

基于整合式进阶的中学物理实验教学设计——以“探究浮力大小的影响因素”为例

王纯

西安市第四十三中学, 中国·陕西 西安 710005

摘要: 本文以整合式进阶理论为指导思想, 将概念学习进阶与论证学习进阶整合的教学理论融入物理教学, 从基于进阶的学情分析、学习过程设计、教学开发几个方面对“探究浮力大小的影响因素”一节课进行创新教学设计, 以达到促进学生概念的理解层次和科学论证能力进阶的目的。

关键词: 整合式进阶; 学习进阶; 创新实验教学; 浮力

Teaching Design for Middle School Physics Experiments Based on Integrated Progression——Taking "Exploring Factors Influencing Buoyant Force" as an Example

Wang Chun

Xi'an No.43 Middle School, China Shaanxi Xi'an 710005

Abstract: Guided by the theory of integrated progression, this paper incorporates the teaching theory integrating conceptual learning progression and argumentative learning progression into physics instruction. It presents an innovative teaching design for the lesson "Exploring Factors Influencing Buoyant Force" from the perspectives of progression-based analysis of students' learning conditions, learning process design, and teaching development. The aim is to promote the advancement of students' conceptual understanding levels and scientific argumentation abilities.

Keywords: Integrated progression; Learning progression; Innovative experimental teaching; Buoyant force

0 引言

在国际教育领域中,“学习进阶”理论以及“整合发展”理念占据了重要地位^[1]。基于整合的学习进阶,即“整合式进阶”是在凝练核心素养的背景下,对已开发出的学习进阶整合和系统化,融合了核心观念和关键能力的进阶发展认知模型,更契合当代科学教育的发展理念^[2]。整合式进阶教学是对真实认知发展的描述和总结,是学习进阶发展的理想形式,是对核心素养发展轨迹的精确描述^[3]。本文以概念进阶与论证进阶进行整合的教学理论框架为基础,结合实例探讨整合式进阶的实验教学设计。

1 整合式进阶及主要思路

促进学生核心素养的发展是需要多方面因素相互作用才产生的结果,学生的有意义学习的发生也是一个复杂的过程^[4]。在凝练核心素养的背景下,郭玉英教授在建构了科学概念学习进阶、科学解释学习进阶、科学论证学习进阶的基础上,融合了“整合发展”理念,进一步提出整合

进阶这一概念,并建构了认知模型^[5]。2018年弭乐老师和郭玉英教授在科学论证能力发展进阶表现框架和科学概念理解层级模型的基础上,建构了概念学习进阶与科学论证整合的教学理论框架^[1]。

弭乐在理论框架的指导下,对科学概念学习进阶以及科学论证学习进阶整合,并进行了教学设计研究,主要思路是:教学以大概念为指导提出问题,促使学生在学习物理概念时能够遵循科学概念理解层级模型实现由易到难的概念理解层次的进阶。以科学概念学习进阶为主线,在概念进阶的关键点融入整合论证活动,最终实现概念理解与科学论证能力的协同发展^[1]。

2 基于整合式进阶的创新教学设计

2.1 基于整合式进阶的学情分析

“探究影响浮力大小的因素”是建立在对浮力有初步的观察体验和测量基础上的,学生对于“影响浮力大小的因素”的理解层级处于映射层级,比如学生能以液体的密

度为指标量，定性地描述物体受到的浮力与液体密度的关系等。在科学论证能力发展上，学生处于初级水平，证据意识较为薄弱，表达观点时不能思及本质，只能通过表象的证据选择适当的观点，反驳能力较弱。

2.2 学习过程设计

以浮力学习进阶框架和科学论证学习进阶框架为基础，通过现有认知状态、期望认知状态和中间认知状态对“探究浮力大小的影响因素”进行学习过程的设计。

2.2.1 现有认知状态

目前学生已经经历了认识浮力、浮力基本概念的学习过程，知道浮力产生原因是浸在液体或气体中的物体其上下表面受到不同的压力；明确浮力的方向；能够通过压力差法求浮力或者称重法测浮力。

