

探究实践：中小学推进科学教育的关键点

高云峰（清华大学航天航空学院，北京 100084）

摘要 《义务教育科学课程标准（2022年版）》提出“加强探究实践”。在中小学科学教育中提倡探究实践，符合科学、技术与工程发展的趋势和国家未来发展的需要，有利于整合不同学科的知识，补齐了传统科学教育中学生缺乏自主实践的短板。探究实践本质上是一种知识的再生产过程，有利于让学生形成“像科学家一样思考”“像工程师一样实践”的意识。开展探究实践要从观察和提出问题开始，以科学问题为中心，注重激发学生兴趣和自主参与，重视合作与交流，重视收集资料和分析、归纳、总结。

关键词 科学教育；探究实践；真实问题；科学思维；工程思维

中图分类号 G63

文献标识码 B

文章编号 1002-2384 (2023) 06-0014-05



（请扫本刊二维码）

在知识爆炸与人工智能快速发展的时代，学校要教会学生在未来生存的能力。科学教育要培养学生核心素养，逐步形成适应个人终身发展和社会发展所需要的正确价值观、必备品格和关键能力。^[1]科学与其他学科的最大区别，是特别强调探究实践。在《义务教育科学课程标准（2022年版）》（以下简称“2022版科学课标”）中，“探究”一词出现了352次，“实践”一词出现了146次，“探究实践”一词出现了35次。2022版科学课标“课程理念”部分特别提出“激发学习动机，加强探究实践”，倡导以探究和实践为主的多样化学习方式，让学生主动参与、动手动脑、积极体验，经历科学探究以及技术与工程实践的过程。^[2]那么，当前中小学校在推进科学教育的过程中，应如何理解和把握“探究实践”这一关键点？

一、为什么提倡探究实践

探究实践是指科学探究和技术工程实践。探究和实践可以独立，但是2022版科学课标鼓励两者融合。为什么以前提倡“科学探究”，而现在提倡“探究实践”？这背后涉及多种因素及考虑。

1. 适应科学、技术与工程发展的趋势

科学、技术与工程的相互促进作用日益增强，推动着生产力发展、经济繁荣和社会进步，促进了人们生产方式和生活方式的变革，提高了人类社会的物质文明水

平。早期科学、技术和工程相对独立，但是目前三者之间出现了相互影响、高度融合的趋势：技术发明和工程制造需要科学的指导，科学发现又离不开技术仪器和工程设备。例如：科学家利用粒子加速器探究微观世界，发现新的科学现象，而粒子加速器的设计需要科学原理指导，粒子加速器需要工程制造获得。在高科技方面三者的相互融合更为明显，如小小的芯片就融合了大量的科学原理、技术发明，同时它又是工程产品。

2022版科学课标很好地体现了这一趋势，即重视学生利用科学原理和科学知识指导技术与工程设计，做出简单装置或作品，然后利用自己制作的装置对科学现象进行验证，或者进行更深入的探究，从而使得科学探究与工程实践有机融合。如2022版科学课标中提出这样的案例建议：探究长时间低头看手机的危害。这是涉及生命科学、物质科学、技术与工程领域的跨学科学习活动。学生在了解人体结构的基础上，设计制作简化的头部和颈部模型，用弹簧或橡皮筋模拟肌肉，对头颈模型进行受力实验并获得数据，整理后得出有说服力的证据。这一活动把建模、数据处理融为一体，让学生意识到，可以利用自己的工程实践成果为后续的科学探究提供实验数据，未来可以更好地利用仪器设备进行更深入的科学探究。

2. 适应国家未来发展的需要

科学技术是国家硬实力的体现，各国综合国力的竞

争关键是技术竞争。上世纪80年代后,主要国家和地区纷纷提出了高科技发展战略。而当前我国产业发展遇到的“卡脖子”问题主要体现在技术及产品方面。因此,在科学教育中设置技术与工程内容,让学生参与技术与工程实践,是非常及时且十分重要的。

