

物理探究性实验中培养学生高阶思维的研究

——以“电磁感应现象”教学为例

王 巍 (上海市市西中学 上海 200040)

摘要 通过物理实验来训练思维能力有着得天独厚的优势,在分析综合比较的认知层次上更与高阶思维能力的培养达到了有机的统一,本文以“电磁感应现象”教学为例对探究各环节上实验的设置及思维能力的培育作了深入分析,同时重点强调了实验链的布局与调整

关键词 探究性实验 高阶思维 实验链

文章编号 1002-0748(2019)9-0031

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 高阶思维与物理探究性实验

根据布鲁姆的认知分类理论,人类的认知从低级到高级可以分为记忆、理解、适用、综合、评价、创造等六种。高阶思维是处于较高认知水平层次上的心智活动或认知能力,是生成性思维和批判性思维的互补的运用,是现代社会的创新能力、决策力和批判思维能力的核心,是适应时代发展的关键能力。

物理探究实验是物理学的基础,是学生自主探究、获取知识、提高科学素养的重要途径。通过分析实验现象,得出相应的物理规律,通过分析实验数据,找出定量关系,通过分析实验误差,对实验结果做出评判,思维品质的培养是实验能力培养的关键和基础。物理探究性实验更加注重对实验中的科学思想和科学方法的思考,更加注重学生科学探究能力的培养,决定了高阶思维认知层次的“分析评价创造”置于教学的核心位置,所以能达到既传授知识又培养高阶思维能力的目的。

2 探究性实验中培育学生思维的重要环节

物理探究性实验教学是在教师的指导下以实验为载体,仿照科学家进行科学探究历程,掌握物理知识与实验技能,力求使实验与思维有机结合的过程。探究性实验是一种创造性、实践性很强的活动,涵盖“提出问题—猜想与假设—制定计划与进行实验—评估与交流—应用与创造”等重要探究环节,最终促进学生知识的构建和综合思维能力的提高。

探究各环节思维能力培育分析

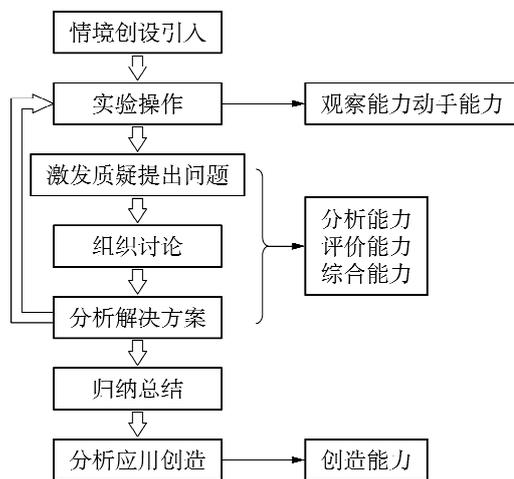


图 1

在情境创设引入环节,教师可以通过实验激发学生的好奇心,内含问题的情境,吸引学生观察的同时有效地引发学生的思考。在猜想与假设环节,教师鼓励并帮助学生完善想法,通过逻辑推理排除掉一些不可能的猜想而得到较为科学的假设。在制定计划与实验探究环节,引导学生多维度地发散式地思维,广泛联系和运用所学知识设计实验方案,学生动手实验、用眼观察、动脑思维、教师根据可能的思维障碍,帮助学生因势利导突破难点和关键。评估与交流环节,学生相互借鉴,启迪思维的同时完善想法,使思维的成果更为全面。教师采取组织学生间互评或者辩论等形式设法让学生投入到分析、比较、归纳、概括等系列思维活动中去,提升学习者高阶思维的水平。在应用与创造环节,学生利用所学的知识解释生活中的现象,体现知识迁移、思维的评价与

应用能力。在课后教师可引导学生进行实验的再设计、科技小制作等,让物理知识回归生活,在原有思维基础上迸发出新的思维。

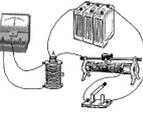
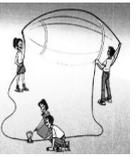
该探究设计在思维培育方面体现了以下的特点:(1)突出了思维的主体性。无论是实验操作过程、思辨过程还是分析应用的过程都是以学生为主体(2)突出了思维的辩证性。学生既能体验到成功后的愉悦,也会经历实验的困境,经历类似科学家的探究历程能让思维更全面与深刻。(3)突出了思维的层次性。思维的形成是由表及里的过程,从浅层次的认知到理性的深化,更加符合学生的认知规律。(4)突出了思维的创新性,体现了物理从生活中来、回到生活中去,课后拓展探究将思维引向更深的层次、更广的领域。

