有效失败让物理学习可见*

——以“密度知识的应用”教学为例

贲可敬 （江阴市夏港中学 江苏 214442）

摘 要 初中学生在物理学习过程中，无论有多么努力、多么谨慎，都会犯错，也会面临失败。教师应该引导学生正确对待失败，看待失败的价值，支持学生学会反思并重新思考，引导学生以新的方式站在原有失败的起点上迎接挑战。这样的失败是暂时的失败，标志着学习迎来了新的机遇。当学习有更加明确清晰的目标，具有适当的挑战性，教师知道要把学生带向何处，学生知道自己身处何处，教师所教清晰可见，学生所学清晰可见，可见的学习就会发生，有效失败就有了价值。文章以江苏省首期教育家型教师创新培育计划展示课“密度知识的应用”为例，阐释如何在初中物理教学中利用有效失败促进学生的学习。

关键词 有效失败 挑战 实验 思维 学习可见

文章编号 1002-0748(2024)11-0044 **中图分类号** G633·7 **文献标识码** B

初中物理是以观察和实验为基础的自然科学基础课程，实践性和生活性是物理学科的特性。在学习过程中遇到挫折、发生错误、面临失败是每一个初中生在物理学习过程中的必经之路。然而，一味地回避失败，最终必然导致失败；倘若正确面对失败、接受失败，以失败为起点反思、分析、实验，这样的学习是可见的，这样的失败是有效的。

1 有效失败之说

1.1 有效失败的内涵

心理学家马努·卡普尔在2006年提出了一个概念——“有效失败”。他把成功分为有效成功和无效成功，把失败分为有效失败和无效失败，并分四个区间建立了目标达成度与收获或经验形成度的结构模型，以此来界定失败与成功的区别与联系，如图1所示。由结构模型图可知，并不是每一个成功都是有效的，都值得高兴；也不是每一个失败都糟糕透顶，让人沮丧。对学习而言，当学生能把会的每次都做正确其实是“无效成功”，把不会的做错了以后能做正确，之前的错误就是“有效失败”。简单来说，有效失败就是让学生经历挫折、失败的过程，并从中收获学习经验以改进学习。每一次有效犯错，都是一次经历和收获，学生的进步和发展一般都来自于“有效失败”。



图1 失败与成功关系图

1.2 初中学生的困扰

每个人都会犯错，也会面对大大小小的各种失败。初中生心智不成熟，犯错和失败是成长的必经之路，教师需要给学生更多尝试的机会甚至是犯错的机会，让其获取有效失败的学习经验。很多教师害怕学生犯错，一旦发现学生犯错，就想立刻阻止并试图以“正确的路径”把学生拉向成功，很少让学生继续犯错甚至犯错到底。殊不知，体会犯错的感受，让学生在失败中多沉浸一会儿，有助于保护学生的自尊心和积极性，缓释学生的焦虑情绪，还有助于学生形成责任感，如能加以积极鼓励和适度点拨，更有助于学生在真实情境下进行反思和改进以获得新的学习经验，让学习可见，让问题得以解决。

1.3 物理学习的挑战

物理学习对于初中生来说是有一定挑战性的，因为作为物理学科的本质特性——实验和思维，对

* **资金项目**：本文系江苏省2023年度教师发展研究立项课题“基于‘双向’基础的区域实验教学创新实践研究”（项目编号：jsfz-c10）阶段性研究成果。

中国知网 https://www.cnki.net

学生的实验探究和理性思维的要求较高，动手和动脑是初中生比较畏惧的。初中生喜欢事实性知识的记忆，但学习重心无法从记忆事实向理解可迁移的物理核心概念和知识结构转变。初中生擅长“说出、记住”之类的知识点的单向预期传递，不擅长“用一定方法举例说明”之类的知识结构化的综合运用，惧怕“用什么观念做事”之类的真实情境下的问题解决，其根本原因是从“记中学”向“做中学”“用中学”的迁移与应用能力的缺乏，更是泛在学习的隐性诟病。

2　有效失败之例

笔者在执教江苏省教育家型教师创新培育计划培养对象展示课“密度知识的应用”一课时，经历了教师“精心设计”之外的学生“有效失败”，深切感受到了“有效失败”对学生真实学习的促进作用，尤其是“有效失败”中的思维生长让学习可见的真实力量。

