

初中园地

呈现环环相扣的逻辑 发展层层递进的思维^{*}

——以“气体的压强”深度教学为例

杨 涛 (苏州市吴江区笠泽实验初级中学 江苏 215200)

摘 要 物理学是一门逻辑性很强的自然科学。文章以苏科版物理教材“气体的压强”深度教学为例,通过呈现环环相扣的教学逻辑,提升教学的整体性、连续性,推动知识的结构化、系统化。同时“以丰富多彩的实验发展认知,以逻辑清晰的问题启迪思维,以严谨有趣的视频见证史实,以博大精深的文化树立品格”等多种策略,促进学生深度学习,积极践行《义务教育物理课程标准(2022 年版)》“落实课程育人价值,培育学生核心素养”的宗旨。

关键词 大气压 电视科普 物理学史 模型建构 实验创新 文物中的物理

文章编号 1002-0748(2025)2-0031

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

通过课程教学发展学生的核心素养,是当前课程改革的主要目标,更是全体教育工作者的共同追求。但是在围绕课标理念进行教学设计与实践时,我们似乎遗忘了物理学是一门逻辑性很强的学科,忽视了本可以通过环环相扣的教学逻辑,来提升教

学的整体性、连续性,凸显知识的发展脉络与彼此间的联系,推动知识的结构化、系统化的基本常识。本文旨在落实教学常识的基础上,以“气体的压强”深度教学为例,通过多种有效策略,发展学生的核心素养。具体的教学组织架构如图 1 所示。

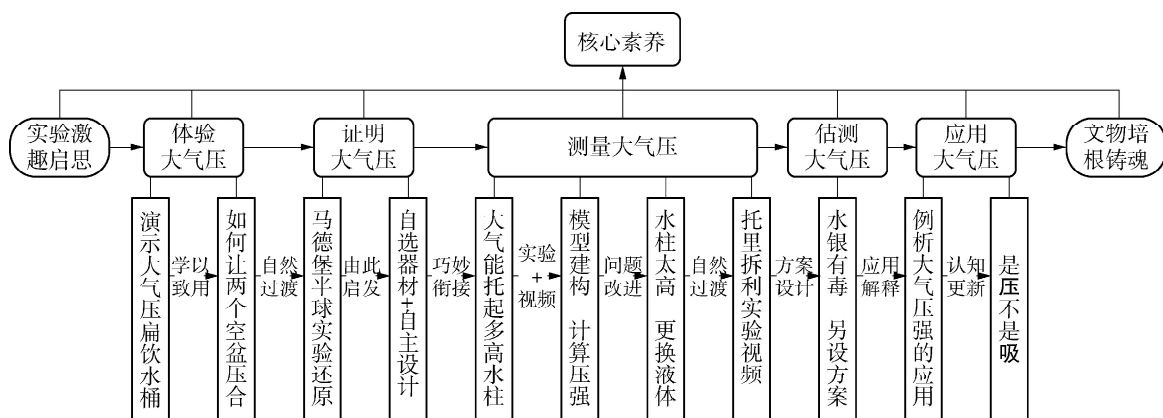


图 1 教学组织架构

1 温故而知新 实验发深省

前承液压:由上节内容可知,液体内部向各个方向都有压强,其产生的原因是什么?

后启气压:我们周围的大气(空气)受重力作用吗? 大气(空气)有没有流动性呢?

问题引领:大气对处在其中的物体有没有压强?

演示实验:取一只已经去掉封口、质地坚硬的空饮水桶,将其置于阳光下晒干,再向桶内注入 10~15 mL 左右浓度为 95% 的酒精,按住桶口,上下左右反复摇晃饮水桶,最大程度使桶内酒精汽化,接着将点燃的火柴梗投入桶内,伴随着“嗖”的一声爆鸣,熊

^{*} 基金项目:本文系徐州市教育科学“十四五”规划课题 2023 年度课题“基于课程思政理念的初中物理实验教学实践研究”(项目编号:GH14-23-LC07)的研究成果。

熊烈焰充斥整个水桶,并从桶口疾速窜出。随后用手掌堵住桶口,观察现象,如图 2 所示。

思维聚焦:你观察到什么现象?是什么力将结实的饮水桶向内压扁的?这个力的施力物体是谁?由此可见,大气对浸在其中的物体有没有压强?



图 2 大气压扁饮水桶

自找麻烦:既然大气内部有压强,为什么一开始时,空的饮水桶没有被大气给压扁?