众所周知,科学涉及是什么(what)和为什么(why),技术与工程涉及如何做(how)。可能你知道所有的科学原理,但是却做不出来,因为做出产品还与材料制造、工艺水平、加工精度等有关。这方面的例子很多。技术与工程实践可以让学生从小就意识到,除了利用学校提供的实验器材进行科学实验,还可以自己设计简单模型或作品,开展科学探究。未来我国需要更多的原创科学研究,如果面临没有先进科学仪器和技术设备或者国外禁运仪器等情况,那么科研人员有可能需要先自己设计制造科学仪器,再进行后续的科学实验。

3. 有利于整合不同学科的知识

探究实践要解决真实的问题,自然容易涉及多学科、跨学科知识,有利于不同学科知识的整合。真实问题与传统作业存在明显的不同。传统作业是一个很“干净”的问题,已知条件和参数都很明确,需要解决的问题也很明确。学生处理作业时,只需要把所学知识适当应用,就能获得答案。但是真实的问题是一个复杂的系统,已知和未知可能都不很明确,解决此类问题需要学生判断考虑哪些因素、忽略哪些因素,从而不仅与知识有关,也与经验有关。

例如:我曾经给中学生提出挑战项目“纸船载人比赛”,要求用200kg报纸做纸船,进行载人比赛和速度比赛。为了完成这一挑战性任务,学生自然要考虑纸船的外形结构、纸张强度,以及渗水、平衡、稳定等问题。因此这是一个多科学、跨学科的技术工程实践,同时又涉及科学探究,即学生需要设计实验获得部分材料的性能参数,如报纸的摩擦、强度等参数。由于比赛要求的载重与速度相互冲突,载重大要求截面和体积大,速度快要求截面小,学生还面临在冲突背景下如何寻找最佳方案的问题。此外比赛中还存在选手之间的配合问题。因此学生需要把不同的知识进行整合,考虑稍不周全,就有可能翻船落水。

二、认识探究实践的本质

与传统教育中教师传授知识、学生被动接受知识不同,探究实践本质上是一种知识的再生产过程。探究实践在教学中以学生为中心,教师适当进行思维和方法的引导,让学生在真实情境中解决实际问题,形成“像科学家一样思考”“像工程师一样实践”的意识。

1. 像科学家一样思考:注重科学思维

在探究实践过程中,教师不把全部科学知识和结论告诉学生,而是有针对性地指导学生,培养学生形成科学探究的意识,让学生理解科学探究的一般过程和方法。这个过程包括发现并提出科学问题,针对科学问题进行合理猜想与假设;制订计划,搜集证据,分析证据并得出结果;对结果进行解释与评估;准确表达观点,



图片说明:“纸船载人比赛”挑战项目

反思探究过程与结论。^[3]

可以这样说,科学家研究科学问题与学生进行探究,都是一个从未知到已知的探索、发现的过程。只不过科学家要解决的问题更为复杂,学生要解决的问题相对简单。因此,学生完全可以模仿科学家进行真正的探究活动。科学家发现科学规律的模式并无定式,但其中的两种模式可供学生借鉴模仿。

(1) 归纳演绎法:适合低年级学生进行探究实践

科学家面对未知,通过观察、实验获得大量数据,然后对数据进行归纳处理,得出一般的规律,这是发现科学规律的一种重要模式。行星运动定律的发现就属于这一模式:开普勒通过观察获得了大量行星运行的数据。当时还没有太多科学理论指导,他对这些数据进行各种加减乘除运算,经过19年的努力,终于发现了行星运动三大定律。

归纳演绎法具有以下特点:当科学家在观察或实践中获得大量经验事实、数据后,需要进行归纳推理,概括出一般性的科学原理(归纳+演绎);然后检验所得结论的正确性(验证);如果通过检验,可以利用这些科学理论解释自然现象或预测新的现象(推广),如果没有通过检验,需要返回重新归纳。

