

物理跨学科实践的活动框架、设计原则及评价效度

陈宗成 于海波

【摘要】《义务教育物理课程标准(2022年版)》提出的跨学科实践对教师提出了巨大的挑战。教师只要把握跨学科实践的内在逻辑,遵循学生的认知规律,本着活动性、问题性和学习性原则对跨学科实践活动进行精密设计,形成合理的“提出问题→形成项目→驱动探究→推动设计→形成产品→展示评价→完善发布”的跨学科实践活动框架,并从践行性、完成性、效益性和创造性四个维度进行有效评价,便能发挥跨学科实践的独特育人价值,有效培养学生的批判性思维和创造性。

【关键词】跨学科实践;活动框架;设计原则;评价效度;初中物理

初中物理跨学科实践是新生事物,涉及教学的方方面面要素。由于各种主客观原因,跨学科实践对教师提出了巨大的挑战。但同其他的教学形态一样,跨学科实践有着自身内在的逻辑。教师只要按照其本质规律,把握设计原则,进行跨学科实践设计,便能取得应有成效,发挥跨学科实践的实践性、综合性的独特教育功能,有效地培养个体的实践意识、应用意识和探索意识,有效地培养个体的批判性思维和创新思维,推动个体创造力的产生。本文以“弹力与弹簧测力计”一课为例,谈谈初中物理跨学科实践活动框架、设计原则及评价效度。

一、初中物理跨学科实践的活动框架

沪科版“弹力与弹簧测力计”一课包含弹力、弹簧测力计和正确使用弹簧测力计三部分内容:在“弹力”这部分里,教材提出了弹性形变、弹力的概念;在“弹簧测力计”部分介绍了弹簧测力计的作用、构造、原理和常见测力计;在“正确使用弹簧测力计”部分,教材提出了弹簧测力计的正确使用方法,并要求学生做3个体验性实验——分别体验1牛顿、5牛顿、10牛顿的力有多大,体验拉断一条细棉线瞬间拉力有多大,体验水平对拉的两个弹簧测力计的拉力大小有何关系。在后边的单元作业里,布置了“制作橡皮测力计”实践活动。

(一)常规的教学活动框架

依传统教学方式,教师不外乎秉持以下流程进行教学设计(学生视角):认识弹力(体验弹力存在→形变与弹性形变定义→弹力概念)→认识弹簧测力计(作用→构造→原理→种类)→正确使用弹簧

测力计(认识量程分度值、校零、注意点→使用体验)。比较有经验的教师,还会把后边的“制作橡皮测力计”的实践活动当作课后实践性作业布置。

显然,这种教学平稳有余而创造性不足:教学可以按部就班地顺利展开,课堂上学生也能展开必要的活动,获得一定的体验——如体验到1牛顿、5牛顿、10牛顿力的大小,体验到拉断棉线瞬间力的大小,体验到两个弹簧秤水平对拉力大小之间的关系。若教师对“制作橡皮测力计”的实践活动较为重视,则能有效提升学生的动手能力。

但总体而言,上述设计遵循着“学习知识、应用知识”的常规路子,平铺直叙,对学生的学习兴趣激发力度不够,不能引发深层的学习动机,对学生的实践性、探索性和创造性能力的培养远远不足。学生无法准确把握本节课的核心——为什么要使用弹簧测力计测量力、弹簧测力计如何测量力的原理,也没有经历弹簧测力计的制作过程,对弹簧测力计使用规范停留在识记层面。

(二)跨学科实践的活动框架

我们以跨学科实践为思路对教学活动进行了重新设计,设计思路是:力大小的意义→如何控制力的大小→如何测量力的大小→如何制作测力计→根据什么思路来制作→需要什么材料来制作→如何来制作→如何制作得更环保些→如何制作得更美观些。

具体的学科实践活动框架是:提出问题→形成项目→驱动探究→推动设计→形成产品→展示评价→完善产品。这个框架能很好地引导学生展开研究性实践,极大地激发学生的学习热情。

提出问题:如何准确确定力的大小?大小是力的三要素之一,而力是看不见的,有时我们需要准确确定一个力的大小,才能对活动实施进行有效的控制。那如何准确地确定物体受力或施力的大小?这形成学习的最初驱动力:如何准确甚至精确确定一个力?问题的指向是:测量。

