

初中园地

体现科学与工程实践的 “流体压强与流速的关系”教学设计*

黄 晓 项一敏 (浙江师范大学教师教育学院 浙江 321004)

摘 要 “流体压强与流速的关系”是初中物理中联系生活应用的重要内容,也很好体现了“科学与工程实践”这一当前科学教育改革的方向。通过“参与—探索—解释—工程—深化—评价”将科学探究与工程设计有效体现于“流体压强与流速的关系”这节课的教学设计与实践中,以促进中学生科学素养与工程实践的能力提升。

关键词 科学与工程实践 6E 流体压强与流速的关系 飞机的升力

文章编号 1002-0748(2022)7-0035

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

《下一代科学教育标准(NGSS)》^[1]提出了“科学与工程实践”,强调“实践”和“科学与工程融合”,并明确了如何践行于学科教学中的环节,包括提出问题与确定问题,开发与使用模型,计划与开展研究,分析与解释数据,使用数学与计算思维,形成解释与拟定解决方案,参与基于证据的论证和获取、评估与交流信息等。以与生活密切联系的“流体压强与流速的关系”主题探讨如何在教学中通过“实践”,联系科学与工程,有助于学生探索科学概念,提升科学与工程实践能力。基于物理课程标准强调“通过实验,探索并了解液体压强与哪些因素有关”^[2],以融合了探索与设计的“参与(Engage)—探索(Explore)—解释(Explain)—工程(Engineering)—深化(Enrich)—评价(Evaluate)”(以下简称“6E”)模式探索与开展“飞机的升力”教学。

1 参与:创设真实情境,确定研究问题

“参与”目的是激发学习兴趣,让学生参与到课堂中,并将先前的经验与当前的学习相联系,确定任务目标^[3],重在“提出问题与确定问题”能力。在这一过程中,教师创设情境,这些情境可以源自与科学有关的生活事件或经验^[4],还可以源自社会热点或科技发展前沿^[5],鼓励学生从情境中挖掘想要研究的问题,并引导他们筛选可开展研究的问题,有关个人爱好、价值选择以及难以获取有效数据的问题应进行排除^[6]。以熟悉的飞机飞行现象为例,引导学生将飞机

的上升与机翼相联系,提炼可研究的科学及工程问题。

情境 1 以“飞机起飞”作为真实情境,针对该情境,学生会提问:几十吨重的飞机为什么能够上升?对比飞机和小鸟,都有“翅膀”,小鸟扑打翅膀,展翅飞翔,飞机也拥有“翅膀”,飞机的“翅膀”有什么作用?飞机上升和机翼是否有关?

贴近生活经验的“飞机起飞”情境有助于学生发散性地提出问题,这些问题需要进行分类和筛选,其中问题 1 和问题 2 难以通过实验收集数据予以解答,但可以采用观察与测量来研究问题 3,即飞机的上升与机翼存在什么关系。

情境 2 以“不同飞机的机翼”作为真实情境(如图 1 所示),机翼横截面的形状称之为翼型,学生观察到翼型各有不同(如图 2 所示),而教材中只展示了平凸翼型,为此提出问题:不同翼型的飞机,上升效果有何不同?

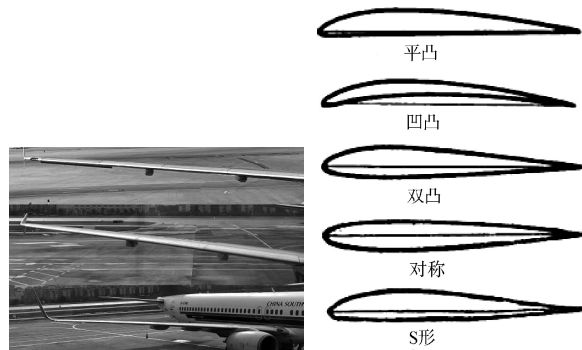


图 1 不同飞机的机翼图片

图 2 不同类型的翼型

* 基金项目:本文是国家社科基金“十四五”规划“高质量教育视域科学本质理解转化的实证研究(编号为:BHA210121)”研究成果之一。

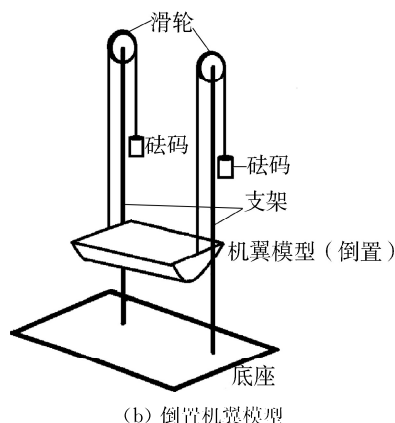
如何回答基于“不同飞机的机翼”情境的问题？可以设计并制作不同的机翼模型，观察它们在气流中的上升效果，以此来研究问题 4。