3 电磁感应现象实验探究中的高阶思维能力培养分析

电磁感应现象的发现是逆向思维的典型应用,也是培养学生科学探究能力的良好素材。方案设计时,以模拟科学家艰辛探究历程为特色,将电磁感应现象的演示实验改为学生分组探究实验,在教师的引导下,学生自主地、富有个性地学习。以内在有逻辑关系的实验群为线索,通过猜想、验证、再猜想、再验证,变被动学习为主动学习,大大提升了学生科学思维的论证能力和质疑创新的精神。从片面到全面,从感性到理性,学生的高阶思维能力得到了培养。

现以列表形式展示该探究各环节的实验设计并对各环节思维能力的培养的着重点作进一步的分析。

表 1

实验情景							
探究阶段	创设情境生成问题阶段	猜想与假设阶段	制定计划与实验探究阶段	深化阶段	评估反思总结阶段	拓展与应用阶段	课外延展阶段
实验类型	演示实验	探究式边学边做实验	探究式分组实验	探究式演示实验	探究式演示实验	探究式演示实验	探究式课外活动实验
实验现象	手摇发电机磁铁中线圈转动小灯亮起	磁铁在线圈中上下运动有感应电流但绕轴旋转并无电流	电磁铁磁场变化能引起线圈中感应电流	匀强磁场中线圈面积变化引起感应电流	线圈沿特制的圆锥台上收缩扩张并无感应电流	手持话筒高歌,歌声清晰嘹亮地从音箱中传出	学生在课后设计方案利用地磁场发电并用实验加以检测
探究引导	法拉第经过 10 年不懈探索发现了磁生电的奥秘,今天我们一起来经历这一科学历程	相对运动显然不是产生感应电流的必要条件,那是什么在变化而引起感应电流呢	如何设计实验,让磁体并不运动但它发出的磁场却能发生变化,从而验证猜想呢	除了磁场发生变化外,大家能找到产生感应电流的另一种途径吗	变磁场与变面积是产生感应电流浅层次原因,更为深层次的原因还有待挖掘与提炼	话筒内部是否有特殊的构造能将声波的振动信号转变为电信号	地磁场客观的存在我们身边,如何进行发电呢
预期思维活动及效果	创设情境激发好奇心,形成电磁感应现象的基本概念,从体验中开展感应电流成因的逻辑思维	对比试验形成思维冲突,在观察与体验基础上进行分析质疑感应电流产生与磁体运动因果关系	各小组交流评价实验方案、在质疑、思辨中寻找解决问题的最优方案	通过新的产生感应电流的方法实验,引导求异思维,丰富思维的广度及辩证性	通过分析归纳透过现象看到本质,体现思维的综合概括,最终归纳出产生感应的条件	利用所学的知识解释生活中电磁感应现象,体现知识迁移、思维的评价与应用能力	探究成果由生活中来回到生活中去,通过不同利用地磁场发电方案体现思维的创新性和开放性

3.1 巧用实验创设思维情境

提出问题是探究教学的起点,通过物理实验为学生创设相关情景,在引起兴趣,拉近学生与学习内容的距离的同时,激发热情引发疑问,积极参与到探究活动中。电磁感应教学中,以三峡发电机组为背景,手摇发电机模拟发电过程,小灯亮起,学生观察

到了磁铁中线圈中的转动,体验到了磁生电的现象,在抽象概括得出电磁感应现象、感应电流概念基础上,激发学生探索未知知识的心向,主动思考磁生电的奥秘在哪里。因此情境性物理实验的引入为学生提供生动、鲜明的素材,并且融趣、疑、难为一体,是创设思维情境的基础,从而激发学生思维的自觉性。

3.2 巧用意外实验设疑激发分析思维

始于问题、基于发现、体现创造性,教师蓄意创设意外的实验问题情境,引发学生的认知冲突,动摇其已有认知结构的平衡,进而唤起学生积极思维,激发其内在驱动力,使其自觉地充当问题的探索者。本教学中设计一些让学生意想不到的实验现象。如学生探究后发现条形磁铁在线圈内插入拔出时均可以观察到感应电流,因此得到了相对运动可以产生感应电流的初步结论,此时教师话锋一转,引导学生操作磁铁在线圈原地自转时可否继续观察到感应电流的产生,当意外发现没有感应电流后自然就会想到一个问题“是否有相对运动不是产生感应电流的必要条件,那么到底是什么在变化所引起的呢?”。巧用“意外”实验设置疑问,可以引导学生从实验的表象去探究原因,学生的原有认知和现有实验现象产生了冲突,激发了他们探求真相的欲望。疑问是思维的源泉,学生在探究过程中放飞思维、发展思维。