分析目的:刚开始实验时“往桶内加入酒精并点燃”的操作目的是什么?

设计意图:建构主义理论认为:“知识是由认知主体主动建构的,建构是通过新旧经验的互动实现的。”^[1]因此,从学生已知的“液体内部存在压强的客观事实与形成原因”切入,符合学生循序渐进的认知逻辑,契合 2022 年版课标“从学生的已有经验和认知水平出发,优化内容组织形式,强化学科内知识整合”^[2]的具体要求。以深度学习理论主张的“联想与结构”^[3]的方式,促进学生自主建构物理知识,形成物理观念,有助于“质量、重力、压强、力的概念及其作用效果”等零散知识在学生的思维体系中链接、融通。同时,不止步于当前所见现象,引导学生及时反思,故意“自找麻烦”的行为,也有利于发展学生的综合认知能力,启发学生的深度思维。

物理是一门以实验为基础的自然科学课程^[2],要想最大程度地发挥物理实验的育人功能,无论是教师的演示实验,还是学生的分组实验,都应力求融合“取材方便、操作简单;主题鲜明、形式新颖;过程有趣、现象直观;可视化强、可见度高;科学安全、绿色环保”等诸多优点于一体,不满足于现有器材、不将就于常规实验,能够以学生看待问题的视角和认知心理,审视实验细节,寻求实验突破,不懈追求“人无我有,人有我优”的教学境界,既给学生以惊喜,又能发人深省。实践证明,能在物理课堂上成功演示该实验,现场效果可谓是:物理课上做实验,听取“哇”声一片!

2 现学即致用 科普见历史

迁移应用:大家能否受该实验的启发,思考怎样“利用大气压”将两个空盆合在一起?

具身体验:现在这两个原本完全独立的钢盆已经被大气牢牢地压在一起了,想不想感受一下大气压到底大不大?请大家组队上台,与大气压进行“拔

河”比赛,一较高下!如图 3 所示。



图 3 组队与大气压“拔河”

逆向思维:这么多同学都未能将钢盆拉开!想想怎样才能轻而易举地将两钢盆分开呢?

物理学史:根据记载,刚刚大家所做的这个实验,实际上早在 1654 年,德国马德堡市的市长奥托·格里克,就曾用两个空心铜半球公开演示过,他动用了两队共 16 匹马,竭尽全力才勉强将两个铜半球拉开,而且拉开的瞬间,竟然像炮弹爆炸一样发出了巨大声响。这就是著名的马德堡半球实验^[3]。

科普视频:湖南卫视有一档名为“新闻大求真”的求证科普类节目,曾经就有一期现场真实还原了“马德堡半球实验”。下面就让我们跟随着视频镜头,一起感受这一震撼的实验场景,了解这个证明大气压存在的著名实验,如图 4 所示。



图 4 视频截图

思维延伸:视频中,从一开始的八匹马到越野车再到东方红火车头,“马德堡半球实验”除了能够强有力地说明大气压的存在,还能够说明什么?

设计意图:从“大气压扁饮水桶”实验的“操作—现象—结论+反思”,再到模拟“马德堡半球实验”的“结论—操作—现象+体验”,以任务驱动的方式,充分调动学生的类比思维和逆向思维,切实发展学生运用所学知识解决真实问题的实践能力。同时渗透“为追求理解而教”^[5]的逆向教学设计理念,在教学过程中潜移默化地嵌入表现性评价任务,动态测评教学实效,巧妙实现“教—学—评”生态闭环。

另外,从模拟实验巧妙过渡到物理学史,以物理学史自然引入电视科普节目,再以电视科普节目充实物理学史,通过丰富多样的教学形式、清晰连贯的认知逻辑,让学生对“马德堡半球实验”的丰富内涵、

历史意义以及所蕴含的科学精神等,产生极其深刻的认识。正如物理课程标准所倡导的:“重视物理学史的教育功能^[6];充分利用科学史料,培养学生的科学态度与社会责任;教师要吸收与整合各种优质资源组织教学;注重利用网络资源,丰富教学内容和形式。可结合课堂教学内容推荐电视节目,还可引导学生收看新闻及一些科技类节目。”^[2]以此在开阔学生视野、涵养科学精神、塑造健全人格的同时,使得物理教学更加生动、直观、高效!