形成项目:如何制作测力计?如何测量一个力?根据什么思路?形成实践的指向性:必须制作一个工具来进行有效测量。

驱动探究:用什么来制作测力计?选择什么材料?依据什么具体原理?找到了探究性学习的核心,寻找设计测力计的具体原理。

推动设计:如何根据探究出的原理(胡克定律)制作测力计?要求:在弹性限度内确定量程和分度值,形成基本设计方案。

形成产品:如何制作出弹簧测力计?选用什么样的弹簧?除了弹簧外,还需要什么器材?这些器材怎么安装?这已经涉及材料、工程等跨学科内容。至此,学生初步完成实践性活动。

展示评价:是怎样的产品?各小组进行产品展示,并展开评价。通过展示,充分交流弹簧计制作的过程心得;通过评价,发现产品分优劣和制作过程的得失,使实践向纵深发展。

完善发布:怎样产生更好的产品?取长补短,根据评价进行反思,不断改良弹簧测力计,将多次改良的最终产品集中发布。这推动个体和团队不断进行自我完善,形成精益求精的工匠精神。这是实践的较高境界。

二、初中物理教学跨学科实践的设计原则

从上面的活动框架中,我们可以看出跨学科实践具有以下的设计原则。

(一)活动性原则:指向实践展开的行动特质

这是跨学科实践的灵魂。跨学科实践的本质特征便是活动性。活动指明了跨学科实践的本质样式:初中物理跨学科实践就是基于初中物理学科,有效地整合其他课程,展开学习性、应用性、探索性和创造性活动。无论是学习、应用、探索还是创造,都是一种具体活动,都是一种付诸实际的、具有明确指向的、看得见的操作性行为。没有具体的活动,就没有跨学科实践。具体地说,这是种有目的、有指向的基于真实问题解决的具体活动,是个体、知识、资源与真实环境之间的互动。因此,从本质上来看,跨学科实践的设计就是一种针对性的活动设计。

本节课围绕着“如何准确确定一个力的大小”这

一真实问题——弹簧测力计的制作,有层次地展开各类实践活动,这些实践活动有:

(1)探究性活动。教师引导学生围绕弹簧测力计的制作展开实践活动。探索性是探究性活动的重要表征,而将“如何准确确定一个力的大小”转化为“如何精确地测量一个力”“根据什么思路来制作测量工具”等更具体的活动,具有明显的探索性。通过探究,学生发现弹力与形变量的关系,进而找到弹簧测力计的制作依据(探究的最大成果)。

(2)设计性活动。根据探究的结果——“弹力与形变量成正比”,学生发现可以用“形变量的大小”来表征的“弹力的大小”,便找到了弹簧测力计的制作原理。这是设计活动的关键。由此,小组展开讨论,提出设计方案,进而展开设计活动。

(3)制作性活动。这是本节课实践活动的主体。教师提供相关素材,供学生选择。学生两人或四人一小组,尝试制作弹簧测力计。在此过程中,学生应用刚探究出来的知识(实际上是胡克定律),小组合作制作弹簧测力计。学生要考虑:选择什么样的弹簧?采取什么样的样式?还需什么相关器材?如何组装?如何使弹簧测力计能用、好用、美观?显然,在此过程中,学生的跨学科素养得到了极好的锻炼和发展。

(4)展示性活动。成果展示同样是实践活动的重要组成部分。通过成果展示,学生能将实践活动与他人进行充分的交流。学生代表小组将制作出来的弹簧测力计的成品在课上进行展示,说明“已取得的成果”“已达到的目的”,解释“制作方案、过程、心得”“设计的独到之处”“遇到的困难”。

(5)评价性活动。师生对各小组的成果进行评价,一般围绕着“完成性、价值性、效益性、创造性”四个指标展开。通过评价,学生对跨学科实践活动会有更明晰、深入的认识。

(6)完善性活动。通过交流评价,学生吸收他人有益的意见,借鉴他人有益的做法,对自己的制作进行改良和完善,形成第二代产品。在此过程中,学生逐步体悟并形成工匠精神。

这些探究性、设计性、制作性、展示性、评价性和完善性活动构成了跨学科实践的主要内容。没有这些活动,跨学科实践活动也就不复存在。

(二)问题性原则:基于问题解决的行为驱动

这是跨学科实践的关键。任何实践,都有其目的性,都是为了达成某一任务,或为了做成某件事情,或为了完成某个活动。“某一任务”“某件事情”“某个活动”都有着明确的目的,都指向具体问题,都



