思维可视化辅助的项目化学习

——以“大气压强”教学设计为例

刘 慧 （杭州上海世外中学 浙江 310000）

摘 要 基于建构主义学习理论，以项目化学习为引导，设计了“大气压强”主题课堂教学案例。主要内容包括：通过情境引入主题，提出认知冲突的问题；设计与大气压强相关的实验，以实验为载体进行团队合作与自主学习；通过绘制概念图进行深度学习，以及结合主题故事线进行反馈与评价。文章新提出了思维可视化辅助项目化学习大气压强的理念，并基于此理念重新绘制了多幅表明可视化概念的卡通图，对于简单明了地理解物理概念，有效地进行项目化学习提供了新的思路。

关键词 大气压强 思维可视化 概念可视化 项目化学习

文章编号 1002-0748(2025)8-0046 **中图分类号** G633·7 **文献标识码** B

建构主义学习理论认为，知识不是对客观现实的简单反映，而是通过与他人的互动和实际经验的参与，主动建构知识和理解[1]。项目化学习基于这一理论，通过实际项目和任务帮助学习者获取知识和技能，同时培养他们的问题解决、合作、批判性思维和创造性思维能力。本文基于建构主义学习理论，通过回顾物理学史发展过程，结合学生熟悉的生活场景，设计学习大气压强概念的主题课程，旨在培养学生的创造性思维、问题解决能力、批判性思考和自主学习能力[2、3]。

目前在大气压强这一中学物理重要概念的教学时，存在以下不足：①缺乏实验和示范。大气压强概念抽象，学生难以理解，缺乏实验或实际示范。②基础知识不足。教师对大气压强的理解不够深刻，影响教学质量。③教学资源不足。缺乏教材、实验设备和多媒体资源。④缺乏互动和实际应用。教学过于理论化，缺乏实际应用情境。⑤难度和深度不适。教学内容不适应学生的年龄和知识水平[4、5]。本文通过以下手段改善这些问题：①情境引入和认知冲突：以有趣的故事情境引入主题，提出问题。②动手实践：通过实验设计和动手实验，实现对问题的感知。③可视化概念图：通过绘制概念图和数学推导深入理解大气压强。④反馈与评估：以故事情境回扣课堂主题，进行逆向思考和解决问题。在浙教版教材八年级上册“大气的压强”一节中，课本直接引入大气压强概念，未通过大气、大气重量、真空等铺垫，缺乏完整逻辑链条。本文从历史角度出发，探讨历史上最具智慧的学者是如何思考并回答这一问题的，同时通过自己动手实践的方法，验证之前的观点是否正确。通过这种方式，教师可以引导学生从思维最初始的阶段，一步步地向上提升，而不是跳跃式地讲述，造成学生思维的断层[6、7]。另外，这种从历史发展的角度看大气压强概念最终被认可，也能让学生体会科学研究中创新的重要、批判的态度、实证的方法，以及探索精神，培养学生养成敢于质疑、不迷信权威和教条的科学精神。值得注意的是，本文的可视化概念图是基于对大气压强的理解手动绘制的。在实际教学过程中，概念可视化展示出良好的教学效果，对于学生快速建立物理场景、理解物理概念非常有帮助[8]。迄今为止，在已经发表的论文中，很少出现大气压强相关的思维可视化教学设计，因此本文对于进一步推动物理课堂的思维可视化教学具有积极的促进作用。

1 情境引入和提出认知冲突问题

在问题设计中，教师需要设计出动机激发和认知冲突的问题。动机激发是指激发学习者的兴趣、积极性以及内在求知欲；认知冲突是指学习者在面对新情境或知识时，旧的认知框架与新的情境不协调，出现无法解释的新现象。