2.2.2 期望的认知状态

期望的认知状态即结合科学概念理解发展层级模型和科学论证能力进阶表现框架来设计的最终整合的表现期望。在理解浮力概念的进阶发展上，学生理想的发展水平应达到整合层级，在科学论证能力的培养上，学生应达到高级水平，具体的整合表现期望如图 1 所示。

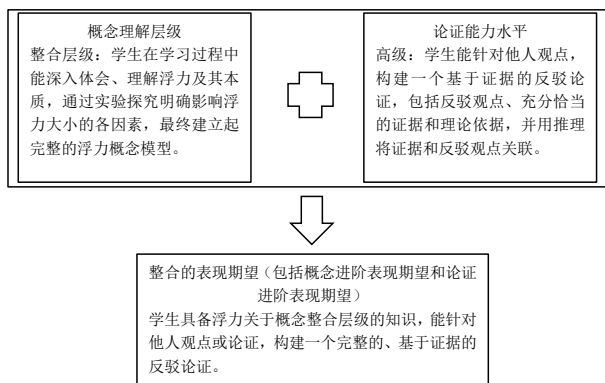


图1 期望认知状态整合期望

2.2.3 中间认知状态

中间认知状态即概念理解的中间层级的表现期望与科学论证能力中级 B、A 的表现期望进行整合，具体整合的表现期望见表 1。

表1 中间认知状态的整合期望

概念理解层级	论证能力水平	整合的表现期望
关联	中级B	通过实验设计环节，针对一个科学问题，学生构建明确的推理，将其观点与证据联系起来，从而实现对关联层级的理解。
系统	中级A	通过实验验证浮力与各因素之间的定量关系，能针对一个科学问题，按照要求提出观点，并用证据、理论依据、推理支持它，从而实现对系统层级的理解。

2.3 教学设计

由学情分析可知，教学应以映射层级为起点来设计论证活动。首先设计活动一（见表 2），旨在通过初级论证活动，帮助学生体会到浮力的大小变化，并且意识到浮力的大小与各因素之间存在联系，帮助学生从浮力概念理解的映射层级进阶到关联层级。

表2 活动一（初级论证活动）

表现期望	指标	活动级别
学生通过教师创造的实验情境，能将观察到的现象在教师的问题引导下进行思考，有依据的对影响浮力大小的因素进行猜测，即能够依据证据选择适当的观点。	概念等级：映射；论证水平：1	初级论证活动
教学活动		
<p>【创设情境】 教师演示实验：两个烧杯中分别盛有纯水、氯化镁制作的浓盐水，在弹簧测力计下挂一铁块，将铁块缓缓浸入两个烧杯，观察现象。 教师演示实验同时与学生进行对话： 师：将铁块浸入水中时，弹簧测力计的示数发生了怎样的变化？ 生：示数一直在减小。 此时铁块刚好浸没在水中，继续增加铁块在水中的深度。 师：现在弹簧测力计示数是怎样变化的？ 生：铁块浸没在水中后示数不再发生变化。 将铁块浸没浓盐水中。 师：此时弹簧测力计的示数与刚才在水中时的示数相比，你们发现了什么？ 生：示数不一样，在浓盐水中弹簧测力计示数较小。</p> <p>【猜测假设】 演示实验结束后，抓准时机向学生提问。 师：根据观察到的实验现象，并结合刚才的演示给你的启发，请同学们大胆的猜测一下浮力的大小可能与哪些因素有关？ 生：液体密度、物体在液体中的深度、物体质量、物体密度。</p>		

猜想假设是实验教学中必不可少的环节，为了避免学生漫无目的、盲目的无根据的猜测，通过创造实验情境，让学生在实验情境下进行猜想与假设，才能促进学生的思维发展，培养学生的证据意识，从而提高学生的论证能力水平。

活动一结束之后，即进入活动二（见表 3），该活动依据中间认知状态的表现期望进行设计和开发，帮助学生从浮力概念理解的关联层级进阶到系统层级。

表3 活动二（中级B论证活动）

表现期望	指标	活动级别
通过实验设计环节，针对一个科学问题，学生构建明确的推理，将其观点与证据联系起来，从而实现对关联层级的理解。	概念等级：关联；论证水平：3（有观点、证据、理论依据、推理的提示）	中级论证活动