这种科学探究模式的特征是先获得大量经验和数据,然后用归纳推理手段从这些事实中得出结论。这一方法很适合低年级的学生进行探究实践。在探究实践过程中,教师要引导学生注意收集数据,尊重原始数据,然后尝试用图标、曲线、组合计算等多种形式找出数据背后的规律。

(2) 假说验证法:适合具有一定逻辑思维能力的中高年级学生

科学家首先对某一问题或现象提出猜想,构建一个假设来解释该问题中已知的现象(猜测+演绎);然后设计实验检验猜想中其他可能的现象,如果不能证实可能要修改假设,一旦假设被实验确证,假设便上升为科学理论(验证);最后用这种科学理论来解释其他类同的自然现象(推广)。这是发现科学规律的另一种重要模式。中微子的发现就属于这一模式。当时卢瑟福和汤姆森等人在放射性实验中发现电荷守恒,但能量和动量都

不守恒。波尔怀疑能量守恒定律是不是只在宏观世界成立(能量守恒定律是根据宏观现象的归纳总结),但是泡利提出了中微子假说:存在着某种还没有被发现的粒子,带走了部分能量和动量,导致实验结果不守恒。按照这一假设,可以推测未知粒子的部分性质,为后来发现中微子提供了指导作用。

这种科学探究模式具有以下特征:科学家有一定的知识背景,通过创造性思维大胆猜想;然后用经验事实去检验,因为猜测可能不正确,可能需要多次反复迭代,才能逐步发现合理的结论。这一方法很适合已有部分知识背景和一定逻辑思维能力的中高年级学生。教师在探究实践中要对学生强调:提出假说要符合已有的现象,且不违反已知的科学原理;要注意假说很可能在后面的探究中被证明有错,因此要坦然面对挫折,提出新假设。

2. 像工程师一样实践:注重工程思维

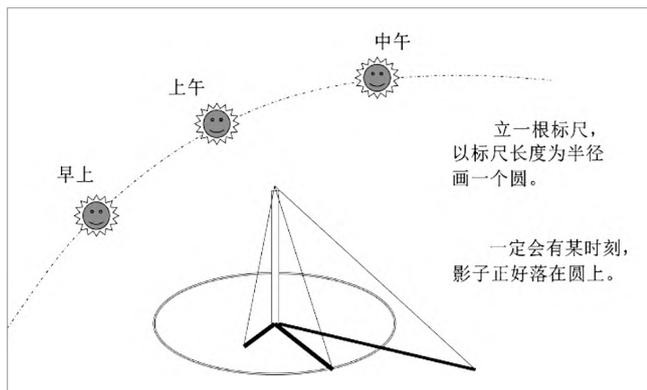
技术与工程是传统教育的短板。在传统教育中,学生通过刻苦学习掌握了很多知识,考试也可以取得很好的成绩,但是绝大部分学生在面对真实问题时往往无从下手,感觉所学的知识用不上。技术工程实践是改变这一状况的最好方式。

技术工程实践是学生对工程师的模仿,因而要经历简单的设计和物化过程,是一种从无到有的创造过程。通过技术与工程实践,学生能够理解技术与工程涉及明确问题、设计方案、实施计划、检验作品、改进完善、发布成果等要素,具有初步的技术与工程实践能力。技术工程实践绝不是简单地动手做个作品,而是有利于培养学生的工程思维,使学生了解处理实际问题的方法和流程。

(1) 培养工程思维:学会统筹兼顾

工程是运用科学原理和技术手段创造人工物体的过程。工程思维是用工程的眼光看待世界和处理世界的思维方式,是一种统筹兼顾的系统思维方式。工程思维具有现实性、创造性和复杂性。

工程需要考虑多种限制条件,包括时间、成本、材料、环境等,以确保最终能够实现;技术与工程也需要创意设计,但与天马行空的想法不同,一定要考虑可行性。工程活动的本质是创造一个世界上原本不存在的人工实体,充满了创造性,在设计阶段充满了挑战和创意。



