

自制创新实验教具 展现洛伦兹力魅力

李 冬

(北京师范大学盐城附属学校 江苏 盐城 224000)

(收稿日期:2019-02-28)

摘 要:通过创新实验探究洛伦兹力的方向,并利用自制教具展示洛伦兹力的空间立体关系。

关键词:洛伦兹力 实验教学 黑白电视 自制洛伦兹力演示仪 物理核心素养

洛伦兹力是电磁学的重要知识,它与学科内其他知识综合应用是历年高考的必考内容之一,要想让学生透彻理解洛伦兹力的方向与大小,既要做好实验进行科学探究,又要有严谨的科学思维理论推导。设计创新的实验方案,可以让学生从感知到认知,不断思辨;自制创新的实验教具,可以让学生从认知到理解,不断深入;利用现代化的教学手段,可以让学生从理解到应用,不断进步。

1 自制创新教具 科学探究洛伦兹力方向

传统演示洛伦兹力的实验仪器是用阴极射线管,开启后,手持条形永久磁铁,使磁铁一端靠近阴极射线管侧面,电子束就会发生偏转,让学生猜想为何磁铁能让电子束发生偏转?以此引入洛伦兹力,然后结合类比思想用该装置多次寻找概括洛伦兹力方向的方法:左手定则。但是这个寻找的过程较为繁琐、无味,学生参与度与兴致不高,以致后续洛伦兹力空间关系的建立容易出现知识断层。此次改进是依然采用阴极射线管的趣味实验引入洛伦兹力,使学生建立洛伦兹力的物理观念。但是寻找左手定则时改为自制的改装教具如图 1 所示。



图 1 自制创新教具,探究洛伦兹力的方向

把一台黑白电视的后盖打开,把场扫描和行扫

描各引出一个开关,当把开关都关闭,电视中心为一亮斑,学生很容易理解亮斑是电子枪发射电子击中屏幕所致^[1]。

然后自制一个可绕中心旋转的圆筒,圆筒外侧用胶棒贴上两块磁铁,圆筒中间可近似看做一个匀强磁场,把圆筒套在电子枪上,有了磁场的作用,电子枪发射的电子会发生偏转,荧光屏上面的光斑也随之偏转;当圆筒转动时,磁场方向改变,光斑会围绕中心做圆周运动,如图 2 所示。这些有趣而难以预料的实验现象让学生目不暇接,思维不断被刷新,学生经历了感知,产生了强烈的好奇心。在这一过程中,笔者选取几个特殊的位置,学生通过提出问题→猜想与假设→实验验证→归纳总结的科学探究方法,总结了判断洛伦兹力方向的左手定则。这样做,不仅空间立体感更强,学生兴致高昂,参与度高,互动性强;而且培养了学生科学探究的意识,分析论证的能力,合作与交流的意愿和能力,更为下一步电视机显像管的教学做了铺垫。

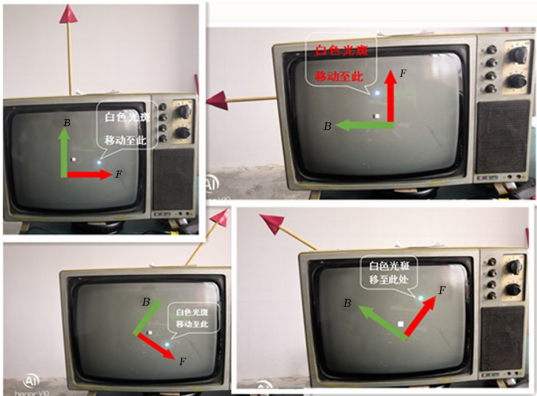


图 2 自制创新教具,动态演示电子偏转

2 自制洛伦兹力演示仪 展示洛伦兹力三维空间关系

传统讲解洛伦兹力三维空间关系的方法可将不同颜色的木棒插在橡皮泥上来构造左手定则的三维立体模型,如图 3 所示,用不同颜色的木棒表示磁场方向、偏转方向(力的方向)和电子的运动方向,学生按照立体图学习左手定则,然后应用到洛伦兹力方向的判定上.实际教学中发现,很多学生对磁场方向与电子运动方向有夹角时,使用橡皮泥模型判定受力方向有时就会犯错.主要原因是顾此失彼,不能很好地理解磁场或运动的分量对实验的影响.



