

体现着认识过程中理论与实践、继承与突破、理性与非理性的辩证统一,因而,物理学史富含着“教书育人”的教育因素。高中物理新教材在各模块中多处引入物理学史,教师在教学中应注重将物理学史有序、有趣、有度地融入课堂教学,使得科学教育和人文教育交融,以此增强课堂教学内容的生动性、艺术性和实效性。以霍尔效应的历史为例,讲述近代物理学的发展史,让学生了解物理学的发展过程和前沿的物理学知识就是一个不错的选择。

通过所查找的资料,学生了解了霍尔元件、磁流体发电机和电磁流量计其实就是经典霍尔效应的应用,又知道随着科学的进步和实验设备的成熟,科学家又发现了量子霍尔效应等等。此时教师可以讲述物理学发展史了。

在霍尔发现霍尔效应(经典霍尔效应)的时代,即19世纪中后期,物理学家中普遍存在一种乐观情绪,认为对复杂纷纭的物理现象的本质的认识已经完成。他们陶醉于17世纪以牛顿为代表建立起来的力学体系,19世纪建立起来的电动力学以及热力学和统计物理学。J.C.Maxwell与1871年在剑桥大学就职演说中提到:“在几年中,所有重要得物理常数将被近似估计出来……给科学界人士留下的只是提高这些常数的观测值的精度。”然而自然科学总是在不断地发展。在充满喜悦的气氛中,一些敏锐的物理学家已逐渐认识到经典物理学中潜伏着危机。20世纪初,W.Thomson就指出:经典物理学上空悬浮着两团乌云。第一团乌云涉及电动力学中的“以太”(一种固态介质)。当时人们认为电磁场描述的是“以太”的应力。但是,为什么天体能无摩擦地穿行于“以太”之中?为什么人们无法通过实验测出“以太”本身的运动速度?第二团乌云则涉及物体的比热,即观测到的物体比热总是低于经典物理学中能量均分定理给出的值^[2]。有了问题,就会有人去想办法解决。1900年,普朗克把多人关于黑体辐射的研究结果进一步研究以后,提出了量子论。1911年卢瑟福证实了原子核式结构。在此基础上,在1913年有玻尔理论的发表。到了1925年,一个关于微观体系的新理论量子力学建立了起来,这一个理论对物理学的进一步发展起到了巨大作用。科学家们发现整数量子霍尔效应和分数量子霍尔效应就得益于量子理论的发展,现在有关霍尔效应的理论还在不断发展如量子自旋霍尔效应等等^[1]。

通过上述教学过程,学生能够明白霍尔效应在日常生活中的应用并对近代物理学发展史有一定了解。那么课后再做如下习题:

4.1 霍尔元件的理论知识

(2010年北京高考题)利用霍尔效应制作的霍尔元件及传感器,广泛应用于测量和自动控制等领域。将一金属或半导体薄片垂直置于磁场 B 中,在薄片的两个侧面 a 、 b 间通以电流 I 时,另外两侧 c 、 f 间产生电势差,这一现象应为霍尔效应。其原因是薄片中的移动电荷受洛伦兹力的作用向一侧偏转和积累,于是 c 、 f 间建立起电场 E_H ,同时产生霍尔电势差 U_H 。当电荷所受的电场力与洛伦兹力处处相等时, E_H 和 U_H 达到稳定值, U_H 的大小与 I 和 B 及霍尔元件厚度 d 之间满足关系式 $U_H = R_H \frac{IB}{d}$,其中比例系数 R_H 称为霍尔系数,仅与材料性质有关。如图6、7、8,

(1)设半导体薄片的宽度(c 、 f 间距)为 l ,请写出 U_H 和 E_H 的关系式;若半导体材料是电子导电的,请判断图6中 c 、 f 哪端的电势高;

(2)已知半导体薄片内单位体积中导电的电子数为 n ,电子的电荷量为 e ,请导出霍尔系数 R_H 的表达式。(通过横截面积 S 的电流 $I = nevS$,其中 v 是导电电子定向移动的平均速率);

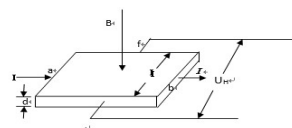


图6: 霍尔元件原理图

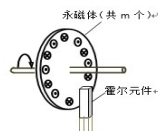


图7: 霍尔测速仪示意图

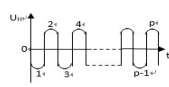


图8: 电压脉冲信号图

(3)图7是霍尔测速仪的示意图,将非磁性圆盘固定在转轴上,圆盘的周边等距离地嵌装着 m 个永磁体,相邻永磁体的极性相反。霍尔元件置于被测圆盘的边缘附近。当圆盘匀速转动时,霍尔元件输出的电压脉冲信号图像如图8所示。

a. 若在一定时间 t 内,霍尔元件输出的脉冲数目为 P ,请导出圆盘转速 N 的表达式。

b. 利用霍尔测速仪可测量汽车行驶的里程。除此之外,请你展开“智慧的翅膀”,提出另一个实例或设想。

解析过程:只要深刻理解动生电动势产生机理,解决此题就不为难。但是在第一问要注意真正的载流子是电子,这和高温高压气体或者海水什么的是有所区别的,必须找到真正载流子(也即电子)的运动方向,利用左手定则正确判断其受到指向 f 的力,否则如果直接对电流也即正电荷用左手定则,会得出 f 的电势高的错误结论。第二问利用平衡时候洛伦兹力与电场力相等得出电场的表达式,配合题目给出的电流表达式一并带入霍尔系数表达式,易得正确答案。最后一问考的精彩,利用霍尔效应磁场方向的周期性改变带来两版电压的周期性改变计算圆盘转速,从而做出霍尔测速仪,和生活联系非常紧密。我们可以利用霍尔测速仪测转速的功能,将其利用在很多具体生活实际中,比如说把霍尔测速仪利用在测量风速上,测量河水流速甚至流量上等。

参考文献:

- [1]曾谨言.量子力学教程[M].北京.科学出版社.2008
- [2]冯剑盛.霍尔效应与中学物理的整合[J].物理教育学报, 2004, 25(11): 20-22
- [3]人民教育出版社物理室主编.全日制普通高级中学教科书《物理》(必修加选修);第二册.北京.人民教育出版社

作者简介:朱婉妮,1988年出生,女,四川成都人,大学本科,中学二级教师,主要研究基础力学。

