论“磁通量变化是电磁感应现象的决定条件吗”

张宣贵

（攀枝花市教育科学研究所　四川 攀枝花　617000）

（收稿日期：2017－06－29）

摘　要：对电磁感应问题，不管用“磁通量变化”还是“导体切割磁感线运动”来分析，得出的结论总是一致的. 实际上“导体切割磁感线运动”只是电磁感应问题的一个特例，是学生学习磁通量概念前判断电磁感应的一种方法，自然应该统一到法拉第电磁感应定律中来.

关键词：电磁感应　决定条件

1　引言

《磁通量变化是电磁感应现象的决定条件吗》[1]一文针对本校的一单元考试题用两种方法解答得出了不同的结论，从而对人教版高中《物理·选修 3－2》有关电磁感应的相关结论“只要穿过闭合回路的磁通量发生变化，闭合导体回路中就有感应电流”提出质凝，并进一步举例得出“磁通量变化但无电磁感应现象”和“磁通量不变但有电磁感应现象”两种情况，从而得出结论：“磁通量变化并不是产生电磁感应现象的充分必要条件”，指出教材通过几个实验及事实得出的结论，“只要穿过闭合回路的磁通量发生变化，闭合导体回路中就有感应电流”，不具普遍性，进一步提出“法拉第电磁感应定律也不具普遍性”这个具有挑战性的问题，并以“圆盘发电机”为例进行进一步分析说明，大有挑战“法拉第电磁感应定律”权威的味道.

笔者细读此文后发现，二位作者引述的例题背景根本就不可能存在，对“圆盘发电机”的分析也是错误的. 现分析于后，供大家参考.

2　问题分析

我们先来看文献[1]中所举的例题：

【题目】如图 1 所示，某空间存在有边界的磁场，磁感应强度为 B. 矩形线圈 $ABCD$ 的 AD 边在磁场中且垂直磁场方向，其中线圈有 $\frac{3}{5}$ 的面积在磁场内，$\frac{2}{5}$ 的面积在磁场外. 设 $AD=L_1$，$AB=L_2$. 如果线圈绕 AD 以角速度 ω 旋转，求线圈从图示位置开始旋转至 53° 过程中的平均电动势的大小？

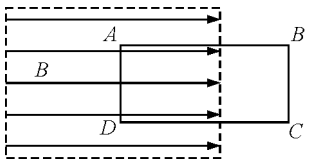

图 1　题图

文献[1]的作者用两种解法，得出两个不同的结论.

解法 1：所求过程的初态磁通量 $\Phi_0=0$，末态磁通量 $\Phi_1=BL_1L_2\sin 53°$，时间 $\Delta t=\frac{53\pi}{180\omega}$. 由法拉第电磁感应定律知

$$E=\frac{\Phi_1-\Phi_0}{\Delta t}=\frac{144BL_1L_2\omega}{53\pi}$$

解法 2：线圈从图示位置开始旋转至 53° 过程中，线圈所有边都没有切割磁感线运动，故电动势为零.

两种解法得出了两个结论，作者进一步分析指

作者简介：张宣贵（1963－　），男，中教高级，主要从事中学物理教学.

出,“电磁感应现象的本质取决于两种情况:变化的磁场激发感生电场,使得自由电荷受到感生电场力(非静电力)并对其做功;导体内自由电荷由于运动受到洛伦兹力及分子间作用力共同作用,最终实现非静电力对其做功”.作者用这一思路对上述例题进行了分析,得出了相同的结论.于是作者进一步提出“磁通量不变但有电磁感应现象”,举出下面的例子并分析.

如图 2 所示,线圈平面与磁场平行,且一部分在匀强磁场外.当整个线圈垂直磁场方向向纸里或向纸外运动时,穿过线圈的磁通量一直为零,即磁通量不变.但是 AD 边显然切割磁感线运动,会产生感应电动势,最终线圈 $ABCD$ 产生感应电流.

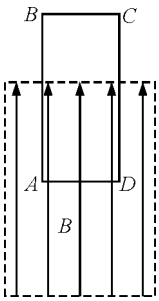

图 2　磁通量不变但有电磁感应现象图示

作者进一步分析“圆盘发电机”也是“磁通量不变”而“有电磁感应现象”的结论,进而对法拉第电磁感应定律的普遍性提出质凝.

作者的上述分析看起来好像很有道理,其实用电磁感应的普遍原理去分析,上述例题的背景是完全不存在的.

根据麦克思维方程组

$$\nabla\times \boldsymbol{E}=-\frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t}$$

$$\nabla\times \boldsymbol{B}=\mu_0\boldsymbol{J}+\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t}$$

$$\nabla\cdot \boldsymbol{E}=\frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

$$\nabla\cdot \boldsymbol{B}=0$$

可以看出,磁场的散度为零,即不存在磁感线终止的情况.实际上,匀强磁场是一个理想化的模型,它可以在一个通电的无限长直密绕螺线管内部产生,这样的话,匀强磁场的磁感线应该是无限延长的,任何线圈在磁场中都不会出现文献[1]中两个例题的磁场背景,因此该文的结论是完全错误的.至于该文中关于“圆盘发电机”问题的分析,是将闭合回路选错,这里就不再分析了.

上述例题的背景只能是图 3 所示的情况,即线圈只能在磁场中,两例题所描述的线圈运动,不管用“磁通量变化”还是“导体切割磁感线运动”来分析,得出的结论都是一致的.实际上“导体切割磁感线运动”只是电磁感应问题的一个特例,是学生学习磁通量概念前判断电磁感应的一种方法,自然应该统一到法拉第电磁感应定律中来.

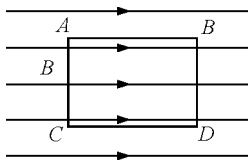

图 3　原题的实际情况

3　启示

中学物理教学中我们经常会编制一些试题.大多数情况下选取的物理情境都是教师编出来的,有时候就会编出如文献[1]所出现的错误背景,又不用理论物理的知识进行分析,得出错误结论,再教给学生,那就误人子弟了.因此,我们在编制试题时,最好用物理的典型模型,或是典型模型的组合,或实际问题的简化模型.

教材中物理规律的文字表述,虽然只是在几个例子后给出的,但规律本身是经过物理学家长期的实验总结出来的,应该具有普遍性,当然它有适用条件.我们在教学中如果出现与物理基本规律相矛盾的问题,不应该轻易地去否定物理规律,而应该用理论物理的知识去进行正确的分析.因此,作为一位中学教师,教学一段时间后,再去读读大学物理是很有必要的,至少应该去读读《普通物理》.

参 考 文 献

1　周恩煜,刘大明.磁通量变化是电磁感应现象的决定条件吗.教学考试·理论实践,2017(3):17～19

2　郭硕鸿.电动力学.北京:人民教育出版社,1979.19～23