跨学科实践:量具制作项目化学习探索

——以“自制浮力秤”为例

祁明君

(浙江省淳安县千岛湖初级中学　浙江　杭州　311700)

摘　要:在明确量具本身对学习的重要性及其考查内容的基础上,总结出量具制作视域下的初中科学跨学科项目化学习的一般模式:创设情境→提出问题→建立模型→修正模型→创建模型.该课堂模式取材简单,具有很强的推广性,并以模型为导向,重视思维训练,在学科融合方面具有重要的指导意义,使得学生素养以可见的形式增长.

关键词:量具制作;跨学科;项目化学习

中图分类号:G633.7　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1008-4134(2024)12-0036-04

《义务教育科学课程标准(2022年版)》明确提出要能综合运用所学的学科核心概念和跨学科概念,利用常见工具和材料,从多学科、跨学科的角度,遵循构思、设计、优化实施、检验、修改等过程,设计制作简单的装置,开展相关的技术与工程实践[1].随着工业以及制造业的发展,越来越多的精密零件和设备需要高精度的量具来测量.如何基于时代需求,将量具作为背景和切入口,利用其本身蕴含的众多科学原理以及制作量具所需要的跨学科知识进行项目化学习,并最大程度地激发学生的求知欲、探索欲以及创造欲,值得一线教师认真研究.

1　量具在初中科学跨学科项目化学习中的重要作用

量具是一种在使用时具有固定形态、用以复现或提供定量的一个或多个已知量值的器具.发明绝对温标的物理学家开尔文曾言“实现测量并能用数量表述,才算真知”.这里的“真知”指的就是量具本身蕴含丰富的核心概念和跨学科概念以及关键能力.梳理初中科学常见量具包含的跨学科知识及其关键能力(见表1).从制作量具项目需求入手,设计并在制作的过程中不断迭代,最终创造出能解决真实问题的量具,从而实现跨学科项目化学习所倡导的为了解决一个真实而复杂的问题,学生学习并创造性地整合不同学科的核心知识和能力,以形成整合性的项目成果和新理解[2].

表1　初中科学常见量具包含的跨学科知识及其关键能力

量具名称	跨学科知识、原理	关键能力
刻度尺	测量原理、数量比较关系	理解能力、比较能力、操作能力
量筒、量杯	测量原理、数量比较关系、刻度疏密	理解能力、推理能力、操作能力
温度计、体温计	测量原理、函数关系、工程设计原理(精度问题、缩口结构)	理解能力、推理能力、精度设计能力、实际工程问题解决能力
天平	测量原理、杠杆原理、工程设计原理(指针、分度盘的设计)	理解能力、转换能力、精度设计能力、操作能力
弹簧测力计	测量原理、函数关系、工程设计原理(精度问题、摩擦问题)	理解能力、推理能力、操作能力
电压表、电流表	测量原理、电动机原理、工程设计原理(双量程设计)	理解能力、转换能力、操作能力
密度计	测量原理、二力平衡、浮力计算公式、刻度疏密、工程设计原理(铅坠设计)	理解能力、分析计算能力、推理论证能力、转换能力

2　量具在初中科学跨学科项目化学习中的考查内容

以浙江省为例,近三年的关于量具制作项目化中考试题见表2.可以发现每年都有地市进行考查,尤其以“浮力秤和密度秤”为情境,考查“力学、杠杆、电

基金项目:浙江省杭州市中小学教师培训中心立项课题“五维解构:初中跨学科项目化教研支持系统的构建”(项目编号:2023JSJY210);杭州市基教教研课题“基于图尔敏论证模式的初中科学论证教学实践研究”(项目编号:L2024272).

作者简介:祁明君(1987-),本科,中学一级教师,研究方向:初中科学教学.

中国知网　https://www.cnki.net

学”等必备知识以及理解、建模、探究和数学推理等关键能力.因此选择“自制浮力秤”项目化学习,可以综合学生必备知识和关键能力,并实现相应的素养提升,同时形成自身对多学科核心概念的新理解[3].