图 3 传统探究洛伦兹力的方法

此次改进是自制可动三维框架如图 4 所示.

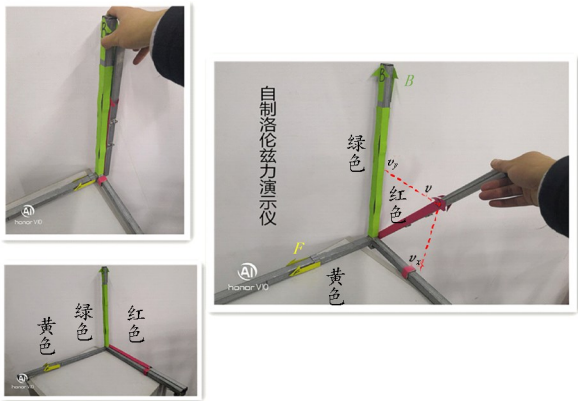


图 4 自制洛伦兹力演示仪,展示洛伦兹力三维空间关系

图中红黄绿 3 种颜色分别表示速度 v ,洛伦兹力 F ,磁场 B . (力 F 与速度 v_x 分别粘贴在两个金属滑环上,滑环下面一端与细线相连,一端与橡皮筋相连).其中速度 v 的金属棒可以绕原点转动.一旦转动就会带动细线,通过联动装置进而带动速度的水平分量 v_x 和洛伦兹力 F 的边缩短.当速度与磁场平行时,洛伦兹力减小为零.由于装置底部有橡皮筋,因此当增大速度 v 与 B 的夹角时,橡皮筋拉动 F 与 v_x 两个金属滑环又恢复到原来的长度,用以演示洛

伦兹力随着 B 与 v 的夹角增大而增大.用该装置既可以演示洛伦兹力 F 始终垂直 v 的规律,又可以动态演示洛伦兹力的大小与夹角的关系.由于装置可操作性强,学生先上台判定,然后亲自实验验证,经历了认知到理解,不断深入思考的过程,很快就会理解洛伦兹力的三维空间关系.

3 制作演示动画 科学探究洛伦兹力与安培力的内在联系

安培力是磁场对载流导体的作用力,洛伦兹力是磁场对运动电荷的作用力.要真正讲清这两个力的关系必须把安培力与洛伦兹力的内在联系、转化过程的微观本质及定性关系揭示出来,传统的教学方式就是教师讲解,学生看书,学生理解较困难.

此次改进是利用 PPT 制作演示动画,构造物理模型,生动直观地演示洛伦兹力与安培力的微观联系.

如图 5 所示,一根通电导线内部有大量向右定向移动的电荷,当加上磁场时,这些定向移动电荷会受到向上的洛伦兹力发生偏转,使导线上侧积累负电荷,下方因缺失负电荷而带正电.导线内部产生自下而上的横向电场,后续移动的电荷同时受到洛伦兹力与电场力的作用,只要电场力小于洛伦兹力,电荷就会继续积累,直到电场力与洛伦兹力达到二力平衡.整个导线内部达到稳定状态.此时可以发现每个定向移动的电荷都会受到一个向下的电场力,这个力的施力物体是除去这个电荷之外的其余部分,也称之为晶格骨架.那么反之,每个定向移动的电荷会对晶格骨架产生一个反作用力 $F'_{电}$ ^[1],而这些反作用力的合力就是我们所说的安培力.依据我们的理论分析不难发现

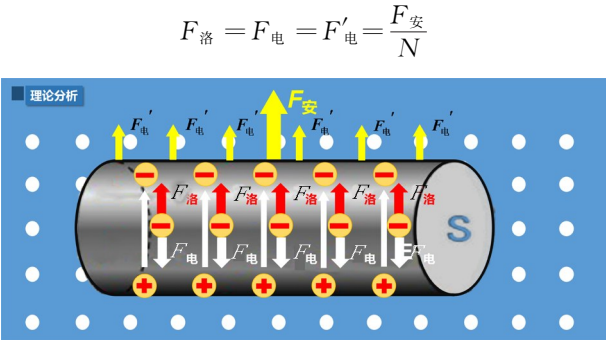


图 5 制作演示动画,科学探究洛伦兹力与安培力的定量关系

用动画说明了洛伦兹力和安培力的联系后,想要得到洛伦兹力的表达式还需要教师细心引导,通过分步问题,结合 PPT 动画演示,引导学生体会洛伦兹力大小推导的思维线索和逻辑过程. 具体步骤如下:

已知该段导线的长度为 L ,其中的电流为 I ,垂直放入磁感应强度为 B 的匀强磁场中,导线的横截面积为 S ,导线内单位体积的自由电荷数为 n . 推导分析如表 1 所示的几个问题.

