

物理实验室

基于物理深度学习的学生自主 创新实验教学策略与实施

——由“探究滑动摩擦力大小与接触面积有关吗?”引发思考

刘信生 (庐江县龙桥镇初级中学 安徽 231550)

张贵林 (庐江县罗河镇店桥初级中学 安徽 231562)

汤金波 (南京师范大学附属中学树人学校 江苏 210000)

摘要 初中物理教学中的学生自主创新实验探究是以学生物理核心素养培育与发展为路径的深度学习的具体策略与实施,以符合初中学生认知规律和能力发展水平为前提,以培养学生探究能力、实践能力和创新能力为核心。本文通过探究滑动摩擦力大小与接触面积是否有关等一些实验例子,让学生在“玩、学、悟、用”具体实施策略中历经曲折,既培养了科学精神又提升了物理核心素养。

关键词 滑动摩擦力 物体间接触面积 创新应用

文章编号 1002-0748(2020)4-0025 **中图分类号** G633·7 **文献标识码** B

深度学习是一种基于理解的学习,是指学习者以高阶思维发展和实际问题的解决为目标,以整合的知识为内容,积极主动地、批判性地学习新的知识和思想,并将它们融入原有认知结构中,且能将已有的知识迁移到新的情境中的一种学习^[1]。

南京师范大学附属中学汤教师首创的“学生自主创新实验课堂教学法”,其中以“促进学生思维发展和快乐成长”为目标、以“对话性实践”理念为核心的一种基于主题研究的创新教学^[2],与物理深度学习有很多共同之处,都是以创新探究活动为特色的课堂教学,体现“以生为本”的理念,与义务教育课程改革是并行不悖、相得益彰的。

1 深度学习中创新探究的策略研究

“学生的学习核心是自主,只有自主才能让创新能力不断提升。促成学生自主创新的原动力是好的主题。”^[1]只有让学生主动思考,科学思维迸发出的火花才是最美丽的,初中学生在课堂探究实验过程中会出现各种各样的问题或困惑均属于正常现象,教师不避讳“麻烦”,顺势引导学生在平时“玩”中收集整理这些疑惑,以“疑点”为契机;化被动为主动,激励学生认真钻研教材,查阅资料,制作器材,即“学”;合作探究,交流反思,即“悟”;制作模型、创新应用,即“用”;在反复、递进、螺旋式创新探究中实现

提升物理学科能力(如图1所示)。不但使探究道路“畅通无阻”,而且还收获“意外惊喜”。笔者就以“探究滑动摩擦力大小与物体间的接触面积有关吗?”进行学生自主创新实验活动。

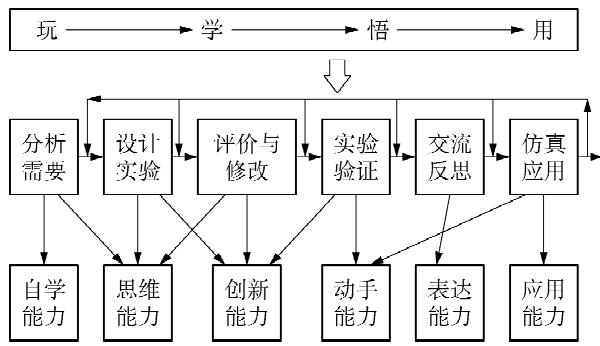


图1 学生深度学习创新探究流程图

1.1 从书本知识点出发产生疑问,把疑点变为创新实验的起点

“带着问题走入课堂,带着更多的问题走出课堂”是学生自主创新实验教学的真实写照,在沪科版八年级物理下册“压力和压强”章节复习课中,有学生提出“为什么把两本书一页一页地交叉重叠起来之后,两人各拿书的一端,用力拉,你会发现无论怎样使劲,也不能把两本书分开?”这一问题,笔者先安排学生查阅资料,收集整理后的观点有:(1)由于

大气压力的作用,使纸张很难分开;(2)由于摩擦力的作用,这两本书的页面互相交叉,页面与页面之间粗糙不平而导致每两页之间都存在摩擦力,页数越多摩擦力越大。师生共同讨论分析:书页交叉时,虽然页面之间叠在一起,但是还是有间隙的,大气压力差造成的可能性不大,因此排除了(1)的观点;大家针对(2)的观点比较感兴趣,想继续探究下去(如图 2 所示)。在此笔者设计了几个问题:①在用力拉动之前和拉动之后摩擦力的性质有什么不同?②交叉的页面数一定,改变相互交叉的面积,分开书用的力(前提是保证能把书分开)怎样变化?③每页重叠面积一定,改变交叉的页面数,分开书用的力(也是保证能把书分开)怎样变化?