表2　浙江省近三年关于量具制作项目化中考试题

年份	试题来源	考查背景	必备知识	关键能力
2021	金华	制作“浮力秤”	阿基米德原理及其应用、二力平衡原理、重力计算公式、控制变量法应用	理解能力、模型构建能力、探究能力
2021	衢州	制作“密度秤”	液体密度的测量、杠杆的平衡条件	理解能力、运用数学知识处理物理问题的能力、推理论证能力
2021	丽水	制作量程为0~20 g的杆秤	杆秤作用的了解、杠杆的平衡条件、杆秤定刻度的方法	理解能力、运用数学知识处理物理问题的能力、根据已知条件获取信息能力
2021	温州	制作简易密度仪	密度公式、重力公式、欧姆定律以及应用、串联电路特点	理解能力、运用数学知识处理物理问题的能力、根据表格和图像获取信息能力
2021	台州	制作“电子秤”	安培定则的使用、磁极间相互作用规律、欧姆定律的应用	理解能力、推理论证能力、根据图像获取信息能力
2022	衢州	制作液体密度显示表	欧姆定律的应用、密度公式、杠杆平衡条件	理解能力、推理论证能力、根据图像获取信息能力
2022	金华	制作一个刻度均匀的密度计	杠杆平衡条件	理解能力、模型建构能力、运用数学知识处理物理问题的能力
2022	丽水	轻质杆制作的杆秤	杠杆平衡条件	理解能力、推理论证能力
2023	丽水	“自制测力计”	弹簧秤原理、弹簧秤制作过程	理解能力、推理论证能力、根据表格和图像获取信息能力
2023	温州	制作一款“书桌神器”	电动机转向和转速影响因素、欧姆定律的应用、变阻器原理	理解能力、根据表格和图像获取信息能力、评价能力
2023	宁波	自制一支能测液体密度的仪器	重力、密度、液体压强公式、浮沉条件、阿基米德原理和杠杆平衡条件的应用	理解能力、推理论证能力、模型建构能力、运用数学知识处理物理问题的能力

3　量具在初中科学跨学科项目化学习中的教学实践

以“自制浮力秤”的设计和实施为例,阐述在量具制作类视角下的初中科学跨学科项目化实践过程.具体流程如图1所示.

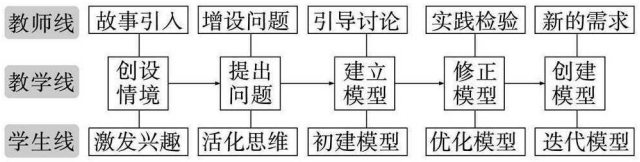


图1　量具制作视域下的初中科学跨学科项目化学习课堂模式

3.1　创设情境:故事引入,激发兴趣

学生对于“曹冲称象”的故事耳熟能详,因此上课采用该故事引入,以问题“曹冲具体用什么方式计量大象质量?”为主线,请同学们讲讲具体的称量过程.学生踊跃发言,教师适时指出,如果缺少什么曹冲就不能把大象的质量给确定?曹冲能称出大象的质量的本质原因是什么?学生此刻意识到如果缺少一个衡量标准质量的台秤是无法进行测量的.教师继续引导学生意识到测量的含义:将待测量与公认的标准量进行比较的过程.

设计意图:通过学生非常熟悉的故事引入,能极大地激发学生的学习兴趣.教师引导学生从测量的本质角度进行思考,深化理解测量的含义.

3.2　提出问题:增设问题,活化思维

在学生意识到测量物体质量需要明确公认的标准量(也就是1千克)的问题后,教师通过增加几个设问,进一步激活学生的思维.

设问1:1千克的标准砝码是不是一定得随身携带才能知道其他物体的质量?能否将1千克的质量以标度的形式替换?

设问2:如何标度出标准质量?例如将1千克的质量标注在矿泉水瓶上?

设问3:如何将精确度做得更好?例如1千克的

中国知网 https://www.cnki.net

质量标注在矿泉水瓶上的间距如何?

设问4:如何将量程控制合适?例如用矿泉水瓶称出一个人的质量.

设问5:如何在使用过程中更稳定?例如矿泉水瓶如何稳定地漂浮在水中?

设问6:如何选择合适的容器?例如是选择上下瓶口相同的矿泉水瓶还是上下瓶口不一样的?

设计意图:通过具有层次的设问,激发学生的思考欲望,从而将学生的思维引向更深处,学生不再认为"曹冲称象"仅仅是一个很简单的故事,里面蕴含着深刻的科学思维,并意识到要制作一个量具需要考虑一系列问题,包括量程、精确度、仪器选择等,从而具有跨学科的意识,发展其物理学科核心素养[4].