我们以讲述帕平发明压力锅的故事来激发学习的动机。

17世纪末，医生帕平因得罪权贵逃至瑞士。他在阿尔卑斯山跋涉，靠山泉和土豆充饥。一天，他煮土豆时，水虽然沸腾，土豆却煮不熟，最后只能吃没煮熟的硬土豆。

中国知网 https://www.cnki.net

提出认知冲突问题：为什么水一直滚滚开着，土豆在里面煮了很久却依然煮不熟？

学生预期回答：因为大气压强的作用，水的沸点降低，因此食物不能煮熟。

教师进一步提问：大气压强是什么？大气压强这个概念是怎样提出来的？

问题分析：通过进一步追问的方式，挑战习惯性思维，创造出认知冲突的场景，使学生能从新的视角思考一个看似已经理解的概念。

问题解答：要了解大气压强，首先需理解大气、大气的重量、真空等概念。直接跳到大气压强是不合理的，因为这一概念经过千年的智慧积累才得出。科学教学中应重视学生主动构建知识的过程，采用循序渐进的方法，以培养科学思维能力。

2　基于认知冲突问题的动手实验

从历史的角度，让学生回顾大气压强相关的物理学史的发展，同时了解古代的科学家在遇到大气压强相关问题时是怎样思考的。

两千多年前的古罗马人就发现只要将抽水机中的空气排出，水就会沿着水管往上流，但是水不能输送到高度超过 10 m 以上的地方。他们既不能解释为什么水会往上流，也不能解释为什么不能将水输送到超过 10 m 的高度。

提出认知冲突的问题：为什么水会往上流，且不能超过 10 m 高度？

2.1　伽利略的观点

伽利略猜测有一种力使活塞将水面拉上来，称之为“真空力”。

提出问题：“真空力”是否是你对大气压强的直观感受？如何设计实验验证“真空力”的存在？

问题分析：如果存在“真空力”，则力的大小与真空程度相关，真空越大，“真空力”也越大。

设计实验：验证不存在“真空力”。

实验说明：用两根 1 m 长的水银管，一根为圆底，一根为球形底，将它们倒置。根据伽利略的“真空力”猜测，球形底产生更大的真空，因此水银高度应更高。实验结果是两根管子中的水银高度一样，也就证明“真空力”的说法是错误的。如图 1 所示的“真空力”概念图展示出了不同的真空环境产生相同的力，说明不存在所谓“真空力”。

2.2　托里拆利的观点

托里拆利认为大气能产生压强，且可以用水银的高度表示（见图 2）。引出大气压强概念后，再与

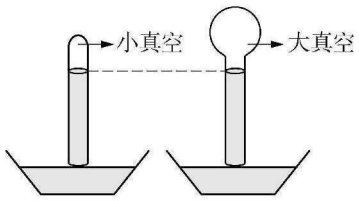


图 1　不同体积的真空环境产生了相同的吸引力

课本联系，介绍托里拆利实验和马德堡半球实验。教师对此部分讲解已熟悉，不再赘述。通过情景化问题设置认知冲突，配以问题思考，学生集中注意力探究大气压强概念。利用科学实验验证，使抽象概念具体化。大气压强概念的形成是一个逐步深化的过程，而非跳跃式思维跨越。在此过程中，学生思维逐级提升，对概念理解更加牢固。

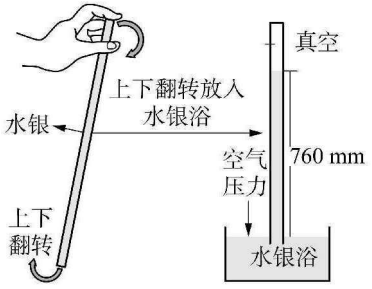


图 2　托里拆利实验示意图

3　大气压强的深度理解

再讲述帕平发明压力锅的故事，将大气压强的相关影响因素以情景化的方式提出。

1675 年，帕平与波义耳合作研究，在进行实验时被蒸汽烫伤。波义耳解释，在密闭容器中，水的沸点随气压增大而升高，蒸汽更烫。一次高度测量时，波义耳解释气压计是高度计，因为气压随高度增加而减少，帕平恍然大悟。