2.1　模型的建构

在使用托盘天平、刻度尺顺利测量正方体金属块的密度后，让学生尝试着用同样的测量工具测量六角螺母的密度，如图2所示。用托盘天平测量螺母的质量是基本实验，对学生而言比较容易。但用刻度尺测量六角螺母的体积让学生犯愁了，即使测出边长、厚度、内径，由于内部有螺纹，根本无法准确测量螺母的体积。用刻度尺直接测量受挫，学生陷入困境。教师没有直接介绍新的测量工具——量筒、量杯，以把学生从失败中直接拉出来，而是通过序列问题的牵引，引发学生思维深化，建构测量工具模型。



(a)　　(b)　　(c)

图2　测量螺母密度器材

问题1：是否可以间接测量螺母的体积？

学生：不知道。

问题2：目前学过的物理研究方法有哪些？

学生：控制变量法、转换法、等效替代法、理想实验法等研究方法。

问题3：哪一种或哪几种研究方法可以在测量螺母的体积时加以应用？

学生：等效替代法。用其他物体的体积替代螺母的体积。

问题4：研究什么问题时应用过等效替代法？具体是如何操作的？

学生：研究平面镜成像特点时，用一根等大的蜡烛放在平面镜后，替代平面镜前点燃的蜡烛在平面镜后所成的像。

问题5：这里的“等大”是指什么相等？

学生：蜡烛的长、宽、高均相等，即体积相等。

问题6：我们可以用什么物体的体积来替代螺母的体积呢？

学生：用水的体积。

问题7：为什么不用固体和气体？

学生：固体不具有流动性，很难用固体完全占据螺母的空间来替代螺母体积；气体没有固定的形状，体积很难测量，所以用生活中最常见的水。

问题8：如何操作？

学生：在一个容器内装满水，把螺母放入后，测量溢出水的体积。

问题9：溢出水的体积如何测量？

学生：把溢出的水收集起来倒入一个长方体容器内，用刻度尺测量水的长、宽、高即可。

问题10：能否对收集水的容器进行优化，在不使用刻度尺的前提下，在容器上直接读出体积值？

学生：在长方体容器内倒入1 kg水，体积就是1 L，记下水面位置，从此位置到容器底部平均等分，每等分就是容器的分度值，在容器上方标出计量单位，就构成了测量体积的工具模型。

至此，学生在受挫后的“有效失败”中，沉浸于思维的生长，在问题的牵引下，逐步构建了量筒的模型，这样的学习是真实的、可见的。

2.2　工具的使用

构建量筒模型是为了测量溢出水的体积以替代螺母的体积。学习了量筒（量杯）的使用后，各组尝试用量筒直接测量螺母的体积。对于个别小组，教师提供的是较大的无法放入所提供的量筒的螺母，此举旨在让学生在遭遇失败时，能改变惯性思维，尝试优化实验方案。学生可以借助烧杯、量筒等工具测量大螺母的体积，但实际操作时却遇到了困难，把装满水的烧杯平放在水平桌面上，将螺母放入烧杯时，水从四周沿烧杯外壁溢出，有不少水沾附在烧杯壁上，用量筒收集溢出的水非常困难（见图3）。暂时的失败有时会成为发现并解决问题的突破，此时的失败会促使学生产生实验必有误差的意识，并形成改进测量方法、使用更精密的仪器以减小实验误差的思维。如何改进测量方法，根据生活经验可以

中国知网　https://www.cnki.net

联想到用老式的电水壶代替烧杯(见图4),溢出的水可以从电水壶的细嘴流出,便于收集。上述改进和选择说明学生在失败中的反思、优化有所成效,这样的失败是"有效"的,是表面上失败、实质上成功。从生活中的电水壶逐步向物理实验器材溢水杯的渐变,当老师出示如图5所示的实验室用溢水杯时,学生的构想得到进一步验证,获得感油然而生。"失败"可以是精心预设、有效生成的结果,也可以是预设之外的自然生成。Kapur(2016年)通过实证研究表明:从表面上看,有效失败的效率较低;但是从学习概念的深层结构和迁移上看,有效失败比有效成功更有长期的迁移性,因为学生在此过程中会经历生成和探索多种表征方式和解决方案,而这种失败对后续的持久学习是富有成效的(Kapur and Bielacyc, 2012年)[1]。