图 2 演示书页交叉的两种情况

学生根据控制变量法分组实验探究,初步得出结论是:两本书页面交叉的面积越大,交叉的页数越多,分开书所用的力越大(如图 3 所示),说明此时的静摩擦力或者滑动摩擦力也越大。这时候就有学生提出新的想法:“书页交叉的面积越大,交叉的页数越多,就代表两本书页交叉的总面积就越大。这时能否这样理解:总的摩擦力=各页面之间的摩擦力×交叉的页数。也就是说滑动(静)摩擦力大小可能与物体间的接触面积有关。”一石激起千层浪,有的学生根据此景迫不及待地开始在牛皮封面的厚笔记本里夹上三把长塑料尺,两手压紧竖起笔记本,让另一同学分别匀速抽出一把尺子、同时抽两把尺子、同时抽三把尺子,感受三次摩擦力的大小的变化。这时候的教室里讨论气氛更浓了,甲同学:“两只手夹笔记本的力分布不均匀,上下两把尺子受到的压力较大,中间尺子受到压力较小。”乙同学:“我发现滑动摩擦力的大小与物体间接触面积大小有关,课本上没有探究这个问题,不知道怎么办。”丙同学:“滑动摩擦力大小与物体的接触面积无关。”丁同学:“这个问题不好办,只有通过实验来验证了。”这时候教师可以旗帜鲜明地确定创新实验的主题是:探究滑动摩擦力的大小与物体



图 3 书页交叉时的受力情况

间的接触面积有关吗?将疑点变为探究的起点。

1.2 在探究活动中产生灵感,把盲点变为创新探究热点

为了避免其他力(特别是重力因素)对实验的影响,我们特地选用轻质的塑料尺和两块自制的平行的木板器具进行实验探究(如实验一图 5 所示)。

(1) 器具的制作

选用 $25\text{ cm} \times 25\text{ cm} \times 1.5\text{ cm}$ 的免漆木板两块,用包边条包好四边,各在一板的表面用强力胶粘上等大面积的泡沫地垫,在其四个角边缘打上直径 2 mm 的孔,分别用 4 根 8 cm 长的螺钉穿孔,再用螺母固定,使两块免漆板平行,保证地垫之间的夹缝大小均匀,购买型号 $50\text{ cm} \times 3.5\text{ cm}$ 的塑料尺三把,分别在零刻度线位置打上小孔,再穿上棉线(方便测力计拉动用),将塑料尺沿夹缝插入地垫之间但不能太紧,再用尺寸为 $80\text{ mm} \times 400\text{ mm}$ 的“F型快速加紧器”将装置固定在水平桌面上(如图 4 所示)。

(2) 操作步骤

① 用弹簧测力计将系有细线的一把塑料尺从地垫间夹缝左端拉入,直至从右端拉离,观察测力计的示数最大值及变化情况;

② 再用弹簧测力计将并列两把塑料尺从地垫间夹缝左端拉入,直至从右端拉离,观察测力计的示数最大值及变化情况;

③ 再用弹簧测力计将并列三把塑料尺从左拉入,直至尖端拉离地垫夹缝,再次观察测力计的示数最大值及变化情况(如图所示 5);

④ 比较各力的大小,得出实验结论。

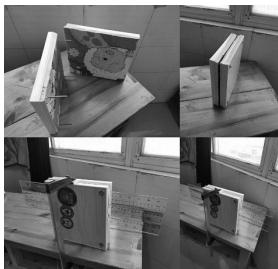


图 4 器具制作过程

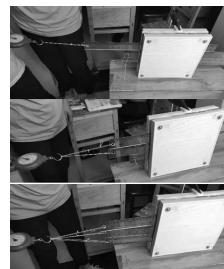


图 5 实验一探究过程

学生们收集整理数据,发现每个步骤中测力计的示数是先增大,后保持不变即最大值,然后又减小直至为零,拉动的尺子数目越多测力计的最大值越大,分析其中的原因是由于尺子在整个过程中与地垫的接触面积发生了变化,且变化的趋势和测力计示数变化一致(如图 6 所示:横轴 L 为塑料尺从左向右移动的距离)。因此得出结论:滑动摩擦力大小与接触面积有关,接触面积越大,滑动摩擦力也越大。这一探究结论与同学