提出问题：为什么说气压计就是高度计？帕平为什么恍然大悟？

学生预期回答：因为高度越高，气压越低，可以根据气压的大小判断高度。

教师进一步提问：为什么高度越高气压越低？

通过不断地追问学生问题，将学生对于大气压强的理解推进到更深入的阶段。下面我们将对深入了解的内容通过数学表达式和绘制可视化概念图两种方式进行分析。

3.1　大气压强的数学表达式

如图 3 所示，假设地面上面积为 S 的长方形受到高度为 h 重力为 G 的空气柱的作用，其压力 F 来

中国知网　https://www.cnki.net

源于G,方向竖直向下,即

$$F = G = mg$$

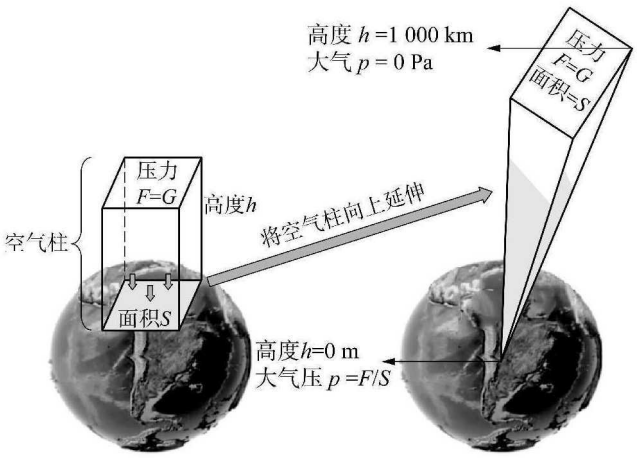


图3　大气压强的产生的来源可视化概念图

其中m为空气柱中所有分子的质量总和,g为重力加速度。根据压强的定义,此时底面受到的空气柱产生的压强即为

$$p = F/S = mg/S$$

假定,空气柱的密度是均匀的,大小为ρ,体积为V,则

$$p = \rho Vg/S = \rho gh$$

这就是空气柱对底面产生的压强计算公式。

3.2　绘制大气压强相关的可视化概念图

3.2.1　绘制高度对压强影响的可视化概念图

根据大气压强的计算公式,压强与受力物体面积无关,而与竖直向上空气的高度和密度有关。越往上空气密度越低,压强越小,外太空$p = 0$ Pa。假定大气层高度约为1 000 km,则大气压强是高度约1 000 km的空气柱压力,即空气柱的重力作用在面积为S的地面上的压强。海拔越高,空气柱高度越小,大气压强越小(见图4)。

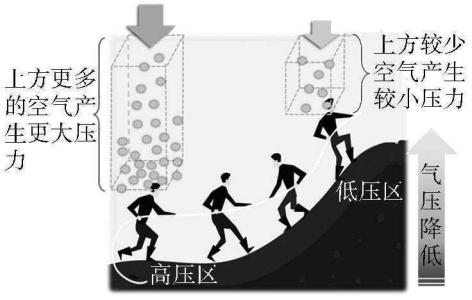


图4　高度对大气压强影响的可视化概念图

3.2.2　绘制大气压强方向的产生原因可视化概念图

在学生充分理解液体压强特点的基础上,设置“大气海洋”情境,展示地球大气层图片,提出以下问题引导学生思考:大气层似乎像什么?海底的鱼和地面的人有何相似之处?无形的大气也会对物体产生压强吗?通过类比“大气海洋”,启发学生运用已学知识,主动构建对大气压强概念的认知,其相应的可视化概念图如图5所示。

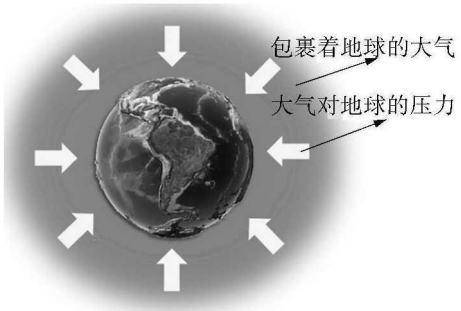


图5　“大气海洋”概念的可视化示意图

3.2.3　绘制“不同密度流体”表示大气压强的可视化概念图

提出问题:在不改变地球压力的条件下,将包围地球的大气换成水或水银,水和水银的深度分别是多少米?

