动惯量实验的教学设计以 OBE 理念为指引进行探讨研究。在教学设计中,依据学生层次的不同设计选做实验部分。通过实验报告和调查问卷方式等方式了解学生的需求与学习成果。对教学过程中发现的问题进行教学反思并持续改进优化,提升教学质量。

[关键词] 大学物理实验;转动惯量;教学设计;OBE 理念

引言

OBE(基于成果导向教育)理念起源于上世纪的美国,由美国学者 spady 在 1981 年提出,在本世纪初被我国引入^[1]。其教育理念的核心思想主要有三个方面:以学生为中心、以成果为导向、持续进行改进。随着时代的不断发展,OBE 理念在教育教学中被越来越重视。OBE 理念强调学生的学习成果不在于学生的最后分数,关注的是学生在学习过程中所掌握的真正技能。为此,越来越多的教学借助 OBE 理念,以学生为教学中心,将学生的学习成果作为评价指标,并持续改进。

《大学物理实验》作为理工科专业的同学在本科阶段的基础实验课程,是理工科学生培养体系中不可或缺的核心课程。通过该课程可有效地提升学生对物理理论的验证与深度学习,对于培养学生的科学思维、实验能力、数据处理等能力起着至关重要的作用。传统的教学方法往往是老师教什么学生学什么。学生主动学习的热情不高,造成教学效果不佳的状况。近些年来,已有多个团队开展基于 OBE 理念在大学物理实验教学中的实践,刘曦探讨了基于 OBE 理念下的大学物理实验中的声速测量教学^[2]。程德胜等研究了以“示波器的使用”为例基于 OBE 理念的大学物理实验课堂教学实践^[3]。燕晶研究了 OBE 理念的大学物理实验教学改革创新^[4]。吕东燕等探究基于 OBE 理念的大学物理实验 PPBL 教学模式^[5]。综合以上研究成果表明,基于 OBE 理念下的大学物理实验教学模式的的教学取得了更好的教学效果。三线摆测转动惯量实

验是大学物理实验中的一个基础力学实验,在三线摆测量转动惯量实验的教学中,以 OBE 理念为指导,开展教学设计是非常有必要的。可有效培养学生的实验动手能力与逻辑思维能力,提升学生的综合素养。

1 教学目标

三线摆测转动惯量实验以 OBE 理念为出发点,注重学生动手实践能力培养。课程培养目标主要有以下三点:

知识目标: 理解三线摆测量转动惯量的基本原理,核心知识点包括转动惯量的概念,机械能守恒能,相对误差等。

能力目标: 通过学习游标卡尺、电子天平、多功能毫秒仪等仪器设备的使用和学会数据的处理与误差分析等,培养学生的动手能力和数据处理分析的能力。

价值目标: 通过介绍转动惯量在电机、发动机等工程设计上考虑重要性,引导学生树立科技强国远大理想,激发学生的创新精神与科学情怀,培养学生严谨的科学态度。

2 教学设计

为有效提升教学质量和学生学习成效,基于 OBE 理念开展教学设计,形成课前-课中-课后+持续优化的教学设计,如图 1 所示。在课前发布预习任务,开展问卷调查进行学情分析。课中通过实验原理的讲解,实验实操演示,并在学生自主实验的过程中与学生讨论。课后,通过学生的实验报告与问卷调查等多方面收集教学反馈信息,及时开展教学反思,持续优化改进提升教学质量。

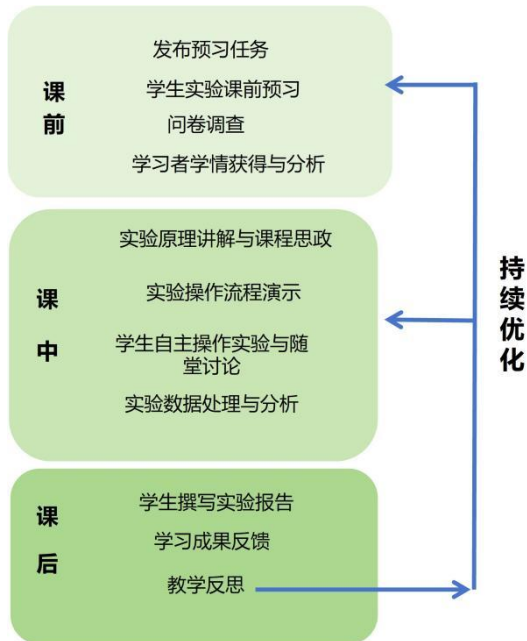


图1 教学设计流程图

2.1 学习者学情获得与分析

物理实验课程中的实验原理在实验之前是需要掌握的, 在上课之前设计在线问卷调查。通过问卷的调查方式了解学生的预习情况, 包括三线摆测转动惯量的基本原理的掌握情况, 游标卡尺的使用以及数据处理方法的掌握情况与实验的疑问与难点等。除此之外还包括学生以往在中学阶段的物理实验经验。通过问卷调查掌握学生的基本情况, 有利于我们课堂的开展。基于问卷调查获得的基本情况, 开展学情分析。