图3　平放烧杯排水图


图4　电水壶实物图


图5　溢水杯实物图

2.3　问题的解决

在基础型任务——测量液体密度时,是否需要测量空烧杯的质量,实验步骤的次序是否会影响测量结果的准确性,这对学生提出了较高的要求。作为初学者,学生先测空烧杯质量,再测空烧杯和液体总质量,再将液体倒入量筒测体积,最后计算得出液体密度。这是正常的思维,也是学生首选的方案。但学生仔细观察倒出液体后的烧杯时发现还有少量液滴沾在烧杯底部或侧壁(见图6),这样会导致测量的体积有偏差。怎么办?能否借鉴测螺母密度时减小误差的策略——调整实验次序,先测烧杯和液体总质量,再将液体倒入量筒中测体积,再测烧杯质量(见图7)。虽然烧杯中仍然会有液滴残留,但能保证烧杯和液体总质量减去烧杯(含残留液体)质量等于倒入量筒中的液体质量,使得测量质量的对象与测量体积的对象一致,实验方案优化完成。


图6　倒出液体后的烧杯

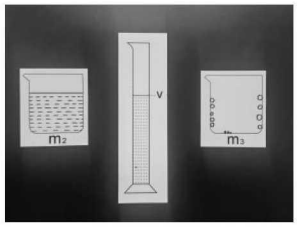

图7　测量液体密度的改进实验

在拓展型任务——鉴别金砖真伪环节中,学生想到物质鉴定的方法,测密度与标准密度对比,测质量与标准质量对比,或者测体积与标准体积对比,无论何种方法,都离不开金砖体积的测量。由于金砖体积较大,无法放入0～100 ml量筒中测量体积(见图8)。鉴于之前"有效失败"形成的经验,学生很快采用了多种方案进行测量,如选择内径更大的量筒、量杯、溢水杯等工具来测量。用什么样的测量工具收集并测量呢?两种不同规格的量筒中学生选择了量程0～100 ml、分度值0.1 ml的量筒,而非量程0～250 ml、分度值0.2 ml的量筒,目的是使测量结果更精确(见图9)。这说明学生在经历之前的数次"有效失败"后,对减小测量误差有了基本的意识和解决的方案。


图8　金砖无法放入100 ml量筒


图9　用100 ml量筒收集溢出的水

在挑战型任务——缺少量筒的条件下,测量液体的密度环节中,如图10所示,学生的思维卡顿是非常明显的。挑战性任务的设计能有效评价学生在复杂情境下解决问题的能力,主要还是考查物理研究思想、方法的迁移与应用能力。比如说等量替代的方法在本课中多次得到应用,该方法也是解决特殊测量问题的核心。掌握了用天平、量筒测量密度后,突然缺少了量筒这个测量体积的工具,学生手足无措,陷入集体沉思。对于难度较大的挑战性任务,教师应该在关键时刻提供信心和支持,以防"有效失败"走向"无效失败"。标志贴贴在同一位置意味着体积相同,可以用水的体积替代同体积的液体体积,同体积的液体质量可以用杯子和液体总质量减去杯子质量得到,同



图10　缺少量筒时测量液体密度器材

中国知网　https://www.cnki.net

体积的水的质量可以用相同的方法得到，再除以作为常数的水的密度，可以得到水的体积，即液体的体积。

挑战是一个相对的概念，是相对于学生的当前认知和理解，以及源自学习目的的成功标准而言的。鉴于学生先前成就水平、自我效能和信心，挑战不能太难，不能让目标看起来遥不可及，相反，教师和学生必须能够看见达成挑战性目标的路径和策略。只有在学生看来任务具有适度的挑战性，并能够在教师支持下突破最初难以掌控的部分，学生才会有所学。这样的学习才是可见的学习[2]。挑战型学习任务的设计要求教师要善于“挖坑”，为随之而来的“有效失败”设立情境，创造条件让学生“入坑”，在自主矫正和教师支持下“爬坑”，独立自主地“出坑”。进阶的挑战性学习任务一方面可以将学生快速带入学习情境，激发他们强烈的学习动力，还可以有效促进学生的思维进阶[3]。