3 活动得开放 思维闪灵光

任务挑战:“马德堡半球实验”是历史上证明大气压存在最著名的实验。大家能否发挥集体的力量,通过小组共研,结合日常生活经验,利用常见器材(见图 5),也设计实验,证明大气压强存在?



图 5 多样化器材

展示交流:

实验一 吸盘实验:教师直接演示或者指导学生巧妙使用大吸盘进行引体向上展示(见图 6)。

实验二 瓶口“吞”蛋:取一只实验用锥形瓶、一颗短轴略大于瓶口内径的剥壳鸡蛋,将点燃的酒精棉投入锥形瓶内,随即用剥壳鸡蛋堵住瓶口,观察现象,发现鸡蛋被瓶“吞”入“腹”或“吸”进“咽喉”。此时可倒转瓶身展示,或者直接展示“倒吸”现象(见图 7)。



图 6 引体向上



图 7 瓶口“吞”蛋



图 8 覆杯实验

实验三 覆杯实验:在玻璃杯内盛满水,用轻质硬卡片覆盖杯口,轻压挤去多余的水,确保卡片与杯

沿贴合,一手持杯,一手压着硬卡片,双手配合,将整个实验装置倒转过来,压卡片的手轻轻移开,观察现象(见图 8)。再轻轻转动手腕,连续多次改变杯口的朝向,继续观察实验现象。

追问实质:实验一中吸盘为什么能够“吸”在墙壁上?是它自己“吸”上去的吗?那是什么原因?吸盘在使用时,为什么先要在墙面上用力地摁一下?吸盘为什么很难吸附在粗糙物体的表面上?实验二中鸡蛋当真是被瓶子“吸”进去的吗?为什么一开始时瓶子没将鸡蛋“吞”进去?鸡蛋是怎么进去的?实验三中水柱和卡片都受到重力的作用,为什么没有掉落?谁在托着它们?将玻璃杯口向各个方向转动时,水柱和卡片均未掉落,还能说明什么?

设计意图:顺承“大气压扁饮水桶”实验和全景式展现的“马德堡半球实验”,以多样化器材、开放性任务,有效激活学生的思维,激发学生的主观能动性和深度参与意识,让学生动手又动脑、动心亦动情,全身心积极融入,真正成为学习的主体,切实提升课堂的参与感与获得感,通过一连串有形有趣的学科实践活动,深化学生对于无形的大气压的具象化认识。在深度学习中,培养学生交流合作、方案设计、动手操作以及语言表达等实践技能。发展智育的同时,渗透体育常态化 and 趣味化思想,以及物理学“瓶瓶罐罐当仪器,拼拼凑凑做实验”的生活化思维和实践创新意识。

此外,为避免活动流于形式、实践徒有表面热闹,与实践活动配套的问题设计更为重要,它是学生思维的手脚架,关系到学生内隐的思维活动能否有效开展,决定着学生能否透过现象看本质,真正抵达知识的内核,从而批判性、理解性地建构知识。另外,变式实验的设计与实施、对经典实验的拓展与延伸,有助于激发学生的好奇心与探知欲,充分挖掘实践活动的价值,发挥实验的育人功能,进一步拓展学生科学思维的广度和深度。

4 数模相结合 承前又启后

巧妙过渡:刚刚大家展示了有趣的“覆杯实验”。水柱和卡片没有掉落,是谁托住了水柱?大气能托住更高的水柱吗?

拓展实验:用一端封闭的透明圆柱形长玻璃管代替短玻璃杯,做加长版“覆杯实验”。

自然设问:大气还能托住更高的水柱吗?大气最多能够托起多高的水柱呢?

实证视频:利用网络视频资源,展示大型“覆杯实验”——“大气托水”(见图 9)。



图 9 覆杯实验进阶

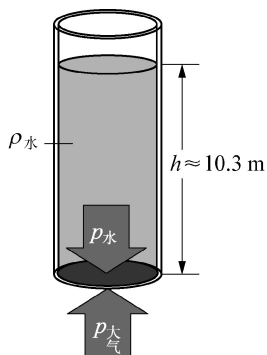


图 10 建立模型

模型建构:由此,你能否通过“建立模型”来简化问题,从而估算出大气压强的数值?(见图 10)

问题引导:由液体压强的知识可知,这么高的水柱对底部有非常大的压强。为什么水柱没有掉落?此时水柱处于什么状态?大气所产生的压强 $p_{\text{大气}}$ 与大约 10.3 m 高的水柱所产生的液体压强 $p_{\text{水柱}}$ 之间有什么关系?液体压强怎么计算?由此,你能否推导出大气压强的数值?