教学活动	
<p>【设计实验】 实验方法选择（教师提示）： 师：对于以上的猜想，我们应该如何去验证？ 生：做实验。 师：在刚才的讨论中，我们一共提出了三个影响因素，在实验中，对于多个变量，我们应该如何进行探究呢？选择什么实验方法？ 生：控制变量法。 师：现在桌子上有若干铁块、铝块、铜块、弹簧测力计、水、煤油、氯化镁制作的浓盐水，如何通过控制变量法探究各因素与浮力大小的关系呢？请大家分组讨论并设计实验方案。 实验方案设计： ①浮力与$P_{液}$的关系（教师提示：称重法测浮力）：设计的方案是选取一个铁块分别测出在空气中、刚好完全浸没在水中、刚好完全浸没在煤油中、刚好浸没在浓盐水中弹簧测力计的示数。 ②浮力与$h_{液}$的关系（教师提示：此处学生都容易与排开液体体积混淆，即物体在浸入液体的过程中，学生会错误认为是其深度改变导致的浮力变化，提示学生控制变量法应该控制其他量都相等，只有深度不同）：设计的方案是选取一个铁块分别测出在空气中、浸没在水中不同深度处弹簧测力计的示数。 ③浮力与$m_{物}$的关系：用3个同体积的铁块，将其中两块铁块竖着粘一起，分别测出一个铁块浸没水中中和粘在一起的两个铁块的一半浸没水中时弹簧测力计的示数。 ④浮力与$P_{物}$的关系：体积相同的铜块、铝块、铜块，在空气中分别称重后，依次测出浸没水中时弹簧测力计的示数。</p>	

此阶段的学生对于实验方法的选择还是较为生疏的，需要在教师的提示下进行选择。实验方法确定后，根据提供的实验器材让学生自主设计方案，但因为学生在此阶段的科学论证能力还比较弱，学生对于提出的实验方案不能做到理论的分析与推导，对于有缺陷的地方，反驳能力较弱，因此在实验方案的设计过程中，要注意对学生的进行观点、证据、理论依据、推理等的引导提示，帮助学生完成实验设计的环节，推动学生论证能力的发展。

经过活动二，学生的概念理解已经处于关联层级，在进入活动三后要达到系统层级，即帮助学生从关联层级进阶到系统层级。具体的教学设计过程见表 4。

表4 活动三（中级A论证活动）

表现期望	指标	活动级别
通过实验验证浮力与各因素之间的定量关系，能针对一个科学问题，按照要求提出观点，并用证据、理论依据、推理支持它，从而实现对系统层级的理解。	概念等级：系统； 论证水平：7	中级论证活动
教学活动		
<p>【进行实验】 师：利用刚才设计的方案，请同学自己动手实验，收集数据得出结论。 学生动手实验，记录数据。</p>		

<p>师：通过以上实验我们得到的数据只是弹簧测力计示数，并不是浮力，要想能直观地看出浮力与各因素之间的关系，我们应该如何处理数据？ 生：可以利用公式$F_{浮}=G_{物}-F_{示}$进行计算，将浮力计算出来进行比较。 师：请同学们进行计算，并利用计算结果进行比较，得出结论。 结论1：①物体在液体中所受浮力的大小与液体的密度有关，液体密度越大，物体所受浮力越大；②物体在液体中所受浮力的大小与物体在液体中的深度无关；③物体在液体中所受浮力的大小与物体质量无关；④物体在液体中所受浮力的大小与物体密度无关。</p>
--