2.2 课程思政

大学物理实验, 往往是理工科专业学生在本科期间的第一门实验课程。这门课程不仅是开启学生科学探索之门的钥匙, 更是培养学生科学精神、严谨务实、求真创新品格的起点。在实验过程中, 着重强调实验规范: 如水平调节、多次重复周期测量、游标卡尺使用等, 指出“差之毫厘谬以千里”——微小操作误差可能导致结果偏差, 呼应科学研究工作的严谨性。在我国的工业发展历史中, 上到航空航天, 下到基本的电机电扇。转动惯量作为重要的设计参数, 上世纪五六十年代科学家与工程师们在当时没有计算机的情况下, 通过笔算与手绘图对设计进行反复计算核验, 对每一处误差细致追溯, 诠释了科学家与工程师们的责任与担当。体现了我国科学家刻苦奋斗, 不畏艰难的精神。实验数据的记录过程中, 如发现异常的数据, 要如实记录, 不能篡改数据, 后

续再反复验证, 不能弄虚作假, 强调尊重科学事实的底线。

2.3 实验原理

刚体转动惯量与刚体的质量、形状及转轴的位置有关。三线摆是用等长的细线将上下两个圆盘联结而成, 上盘半径比下盘半径小。轻轻转动上盘, 下盘可绕中心垂线扭转, 下盘的扭转周期与下盘转动惯量有关。改变下盘的转动惯量时, 扭转周期发生变化。通过测量其扭转周期, 可求出质量已知物体的转动惯量。

根据机械能守恒定律, 如果转动的角度足够小, 则可将下盘的运动可以看成简谐运动, 通过推导可得如下公式。

1. 下盘空载时绕中心轴做扭摆时转动惯量的实验值为:

$$J_0 = \frac{m_0 g R r}{4\pi^2 H} T_0^2 \quad (1)$$

在式(1)中, m_0 是圆盘质量; g 是重力加速度; r 指上圆盘中心到各悬线点的距离; R 指下圆盘中心到各悬线点的距离; H 是上盘到下盘之间的距离; T_0 是圆盘的转动周期。

圆盘转动惯量的理论值为:

$$J'_0 = \frac{m_0 R_{\text{盘}}^2}{2} \quad (2)$$

在式(2)中 $R_{\text{盘}}$ 为下圆盘半径。

2. 在下盘上放置一质量为 m_1 的圆环, 其质心落在中心轴。则下盘和圆环对于中心轴转动惯量的实验值为:

$$J_1 = \frac{(m_0 + m_1) g R r}{4\pi^2 H} T_1^2 \quad (3)$$

在式(3)中 T_1 是下盘加上圆环后的转动周期, 将上式换算, 可得质量为 m_1 的圆环对中心轴转动惯量的实验值为:

$$J_{m1} = J_1 - J_0 \quad (4)$$

质量为 m_1 的圆环转动惯量的理论值为:

$$J'_{m1} = \frac{m_1 (R_{\text{内}}^2 + R_{\text{外}}^2)}{2} \quad (5)$$

在式(5)中 $R_{\text{内}}$ 为圆环内半径, $R_{\text{外}}$ 为圆环外半径。

3. 质量为 m 的物体绕过质心轴线的转动惯量为 J , 转轴平行移动距离为 l 时, 其绕新轴的转动惯量 J' 将变为:

$$J' = J + ml^2 \quad (6)$$

圆柱体的质量为 m_2 , 将两个质量相同的圆柱体对称地放置在下圆盘的两边, 并使其边缘与圆盘上同心圆刻槽线相切, 圆柱中心距离转轴的距离为 x 。

由理论可知实验测得转动周期为 T_2 , 则下圆盘和两圆柱体对中心转轴的转动惯量实验值为:

$$J_2 = \frac{(m_0 + 2m_2)gRr}{4\pi^2 H} T_2^2 \quad (7)$$

则质量为 m_2 的圆柱体对中心轴的转动惯量的实验值为:

$$J_{m2} = \frac{1}{2}(J_2 - J_0) \quad (8)$$

由平行轴定理可知, 理论上求得质量为 m_2 的圆柱体对中心轴转动惯量的理论值为:

$$J'_{m2} = \frac{1}{2}m_2 R_x^2 + m_2 x^2 \quad (9)$$

在式(9)中, R_x 为圆柱体的半径。

2.4 实验内容与数据处理

实验内容根据 OBE 教学理念, 设计选做实验部分。旨在面对不同层次的学生, 学生根据自身情况来选择。实验可以选择两人为一小组, 学生也可选择单独实验。将实验分为三部分, 其中前面两部分为必做实验, 后面平行轴定理验证为选做实验。

