生活与物理

基于3D打印技术的初中物理实验教具的改进与创新

厉智锋 （绍兴市上虞区春晖外国语学校 浙江 310000）

摘 要 物理是一门以实验为基础的学科。新课标要求教师应根据教学需要，本着科学合理、安全可靠的要求开发实验教具。在教学实践中，通过运用3D打印技术对初中某些物理实验教具进行了改进与创新，并引导学生参与教具制作过程。所制教具实验效果显著，获得不错的教学效果。

关键词 3D打印技术 初中物理 实验教具 改进
文章编号 1002-0748(2025)12-0072 **中图分类号** G633·7 **文献标识码** B

实验教学是初中物理教学的重要内容。做好实验是学生掌握科学知识、发展探究能力、落实核心素养的关键，而实验教具的质量直接关系到实验的成败，进而影响教学目标的实现。与此同时，“技术与工具的教学应用”已经成为教育技术领域研究的热点之一，新技术和工具如传感器、数字实验室、虚拟增强现实、3D打印技术等陆续出现。研究者们不断探索和引入新型技术，并将这些创新工具应用于教学实践，以推动教学方法的革新，提高教学质量和学生的学习成效。

近年来，3D打印技术已越来越普及。许多DIY（Do it Yoursely 自己动手）爱好者已经能够灵活运用这些3D打印机制作手办模型、机械模型等，其仿真度已经接近从商店直接购买的商品。并且，在创作者的奇思妙想之下，出现了许多令人惊叹的作品。

1 3D打印技术简介

3D打印技术是一种快速塑造成型的三维立体打印技术，又称“增材制造”技术。它以数字模型为基础，立足三维数字模型，先通过建模软件设计模型，再利用粉末状的金属材料或塑料材料，通过逐层打印的方式最终塑造成一个实体物体。这种立体的打印过程，就像是用乐高积木一层一层搭建出一个完整的建筑物一样，每一层都是精确对位的，确保了打印物品的精确度和稳定性。

3D打印技术不仅在制造业中展现出其独特的优势，也在教育领域中开辟了新的可能。相较于传统教具制作方式，3D打印提供了一种更为高效、精准且安全的制造手段。通过这项技术，教师和学生可以共同参与到教具的制作过程中，体验从设计到成形的整个过程，这无疑极大地激发了学生的好奇心和创造力，也为实验教学带来了全新的视角和工具。

2 3D打印技术在实验教具制作中的优势

2.1 制作方便精度高，实现快速化批量制作

传统教具制作，往往要进行切割、锉削、钻孔等操作，还需要反复地修改才能达到理想的要求，这不仅要求教师需要有大量的机械工具，还需要熟练掌握各类机械的使用技术，同时还会面临一定的危险性。利用3D打印技术设计自制教具，可通过建模软件对教具的三维立体模型进行精准的参数控制，再通过3D打印机自动化快速制造。对于结构复杂的模型和零部件，可实现教具部件的一体化成形，降低教具制造的技术难度，并使教具结构更稳固、质量更可靠。3D打印机根据程序设定，还可实现快速复制教具，实现批量化生产，将演示实验演变成学生实验，显著提高教师的工作效率，减少时间和资源的浪费。

例如在七年级下册“水的浮力”实验教学中，若教师想要呈现一小物块悬浮在水中的实验情景，而身边很难找到平均密度为1 g/cm^{3}的物体，利用3D打印技术可以轻松完成该零件的制作。如图1所示是笔者利用Shapr3D建模软件设计的边长为5 cm的空心立方体模型，将模型导出成.3mf文件后，导入3D打印机自动完成打印制作。然后将其放在电子秤上，倒入适量的沙子至电子秤示数为125 g，这样便得到了平均密度为1 g/cm^{3}的立方体。

中国知网 https://www.cnki.net

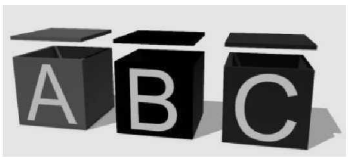


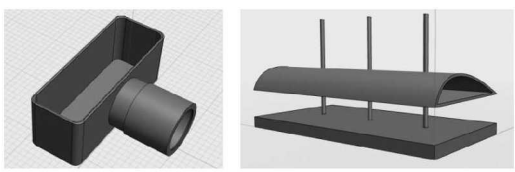
图1　制作的立方体模型

按此方法，可以打印制作相同体积不同质量，或者相同质量不同体积的正方体，来实现物体的下沉与上浮。还可以设计成不同的形状，如长方形、球形等，甚至可以利用不同颜色的打印耗材，在其表面标注“A”“B”等字符，提高学生的注意力，进一步激发学生的兴趣，更好地达到实验教学目的。