数学推导: $p_{\text{大气}} \approx p_{\text{水柱}} = \rho_{\text{水}} gh = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ N/kg} \times 10.3 \text{ m} \approx 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

思维启示:这个实验在教室里能不能完成?为什么?针对问题,结合液体压强的知识和数学推导过程,思考:如果想在教室里测量大气压强的数值,有什么改进方法能够有效降低液柱高度?而在密度知识的学习中,我们了解到哪种液体的密度比较大?

背景再现:意大利科学家托里拆利就曾用水银最早测出了大气压强值。由于水银不常见且有毒,我们通过一个视频来了解这个最早测出大气压强值的“托里拆利实验”。托里拆利测出的大气压强值相当于 76 cm 高的水银柱产生的压强,约为 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$,人们通常把它称为“标准大气压”。

设计意图:以学生展示的覆杯实验进一步启发学生的思考,以学生进一步的思考开启新一轮的实验论证。在进阶实验的基础上,为学生数学推理过程的顺利开展,构建简洁的物理模型,通过数形结合的方式发展学生的高阶思维和实证意识,使得大气压强值的获得,不再是教师冰冷地告知、学生生硬地记忆,而是充满发现意义、饱含情感价值的科学论证过程。进而,通过引导学生对“进阶实验”进行自主反思与优化,顺理成章地“设计出”托里拆利实验,密切知识间的联系,渗透物理学史,发展学生综合运用所学知识解决问题的能力,深刻揭示灌输式教学给学生造成的疑问:标准大气压值为什么与 76 cm 高

的水银柱产生的压强相当?

5 实践常反思 改进要及时

呈现问题:水银稀有且有毒,我们不好真实还原托里拆利实验;用水做托里拆利实验,水柱又太高,对实验场地有要求。有没有其他的方案,能够既安全又方便地在教室内进行?

演示实验:取一根容积为 1 mL 的细长注射器,堵住注射口,拉动活塞至注射器尾部,松手后发现活塞“自动”缓慢退回。

显化思维:谁把活塞推回去的?怎样测出大气作用在活塞上的压强?需要测出哪些物理量?该实验依据的原理是什么?大气对活塞的压力怎么测量?活塞的受力面积又该怎么测量?结合所用的针筒思考:有没有更为简便的方法能够测出活塞的受力面积?为此,需要哪些测量工具?

发现问题:以方便全体学生观察为由,更换容积更大的注射器,用弹簧测力计拉活塞,发现拉不动,无法测出大气作用在活塞上的压力大小,让学生思考该现象的成因和解决办法;根据学生提出的改进方法,逐次更换容积更小的注射器,发现拉动活塞变得越发容易,明确课本实验宜使用容积较小的注射器;再以容积为 2 mL 的注射器进行实验,让学生尝试读数,发现读数不方便、不准确,让学生思考解决方案,体会该实验记录“活塞刚开始滑动时,弹簧测力计的示数”这一操作难点。

装置创新:如图 11 所示,取一只容积为 100 mL 的注射器,在其刻度旁粘贴软性刻度尺条贴,再将活塞拉杆底部与注射器针筒底部分别用细线连接。针筒底部的细线由下至上,再穿过尺寸合适的矿泉水瓶盖,在瓶盖中央钻孔,正好卡住注射器口,以确保装置在使用过程中具备足够的稳定性。



图 11 创新装置



图 12 创新实验

实验创新:如图 12 所示,在活塞拉杆底部细线上挂上水桶,用结实的木杆横穿注射器顶端细线,邀请两位同学以抬扁担的方式,将整个装置抬起,另一位同学向水桶中缓慢注水,直至观察到注射器的活

塞开始向下滑动,将水桶取下,置于体重计上测量出桶和水的总质量,根据 $G = mg$ 换算出总重力;再从刻度尺条贴上读出注射器刻度部分的长度 L ,由 $S = V/L$ 得出活塞的受力面积;最后将所得数据代入原理式 $p = F/S$ 中算出大气压强值。

设计意图:回顾托里拆利实验,呈现其在教学上的不便之处,顺势推动估测方案的出台。以问题链的形式,显化实验方案设计的思维路径,明确实验原理和实验步骤。以不动声色、步步为营的策略,引导学生自主发现课本方案的注意事项及操作难点,并尝试给出解决办法。同时,考虑到课本方案在实操过程中出现的“操作难、耗时长、误差大,不同组别的结果相距甚远,甚至数据不可用”等实际问题,本着“为师性僻耽佳案,效不惊人死不休”的实验教学理念,展示创新装置,实施创新实验,得出较为准确的大气压强值。在此过程中,学生既深刻领悟了课本方案,也培养了问题意识,发展了创新思维!更强化了实事求是的科学态度!