图片说明：关于“物体的影子”问题探究

好的创意可以绕开可能的困难，好的创意带来的发明可以实现希望的功能。工程还涉及很多不确定因素，包括很多意想不到的情况。如在设计桥梁时，设计者需要了解载重卡车的载重量，同时要考虑偶尔会有司机严重超载，以及极端情况下交通堵塞导致多辆超载的卡车在桥上的情况。

在科学课程中，学生面临的工程问题比实际的工程问题简单很多，但也要尝试利用工程思维，学会统筹兼顾。

(2) 加强设计、优化与物化环节

技术与工程密切相关，简单地说，技术是学生能做什么，工程是学生做出了什么。这其中的重点和难点就是设计、优化与物化。由于以前的师范教育中缺少技术教育特别是工程教育，所以这方面的内容对教师是一大挑战。

设计是基于一定设想的有目的的规划及创造活动。2022版科学课标鼓励学生利用多种方式表达设计思路，其中草图绘制最为便利。对于中小學生来说，只需要画出大致的草图即可，借此可以看出大致形状、了解各部件的连接关系、确定尺寸等，也便于师生之间和学生之间沟通。^[4]

优化是从多种设计方案中选出最佳方案。在选择方案时，设计者利用批判性思维，有依据地进行选择、改进或组合。^[5]由于学生经验不足，在设计中容易出现各种问题，这时对方案进行讨论就很重要。学生在讨论中指出每个方案的优点和不足（特别是不足），考虑实施的可行性，然后以此为基础对方案进行改进。因此，在设计环节最好分组进行，组内每位学生可以提出一个初步方案。在一些科学课程的教学观摩中，我发现往往每组学

生只有一个设计方案，且没有讨论改进的环节，未来这方面需要加强。

物化是指采用一定的工艺方法等将想法、方案转化为实际物品，或对已有物品进行改进。在物化过程中，教师需要引导学生考虑材料的选取、工具的选择，在实施前提醒学生注意安全规范。^[6]

三、探究实践的实施要点

探究实践是一种学习模式，中小学开展探究实践需要把握以下要点。

1. 探究实践开始于观察和提出问题

爱因斯坦说：“提出一个问题往往比解决一个问题更重要。”问题本身就可以激发或是限制学生的创造力。好的问题有助于让学生得出“与众不同”的答案，而创造力的主要特征之一就是“与众不同”。

例如：物体在阳光下会有影子，不同时刻影子的长短和方向都会变化。以物体和影子为背景，一个缺乏创意的题目类似于“物体的影子什么时候最短”，它直接导致相同的答案“中午时物体影子最短”，自然无法激发学生的创造力发展。相反，如果把题目改为：“利用物体的影子，我们可以做什么？怎么做？”这就是一个值得讨论的问题。学生既可以从不同角度进行思考，也要考虑具体实施，而且还可以从别人的答案中得到启发。具体“做什么”，则可以是测量时间、确定方向、测量物体的高度等等。

2. 探究实践以科学问题为中心

探究实践都是从问题开始，以问题为核心激发学

生思维,这也是科学学习的重要特征。问题的引入要适当,最好与学生所学的科学知识有联系,符合学生的生活经验,同时考虑学生的心理特点。引起探究的问题应当是那些超出学生现有水平但学生通过努力能解决的具有挑战性的高级问题,这些问题有难度但又让学生有兴趣去挑战。

如关于中国大科学项目“500米口径球面射电望远镜(FAST)”有一个问题:球面并不能聚焦,为什么该装置称为“球面”而不是“抛物面”?这一问题涉及物理、数学、地理、技术与工程等跨学科知识,教师可以引导学生先做理论分析,然后制作简化的模型进行验证。

3. 探究实践要有趣味性,能激发学生自主参与

探究实践应该有趣味性,这样才能激发和培养学生的探究兴趣,学生才会积极主动地参与到探究活动中。我曾多次组织小学生进行探究活动,发现他们真正感兴趣时,会不自觉地坐在地上甚至是趴在地上进行实验,放学了也不愿意回家。

