

# 基于整体设计的科学思维显性化教学

——以“大气压强”为例

颜石珍

**【摘要】**聚焦科学思维的教学是发展学生科学核心素养的重要途径。以“大气压强”为例,从寻找证据支持、借助模型建构、遵循推理论证、巧用解释支架、设计定量探究等五个方面,分析如何显化思维教学以提升学生的科学核心素养,为常态物理教学提供实践策略。

**【关键词】**科学思维;大气压强;模型建构;推理论证

## 一、整体设计思维教学

教育不是事实性知识的累积,也不是教师将思维传递给学生,而是学生个人的思维发展历程。教师借助内容载体开展教学,有助于学生形成结构化的知识,有助于理解知识之间的逻辑关系。笔者对“大气压强”内容进行梳理,建构的教学内容框架如图1所示。

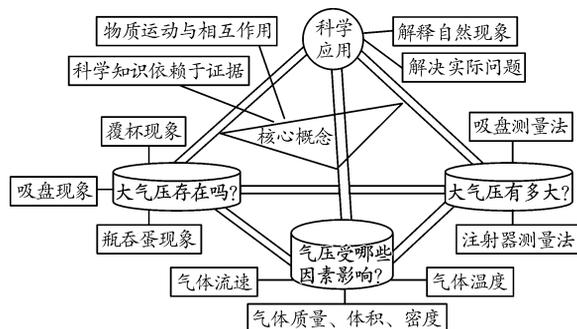


图1 “大气压强”教学内容框架

本节主要解决三个问题:①大气压存在吗?②大气压有多大?③大气压受哪些因素影响?第一个问题解决需要寻找证据支持,借助模型建构解释现象;第二个问题解决需要定量的实验测量;第三个问题解决需要设计实验探究,通过获取证据,分析推理论证得到结论。学习科学的价值之一就是能运用科学知识解释自然现象,解决实际问题,最终理解“物质是运动的并相互作用的,科学知识有赖于证据的”等核心概念,形成科学观念。

### (一)寻找证据支持,激发创新思维

科学中的“证据”通常是指科学收集的数据,是自然界中的现象或实验室条件下的数据,以及前人研究的结果,这里现象和数据都可以称作信息,其中被用来推理论证的依据信息我们称之为证据。

**问题1** 大气对浸入其中的物体会产生压力吗?

有哪些证据支持?学生设计并展示实验方案。

#### 实验1 覆杯实验。

在杯中装满水,杯口放上硬塑料片,将杯子翻转后倒立,观察到水不会流出。解释:以塑料片作为分析对象,一侧是水的压力,另一侧是大气产生的压力,所以塑料片不会掉落。

#### 实验2 瓶吞蛋实验。

加热瓶内空气,将鸡蛋放在瓶口,观察到鸡蛋慢慢钻进瓶中。解释:由于杯内气体受热膨胀溢出,冷却后杯内气压减小,在大气压的作用下,鸡蛋被压进瓶中。

#### 实验3 吸盘实验。

利用一个可以密封的塑料盒,盒一侧不作处理,另一侧开若干小孔。实验中发现塑料盒一侧用吸盘能吸住,另一侧吸不住。解释:塑料盒没有开孔这一侧,吸盘内的气体被排出,气压减小,在大气压的作用下压住了吸盘;在开孔这一侧吸盘内的气体无法排出,吸盘内外气压接近,所以无法压住。