2 探索：设计实验方案，测试受力情况

“探索”阶段的目的是促进学生自主建构，增进对内容的理解，鼓励他们开展团队合作，引导他们作出假设，检验假设，并得出结论^[3]，重在培养“计划与开展研究”“形成解释与拟定解决方案”及“开发与使用模型”的能力。在这一过程中，教师运用苏格拉底式的提问不断加深学生对问题的思考，引导学生回答“何为自变量，何为因变量，控制哪些变量，如何进行控制，收集哪些数据，采用哪些工具，如何记录测量结果”等问题以形成设计思路，并鼓励他们以观察、实验、比较和测量等活动进一步寻求理由与证据^[7]。

学生按教材的指示制作机翼模型，发现对着机翼水平吹气时，机翼会在气流的作用下向上翘起。他们联想到“口吹硬币跳越木块”是由于硬币上下两面受到的空气压力不同，从而认为飞机产生升力的原因可能也是气流对机翼上下表面的压力不同，并进一步猜测，如果压力差能使飞机上升，那反过来也应该能使飞机下降。通过实验来验证这一猜想：控制气流的方向和大小不变，改变机翼模型的放置方式，若正放的机翼在水平气流的作用下上升，倒置的机翼在水平气流的作用下下降，则假设成立。为保证模型始终沿竖直方向运动，且排除重力的影响，可以将模型竖直悬挂，用定滑轮在模型左右两侧各连接一个砝码，使两个砝码质量相同，且质量之和等于模型的质量，这样就能保证机翼模型在静止时处于平衡状态。

各小组将方案绘制成设计图（如图 3 所示），搭建实验装置并开展实验。观察到以下现象：用吹风机从水平方向对正放机翼模型吹风，模型向上运动；用吹风机从水平方向对倒置机翼模型吹风，模型向



(b) 倒置机翼模型

图 3 机翼模型上下表面压力测试

下运动。由此得出结论：在水平气流中，机翼模型曲面所受到的力小于平面所受到的力，所以当曲面朝上时模型上升，当曲面朝下时模型下降。

3 解释：根据实验数据，论证上升原因

“解释”阶段的目的是指引学生解释、反思与完善所学内容^[3]，重在培养“参与基于证据的论证”“获取、评估与交流信息”以及“形成解释与拟定解决方案”的能力。在这一过程中，教师组织交流与讨论，让学生采用图尔敏论证模式（主张、资料、根据、支持、限定、反驳）^[8]来支持自己的主张，反驳他人的观点，以阐述方案的合理性和可行性，并对他人的疑问进行解释。

引导学生运用图尔敏论证模式来回答问题 1，解释飞机上升的原因，并说明实验中机翼模型的上升需要满足什么条件。

师：飞机上升与机翼存在怎样的关系？

生：飞机上升与机翼有关，根据机翼模型上下表面压力测试的实验现象，当飞机运动时，空气对机翼下表面的压力大于对上表面的压力，使得飞机上升。

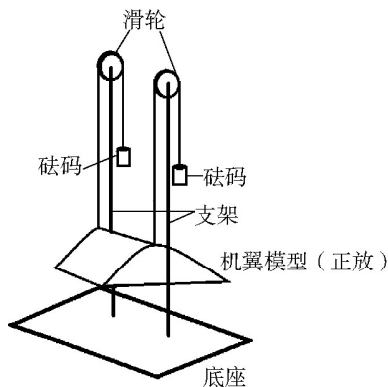
师：为什么机翼的上下表面会有不同的压力？

生：飞机飞行时，周围会形成高速气流，分别沿机翼上、下表面流过，机翼上表面凸出，流速快，下表面流速慢。由于在气体和液体中，流速越大的位置，压强越小，所以机翼下表面受到空气向上的压强远大于上表面受到空气向下的压强，故而产生向上的压强差，飞机得以向上运动。