3.3 利用实验方案的讨论激发学生的发散思维与评价思维

教师要抓住生成问题及时引导求异思维,有针对性地对问题进行二次开发,组织学生讨论辨析是个重要手段。

在讨论中发现他人问题解决方法的不足和缺陷,及时指出评价,并能修改完善,这样的思维过程既包含了生成性思维,又张扬了批判性思维,是符合高阶思维能力培养要求的。当学生发现磁体与线圈的相对运动并不是产生感应电流的必要条件,探究活动一度进入了停滞的状态。在教师的引导下,部分学生猜想是磁场的变化引起了感应电流而非相对运动这一因素。顺着思维逻辑性,如何去伪存真,设计实验来排除掉相对运动而证实磁场变化才是真正的原因呢?教师鼓励学生进行实验的设计,并进行讨论和交流。有学生分析永磁体的磁场随着磁体的移动而移动,但磁体静止,磁场也就恒定不变了,有学生提出,可以考虑用电磁铁替代永磁体,只要改变电磁铁的接入电流就可以轻易改变磁场的大小。又有学生补充,通过接入电源电压的变化,串接滑动变阻器阻值的变化等均可以改变电磁铁中的电流。通过深入的讨论,学生间相互借鉴,实验的进一步的探究方向越来越清晰。碰到问题,提出假设,经过分析、推理,设计实验方案,将新信息与已知信息联系起来、批判性地思考和创造性地解决问题,实现了从原有思维基础上的思维升华,达到认知的创造。

3.4 巧用铺垫型实验打下思维激荡的伏笔

为了促进思维的连贯性与整体性,教师在对实验进行布局时,某些实验现象可能在当时是简略带过,但在适当时机进行对比回顾时,就能找到新的角度获取新的信息。这就是前期重要的铺垫及伏笔的效果,体现了探究性实验设计时的暂时隐藏功效。如弹性线圈在匀强磁场中扩张或收缩产生感应电流实验,既是方法的补充思维的拓展,除了变化磁场外,还可以通过改变面积这一方法来产生感应电流,更为重要的是该实验为后续的思维冲突打下伏笔,在后续跟进的圆锥台实验中线圈上下移动时的面积也在变化,竟无感应电流产生。在峰回路转中,我们看到巧用“隐藏”实验设下伏笔,用全面、发展、联系的观点分析实验,能够使学生从现象到本质的逆向思维能力得到锻炼和发展。

3.5 巧用实验对比,促进学生的逻辑思维

通过对比实验,可以锻炼和培养学生发现差异的能力,还能引导学生从不同的实验现象中发现问题、寻找规律,有助于帮助学生提高分析问题以及解决问题的能力,使学生的抽象思维、发散思维等能力得到发展,促进学生综合素养的提高。本教学设计中,自制教具的圆锥台实验让产生感应电流条件的探究遭遇了一次寒流,弹性线圈内的磁场在变,弹性线圈的面积也在变,竟无感应电流的产生。此时教师因势利导让学生重新回顾之前的一系列实验,将实验进行分组对比。一个是成功获得感应电流与未获得感应电流实验的对比,另一个是能获得感应电流时不同方法的对比。通过实验间的再对比再思辨的过程,学生认识到之前得到的变化磁场或者变化面积是感应电流产生原因的结论是浅层次的。只有在对比基础上将思维进行更深层次的挖掘,才能找到影响产生感应电流的核心因素。

3.6 巧用课后延展实验激发学生的创造思维

通过生活中的实例分析对探究结果加以应用,以提高思维结果的可靠性与实用性,让思维的成果由生活中来,回到生活中去。这有利于学生将自己的研究活动推向更深的层次、更广的领域。本探究的课后延展部分,引导学生设计方案利用地磁场发电并用实验来以检测电流,它能培养学生多角度、多层次、多方面考虑问题的能力。既可以是地磁场知识点的学习、卫星电缆发电方案的信息检索,也可以是多人手摇长绳发电的实验的尝试,电流的检测既可以是传统的灵敏电流计和LED小灯,也可以是DIS数字化微电流传感器。教师可引导学生将研究