2.2　发挥教师创造力，实现教师实验创新想法

教师的创造力是教学活力的源泉，是推动教学不断发展和进步的重要动力。3D打印技术为教师提供了一个实现创造力的平台，使他们能够将各种奇妙想法转化为现实。借助3D打印技术，教师可以设计并制作出以前难以实现或成本昂贵的复杂教具，这极大丰富了实验教学的内容。教师亲自动手制作实验教具，不仅能够为学生提供直观的学习材料，还能够创设一个充满创新和探索的学习环境。在这样的情景中，学生能够通过亲手操作这些实验教具，亲身体验实验的乐趣，从而加深对知识本质的理解。

例如在七年级“凸透镜成像规律”的实验教学中，“当$u>2f$时，$2f>v>f$，所成像为倒立缩小的实像”，此成像规律应用的举例为照相机。这时笔者心中产生一个想法：“能否制作一个相机模型，向学生展示其工作原理，这样就可以让学生更直观地理解凸透镜成像规律，加深他们对这一知识点的理解和记忆。”“我们需要一个焦距合适的凸透镜，利用3D打印技术设计制作白色的光屏，黑色的相机外壳模型，可伸缩的相机镜头……”于是，在3D打印技术下，这些想法马上变成了现实，如图2(a)所示。



(a) 照相机模型　　(b) 机翼模型

图2　制作的各类模型

再例如在八年级“气体流速与压强的关系”的教学准备中，用飞机的机翼对“气体流速越大压强越小，流速越小压强越大”这一知识点的应用举例。这时笔者想到：“如果有一个飞机机翼模型进行现场演示，那学生对知识的建构肯定更加牢固。”于是笔者利用3D打印技术制作，如图2(b)所示装置，用吹风机在课堂上进行实物展示，获得不错的实验效果。

其他还有“动植物细胞模型”“四冲程气油机模型”“斜面小车实验的改进”等等实验，使实验教具更加丰富和多样化，从而能够更好地满足学生的学习需求。

2.3　激发主动探索精神，促进学生高阶思维发展

3D打印技术是一种基于设计思维的学习活动，如果让学生亲自参与教具的改进过程，必能培养学生的创新思维，提高学生的创新能力。学生在建构新的知识体系时，往往会对实验装置产生新的理解，会产生一些创新的想法。如果能把这些创意点及时收集并加以开发，通常会收到意想不到的收获。

例如在八年级下册“电动机”的课堂实验教学中，笔者在展示“通电导体在磁场中会受力运动”这个实验后，有学生对通电导体棒为什么会运动非常好奇。这虽然不是初中的知识内容，但是如若回避学生的问题，必定会在学生心中埋下一个难以解开的心结。因此，笔者从电流产生的本质来引导学生拓展该知识点。下面是对话过程。

生：电流是由大量电荷的定向移动形成的，所以受力的应该是移动的电荷。

师：真的是这样吗？能否通过实验来证明呢？

生：如果能够看到运动的电荷，那我只要把它放到磁场中就能证明。

师：导体的两端如果能够形成高压，那就会高压电弧放电，电弧中主要就是运动的电子，这时我们就能看到运动电荷了。

生：我看到过这个现象，在电蚊拍放电时，还有在煤气灶点火时。

师：对，这是由高压电弧发生器产生的，如果我们对它改进一下，再运用3D打印技术设计并制作，那将会是一个很棒的实验装置。

于是，学生先利用3D建模软件设计装置结构模型。在模型设计过程中，为了让运动电荷受力运动的现象能够持续显示，学生将其中的一个电极设计成环形，中心电极处于圆心位置，这样电弧运动后两电极间的距离不变，就能持续放电了。然后对电源、开关、高压电弧发生器的位置合理地规划，并对装置进行了美化，最后利用3D打印机将设计好的模型变成一个真实的实验教具，并把它取名为“洛伦兹力演示器”(见图3、4)。