师：有小组在实验中未能观察到机翼模型上升的现象，这是为什么？

生 1：他们小组的机翼模型无法在水平气流中上升，可能是由于设计实验装置时未平衡重力。

生 2：我们组的装置没有排除重力的影响，但可



(a) 正放机翼模型

以观察到机翼上升的现象。

师:检查两组的实验装置,发现它们的机翼模型在质量上有较大的差异。

生:吹风机的风力有限,当机翼受到向上的升力小于重力与向下的压力之和时,模型将无法上升。因此,在风力一定的情况下,模型自身的质量不宜过大。

在回答飞机上升与机翼关系的问题时,学生以实验现象作为事实依据来支持主张,以流体压强与流速的关系作为支撑依据来解释原因。此外,通过对比两组模型的差异,为机翼模型的质量作出限定。

4 工程:制作不同机翼,选择最佳模型

“工程”阶段的目的是通过应用与实践,增进学生对所学知识和技术的理解,加强他们对数学、科学、工程等学科的学习^[3],重在培养“开发与使用模型”“分析与解释数据”以及“使用数学与计算思维”的能力。该阶段具体包括工程设计、工程实施和工程评价环节:工程设计是为具体问题拟定可行的方向和思路,权衡功能、技术可行性、成本、安全、美观等主次条件得到切实可行的、可操作的解决方案^[9];工程实施是将抽象的设计方案变成具体实物,需要根据设计方案和实际情况来制作模型;工程评价需要测试模型能否满足设计要求,以寻求最佳方案,为此,需进行数据的收集,作为评估和改进设计的依据^[7]。在这一过程中,教师需要提供所需的资源与材料,对制作和测试过程进行监控,并给予必要的指导。

学生已经认识到产生升力的原因,将进一步探究不同翼型对机翼上升效果的影响。在探究中运用控制变量法:控制气流的方向、大小,机翼自重等不变,改变翼型,观察升力大小;还可运用转换法:可将升力的大小转换为上升速度,速度越快,说明升力越大,而上升速度又可以转换为机翼模型上升相同高度所需的时间。组织学生开展头脑风暴,设计多种机翼模型,并用草图的形式将方案呈现出来。设计图不仅要体现设计理念,还要能指导施工,具备可操作性,因此需注明模型各部分的尺寸,制作所需的材料、工具,并对独特的设计进行说明。

参照设计方案制作模型,并依照探究方案对模型进行测试,收集相关数据。应尽量减小摩擦力对测试结果的影响:在模型中间穿两个与吸管口径相似的小孔,使重心在两孔之间,将吸管插入孔中,让系紧的棉线穿过吸管孔,使模型能自由地上下移动。测试时,在模型后方垫一个小木块,使其保持水平悬空状态,保证模型上下表面都有气流通过。用吹风机来模拟

风洞,沿水平方向对机翼模型进行吹风,观察模型的上升情况(如图 4、图 5 和图 6 所示),并记录上升一定距离所需的时间。开展多次测试,以减少实验误差。



图 4 平凸翼型机翼模型上升



图 5 凹凸翼型机翼模型上升

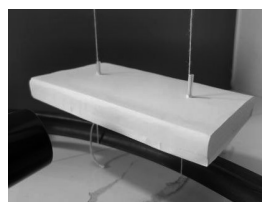


图 6 对称翼型机翼模型无法上升

测试得到,凹凸翼型机翼模型在水平气流中上升相同高度所需的时间小于平凸翼型机翼模型,对称翼型机翼模型在水平气流中无法上升(如表 1 所示)。依据飞机上升的原理进行解释:在水平气流中,对称翼型机翼的上下表面的空气流速相同,没有形成向上的压强差,因此无法上升;而凹凸翼型机翼的上下表面比平凸翼型机翼的上下表面受到更大的压强差,因此上升速度更快。根据测试结果,各小组选择凹凸翼型机翼模型作为最后的设计方案。

表 1 三种翼型的机翼模型的上升效果

翼型	质量/g	距离/m	时间/s				
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
平凸翼型	10	1	11.65	11.98	12.62	12.43	12.82
凹凸翼型	10	1	8.09	8.34	7.91	8.84	7.57
对称翼型	10	1	/	/	/	/	/

5 深化:改变迎角大小,探究上升效果

“深化”阶段的目的是让学生对所学内容进行深入探索,在新情境中继续拓展方案,促进知识和技能的迁移和应用^[3],重在培养“提出问题与确定问题”“计划与实施探究”以及“开发与使用模型”的能力。在这一过程中,教师创设新的情境,新旧情境之间高度相关有助于学生从先前的问题解决中获得启发,并将解决问题的策略迁移到新情境的问题解决

中^[10]。此外,还需提供必要的材料和资源,引导学生再次开展实践探究,使学习更加深入。

情境 3 以“特技飞机的空中表演”作为真实情境,学生观察特技飞机的运动方向并不是水平的。低速特技飞机的翼型多为对称翼型,机翼的前进方向与翼弦(翼型前缘点与后缘点的连线)的夹角称为迎角,当飞机水平运动时,对称翼型机翼的迎角为 0。对比先前的测试与特技表演,学生发现飞机的迎角发生改变,进而产生疑惑:不同的迎角对飞机的上升效果有何影响?