6 迁移近生活 观念方能活

生活意义:大气压与生活密切相关,你能列举出大气压在日常生活中的具体应用吗?

关联事例:用吸管喝饮料;用注射器“吸”药液;钢笔“吸”墨水;拔火罐;真空吸盘;浴室防滑垫等(见图 13)。

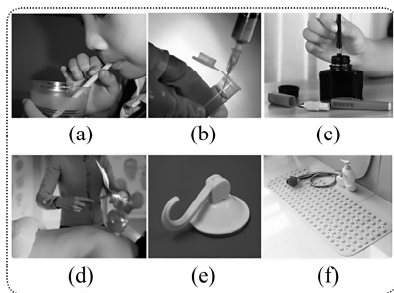


图 13 生活应用

提炼本质:要想喝到饮料,我们得用力地“吸一下”,这么做目的是什么?吸管里原本有什么?饮料是被我们“吸”上来的吗?如果将杯口与吸管接触的部分完全密封,我们还能够“吸”到饮料吗?同样地,钢笔“吸”墨水,或者用胶头滴管“吸取”药液,为什么先要捏一下?目的是什么?还有拔火罐,罐子是自己“吸”在后背上的吗?那是谁的作用?既然都是大气压的作用,我们平时所谓的“吸”,本质上都应该换成什么?

器以藏理:实际上对于大气压的应用,不仅仅体现在现代生活中,中国古代就已经出现利用大气压

的事例了(见图 14)。如出土于临淄区商王村战国一号墓,现藏于淄博市博物馆的战国竹节柄铜汲酒器。下面让我们通过一段视频,了解它的构造、使用方法及其蕴含的智慧与巧思,从中感受中国文化,了解古代科技,体会隐藏在文物中的物理。

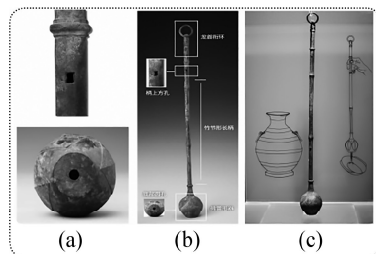


图 14 铜汲酒器

设计意图:从大概念生成的维度考虑,物理观念的形成,必须以大量具体的事实作为思维抽象的起点,让学习者从众多离散的事例中,寻找关联、提取共性,逐步获取上位概念,建立概念与生活的联系。同时注重实际应用,丰富概念的内涵与意义、增强概念的迁移性。在此过程中,逐步升华出带有物理学特征的认知方式,内化成为个体在解释自然现象和解决实际问题时,所特有的、稳定的心理特征和思维倾向。

另外,在《义务教育物理课程标准(2022 年版)》中,多次提及物理教学应注重弘扬中华优秀传统文化,引导学生增强文化自信。近年来,党和国家层面提出的“课程思政”教育同样要求:“应发挥好每门课程的育人作用,使各类课程与思想政治理论课同向同行,形成协同效应。把立德树人融入教育的各环节、各领域。”中华优秀传统文化博大精深,唯有真心认同、深入研究,以潜移默化的方式,将其融入课程教学中,才能实现习近平总书记对教育提出的“培根铸魂,启智增慧”的殷切期盼!

参考文献

- [1] (美)莱斯利·P·斯特弗,杰里·盖尔. 教育中的建构主义[M]. 高文,译. 上海:华东师范大学出版社,2002:9.
- [2] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022 年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2022.
- [3] 郭华. 深度学习的五个特征[J]. 人民教育,2019(6):76—80.
- [4] 刘炳昇,李容. 物理(八年级下册)[M]. 南京:江苏科学技术出版社,2012.
- [5] (美)格兰特·威金斯,杰伊·麦克泰格. 追求理解的教学设计(第二版)[M]. 闫寒冰,宋雪莲,赖平,译. 上海:华东师范大学出版社,2017.
- [6] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2020.