中国知网　https://www.cnki.net

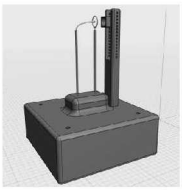


图3　洛伦兹力演示器



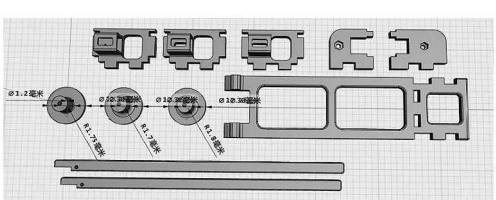
图4　在磁场中旋转的电荷

学生利用3D建模软件设计三维模型，不仅仅是在操作一个高科技工具，更是在经历一个发现问题、分析问题、解决问题的过程。在这个过程中学生通过主动探索，发散自己的创造性思维，不断创新优化设计方案，潜移默化中激发了自己的创造力和想象力。学生在真实情境中进行3D建模并解决实际问题，在获得知识技能和经验之间关联体验的同时进行了有意义的建构，可逐渐形成工程思维。

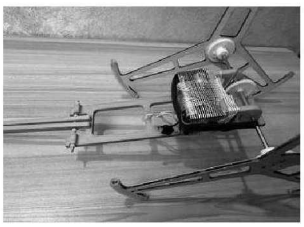
2.4　推动跨学科融合，增强解决复杂问题能力

学习的终点是回归生活、回归社会、回归自然，物理教育也不例外。3D打印技术提供了一个将物理知识应用于解决现实问题的强大工具。一些STEAM竞赛项目则成为学生将所学知识综合运用的展示平台，他们将物理实验器材巧妙地转变为解决现实问题的装置。通过参与这些项目，学生能将所学知识应用于解决具体的实际问题，从而有效提升学生的综合应用能力。

例如，在最近举行的全国青年科普创新大赛中，“未来太空车”项目需要学生自行设计并制作装置，完成行走、越野、攀登等任务。这是一项需要科学、技术、工程等学科知识并综合运用的复杂赛事。笔者在指导学生参与该项比赛时，引导学生运用3D打印技术设计装置零件，制作后检验实际效果，并不断地改进优化。比如学生对车体框架设计时，同时需要考虑到强度、重量、组装难度等多个不同纬度。使用3D打印技术，学生可以在设计阶段进行多次修改和试验，以便在多个维度上寻找最佳的平衡点。这种方法大大降低了制作难度，并使得学生的各种创新想法有了具体实践的可能。学生通过“模型设计→制作实践→改进设计→再检验”，逐步改进他们的设计，直到达到他们满意的效果（见图5）。



(a)“未来太空车”零件设计



(b)“未来太空车”

图5　“未来太空车”的设计与制作

学生在基于3D打印技术制作装置时，需要融合多个学科的基础知识，并运用跨学科知识设计制作解决生活问题的装置。同时，3D打印技术的使用，使得学生能够更直观地看到自己的设计从理论到实物的转变，这种从设计到实物的过程，加深了学生对于知识的理解和记忆。这些通过比赛获得宝贵的动手操作和解决实际问题的经验，对他们未来成为具有创新精神和实践能力的人才具有重要的促进作用。

3　利用3D打印技术改进实验教具的有效策略

基于3D打印技术改进初中物理实验教具本身就是一个运用新技术、新材料、新工艺融合传统实验教学的创新方法，其目的是解决当前实验教具未能解决的一些问题。教具的设计和改进应紧密围绕课程标准，以培养学生的学习能力和实践技能为目标，提高实验教学的质量和效果。

如图6所示，3D打印技术改进实验教具的制作过程总结为“制作5步法”，并运用此方法不断实践，取得不错的效果。下面以“液体沸点与气压的关系演示器”的实验改进为例讲述制作的流程。



图6　“制作5步法”

3.1　发现问题，分析需求

为教授“气压越高液体沸点越高，气压越低液体沸点越低”这一个知识点，课本实验利用针筒向烧瓶中沸腾的水注气，或对接近沸腾的水抽气来实现改变气压（见图7）。但课本实验存在一些缺陷：