围绕着具体的问题的解决而展开。问题没有得到解决,这些具有指向性的活动便不能中断,会一直持续;一旦问题解决,实践活动也就宣告结束。因此,可以说,跨学科实践,就是让学生面对真实的情境,去解决具体的问题的活动。没有问题解决,也就没有实践性活动。

本课始终围绕着“如何确定力的大小”这一问题的解决,通过问题驱动,催生了“如何测量力的大小”“如何制作测力计”“根据什么制作测力计”“如何制作弹簧测力计”“如何制作一个好的弹簧测力计”一系列推进性问题。

(三)学习性原则:指向新知成长的范式、指南

这是跨学科实践的本质。跨学科实践的特征是基于学科学习、在实践活动中、回归学科学习。根据义务教育课标要求,每个学科都要拿出10%的课时来进行跨学科实践或跨学科主题学习。其目的,是通过10%的课时的跨学科实践或跨学科主题学习来盘活本学科其余90%的学习内容。从课时安排来看,对于初中物理10%的课时,摊到每个学期也就是2~3课时,顶多完成一个不太大的主题实践。这意味着,每个学期给每个物理教师进行独立的跨学科实践的时间就是这么2~3课时。对于正常的教学而言,2~3课时也只能完成不多的内容。这绝不意味着教师只在此2~3课时进行跨学科实践,而其余新课教学的时间对此不闻不顾。相反,只有在进行新课教学时,有意识地用跨学科实践的框架加以指导或统领,这10%的课时才能够盘活其余90%课时的学习内容。因此,设计好本学科的新课教学,是跨学科实践的前提。

在本节课的跨学科实践设计中,我们将“形变、弹性形变、弹力、形变量、形变量与弹力的关系”等原理性知识的教学都安排在“如何准确测量力”的探究性活动中;将弹簧测力计的“作用、构造、原理”(甚至种类)这些认知性知识的教学都安排在弹簧测力计的设计性活动中;将“量程分度值、校零、沿轴线拉动”这些规范性知识的教学都安排在弹簧测力计的应用性活动中。这样,学生不仅可以很好地完成跨学科实践活动,还可以更全面、更深入、更深刻地学习新知识,有效地促成自身知识的结构化、情境化和条件化,更好地发展思考力、学习力和批判力。例如,从“力可使物体产生形变或改变运动状态”中选择“形变”而非“运动状态改变”,到从“能形变”的“塑料瓶、篮球、钢尺、橡皮条和弹簧”中选择“能发生弹性形变”的弹簧,再到从“各种弹性”的弹簧中选择“某一特定弹性”的弹簧。这一实践路径体现了知

识的前后结构化整合(“力的大小”“力可使物体产生形变或改变运动状态”为前两节课的内容,“弹力、弹性形变”为本节课内容,“弹性、弹性材料”则为9年级课程内容)、知识的情境化判断(在特定的情境中探究特定的知识原理)和知识的条件性选择(根据目的和情境条件做出最后的选择)。

三、初中物理跨学科实践的评价效度

对初中物理跨学科实践,我们可以从价值性、践行性、效益性和创造性几个视角来评价其实践效度(表1)。

表1 初中物理跨学科实践的实践效度

一级指标	二级指标	描述	备注
践行性	价值性判断	是否重要概念、方法、思想观念?有独特育人价值?	前提性指标
	可行性判断	操作性强?难度适中?课时保障?	
完成性	针对性判断	是否针对主题或问题?	操作性指标
	完成度判断	是否完成?完成度多少?	
	优劣性判断	优点是?缺点是?哪个更好?	
效益性	效果判断	效果是否明显?成效大小?影响大小?持续时间长短?作用范围大小?	实现性指标
	成本判断	时间成本多大?财力成本多大?人力成本多大?环境成本多大?废料能否回收?	
创造性	迁移性判断	直接借用?借鉴使用?近距迁移?远距迁移?	素养性指标
	变通性判断	是否单一方案?方案多少?是否调整?是否灵活调整?	
	独创性判断	独特想法?独特做法?巧妙方法?	