问题分析:根据大气压强的数学表达式,如果用水柱代替空气柱,则水柱高度为10.34 m;用水银柱代替空气柱,则高度为760 mm。利用可视化概念图可以帮助学生清晰直观地理解空气、水和水银的“等量关系”(见图6)。

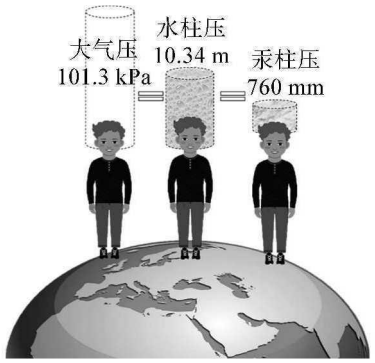


图6　空气、水、和水银压强的等量关系概念图

3.2.4　绘制大气压强产生作用力大小的可视化概念图

提出问题:通过计算得出的大气压数值是抽象的。能否以身边熟悉的事物为例,具体展示大气压

中国知网　https://www.cnki.net

力的大小，以帮助我们更深入理解大气压？

问题分析：假定有一个面积为 $1\ m^2$ 的桌子，我们通过计算桌子上方的力来感知大气压强。已知大气压强约为 101.3 kPa，根据公式 $p = F/S$，得出施加在桌子上的空气压力 $F = pS$，即 $101.3\ kPa \times 1\ m^2 = 101\,300\ N$，相当于约十辆小型汽车叠加在桌面上的压力（见图 7）。通过桌面和小汽车这两个常见物品，学生可以具体感受到大气压强的大小。使用示意图可以直观且有趣地传达这一抽象概念，便于学生理解。

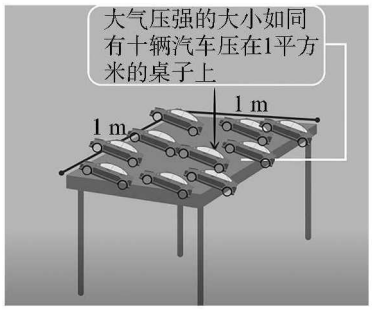


图 7　基于具体的事物感知大气压的大小示意图

3.2.5　绘制“感受不到大气压强”可视化概念图

提出问题：根据以上计算，大气压力很大，但人体并未被压垮，也未感受到压力，结论与直觉有很大矛盾，这是为什么？

问题分析：需要向学生传达这个矛盾并深入思考其原因。通过示意图解释，人体承受的大气压力确实很大，但身体内部也存在相等且反向的压力，两个压力相互抵消，所以感受不到（见图 8）。此外，可引申“为什么宇航员必须穿太空服”这一问题。除了温度和氧气原因，另一个重要原因是太空无大气压，而人体内的大气压保持不变。如果不施加等同大气压力的压力，人体将会膨胀，导致身体碎裂。