中国知网　https://www.cnki.net

① 操作所需时间长，容易烫伤。常压下水的沸点是100℃，因此用酒精灯加热的时间长，而且由于温度高，在操作针筒时容易导致烫伤。

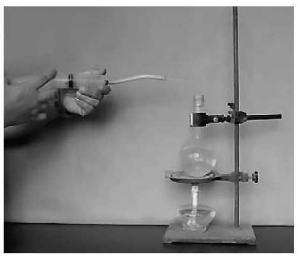


图7　课本中的实验

② 实验现象的持续时间短。用针筒抽取气体后，由于水汽化成水蒸气很快会使瓶中的气压再次变大，水沸腾持续的时间很短，学生观察到的现象不明显。

③ 实验装置小，演示时观察不明显。

3.2　设计研发，3D建模

基于上述问题，从以下几个角度改进装置：利用大型的密封罐，增大实验的可视度；利用真空抽气机，持续减小容器中的气压，让水在较低温度下沸腾；增加可视化的测量工具。

生活中常见的密封罐是一个不错的玻璃仪器，透视性好，容器容积大，但是其盖子是玻璃的，难以将抽气机与其相连。利用3D打印技术可以轻松对其进行改进。先测量并记录原密封罐的玻璃盖的各尺寸参数，然后利用Shapr3D建模软件，在原密封罐盖尺寸的基础上根据实验需求进行修改，初步设计出罐盖模型。然后在与抽气机连接处进行精确定位并挖孔设计；密封位置设置成斜面，且密封圈采用TPU软性材料增加密封性。

3.3　制作原型，实验测试

将初步设计完成后的模型以.3mf文件导出，再用切片软件进行处理后，运用3D打印机制作。同时，对原型进行实验测试，评估原型的效果和功能，为后续优化提供依据。本装置抽气后可以实现让50℃左右的水沸腾，并能长时间保持，实验现象明显，但是装置内的水温和气压都没有直观体现，需要对装置进行优化改进。

3.4　迭代优化，教学检验

为增加实验可信度，在密封罐盖上增加带光数显温度计和气压计来直观显示罐内水温和气压的变化，同时增加气阀实现与抽气机的密封连接。对3D模型进行修改后，重新打印制作，增加配件。改进后的装置实现了让水在较低的温度下沸腾，实验时不仅不需要用酒精灯加热，而且实验装置的容器大，实验持续时间长，温度与气压的显示明显，在课堂演示时获得不错的实验效果（见图8）。

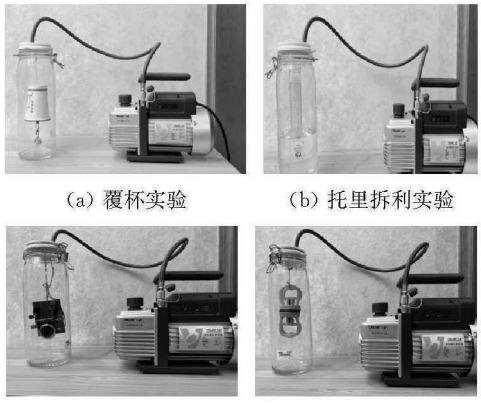
3.5　持续改进，推广使用

本装置经过其他老师的不断改进，制作成了其他多种功能的实验器具，如“覆杯实验演示装置”“托里拆利实验演示器”“真空不能传声装置”“吸盘实验”（见图9）。



（a）密封罐盖的模型　（b）改进后的实验装置　（c）沸腾的水

图8　密封罐盖的制作与演示



（a）覆杯实验　（b）托里拆利实验

（c）真空不能传声实验　（d）吸盘实验

图9　实验装置的改进与拓展

运用3D打印技术，实现了复杂结构和精确尺寸的制作，教师可以根据需要进行设计、改进和创新，以适应不同实验教学的要求。这样一来，不仅更好地发挥了教师的创新能力，同时也提供了更多可能性和创新点。

4　结　语

3D打印技术的引入，为物理实验教具的改进和创新开辟了新的道路。它不仅简化了教具的制作过程，降低了成本，更重要的是，它极大地提高了教具的精准度和制作效率。教师可以利用3D打印技术，将自己的创新理念转化为具体的教具设计，从而丰富实验教学内容，提升教学成效。学生参与到3D打印实验教具的制作过程中，不仅能激发他们的创新思维，还能培养他们的工程实践能力和问题解决能力。

在未来的物理实验教学中，3D打印技术的应用应当得到更加广泛的推广，不断优化和改进实验教具，以提高实验教学的整体质量和效果。这将有助于培养更多具有创新精神和实践能力的未来科学家，为初中物理教育的未来发展奠定坚实的基础。