如我们观察发现能够飞翔的鸟类身体与翅膀不成比例:大鸟展翅比身体长,小鸟展翅比身体短。针对这一现象,学生首先可以收集多种鸟的数据,尝试发现某种规律,然后做出假设对这一现象进行解释并做出模型进行验证,最后对扑翼飞翔装置提出可能的建议。

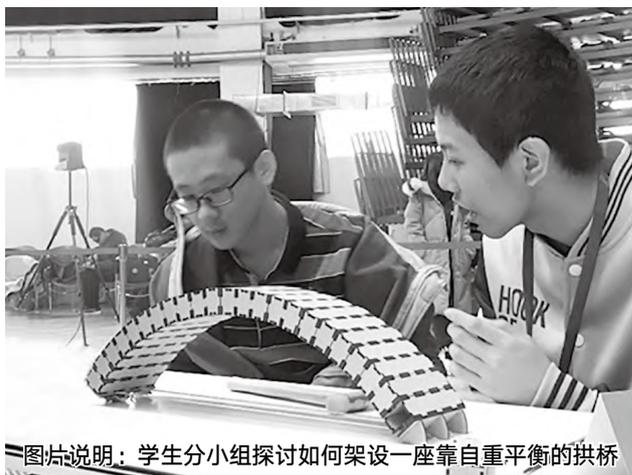
4. 探究实践活动要重视合作与交流

在探究实践活动中,教师要鼓励学生多进行沟通交流。如果学生之间能够不断地交流讨论,不同的思维火花在激烈的碰撞中就可以互相启迪思维、拓展视野。因此,科学探究实践倡导小组合作,教师要为学生之间的合作交流创造条件。例如:在给中小小学生设计探究实践活动时,要考虑工作量的大小是否必须要团队合作才可能完成,如前面介绍的纸船项目就需要发挥团队合力。

5. 探究实践活动要重视收集资料及分析、归纳、总结

科学重视数据,在探究实践中,对现象进行科学解释、做出科学推断时,需要一定数量的可靠数据资料。观察、测量是获得资料的重要途径,一些情况下学生可以自制模型或作品,帮助获取某些数据,这体现了科学探究与工程实践融合必要性。

需要指出的是,我们通过对外在现象的观察和测



图片说明:学生分小组探讨如何架设一座靠自重平衡的拱桥

量,可以得到局部的、零散的数据,类似盲人摸象,认为大象是圆柱(腿)、是扇子(耳朵)。因此,我们还需要把这些局部零散的数据进行加工整理,这样才可能发现事物的本质和规律。因此探究实践要教会学生处理数据的方法,包括筛选归类、分析综合、总结归纳、抽象概括,而这是目前科学教育的短板,即教给学生很多细节的知识,但是较少教学生处理问题的方法。

例如:在杠杆探究环节,除了让学生亲身体会杠杆的受力特点外,还可以要求学生把杠杆平衡时两侧的质量 M 和距离 L 记录下来(原始数据),同时计算两侧的 $M+L$ 、 $M \times L$ 、 $M \div L$ 等数值(数据处理的一种方法),让学生从中发现平衡时两侧 $M \times L$ 相等(规律)。由此学生可以理解:只有适当处理实验数据,才有可能获得更深刻的内在关系。

综上所述,科学教育鼓励科学探究与工程实践的结合。科学教育不仅要通过探究活动让学生建构科学知识,而且要通过设计与制作等手段,将这些知识转化为实际问题的解决与创造,发展学生的实际动手能力,同时通过系列化的工程实践任务丰富和完善学生的科学知识建构。

参考文献:

- [1][2][3] 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:前言,3,5.
[4][5][6] 高云峰.科学教师要重视技术与工程教学[J].湖北教育(科学课),2022(12):1.

(编辑 崔若峰)