如何解决基于“特技飞机的空中表演”情境的问题?利用控制变量法,保持气流大小,机翼的翼型和自重不变,通过改变吹风机的吹风角度来改变迎角,测试对称翼型的机翼模型在气流中的上升速度(如表 2 所示)。测试得到,迎角对飞机的升力有影响,在一定范围内,迎角增大,飞机上升速度加快;当模型倒置时,对称机翼模型处于负迎角状态,但正迎角和负迎角都能使飞机产生升力。

表 2 对称翼型在不同迎角下的上升效果

翼型	距离 /m	角度 /°	时间/s				
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
对称翼型	1	0	/	/	/	/	/
		10	15.62	14.87	15.28	15.12	14.57
		20	10.61	10.73	11.18	10.20	11.50
		-10	14.76	15.43	15.39	14.99	14.26
		-20	10.85	10.32	11.92	11.15	10.56

情境 4 再次以“不同飞机的机翼”作为真实情境(如图 1 所示),一些飞机的机翼尾部翘起,这样的结构称为翼梢小翼。翼梢小翼有减少阻力,增大升力的作用,学生意图了解翼梢小翼的高度、倾斜角对飞机上升有何影响。

现有的材料与工具难以对该问题进行研究,但在风洞研究室可以对风阻、飞机的升力、压力等进行更完备的监测。

6 评价:展示设计方案,评价实践能力

“评价”阶段的目的是让师生了解对学习内容的掌握和理解情况^[3],重在培养“参与基于证据的论证”“获取、评估与交流信息”的能力。在这一过程中,教师通过教学评价来测试学习成果,其中评价主体包括教师评价、学生自评、互评等;评价内容包括学生作品以及过程中的各种能力;评价方式包括报告、量表测评等^[11],以此展示学生的理解情况,确定是否达到学习目标。

向全班展示机翼模型的最终设计方案,从概念理解、设计方案的完整性、模型的上升效果、模型的美观度等角度(如表 3 所示)进行自评,指出设计方案的优缺点;各小组倾听他人的方案并评价,选出班级最佳作品。许多小组将凹凸翼型的机翼模型作为展示的最优模型,并表示在一定迎角下,模型上升速度会更快。

表 3 机翼模型方案评价量表

评价维度	评价内容	自我评价	同伴评价
概念理解	能从流速与压强的角度对飞机上升的原因进行解释		
方案呈现	能对设计思路进行说明,设计图体现结构要点,标注主要材料、尺寸等		
测试效果	当模型质量、气流大小和方向相同的情况下,模型上升相同高度所用时间较少		
其他加分项	模型外观平滑、美观		

教师基于科学与工程实践的八大实践要素对学生表现进行评价:能否从真实情境中提炼出可研究的问题;能否制定具体方案来测试机翼对飞机上升的影响;能否记录数据作为解释现象与改进方案的依据;能否根据研究结果对飞机上升原因进行解释;能否从生活经验、实验数据、实验原理等多角度论证观点;能否设计多个模型来测试不同翼型对飞机上升效果的影响;能否借助数学比较选择上升效果最好的机翼模型;能否对最终方案进行汇报和展示。

参考文献

- [1] NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, by States [M]. Washington DC: The National Academies Press, 2013, APPENDIX F:48.
- [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,2022:16.
- [3] Burke B N. The ITEEA 6E Learning by DeSIGNTM Model: Maximizing Informed Design and Inquiry in the Integrative STEM Classroom [J]. Technology and Engineering Teacher, 2014,73(6):14-19.
- [4] 朱铁成. 物理教学发现问题情境的创设[J]. 课程·教材·教法, 2005(09):66-67.
- [5] 陈录伟. 论课堂教学问题情境创设的有效策略[J]. 当代教育科学,2013(22):53.
- [6] 秦晓文. 科学探究中提出问题的教学策略[J]. 课程·教材·教法,2016(5):119-120.
- [7] National Research Council. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Cross cutting Concepts, and Core Ideas [M]. Washington DC: The National Academies Press, 2011: 42-77.

(下转第 47 页)