表5 活动四（高级论证活动）

表现期望	指标	活动级别
学生具备浮力关于概念整合层级的知识，在前面探究的基础上，能针对他人观点或论证，构建一个完整的、基于证据的反驳论证。	概念等级：整合； 论证水平：9（有观点、证据、理论依据、推理、反驳的提示）	高级论证活动
教学活动		
<p>学生通过实验验证了浮力与$P_{液}$、$h_{深}$、$m_{物}$、$P_{物}$的关系之后，仅凭生活经验学生无法将浮力与物体排开的液体体积相联系，教师通过暗示、提示让学生意识到浮力可能与物体排开液体的体积有关。 师：对于刚才的实验，你们有没有注意到一个问题？ 生：刚才的实验结果表明浮力与物体在液体中的深度无关，但是在物体浸入液体中时弹簧测力计示数发生了变化。 师：请同学们再次尝试猜想浮力大小还会与什么因素有关呢？为什么？ 生1:我认为与物体浸入液体的体积有关，因为在物体浸入液体的过程中示数发生了变化，而且浸入液体的体积越大，示数越小，浮力越大。 师：如果要表示浮力与物体浸入液体体积的定量关系，不规则物体体积应该如何表示？（教师提示：反驳提示）同学们有没有观察到水位的变化？水位为什么会发生变化？（教师提示：观点提示） 生2:我认为与物体排开液体的体积有关，水位上升的原因是物体浸入液体的过程中会排开液体，而且弹簧测力计示数与水位是同时变化的，当物体浸没在液体中后，水位不再发生变化，弹簧测力计示数也不变。排开液体的体积可以通过测量或密度公式计算的方法得到，因此能表示浮力与物体排开液体的体积的定量关系。 师：能否设计实验来验证浮力与之间的关系呢？ 生：用一个带有刻度的圆柱形量杯，在物体浸入前读出水位的刻度，并测出铁块在空气中时弹簧测力计示数，将物体缓缓浸入水中过程中，记录水位变化以及此时的弹簧测力计示数。 学生进行实验，并将记录的数据进行处理，最后得出结论。 结论2：物体在液体中所受浮力的大小与物体排开的液体体积有关，排开液体体积越大，物体所受浮力越大。 【得出结论】 将两次实验结论进行整合，学生总结归纳：浮力的大小只与液体的密度和物体排开液体的体积有关，与浸入液体的深度、物体的质量、物体的密度都无关。</p>		

通过学生动手实验验证猜想，并对实验结果进行处理，最终得出结论，在整个过程中逐步培养学生的证据意识，学会寻找证据支持自己的观点，提高学生的论证能力。

经过活动三，学生的概念理解已进阶到系统层级，依

据期望的认知状态,在活动四中要帮助学生从关联层级进阶到系统层级,论证能力进阶到高级水平。具体的教学设计过程见表5。

综上,论证活动在整合概念进阶和论证进阶的表现期望基础上,实现了最终的整合目标。

3 结语

整合式进阶教学体现了大概念统领下的整合论证教学活动,基于整合的表现期望将学习过程设计成一系列阶段性学习目标,利用基于认知支架的整合论证系列活动实现各个阶段的整合教学目标,不仅提升了物理观念和科学思维,培养了责任意识、协作能力,严谨认真、实事求是的科学态度,而且内在地经历了科学本质教育,有利于落实物理学科核心素养课程目标。

将科学论证融入教学促进学生物理观念和科学思维共同发展是较为长期而又现实的问题,本文基于整合进阶理论设计的实验教学过程,希望能为广大教师在实验教学实

践中提供一些启示和思路。

参考文献:

[1] 弭乐,郭玉英.概念学习进阶与科学论证整合的教学设计研究[J].课程·教材·教法,2018,38(05):90-98.

[2] 姚建欣,郭玉英.学习进阶:素养的凝练与范式的演变[J].教育科学,2018,34(04):30-35.

[3] 弭乐,郭玉英.基于整合的进阶式教学设计研究—以概念进阶与论证进阶为例[J].物理教师,2021,42(01):2-7+11.

[4] 郭玉英,姚建欣.基于核心素养学习进阶的科学教学设计[J].课程·教材·教法,2016,36(11):64-70.

[5] 姚建欣,郭玉英.学习进阶:素养的凝练和范式的演变[J].教育科学,2018,34(04):30-35.

作者简介:王纯(1994.06-),女,汉族,陕西西安人,硕士研究生,中学初级教师,研究方向:中学物理教学。