们平时的认识怎么就不同了？这时候大家讨论开了，同学们接着又设计了下面这个实验二（如图 7 所示）。

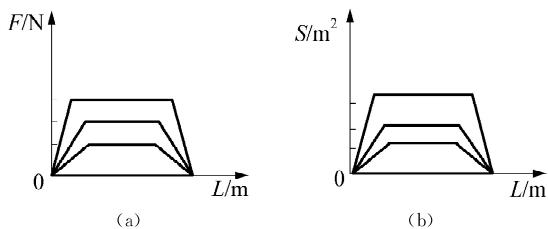


图 6 拉塑料尺的力和与地垫的接触面积变化

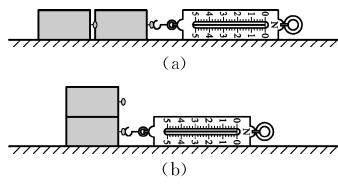


图 7 实验二探究过程

(3) 器材和操作步骤

材质、体积、形状和底面光滑程度相同的带钩的长方体木块两个，弹簧测力计一把。

① 用弹簧测力计在水平桌面上匀速拉动前后连在一起两个完全相同的带钩的木块，读出示数为 F_1 ；

② 将两块带钩的木块竖直叠放一起，重复步骤①，得出测力计的示数为 F_2 ；

③ 重复以上实验，比较 F_1 、 F_2 的大小，得出结论：滑动摩擦力大小与物体的接触面积无关。

师生共同讨论，实验一中的塑料尺子的自重很小，可以忽略不计，每步骤中也只改变了尺子与泡沫地垫的接触面积，为何得出的结论和实验二中得出的结论就不同了呢？我们平时得出的实验结论有什么问题吗？学生们又陷入了思索中，讨论的氛围又开始热烈起来。

教师这时候点拨：是否与今天复习的压强知识有关呢？这时候就有少数同学站起来说：“实验一里的两块地垫间隙一定，其对塑料尺子的压强 p 是不变的，根据 $F = pS$ 可知，塑料尺受挤压的接触面积发生变化，压力也发生变化，所以通过改变物体间接触面积实现改变物体间的压力大小。而且实验二的结论也可以用这规律来揭示其原理：由于步骤②比步骤①中的受力面积减半，但是步骤②中两物块叠放后对桌面压强是步骤①中物块对桌面压强的两倍，由公式 $F = pS$ 得出总压力还是相等的；或者根据放在水平面上的物块对地的压力大小等于物重 $F = G_{\text{总}}$ 也可得出结论。”这时候，同学们恍然大悟，原来在水平桌面上拉动物体时若减小两物体接触面积时，物体与桌面间的压强却在增大的，由 $F =$

$\rho S = G$ 公式发现此时虽然减小了受力面积，但是通过增大压强来保障压力仍不变的。

2 学生在思维交织中凝炼反思，把痛点变为创新探究的亮点

通过上面的师生交流讨论，同学们得出了统一的结论：(1) 如果物体间的压力一定时（如放在水平面上物体由于重力产生的压力），滑动摩擦力大小与物体的接触面积大小是无关的；(2) 如果物体间产生压强相同时（挤压程度相同时），压力是物体间接触且相互挤压发生形变而产生的，其大小则由压强和受力面积两者乘积来决定的，这时候滑动摩擦力大小与接触面积有关，通过上述实验也同时得出静摩擦力也与物体的接触面积有关，通过 $F = \rho S$ 公式计算得出由于压力的变化才导致摩擦力的变化。因此，学生的自主创新实验由课本上的小问题出发，引出一连串的新问题，设计出一系列的探究实验，在师生的交流合作和思维的激烈碰撞中创新意识日益增强，在辛勤的劳动中收获满满。

3 模拟、制作、改进，创新应用没有终点

心理学家布鲁纳强调：“无论我们选教什么学科，务必使学生理解该学科的基本知识结构。”^[3]但传统的物理教学中学生得到的知识都是零散的、碎片化的。课堂教学中，教师不但要注重物理知识点的落实，更要从一定高度上把握知识的整体联系和大概念的进阶过程。让学生在学习过程中既要见到树木，也要看到森林，就像本文中“滑动摩擦力”的大小同“压强”和“受力面积”之间的知识联系。深度学习就能很好地将这些分散在各个章节中的相关知识点串在一起，找出其背后隐性的“联系”，使学生能从课本知识中总结规律，透彻分析其中的物理原理，走向深度思考，动手制作模型，开展创新应用。例如：学生可以用学到的规律很容易揭示轮船靠岸后要将缆绳在水泥桩上多绕几道，增加绳与桩的接触面积就可以增大摩擦力，防止溜船；穿运动鞋跑步，所系的鞋带不但要系紧，还要尽可能将鞋孔系满，因为鞋带系的匝数越多，鞋带与鞋孔接触面积越大，摩擦力也越大。细心的学生发现在铝合金管上晒被单时的防风夹为什么做成圆弧状的道理，就是通过增加受力面积来增大摩擦力的。学校科技创新小组根据这项规律自制了捞热锅里茶叶蛋的“餐夹”和“网球拾捡夹”。虽然器具的制作在成人面前显得有些“稚