**归纳本质** 大气可以“压住”某物体的本质,是因为在该物体两侧产生了气压差。

学生利用身边的物品设计出能证明大气压存在的实验,激发了他们的创新思维。创新思维体现在从不同角度分析与思考问题,提出新颖而有价值的观点和解决问题的方法。

**问题2** 覆杯实验中的卡片不会掉落,有没有可能是水吸住了塑料片,而不是大气压住了水?如何证明?

**学生寻找证据** ①将覆杯装置放入真空罩中,将杯子悬挂起来,如下页图2所示,然后抽气,观察塑料片是否下落;②用矿泉水瓶做覆杯实验,然后将瓶盖旋开,塑料片下落;③倒扣在水中的塑料杯装满水,在杯底扎一个小洞,水下降至与外界液面相平。

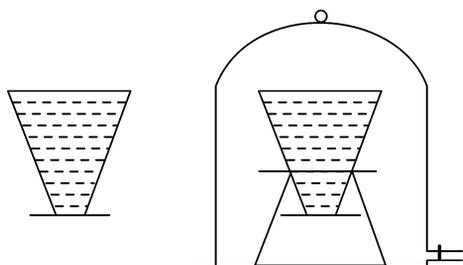


图2 抽气法

证据①采用将一侧大气排出的思路,证据②和③采用将一侧与大气相通的思路。这提供了一种思路:即欲证明某事物的作用,则去除该事物或加强该事物再观察其效果。学生能利用反证法的思路设计实验,进一步证明大气压的存在,使思维更加严谨;排除了其他因素的干扰,使结论更加可靠。这也是科学常用的思维方式,不仅需要证明支持的假设成立,也需要反驳其他假设存在的可能。

(二)借助模型建构,促进思维可视

模型建构体现在以经验事实为基础,对客观事物进行抽象和概括,进而建构模型;运用模型分析、解释现象和数据,描述系统的结构、关系及其变化过程。

**问题1** 用吸管喝饮料时,饮料是被吸上来的还是被大气“压”上来的?

**学生活动** 用注射器代替口腔的抽气作用,模拟吸饮料的动作,观察发现液柱上升。

**教师提供分析支架** 画出情境图→用疏密不同的点表示气体的疏密→用 $p$ 标注不同区域的气压→比较不同区域的气压大小→判断在气压差的作用下液面发生变化。

**师生分析** 利用模型和支架分析,如图3所示。

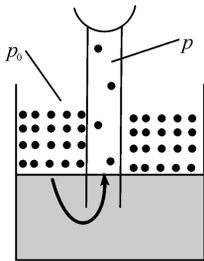


图3 模型建构

**解释** 由于口腔的吸力作用,导致吸管内的气体减少,吸管内的气压 $p$ 减小,液面上方的大气压 $p_0$ 大于吸管内的气压,所以液体在大气压的作用下沿着吸管上升。

模型是一种工具,有利于学生利用工具解决问题。利用模型来分析和表示现象发生的原因和过程,能够让思维可视化,学生理解起来就容易多了。

**问题2** 如果将容器密封,液体还能被吸上来

吗?学生利用注满水的烧瓶,密封后拉动注射器活塞欲“吸出”液体,如图4所示。实际操作后发现无法成功吸出液体,说明在没有大气压的作用时,无法形成气压差,也就无法将液体“吸”出来。

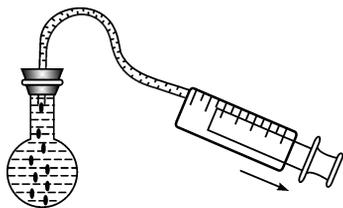


图4 密封吸水

**问题3** 大气压的这一原理,在生产中有什么应用价值呢?

如果想检查实验室收集气体的排水装置,左边导管为进气口,右边导管为出水口,如图5所示。如何检查这套装置的气密性是否良好?

在集气瓶中装入一定量的水,左边进气口处接上注射器,右边用止水夹夹住,形成密封的系统。推动注射器往集气瓶中打气或抽气,观察现象,如图6所示,打气时玻璃管中形成稳定的水柱表示气密性良好。用模型建构的方法也可以解释这一现象和原理。