表 1 科学探究洛伦兹力表达式

问题	推导结果
(1) 这段导线受到的 $F_{安}$ 是多少?	$F_{安} = BIL$
(2) 这段导线内电荷个数 N 是多少?	$N = LSn$
(3) 每个粒子受到的 $F_{洛}$ 表达式	$F_{洛} = \frac{BI}{Sn}$

分析到这里学生会以为得到了正确的表达式,教师需要介入引导:分析上述表达式,你觉得洛伦兹力应该与哪些因素有关? 与哪些因素无关(与 I,S,n 3 个宏观量无关),上述表达式中哪些物理量不应该出现^[2],是不是还可以继续化简? 电流 I 和 S 以及 n 之间是不是具有一定的关系? 这里需要用到两个新的物理量:导线中每个带电粒子的电荷量为 q ,电荷定向移动的速率为 v ;接下来继续续表所示的推导.

续表 科学探究洛伦兹力表达式

问题	推导结果
(4) 电流 I 和 s 及 n 的关系	$I = nqSv$
(5) 化简,推导出洛伦兹力的表达式	$F_{洛} = qvB$

利用 PPT 通过模型构建、科学推理、科学论证的方法,引导学生从物理学的视角对洛伦兹力的本质属性、与安培力的内在规律进行探究,培养学生的科学思维,这也是新课程标准的要求^[2].

4 科学态度与责任 了解电视机显像管原理

有了前面的基础,学生们会猜测电视机显像管的原理,可以让学生猜想为什么电视机的屏幕满屏都是画面,让学生们大胆地说出自己的想法,基于已

学习的知识和逻辑发表自己的见解,教师给予鼓励与帮助,目的在于充分培养学生的科学态度与责任. 同时为了激发学生兴趣,笔者这里再次使用电视机进行了趣味演示:当两对偏转线圈只有一个工作时,会出现图 6(a),(b) 所示的水平或竖直两线. 与此同时,使线圈转动,磁场随之转动,整条亮线也会像图 6(c),(d) 所示转动.

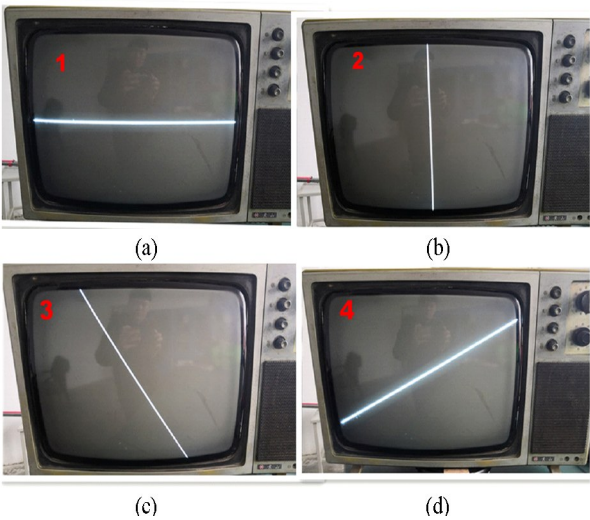


图 6 了解电视机显像管原理

5 结束语

通过实验教学实践体会到充分利用自制教具和现代化的教学手段,拓展实验内容,展示实验效果,让学生从感性与理性两个方面真切体会到物理知识的神奇,进而下功夫去探究物理原理,应用物理原理去解释一些实验现象. 在教学中紧抓两条主线:一是实验探究洛伦兹力的方向,二是理论推导洛伦兹力的大小,探究洛伦兹力与安培力的关系. 在实验过程中潜移默化地培养学生的物理核心素养,增强创新意识和实践能力,逐步形成科学态度观、科学世界观和正确的价值观,为进入高等学校课程的学习以及毕业后的发展奠定基础.

参考文献

1 陈秉乾,王稼军. 电磁学[M]. 北京:北京大学出版社, 2012. 200 ~ 201

2 人民教育出版社研发中心. 教师教学用书物理 3-1[M]. 北京:人民教育出版社,2010. 145