（下转第59页）

中国知网　https://www.cnki.net

的。让学生在具体的情境中(如软木塞被拔出),能够使用合理的论证作出判断,发现自然界存在的问题和内在的联系,培养批判性思维,提升学生的“质疑创新”能力。

4　教学启示

从具体考题分析可以发现,通过在真实情境下设计能引发学生深入思考的“问题链”引导学生在解决问题中深入到知识“内部”[4],能够提升学生的科学思维能力。科学思维的培养应该贯穿高中物理课程教学的全过程,具体而言可以尝试如下思路开展教学。

4.1　基于情境,明确问题

情境不只是新高考命题的素材,更是培育学生科学思维能力的重要载体。基于学科认知情境,以问题为导向,以学生为主体,让学生在“问题链”的引导下不断地发现问题、思考问题并解决问题,最后还可以提出新的问题、开始新的探究。要使情境服务于科学思维能力的培养,而不是陷入新情境试题的“题海”训练。

4.2　聚焦主干,强调综合

高考试题围绕学科主干知识,一方面注重对基础知识、必备知识的考查,另一方面强调综合运用多个物理知识、思维和方法、注重解决问题的综合性。复习时,在强化基础知识、基本技能、基本方法的同时,应该对主干知识和核心内容适当拓展,适度延伸,注重所学知识的同化和调整,学会将物理思想和方法迁移到新的情境中,遇到复杂问题时可以有效整合学科知识,通过关键词判断题目考查内容,在拆解问题、获取信息、创新思维过程中,强化科学思维能力的培养。

4.3　规范表达,强化计算

数学是物理学科解决问题必不可少的工具,很多物理问题的本质,需要用数学知识来说明。但在问题解决的过程中,经常会碰到稍微复杂的数学计算,学生理解物理概念但被数学计算卡住,而得不出最后结果,或者出现计算错误。有些问题涉及较多的物理量,学生在书写表达式时,符号前后不一致。物理学习中,教师要让学生意识到符号不只是字符,更是思维的体现,注重答题规范意识的培养。运用数学知识解决物理问题的过程,也是培养学生的逻辑思维、抽象思维、创新思维等科学思维能力的过程。教师要增强物理知识与数学方法的融合教学,在平时的教学中,教师要逐步引导学生采用物理思维和数学思想方法巧解复杂的问题的能力,灵活地选用物理公式,从而简化运算,提高运算速度。平时的教学,要让学生动手计算,提高学生的运算能力和计算的准确性[5]。

4.4　质疑创新,启迪智慧

新时代强调培养学生的质疑精神、创新能力和独立思维素养。教师应该鼓励学生敢于提出问题敢于质疑,并能在复杂情境中将所学学科知识和问题解决结合起来,让学生感受到今天的收获并不仅仅是简单的解题,而是掌握学科知识和思维方法的框架,通过学习和实践物理思想与研究方法,领悟人类文明进步的智慧。

5　结　语

从“解题”到“解决问题”的转变有一个跨越,其背后既是对学生科学思维框架的构建,也是对物理学科育人体系的梳理,更是学科核心素养落地的试金石。从“解题”到“解决问题”是落实科学思维培育的高效实践。在教学的实施过程中,应让学生在解决问题的过程中串联起整个核心素养的培养,彰显物理学科的育人价值。

参考文献

[1] 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,2019:18.
[2] 刘雪荣. 运用能量转化方向性规律解决装置“效率”真问题——缘起2023年皖、陕中考物理卷“效率”计算题[J]. 物理教学,2024(4):42—46.
[3] 徐树. 高阶思维视域下“问题链”式试题评讲探析——以2020年全国乙卷物理压轴题为例[J]. 物理教学,2023(4):64—70.
[4] 曾长兴. 基于“情境—问题”教学　促进深度学习发生——以“电容器的电容”教学为例[J]. 中学物理,2023(9):37—40.
[5] 卞望来. 2022年高考物理山东卷第17题赏析[J]. 物理教学,2023(2):64—67.

(上接第75页)

参考文献

[1] 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.
[2] 于森. 3D打印技术下高中物理实验教具的制作——以力的合成和分解演示仪为例[J]. 中学物理,2023(19):45—47.
[3] 陈海涛. 基于3D打印技术的中学物理实验教具改进研究[J]. 物理通报,2020(S1):87—90.
[4] 刘文,季洁,汪瑞,等. 以3D打印技术促自制教具发展[J]. 实验教学与仪器,2017(6):53—54.

中国知网　https://www.cnki.net