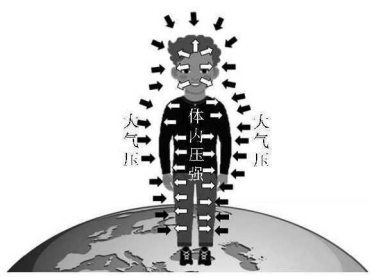


图 8　人体的内外气压保持平衡的示意图

4　反馈与评价

根据之前帕平发明压力锅的故事，通过解决下面压力锅相关的问题（见图 9），考察学生对大气压强的深度理解情况。

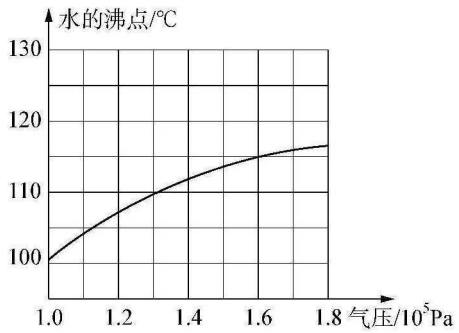


图 9　气压与水的沸点关系图

提出问题：有一个压力锅，限压阀的小孔直径 4 mm，请你设计一个限压阀的质量 m，使得锅内气温最高只能达到 110℃。

问题分析：帕平理解了高度影响大气压强和沸点，并结合“密闭容器会使温度升高”这一知识发明了高压锅。学生需运用“逆向发明”思维，通过查找气压对沸点的影响，确定沸点为 110℃ 时的压强。再根据限压阀和大气重量在出气孔截面产生的压强与锅内压强的平衡，计算出限压阀质量 m。

5　结　语

本文以“大气压强”为例提出了思维可视化辅助的项目化学习教学方法，文中多幅概念图是基于作者对物理概念的理解及多年教学经验的总结绘制而成，具有一定的创新性。在课程设计中，学生主动参与大气压强的小课题，体现项目化学习法；学生运用已有知识通过类比推理解决问题，增强学习目的性；小组合作探究提高学生的参与度；教师通过实验演示及概念图支持学生，而非直接传授知识；情景化反馈与评价方式具体有效，提升学习实效性。整个过程中，学生主动参与，逐步深化对新概念的理解，激发了内在动机，提高了科学素养。

参考文献

[1] Kokotsaki, D., Menzies, V., Wiggins, A.. Project-based learning: A review of the literature [J]. Improving Schools, 2016, 19(3): 267－277.

[2] 黄泽璇，张军朋. 国内中学物理单元教学设计研究现状及展望[J]. 物理通报，2021(10)：151　155.

[3] 闫凯，李少锋. 核心素养下物理实验校本课程的探索[J]. 中学物理教学参考，2023(9)：22　23.

[4] 王焕霞，仇立岗，高嵩. 基于义务教育物理新课标的“教　学　评”一致性研究[J]. 物理教师，2024(4)：33　38.

[5] 李治，谢丽. STEM 教育融入我国中学物理教育研究的现

（下转第 55 页）

中国知网　https://www.cnki.net

对于两个不等量异种点电荷电场线分布的平面图，还有一种错误画法如图 5 所示[3]。根据负电荷所带电荷量的绝对值小于正电荷的电荷量可知，负电荷左侧存在场强零点，而在场强零点周围不能画电场线，因此图 5 中位于负电荷左侧一条平直的电场线应以虚线取代。此外，根据“连接电荷量绝对值较小的点电荷的每一条电场线都与另一个点电荷相连”可知，连接负电荷的所有电场线都与正电荷相连，因此图 5 中位于负电荷左侧两条弯曲的电场线是残缺的，需从断点处画出平滑曲线与正电荷相连，如图 6 所示。