图5 气体收集装置 图6 气密性检查

(三)遵循推理论证,识别因果关系

推理论证体现在基于证据与逻辑,运用分析与综合、比较与分类、归纳与演绎等思维方法,建立证据与解释之间的关系并提出合理见解。

**现象1** 在较高的山上蒸米饭时米煮不熟,因此需要携带高压锅。

**问题** 是什么原因导致海拔较高的地方米饭煮不熟?

**师** 外界环境是高山上,结果是米饭煮不熟,这两者之间存在怎样的关联?

**生** 饭煮不熟→米饭温度低→水的沸点低→高山上气压低→高山海拔高(气体稀薄)。可以由两头往中间推,海拔高大气稀薄是气压低的主要原因,而饭煮不熟是因为水温度低,沸点低,即在沸点和气压之间存在关联。

**师生共同** 建立假设:气压越低,沸点越低。

**生** 设计并完成实验,收集证据,如下页图7所示。

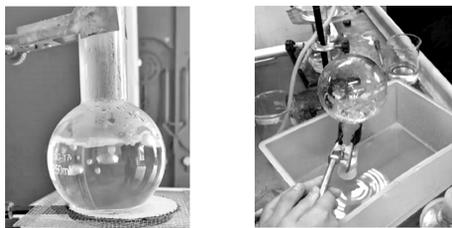


图7 沸点与气压

**实验过程** 加热烧瓶中的水至沸腾,用注射器给沸腾的水中注入空气,水停止沸腾;撤去酒精灯,正在沸腾的水停止沸腾;用注射器抽气,发现水又重新沸腾。或者用冷水冷却烧瓶,也能发现同样的现象。

**学生分析** 改变了水上方的气压是原因,引起的结果是水的沸点改变,温度改变。因而可以得到的结论是:气压越低,水的沸点越低。这样就可解释高海拔地区饭煮不熟的原因了。

**现象2** 窗外有风吹过,窗帘却向外飘出。

**提出问题** 窗帘发生运动的原因是什么?

**学生分析** 窗帘向外飘出→窗外气压低于室内气压→窗外气体流速大。

**师生** 建立假设:气体流速越大,气压越低。

**生** 设计并完成实验,收集证据,如图8、图9、图10所示。



图8 乒乓球悬停 图9 吧吸管喷水 图10 机翼模型

从实验中观察到乒乓球悬停在空气中,水顺着吸管往上爬且喷出,飞机机翼模型上升,共同的原因都是气体流速发生变化时引起气压发生改变,在气压差的作用下发生运动。

**现象3** 自行车在烈日下暴晒,车胎容易发生爆炸;压缩一段封闭在注射器内的空气,发现越压缩越费劲。

**提出问题** 一定质量的气体产生的压强与哪些因素有关?

**假设1** 温度越高,压强越大;

**假设2** 体积越小,压强越大。

为了验证假设1,方案设计如下:①取一根长约为1 m一端封闭的玻璃管,在室温下(20℃)用水封闭一端空气柱,将玻璃管竖直固定,并在玻璃管上标出水下表面的位置。②将空气柱浸入50℃的水中,待水银柱不再上升后,往玻璃管内注入水,直到水柱下表面到达标记处为止。如图11所示。实验表明:一定质量的气体,温度越高,压强越大。



图11 空气升温

让学生经历从现象出发,提出问题、建立假设、设计实验、获取证据、得出结论等探究过程。三个现象的共同原因是气压改变,但引起气压改变的原因却各不相同。通过分析推理,让学生进一步理解现象与背后的原因,明确其中的因果关系。

#### (四)巧用解释支架,培养科学表达

科学解释是指基于经验事实,运用科学知识和科学推理解释实验中或生活中的科学现象。设计科学解释的评价量表如表1所示。

表1 科学解释的评价量表

评价指标	表现水平层次及其内容		
	水平0	水平1	水平2
获取信息	信息欠缺	信息不够完整	信息全面完整
科学知识(规律原理)	相关科学知识错误	相关科学知识不够完整	相关科学知识全面完整
科学推理	推理所用证据与科学知识无关	推理过程符合逻辑;推理包含了部分科学知识	推理过程完整且符合逻辑;推理包含了全部科学知识;表达清晰、详细、精准

引导学生学习 PTDR 解释框架和评价量表。PTDR 框架即指现象(Phenomenon/Prediction)—理论(Theory)—资料(Pate)—推理(Reasoning)的框架,如图12所示。资料是通过对现象的分析获取的事实信息,科学知识包括概念、规律、理论等,然后利用资料和科学知识进行推理<sup>[1]</sup>。

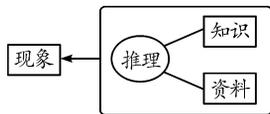


图12 PTDR 解释框架

**生活现象** 向水杯中倒入半杯开水,盖上杯盖拧紧,冷却一段时间,发现杯盖拧不开了。请你结合气压知识解释上述现象。

引导学生解释,并利用评价量表进行自我评价。师生交流改进后的解释,如下页图13所示。

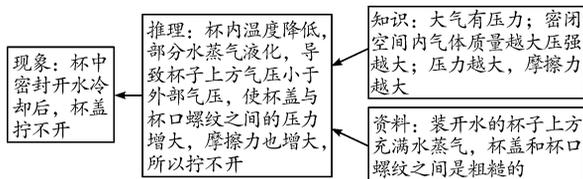


图 13 生活现象解释

科学解释是运用科学知识的常见形式,并不是科学理论和科学资料的随意堆砌,而是符合逻辑关系的推理过程。借助 PTDR 解释框架作为显性化脚手架支持,有利于学生科学解释能力的提升。