3　有效失败之义

3.1　有效失败是新的学习机会

对于失败的恐惧或经历失败的恐惧是学习的两大障碍[4]。改变学生对失败的反应，减少失败带来的恐惧是教师的教学艺术。带着学生遭遇失败，在失败中沉浸，走出失败并获得学习经验，是学生战胜恐惧、重拾信心的基本途径，如此反复，失败并不可怕，有效的失败反而成了学习的机会。

3.2　可见的学习是教学的追求

挑战是学习可见的核心因素之一，教学的艺术就在于为学生制造适时、适当、适度的挑战。让学生在有效失败中真正投入和参与学习，在沉浸中寻求新的突破，这样的学习才是可见的、深刻的，也是教学的技巧和追求。每次教师帮助学生纠正一个错误，都应该抓住这个机会帮助学生将错误理解为未来对他们有帮助的“数据”，而不是将此视为“能力恐慌”。教师帮助学生反思失败的一种方式是向他们介绍对失败更积极的看法，或者分享他人对失败的态度。不过，面对失败时，更重要的是要创造机会，让学生能够反思失败、做出调整或改变，如此他们可以从中汲取教训，形成经验，使学习可见。

3.3　有效失败使物理学习可见

精心设计的或者自然生成的“有效失败”肯定不能布满整个课堂，而应当成为课堂教学的关键事件，说它关键是因为能体现它的核心价值。物理是见物明理的学科，讲究事实证据，比如说运用物理知识来测量密度，设计什么样的方案，这就是一个坑。教师知道这个坑的重要性，所以就预设了坑，让它成为关于“有效失败”的关键事件。教师进而设计情境，提出问题，带着学生入坑、爬坑。入坑就是在学习中发现问题、经历失败，爬坑则是在失败中寻找机会并解决问题。当然教师应该通过指引，让学生爬出有效失败，走向有效成功。在找坑、入坑、爬坑、出坑的过程中，教师把知识教育变成了思维牵引，培养了学生的科学探究精神和耐挫抗逆能力，也就是培养了学生的关键能力和必备品格，这也是核心素养培育的价值追求。

课堂是师生生命成长的地方，教师的教是为了促进学生的学。对于教，教师到底教在什么地方？在什么时间教更有效？实践经验说明，当学生在经历有效失败的时候，教师就可以现场收集学生的学习证据，及时诊断、选择、重组，从而为改进教与学提供依据，让学生的学习真实而可见。这是对教师教学智慧的一种挑战，也是学生学习生命的一种舒展。

参考文献

[1] 夏雪梅. 项目化学习中“教师如何支持学生”的指标建构研究[J]. 华东师范大学学报(教育科学版)，2023(7)：92.

[2] 约翰·哈蒂. 可见的学习　　最大程度地促进学习(教师版)[M]. 金莺莲，洪超，裴新宁，译. 北京：教育科学出版社，2015：58，45.

[3] 李鸿，李建，李群. 基于深度学习的初中物理习题教学实践与思考[J]. 物理教学，2022(10)：30.

[4] 玛丽·凯·里琪. 可见的学习与思维教学[M]. 林文静，译. 北京：中国青年出版社，2017：165.

(上接第77页)

[4] 廖伯琴. 普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)解读[M]. 北京：高等教育出版社，2020：46　59，205.

[5] 陶旭，杨军林，路俊哲. 基于情境类型学的中考物理情境试题分析与比较　　以2022年五省市中考物理试题为例[J]. 物理教学，2023(5)：56　59，52.

[6] 教育部考试中心. 中国高考评价体系说明[M]. 北京：人民教育出版社，2019：36.

[7] 杜明荣，魏靖尧. 人教版高中物理教材“问题”栏目的情境分析与使用建议[J]. 课程·教材·教法，2023(4)：127　132.

[8] 缪跌闻，童大振，刘佳. 情境类型学视角下高考物理试题情境分析框架的改进[J]. 物理教学，2023(4)：59　63.

[9] 邢红军. 高中物理科学方法教育[M]. 北京：中国科学技术出版社，2015：120　140.

[10] 于一真，黄凯，李晓爽，郭芳侠. 中美高中物理教材习题难度及不良结构的比较[J]. 物理教师，2022(9)：69　74，78.

[11] 吕艳坤，唐丽芳，姚中化. 学科核心素养落地路径探析：习题教学反思与重构[J]. 课程·教材·教法，2020(9)：114　119.

中国知网　https://www.cnki.net