3.3 建立模型:引导讨论,初建模型

学生通过以上几个问题的讨论,得出基本的思路:凡是有均匀变化规律的都可以标刻度、做量具.同时按照初中数学知识,可以知道均匀变化的规律应该满足正比例关系的数学函数关系,比如圆柱体、正方体的体积公式中就有这样的关系.因此选择上下瓶口相同的矿泉水瓶作为放置待测物体的容器.在学生讨论得出的基础模型上,教师提供器材,如矿泉水瓶、剪刀、马克笔、胶带纸、标准50克砝码、盛水容器等进行自制"浮力秤"(如图2所示).

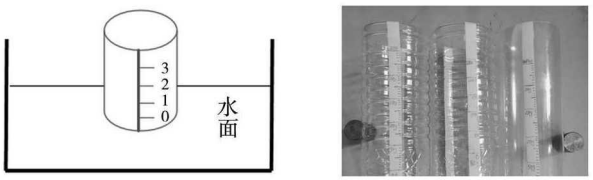


图2 学生初步建立的"浮力秤"模型及其制作的简单实物工具

设计意图:学生以模型为基础,利用教师提供的相应器材,进行简单制作,得到"浮力秤"工具.该过程能极大地激发学生参与热情,并且通过模型指引进行实物制作,能最大限度地将理论和实际进行结合,突出将科学知识运用于实际的理念.同时在讨论出基本模型的过程中,建立"凡是有均匀变化规律的都可以做量具"的科学观念.

3.4 修正模型:实践检验,优化模型

教师在学生完成自制的"浮力秤"后,给出课堂任务:利用自制的"浮力秤",称量一个苹果的质量.学生经过几次尝试,提出需要改进的几个问题.

问题1:如何保持圆柱体容器竖直在水面上?

问题2:配重应该怎么放?

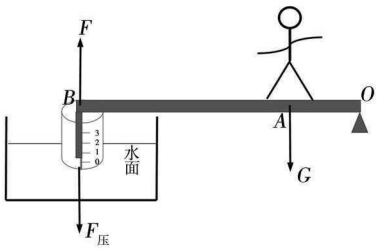
问题3:增加配重后,零刻度线应该如何标注?

问题4:为了增加精确度,需要选择瓶身较细的瓶子,但是如何解决待测物体太大而不能放在容器内部的问题呢?

设计意图:将初建模型应用于实际问题时,出现了新问题:如何竖直、如何标度、配重多少等,引发学生深度思考.学生需要经过数学论证,才能得出新的发现.

3.5 创建模型:新的需求,迭代模型

完成测定苹果任务后,教师进一步提出新的需求:利用"浮力秤"原理,来测定一个人的体重,又需要进行哪些改进呢?请画出设计图,并给出说明.学生意识到,这是一个超过量程的问题,同时又不能降低精确度从而否定采用底面积更大的容器.新的认知冲突的出现,正是激发学生深度思考的契机.随着学生讨论的深入,有些学生想到了可以从费力杠杆的角度进行改进,采用带直角形的杠杆,将直角的一端置于容器内,而人站立在离O点较近处,组成费力杠杆.改进模型及其数学证明如下(如图3所示).



根据杠杆平衡条件可知:
$F \times OB = G \times OA$
即$F \times OB = mg \times OA$
根据力的作用是相互的,
$F = F_{压}$
又由于$F_{压} = \Delta F_{浮}$
$\Delta F_{浮} = \rho_{液} \cdot g \cdot \Delta V$
$\Delta V = S \cdot \Delta h$
因此
$$\Delta h = \frac{OA}{\rho_{液} S \cdot OB} m$$
Δh和m成正比,因此可行

图3 自制"浮力秤"的改进模型及其数学论证过程

设计意图:教师给出新的任务,但又不是简单地重复之前的测量过程,而是新的挑战.学生在现有的基础上,进行优化升级,并能成功设计出解决问题的迭代模型,是深度学习发生的标志,意味着学生已经学会了迁移,是核心素养的体现.

4 量具在初中科学跨学科项目化学习中的教学反思

课堂本身时间紧且任务重,一线教师很难放开手脚进行项目化学习.量具视域下的初中科学项目化学习,能很好地解决好考试测评和发展素养的双重矛盾,具体表现有以下几点.