（下转第 14 页）

语言营造 1：观看录像“神舟 11 号的发射、运行剪辑录象”（如图 5 所示），在观看完以后，教师追问：

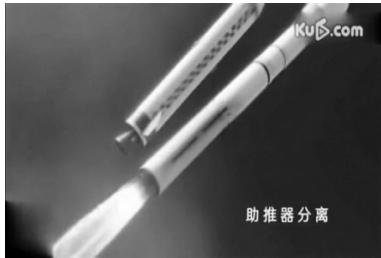


图 5

“杨利伟说：‘当飞船升空时，感到有载荷，就是感到胸部有压力，平时训练时这种压力可达到 8 个 g。’升空时宇航员应该采取什么姿势比较好呢？”

杨利伟说：“在箭船分离时，感到身体突然被抛了一下，就飘起来，船里的尘埃也飘起来了。”这个时候他又处于什么状态呢？又该如何避免身体受到伤害呢？

设计意图：教师以此为素材通过言语把学生带到宇航员发射升空时碰到具体情境，介绍超重和失重现象的利与弊，让学生体会物理与科学的联系，感受科技离我们并不遥远，培养学生想象力及综合分析问题的能力。

6 实践体验情境

核心素养教学提倡教学向社会实践的回归，体验真实物理场景，引导学生在实践中发现问题、提出问题，并利用所学知识解决问题，强化学生将物理知识应用于社会实践的意识，有利于学生亲自体验对社会、自然的责任感，使学生在学习中获得物理观念、科学思维和情感态度的全面发展。

实践体验 1：学生站在称重仪上，通过快速起立与下蹲观察示数的变化，体验人受到超重与失重现象，分析运动与力的关系。（如图 6 所示）

（上接第 27 页）

嫩”，但这也是迈出可喜的关键一步，而且会越走越好，因为同学们创新的脚步不会停止。总之，物理深度学习中的科学思维层次高，要求学生能在新知识和原有知识之间建立联系，对复杂概念和深层知识灵活掌握，自主设计实验进行探究，再对实验结论运用批判性思维自我反思，再把所学知识迁移应用到实践中去，不断地进行“情境发现—问题提出—自主探究—总结反思—应用迁移”的思维螺旋提升过程，实现了在有效学习中提高学习质量。



图 6

实践体验 2：在废弃的饮料空瓶上打一个小孔，往里倒入一些红墨水，通过让饮料瓶竖直下落或者向外抛出观察红墨水是否流出，让学生解释现象，体验完全失重现象。

设计意图：利用身边的材料从实际生活中的例子出发，体验超重和失重现象，利用物理知识解释这些现象。物理来源于实践又应用于实践，培养学生思考问题的习惯。

总之，核心素养的培养离不开课堂情境的创设，情境形式多种多样，方法灵活多变。在实际的教学中，应该紧紧围绕领会物理观念、体验科学探究、提升科学思维、熏陶科学态度与责任感等核心素养的培养，针对不同的教学内容，不同的教学条件采取不同方法，激活学生的课堂思维、学习兴趣、求知欲望，提高课堂教学效率和效果。

参考文献

- [1] 应俊. 探讨核心素养中物理观念的教学策略[J]. 物理通报, 2018(5): 25—26.
- [2] 张玉萍. 高中物理教学学生核心素养培养策略研究[J]. 课程教育研究, 2019(3): 34—35.

参考文献

- [1] 安富海. 促进深度学习的课堂教学策略研究[J]. 课程·教材·教法, 2014(11): 57—62.
- [2] 李进, 汤金波. 三论学生自主创新实验是物理教学的最优途径[J]. 实验教学与仪器, 2019(7—8): 4—7.
- [3] 白孝忠. 促进初中物理深度学习的策略探索[J]. 中学物理教学参考, 2016(9): 9—11.
- [4] 华东地区初中物理教材编写组. 义务教育课程标准实验教科书物理(八年级下册)[M]. 上海: 上海科技出版社, 2004: 19—23.