

浅谈感应电流的特性及其应用

——兼谈楞次定律的创新教学

罗天

众所周知,质量守恒(物质不灭)定律和能量守恒(能量不灭)定律是自然界中的两条普遍适应的最基本的定律。质量守恒(物质不灭)定律在化学问题的研究中得到普遍应用,能量守恒(能量不灭)定律则在物理问题中得到普遍应用。

一、感应电流的特性

笔者在高中物理电磁感应一章的教学中,应用能量的观点对电磁感应现象进行分析研究,发现、概括和归纳了感应电流的特性,在教学中提出了感应电流的特性这一新概念与新观点:引导学生揭示了感应电流的特性及其具有的物理本质,并归纳出了应用感应电流的特性解决相关问题的方法。

应用能量的观点对电磁感应现象进行分析,我们不难发现感应电流具有这样的特性:“感应电流总是要阻碍它本身的产生”。因为感应电流产生的过程,就是其他形式的能转化为电能的过程。持续产生感应电流的过程,就是其他形式的能持续地转化为电能的过程。正是因为感应电流具有“总是要阻碍它本身的产生”这种特性,因此要产生持续的感应电流,外界就要不断克服感应电流的这种阻碍作用做功而消耗能量,外界就要不断把其他形式的能转化为电能。

感应电流的特性通常有如下几方面的表现:

如果是相对运动产生了感应电流时,感应电流的特性表现为要阻碍产生感应电流的这种相对运动。例如:卫星在靠近极地时由于感应电流的产生和感应电流的特性将作减速运动;又如电磁阻尼现象和电磁驱动现象等等。

从力的角度来分析,感应电流的特性表现为感应电流所受的磁场力总是表现为阻力。

从磁通量的角度来分析,感应电流的特性表现为它总是要通过自己的磁场阻碍引起感应电流的磁通量的变化,这就是楞次定律的物理实质;换言之,楞次定律是从磁通量这个角度揭示了感应电流的这一特性。

从能量的角度来分析,感应电流的特性是能量转化和守恒定律在电磁感应现象中的具体体

现。感应电流产生的过程,就是其他形式的能(如机械能)转化为电能的过程。产生持续感应电流的过程,就是其他形式的能(如机械能)持续转化为电能的过程。因此要产生持续的感应电流,外界就要不断克服感应电流的阻碍它本身的产生的阻碍作用而消耗能量,外界就要不断把其他形式的能转化为电能。

感应电流特性的物理本质是能量转化与守恒定律在电磁感应现象中的具体体现。

二、感应电流特性的应用

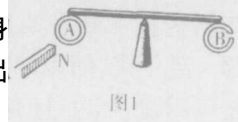
利用感应电流的特性可以解决如下物理问题:判断在任何条件下产生的感应电流的方向;可以快速判断在产生感应电流的过程中,物体(或系统)运动状态的变化情况是加速运动还是减速运动;快速判断在产生感应电流的过程中,物体(或系统)间的相互作用力是斥力还是引力;可以快速判断在产生感应电流的过程中,感应电流的磁场的南北极或磁感线的方向。

在此,我们通过物理课本中的一个具体的实例来加以说明:

例1(《物理第二册(必修加选修)》第204页练习三第5题)图1中的A环和B环都是很轻的铝环,环A是闭合的,环B是断开的。用磁铁的任一极去接近A环,会产生什么现象?把磁铁从A环移开,会出现什么现象?磁极接近或远离B环时,又会产生什么现象?解释所发生的现象。

解析:这个装置叫楞次环,这是一个很著名的物理实验。

当条形磁铁的北极N靠近楞次环的A环时,穿过A环的磁通量将增多,A环将产生感应电流,由于感应电流总是要阻碍它本身的产生,因此楞次环(A环)将出现如下的现象:



阻碍磁铁的靠近,此时A环中的感应电流的磁场与磁铁的相互作用表现为斥力,进一步可以判断A环中的感应电流的磁场前方是北极、A环中的感应电流的方向是逆时针方向。

由于是磁铁相对 A 环运动产生了感应电流,因此 A 环中的感应电流要阻碍产生它的这种相对运动,具体表现为楞次环(A 环)将向后退即顺时针转动。

当条形磁铁的北极 N 远离楞次环的 A 环时,A 环将产生感应电流,由于感应电流总是要阻碍它本身的产生,因此楞次环(A 环)将出现如下的现象:

阻碍磁铁的远离,此时 A 环中的感应电流的磁场与磁铁的相互作用表现为引力,进一步可以判断 A 环中的感应电流的磁场前方是南极、A 环中的感应电流的方向是顺时针方向。

由于是磁铁相对 A 环运动产生了感应电流,因此 A 环中的感应电流要阻碍产生它的这种相对运动,具体表现为楞次环(A 环)将向前运动即逆时针方向转动。如果要在 A 环中产生持续的感应电流,磁铁某一极就要不断地靠近或远离 A 环,就要不断地克服 A 环中持续产生的感应电流的阻碍作用把磁铁的机械能转化为楞次环中的电能。

当条形磁铁的磁极北极 N 极接近或远离 B 环时,由于环 B 是断开的,因此在 B 环虽然会产生电磁感应现象(会产生感应电动势)但不会产生感应电流,因此 B 环(包括整楞次环)将保持不动。此时磁铁不会受到楞次环的作用力,磁铁的机械能不会和电能之间发生转化。

例 2 如图 2 所示,螺线管 CD 的导线绕法不明,当磁铁 AB 在螺线管 CD 的上方竖直地自由下落时,电路中有图示方向的感应电流产生。下列关于螺线管极性的判断正确的是:

- (A) C 端一定是 N 极。
- (B) C 端一定是 S 极。
- (C) C 端的极性一定与磁铁 B 端的极性相同。
- (D) 无法判断极性的关系,因螺线管的绕法不明。

解析:本题根据感应电流的特性可以直接确定螺线管 C 端的极性一定与磁铁 B 端的极性相同,应选选项 C。

三、楞次定律创新教学简介

楞次定律的教学既是高中物理电磁学教学中的重点同时又是一个教学难点。关于楞次定律的教学论述有很多已见诸书刊杂志,仁者见仁,智者见者,各有千秋。笔者对于楞次定律的教学也有过十多年的探

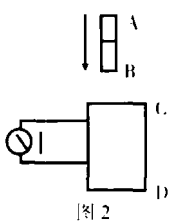


图 2

索研究与实践,获得了一些经验和体会,形成了自己的与众不同的教学方法、教学内容与教学观点。笔者的做法是:

提出问题——什么是感应电流的特性?感应电流具有怎样的特性?怎样描述感应电流的特性?感应电流的特性是什么物理规律在电磁感应现象中的具体体现?运用感应电流的特性能解决什么物理问题?怎样运用感应电流的特性来解决物理问题?

通过学生的实验探究、独立思考、同学间的相互分析讨论,初步得出自己的结论。

教师引导学生归纳小结,揭示出本课所要研究的问题的结论,即感应电流的特性——“感应电流总是要阻碍它本身的产生”。

引导学生体会理解感应电流的这样一个特性在如下几方面的表现:

如果是相对运动产生了感应电流时,感应电流的特性表现为要阻碍产生感应电流的这种相对运动。

从力的角度来分析,感应电流的特性表现为感应电流所受的磁场力总是表现为阻力。

从磁通量的角度来分析,感应电流的特性表现为它总是要通过自己的磁场阻碍引起感应电流的磁通量的变化,这就是楞次定律的物理实质;换言之,楞次定律是从磁通量这个角度描述了感应电流的这一特性。

从能量的角度来分析,感应电流的特性是能量转化和守恒定律在电磁感应现象中的具体体现。感应电流产生的过程,就是其他形式的能(如机械能)转化为电能的过程。产生持续感应电流的过程,就是其他形式的能(如机械能)持续转化为电能的过程。因此要产生持续的感应电流,外界就要不断克服感应电流的阻碍它本身的产生的阻碍作用而消耗能量,外界就要不断把其他形式的能转化为电能。