4.1 取材简单,推广性强

利用简易器材制作装置所涉及的各科知识、各种能力,是一个巨大的隐藏的宝库,需要我们不断地去研发[5].本次教学实践中,仅需要随处可见的塑料瓶、胶带纸、剪刀、马克笔等简单器材,降低了师生参与的门槛,增加了课堂的灵活度.教师可以给学生布置相应的家庭实验,无形之中延长了学生亲身体验科学的时间,真正实现"做中学".

中国知网 https://www.cnki.net

STEM－PBL 视域下的初中物理单元教学

——以“简单运动”教学为例

居重艳　蒋炜波　谭洪政　申大山

（清华大学附属中学　北京　100084）

摘　要：基于 STEM 和 PBL（项目式学习），利用单元教学将碎片化的物理知识传授转变为真实情境下的问题解决，融合物理与信息技术、科学与工程，激发学生学习的内驱力，落实学科核心素养. 以“简单运动”单元为例，阐述如何开展 STEM－PBL 物理单元教学.

关键词：STEM；PBL；初中物理；单元教学；简单运动

中图分类号：G633.7　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1008－4134(2024)12－0039－04

STEM（Science，Technology，Engineering and Mathematics）是一种注重实践学习和跨学科教学的教育理念. PBL（Project Based Learning，即项目式学习）是以真实情境、任务引领、活动贯穿的方式开展的一种全新教学模式，PBL 教学过程围绕如何解决真实情境中的问题进行设计，学生以小组合作和自主学习的方式，通过完成层层递进的系列任务，在自主探究过程中习得知识与发展技能. 在物理教学中将 STEM 和 PBL 有效融合（即 STEM－PBL 教学），不仅能让学生掌握知识，还能够发展其学科核心素养，培养学生逐渐形成适应个人终身发展和社会需要的必备品格与关键能力[1].

传统的物理单元通常按照知识体系独立成章，单元内的每节内容都是由若干知识组合而成，各种碎片

作者简介：居重艳（1986－），硕士，中学二级教师，研究方向：中学科技教育；
蒋炜波（1987－），硕士，中学高级教师，研究方向：中学物理教育教学研究.

4.2　模型导向，重在思维

尽管课堂采用的器材相对简单，但真正的目的是利用简单的器材，能制作出简单模型并对核心问题进行实证性验证. 例如采用杠杆模型能否实现容器浸入水中的深度和质量成正比关系呢？课堂落脚点在于利用模型对问题进行分析，将核心问题利用数学模型进行理论验证，从而实现思维的训练.

4.3　学科融合，素养可见

项目化学习不再局限于课外拓展课，而是作为一种学习方式融合到学科教学中[6]. 量具视域下的项目化学习，融合了物理、数学、电学、材料分析以及生活使用等各种方面的知识，使得学习不仅是为了测量某一个物体的质量[7]. 例如在用杠杆测量人体的质量时，如何解决单人可视问题，在杠杆的基础上，增加带压敏电阻的电路，再通过对电表示数均匀变化的探讨，设计出全新的测量模型. 在迁移的过程中，学生核心素养以可见的形式增长.

总之，在分析论证的过程中，达到了对量具新的理解，建立了学科大观念，实现学生核心素养的提升，将是初中科学跨学科项目化学习的追求.

参考文献：

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

[2]夏雪梅. 跨学科项目化学习：内涵、设计逻辑与实践原型[J]. 课程·教材·教法，2022，42(10)：78－84.

[3]李亚子. 基于项目学习的“跨学科实践”主题教学[J]. 中学物理，2023，41(02)：30－32.

[4]骆波. 跨学科实践：亮点、难点及实践着力点——基于初中物理教师实施经验与认知现状的调查分析[J]. 中学物理，2023，41(02)：20－23.

[5]杨封友，周华松，刘振东. 工程实践导向的初中科学教学设计研究——以“伪全息 3D 投影制作”教学为例[J]. 中学物理，2020，38(06)：10－13.

[6]林雪敏. 将项目化学习融入物理学科教学的设计路径[J]. 物理教师，2022，43(03)：16－18.

[7]梅建芬. 初中物理基于学科实践促进跨学科融合的思考与实践[J]. 中学物理，2023，41(06)：2－5.

（收稿日期：2024－01－10）

中国知网　https://www.cnki.net