的进程延续下去,突破时间和空间的限制,体现思考性、开放性、探索性,同时问题拓展中还会引发新的问题,形成余音绕梁之效。

4 灵活的设计实验链打造探究的思维链

教师灵活地运用实验,重组实验,使得物理教学实验更加符合学生的认知规律,让一个实验既是一个探究过程的结果,同时也是另一个探究的起点。实验的设计呈现层次性、逻辑性,诸多问题构成了一条完整的实验链。教师作为教学活动的主导者,从“以教定学”转向“以学定教”,一方面充分利用教材已配套的实验资源,另一方面根据思维培育的需要适当补充实验,通过各种渠道获取新型实验资源甚至开发自制实验教具,突破传统实验的单一局限性。在遵循思维的诱导性、梯度性基础上,教师针对学习过程重新布局与调整实验,由浅入深,循序渐进地培养学生的创新意识和高阶思维的能力,从而达成实验的整体设计策略。

在本实验设计中,教师首先考虑到的是循着学生的认知事物的顺序进行组织陈列实验,而非严格按照教材的排列,先从最简单的磁铁插入拔出线圈进行实验,得出相对运动这一条件;之后又展示了磁铁的自转没有电流,从而激发学生从表象到核心的思考,即磁场的变化在起作用;进而驱动学生思考如何进行实验的设计,从而否决相对运动,证实是磁场的大小在起作用,在分析比较的过程中找到问题的

核心进而猜想和证实,这体现了学生思维中的“评价”的层次。而实验过程中的点睛之笔即让学生遭遇寒流的教师自制磁铁圆锥台实验,磁场和面积都在变的时候反而没有电流产生,让学生重新审视已有的材料,从更深层次的角度来思考产生感应电流的真实原因;综合之前所有实验的信息,理性地、深刻地透过表象全面地对事物的本质作出客观的判断,将思维的高度推向极致。五组实验,从教材到生活,从课本规定的实验到自制教具实验,多次现象观察,动手操作,学生在实验探究过程中,思维也从片面到全面,从低层次到高层次逐渐发展。学习者经历了一个“发现—解决—否定—再次生成—自我总结”的过程,从而达到了高阶思维训练培养的目的。

探究性物理实验可以培育学生们独立探索的能力,在质疑、思辨中解决问题,在评价中寻找最优方案,同时也培养了学生的高阶思维的能力。教师应有意识地加强物理探究性实验设计与运用,打造学生高阶思维能力培养的重要途径。

参考文献

- [1] [美]B·布卢姆,等. 教育目标分类学(第一分册)[M]. 上海: 华东师范大学出版社,1986. 5.
[2] 阎金铎,郭玉英. 中学物理新课程教学概论[J]. 北京: 北京师范大学出版社,2008.
[3] 蒋立勇. 实验分层次递进式物理实验教学新模式[J]. 物理通报,2013 9(2): 11—12.

(上接第 36 页)

吃透问题的本源而导致的乌龙。伽利略注意观察、善于总结的特点对时代的科学进步其实还是有较大贡献的。正因为这样教材上该节的“STS”栏目讲述的是“从伽利略看科学与社会”,其实也是希望师生能对大师伽利略全面认识的一种呼吁,尤其是他坚持真理的科学精神。这一点教材的立意是没有问题的,通过这个问题笔者也呼吁我们教师平时要深入思考问题,不要随意对一些没有认真研究的问题妄下结论。

表 2

		1	2	3	4
第一次	位移份数	1	2		
	对应时间/s	4.57	6.44		
	时间平方/s ²	20.88	41.47		
	$\frac{s}{t^2}$	0.0478	0.0482		

续 表

		1	2	3	4
第二次	位移份数	1	2	3	4
	对应时间	3.16	4.59	5.45	6.43
	时间平方	9.99	21.06	29.70	41.35
	$\frac{s}{t^2}$	0.100	0.095	0.101	0.096

注解: ①意大利当时普遍采用的长度单位庞第(punti)。1 庞第大约等于 29/30 毫米。

参考文献

- [1] 郭奕玲,沈慧君. 物理学史[M]. 北京: 清华大学出版社,2005.
[2] 施坚,李刚. 基于物理学史与活动探究的课堂之旅——以人教版教材“伽利略对自由落体运动的研究”为例[J]. 物理教学,2015. 37(8): 4—6.