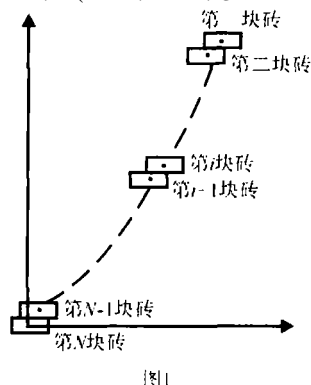
通过实例引导学生分析归纳、体会理解感应电流特性的应用。让学生明确利用感应电流的特性可以解决如下物理问题:判断在任何条件下产生的感应电流的方向;可以快速判断在产生感应电流的过程中,物体(或系统)运动状态的变化情况是加速运动还是减速运动;可以快速判断在产生感应电流的过程中,物体(或系统)间的相互作用力是斥力还是引力;可以快速判断在产生感应电流的过程中,感应电流的磁场的南北极或磁感线的方向。

对叠砖问题插图的修正

顾江鸿

叠砖问题是一个比较有趣的力学平衡问题，该问题是：把 N 块完全相同的砖块叠放在一起，其中每块砖的长度为 L 、质量为 M ，求砖块突出部分的最大长度 L_{\max} 。《现代物理知识》曾刊登一篇题为《叠砖平衡的一种简单解法》的文章（内容详见 2004 年第 6 期 62 页）。该文利用质点系质心的定义正确地解出了突出部分的最大长度 L_{\max} 为：

$$L_{\max} = L/2(1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/(N-1))$$



但是在该文中作者所给的插图（如图 1 所示）是值得讨论的。

要使砖块突出最远，比较简便的方法是先把砖块擦在一起，然后从第一块开始放置，使第一块突出

最远，也就是把第一块的质心放在第二块的边缘上，接着把第一块和第二块作为一个整体，使这两块的质心落在第三块的边缘上，依次类推。我们在实验室用木块代替砖块，所垒出的形状见图 2。

比较图 1 和图 2，我们不难发现有两点差别。第一，每块砖比下面一块砖突出的长度不同。在图 1 中突出的长度是相同的，在图 2 中，从上向下突出的长度是逐渐减少的。第二，砖形成曲线的开口不同，图 1 开口向上，图 2 开口向右。根据突出的最大长度公式可以判断图 1 关于这两方面的描绘是不妥的。

（安徽阜阳师范学院物理系 236000）

组织、引导学生讨论下列问题，在对比分析的基础上做出评价：

老师在教学中提出的“感应电流的特性”这一观点，物理课本上并没有出现，老师在教学中提出并和同学们一起揭示出“感应电流的特性”，这样做有没有必要？这样做有什么好处？

把“感应电流的特性”与“楞次定律”相比较，在揭示感应电流的物理本质和电磁感应现象的本质等方面有哪些异同点？谁优谁劣？

运用“感应电流的特性”与运用“楞次定律”来解决相关的物理问题，有哪些异同点？谁优谁劣？

在理解掌握了“感应电流的特性”以后，“楞次定律”是否可有可无？我们应该怎么样来正确认识“楞次定律”以及这个“历史性的定律”在物理学中的历史地位。

笔者在楞次定律的教学中，板书的课题不是“楞次定律—感应电流的方向”而是“感应电流的特性”这一与众不同的创新课题。在教材处理时，把揭示感应电流的特性作为教学的重点和难点加以突出和突破，因为感应电流的特性一旦被学生理解与掌握，楞次定律的教学也就水到渠成、瓜熟蒂落了。许多教师认为楞次定律难教、学生难学，笔者则不以为然。因为笔者在教学实践中深切体会到：揭示感应电流的特性，应用感应电流的特性来判断感应电流的方向，比楞次定律更具有无可比拟的优越性。楞次定律其实质是从磁通量这个角度对感应电流特性的一种表述。通过教学，对学生揭示出感应电流的特性，并使学生理解掌握感应电流的特性，比让学生单纯理解掌握楞次定律更有意义。突破感应电流特性的教学要比突破楞次定律的教学更有价值。

（江西南康市教研室 341400）