### (五) 设计定量探究,理解科学本质

覆杯实验说明大气可以托起一定质量的水,那么大气压最多可以托起多高的水柱呢?通过查阅资料我们知道了历史上曾经有人做过这个实验,大气压可以托起 10 m 多高的水柱。科学家托里拆利用水银来做实验,发现大气压能托起 760 mm 的水银柱,所以人们通常把这个值称为标准大气压,通过公式计算可知标准大气压为  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

事实上,在实验室条件下,我们也可以设计出粗略测量大气压的方法,具体如下。

**任务 1** 利用吸盘、玻璃板、弹簧测力计等工具粗略测量大气压。

**设计方案** 将沾了水的吸盘放在光滑的玻璃板上,用力挤压吸盘排尽其中的空气;用弹簧测力计钩着挂钩缓慢向上拉,直到吸盘脱离玻璃板面;记录此时弹簧测力计的示数  $F$ ,即为大气对吸盘的压力,如图 14 所示。

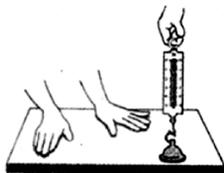


图 14 吸盘测量法

**任务 2** 利用注射器、橡皮帽、弹簧测力计等工具粗略测量大气压。

**设计方案** 读出注射器的容积  $V$ ,量出注射器有刻度部分的长度  $L$ ,利用  $S = V/L$  计算出注射器活塞的面积。

把注射器的活塞推至底端,排尽注射器中的空气,然后用橡皮帽封住注射器的小孔;用细线拴住注射器活塞的颈部,细绳一端与弹簧测力计相连,沿水平方向慢慢拉动注射器外筒,当注射器活塞开始滑动时记录下弹簧测力计的示数  $F$ ,如图 15 所示。

在上述的课堂实验过程中,学生像科学家一样开展科学实践,加深了他们对科学的理解与认识。科学的发展经历了从定性研究到定量研究的过程。定量

化是科学的一大特点,因此测量方法和测量技术也成为科学的一部分,技术和科学的发展相互促进。

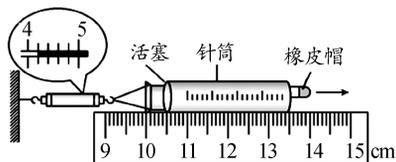


图 15 注射器测量法

## 二、关于科学思维教学的思考

研究表明,运用科学思维解决问题是认知性教学的结果,故科学思维应该被显性化地展现出来。首先教师需要对科学思维有深刻的理解,才能指导具体的教学行为。在教学目标设计时应将科学思维内容作为显性目标,正如本节内容的问题解决分别运用了模型建构、推理论证、因果分析、定量探究等科学思维方法。显性化教学还体现在教学话语中,引导学生注重知识的产生方式,科学知识的形成非常(但不是全部)依赖观察、实验证据、合理的论证及怀疑的态度。

《义务教育科学课程标准(2022年版)》指出科学探究是科学家们用以研究自然并基于此种研究获得的证据提出种种解释的多种不同途径,也是学生用以获取知识、领悟科学观念、学习和掌握方法而进行的各种活动。因此,课堂上要让学生像科学家一样思考和实践,组织学生提出问题、建立假设、设计方案、收集证据、分析论证、得出结论、表达交流,这样的课堂既丰富了学生的学习体验,在探究过程中掌握科学技术,又培养了其科学思维,理解了科学本质。

科学教育是对自然现象与过程成因的解释,彼此检视、批判和反思的过程。我们相信通过科学思维的显性化教学,能够提升学生的证据意识、推理论证能力,以及对科学本质的认识,从而不断提升师生的科学素养。

### 参考文献:

[1] 颜石珍,张晓艳.指向高阶思维发展的表现性任务设计与实施[J].物理教师,2021(6):17.

**【作者简介】** 颜石珍,杭州市文海实验学校(浙江杭州 310018)。

**【原文出处】** 摘自《中学物理教学参考》(西安),2023.4上.31~35

**【基金项目】** 2020 浙江省教师教育规划课题“证据教学:科学本质视域下的初中科学教学研究”(课题编号:ZX2020107)的阶段性研究成果。