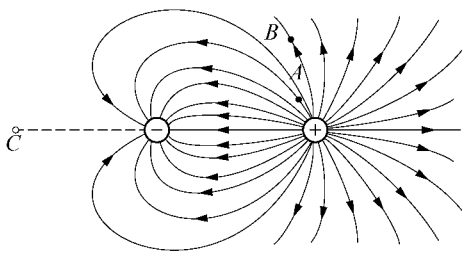


图 6

弦切角方程 $\sqrt{q_1}\sin\frac{\alpha}{2}=\sqrt{q_2}\sin\frac{\beta}{2}$ 具有一定的对应性。方程两端的形式相似，电荷量的绝对值 q_1 与 α 对应，q_2 与 β 对应。例如，对于图 6，假设左面电荷量的绝对值为 q_1，电场线的弦切角为 α，若两个电荷量的绝对值关系为 $q_2=3q_1$，则当 $\alpha=180^\circ$ 时，利用弦切角方程可知最外面电场线在右端的弦切角大于 60° 而小于 90°，这与图中呈现的角度相符。由 $\frac{1}{x^2}=\frac{3}{(a+x)^2}$ 得 $x=\frac{\sqrt{3}+1}{2}a$，即场强零点到负电荷的距离大于 a。

若设 $q_2=2q_1$，则由 $x=\frac{\sqrt{n}+1}{n-1}a$ 得 $x=(\sqrt{2}+1)a$，即场强零点到负电荷的距离大于 $2a$。利用弦切角方程可知，当 $\alpha=180^\circ$ 时，最外面的电场线在正电荷一端的弦切角为 $\beta=90^\circ$，即为直角，因此还需对图 6 中发自正电荷的两条电场线从末端分别画出平滑曲线与负电荷的表面相连作为最外面的电场线，如图 7 所示。

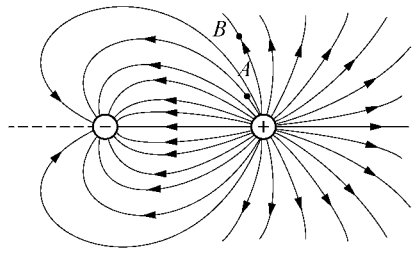


图 7

6　结　语

对于两个不等量异种点电荷电场线分布的平面图的画法易于出错，修改后的图形显得简洁而美观。但在原图中存在的错误非常隐蔽而难于发现，为了修正错误，须知在场强零点周围不能画电场线以及电场线分布满足弦切角方程，还需进一步归纳不等量异种点电荷电场线平面图的特点，即连接电荷量绝对值较小的点电荷的每一条电场线都与另一个点电荷相连，没有中断现象。具体而言，从电荷量绝对值较小的点电荷表面发出的所有电场线全部终止于电荷量绝对值较大的点电荷表面；终止于电荷量绝对值较小的点电荷的所有电场线全部发自电荷量绝对值较大的点电荷表面。究其原因是电场线的弦切角方程起决定作用，使得两端都与点电荷连接的所有电场线中最外面电场线在电荷量绝对值较小的点电荷一端的弦切角近于平角，那么与电荷量绝对值较小的点电荷连接的电场线中不可能出现沿着连线延长线的电场线，或者说不能在绝对值较小的点电荷一侧沿着两个点电荷连线的延长线画出一条平直的电场线；若假设一条电场线沿着延长线，则必发生弯曲，以使其另一端与电荷量绝对值较大的点电荷表面相连。这也佐证了任何一条电场线都不可能经过场强零点，在场强零点附近不能画电场线。

参考文献

[1] 郑金. 双电荷电场线分布的定量计算[J]. 物理之友，2016(10)：41　43.

[2] 沈晨. 专题 17　静电场：原理与方法[J]. 中学物理教学参考，2005(11)：47　56.

[3] 郑金. 探究电场线平面图中场强零点的表示方法[J]. 中学物理教学参考(上旬·高初中)，2024(10)：36　38.

(上接第 49 页)

状　基于 5 种中学物理教育专业期刊的分析[J]. 物理教师，2023(3)：1　4.

[6] 陈显灶，周玲. 基于项目驱动的思维可视化教学[J]. 物理教学，2023(8)：24　27.

[7] 费志明. 基于思维品质的“大气压强”教学设计[J]. 物理教学探讨，2020(9)：32　35.

[8] 裴松. 概念图在牛津英语教材各板块教学中的应用[J]. 中小学英语教学与研究，2011(5)：540　544.

中国知网　https://www.cnki.net