数据处理: 数据处理的内容包括转动惯量理论值的计算, 转动惯量实验值的计算和相对误差的计算。学生需将实验测量数据, 计算过程与结果进行整理。并对实验结果进行分析, 包括误差来源与实验结果是否合理等进行分析。

2.5 随堂讨论

在学生实验操作过程后, 与学生进行面对面交流。融入 OBE 理念中的以学生为中心的思想, 让学生主动交流进行思维的碰撞, 营造出一个放松自由的交流氛围, 鼓励学生积极发言, 大胆表达自己的想法和观点。在交流过程中检查学生对基本实验原理的掌握程度。探讨实验需要改进的地方, 以及学生在实验过程中犯了哪些错误, 主要遇到哪些困难等教师在交流的过程中综合学生的表现, 给予改进建议。通过面对面交流, 激发学生的实验热情。在讨论中, 对于科学性的问题要基于实验数据说话, 避免泛泛而谈。培养学生的批判性思维, 鼓励学生对实验设计、方法等提出改进思路。

2.6 教学反思与课程持续改进

基于 OBE 的教学理念, 教学反思是课程必不可少的, 是后续课程持续改进的源头。在课程进行过程中要根据学生的掌握情况进行及时的调整。课后通过问卷和实验报告的方式深入掌握学生的学习成果都要进行教学反思。在问卷调查中

设计分层问题。系统性地收集学生对教学内容、教学方法、实验难点解决等方面的反馈和建议。对于学生的实验报告要细致分析, 重点梳理学生面临的难点和易错点, 检验学生的学习成果。将教学过程中出现的问题和经验进行总结, 如课程讲解过程中学生感兴趣的点, 课程中的衔接问题等。通过课程了解学生学习难点和常见错误, 及时有效地调整教学策略。基于教学反思结果, 能精准定位学生的学习难点和易错点。针对性调整教学策略: 优化教学课件的逻辑呈现、完善实验指导书的细节提示、调整课堂互动与实操练习的配比。定期汇总改进效果数据, 整理形成可视化报告, 由此判断改进效果。建立教学反思到持续改进的教学闭环。

3 结语

现如今, 在全球科技不断的发展的背景下, 科技发展的脚步相比于以往更为迅猛。科技的发展对于工程师和科研工作者的综合素养提出了更高的要求。对于高校教学而言也需要紧跟时代, 不断提升课堂教学质量, 改进教学模式。相比于传统的教学模式, OBE 教学理念以成果为导向, 以学生为教学中心的教学模式, 将社会的需求与学生的培养相接轨。本文以三线摆测量转动惯量实验为例, 将 OBE 理念引入“大学物理实验”的课堂, 探索全新的教学方式。课程的教学设计有助于提升学生的逻辑思维能力, 培养学生的数据处理能力和团队协作能力等。通过学习成果反馈与教学评价建议总结后对课程进行持续的优化, 形成优化改进-实践-优化改进-实践的闭环, 进一步提升教学质量, 提高学生的综合素养。为新时代国家理工科人才需求提供了有力支撑。

[参考文献]

- [1] 刘艳, 王长昊. OBE 理念下大学物理实验课程教学模式的探索与实践[J]. 大学物理实验, 2023, 36(06): 136-138.
- [2] 刘曦. 基于 OBE 理念下的大学物理实验教学案例探讨——以声速测量为例[J]. 汽车周刊, 2025, (10): 205-206+228.
- [3] 程德胜, 张辉, 史博, 等. 基于 OBE 理念的大学物理实验课堂教学实践——以“示波器的使用”为例[J]. 物理实验, 2024, 44(05): 42-46.
- [4] 燕晶. 基于 OBE 理念的大学物理实验教学改革创新研究[J]. 广西物理, 2023, 44(04): 57-59.
- [5] 吕东燕, 周原. 基于 OBE 理念的大学物理实验 PPBL 教学模式的探究[J]. 科技视界, 2021, (09): 31-32.