(一)践行性评价(前提性指标)

无论是属于10%的主题跨学科实践还是90%的课堂跨学科实践,首先要考虑的是“践行性”。

(1)价值性判断。即判断该教学内容或教学主题有何价值、需要通过什么方式进行教学、是否值得通过跨学科实践来实施,跨学科实践是否是最好选

择。一般说来,如果不是学科的重要概念、方法或思想观念,或通过跨学科实践无法取得独特的教育价值,都无须通过跨学科实践来完成。(2)可行性判断。即判断这个主题通过跨学科实践是否具有可操作性、是否超过学生的实践能力范围、有没有可能在规定的课时内完成。如果无法在规定的课时内完成,跨学科实践也非首选。

如本节课,弹力是力学最基本、最重要的概念之一,在物理学习、日常生活和生产科技中都有广泛的应用;制作工具、使用工具是人类最有创造性的活动之一,而制作仪器和使用仪器进行间接测量物理量是物理学最重要的思想方法之一,也是初中生必须掌握的重要思想方法之一;经过可视化处理,本节课的原理探究难度不大——材料选择、获取较为方便,制作过程也相对简单,学生用两个课时的时间完全可以完成。因此,本节课具有较大的跨学科实践意义。

(二)完成性评价(操作性指标)

即对所完成的跨学科实践进行针对性、完成度和优劣性的判断。

(1)针对性判断。即判断个体的实践活动是否针对所要探索的主题或者所要解决的问题展开,偏离了这个主题或问题就意味着实践的失败。(2)完成度判断。如果是针对要探究的主题或要解决的问题展开实践,那么便可以进入到完成程度的评价环节。即评价实践活动是否达到了目标,达到了既定的目标即为完成任务,没有达到既定目标则没有完成任务。(3)优劣性判断。判断不同的实践优点在哪里、缺点在哪里、哪个效果好一些。

如对本节课的实践,便可以如此进行完成性评价。首先,判断学生是不是在做一个弹簧测力计;其次,判断学生有没有完成弹簧测力计的制作、制作了成品还是半成品;再次,判断哪个弹簧测力计科学一些、更好用一些。

(三)效益性评价(实现性指标)

这是从真实实践的角度来展开的评价,也是跨学科实践最本质的评价。在真实的实践中,一个实践活动、一个物品的制作不仅要考虑到其价值,更要考虑到成本,要从整体的效益来考虑实践的得失。这是跨学科实践与真实实践密切契合之处,也是“从物理走向社会”的基本保证之一。我们可以从两方面来展开评价:(1)效果判断。即判断实践的效果有多好、带来多大的价值、产生多大的成效、影响的范围有多广、能持续多长的时间。(2)成本判断。即判断耗费的成本有多大——包含时间成本、财力成本

和人力成本、对环境的影响多大。

综合以上的各个要素,再来判断跨学科实践的效益性。如在本节课中,要考虑到所制作的弹簧测力计的用途,即判断携带是否方便、能否在日常生活中经常使用、刻度是否准确、能否在实验室中重复使用、若不能重复使用应该使用什么材质改进、制作过程中是否产生废料、废料能不能回收再次利用。效益性评价可以大大提升学生的跨学科意识,真正提高学生解决真实问题能力,促使学生成为一个实践的能手。

(四)创造性评价(素养性指标)

引导学生产生创造力是义务教育课标所追求的重要目标,是否催生学生创造力是评价跨学科实践的重要指标之一。创造性评价可以围绕以下三方面展开:

(1)迁移性判断,即判断学生跨学科实践是否具有远程的迁移性。学生知识迁移的距离越远,则创造性越强。(2)变通性判断,即判断学生在跨学科实践活动中是否具有变通能力、是否能够根据具体的情境和实际的条件灵活调整实践的方案。学生变通性越强,创造性也越强。(3)独创性判断,即判断学生在跨学科实践中是否发挥了独特的想象力、是否提出独特的个人见解、是否匠心独运和构思巧妙。

如在本节课中,在前述相关问题启发下,学生用“在弹性限度内,弹力与形变量成正比”的规律来设计弹簧测力计,用到转换法和间接测量法,便是一种较远迁移;而由“力可以使物体发生形变”得到启发,提出通过“形变的大小来测量力”,也同样用到转换法和间接测量法,但并没有受到其他相关因素的启发,是一种知识非显性的运用,是一种远距迁移。在制作测力计时,学生要对测力计的面板、弹簧的长短、刻度进行确认。这些都对学生的变通性、独创性提出了相当高的要求。

【作者简介】陈宗成,厦门市湖里区教师进修学校教研员,高级教师;于海波,东北师范大学物理学院教授,博士生导师,《义务教育物理课程标准(2022年版)》核心组成员。

【原文出处】《福建教育》:中学版(福州),2022.8.20~24

原标题:物理跨学科实践的活动框架、设计原则及评价效度——《义务教育物理课程标准(2022年版)》研讨系列三