

对法拉第圆盘发电机的 “另类”实验探究

阮传志 (江苏省丹阳高级中学 江苏 212309)

摘要 通过对法拉第圆盘发电机的“另类”实验探究,指出教学中师生存在的“想当然”的直觉错误,并给出可能的理论分析。

关键词 法拉第圆盘发电机 实验探究 理论分析

文章编号 1002-0748(2023)8-0022

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

电磁学理论因其复杂抽象,一直以来都是高中物理教学中的难点,并在物理观念、科学思维等方面对学生的综合素养要求较高,自然也是高考试卷中的“常客”。其中的一些问题,如果不认真思考或不进行实践检验,仅凭直觉想当然地解决,则很容易出错。

1 一个关于法拉第圆盘发电机的疑问

多个版本的高中物理教科书都在“电磁感应”一章提到了法拉第圆盘发电机:如图 1 所示,铜质圆盘安装在水平铜轴上,圆盘位于两磁极(图中未画出)之间,铜盘平面与磁感线垂直,两铜片 C、D 分别与转动轴和铜盘的边缘接触,使铜盘转动,电阻 R 中就有电流通过^[1]。

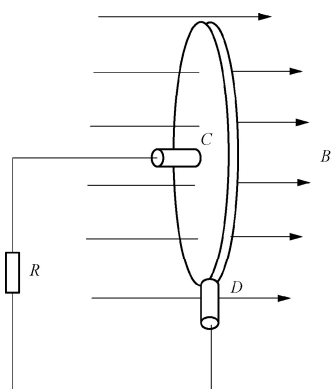


图 1

现取一相对较大的磁体,将铜盘靠近磁体,如图 2 所示。如果让铜盘和磁体绕共同的轴以不同的转速转动(产生所谓绕轴转动的相对运动),同一电路中电阻 R 中的电流会因相对转动的转速差不同而不同吗?

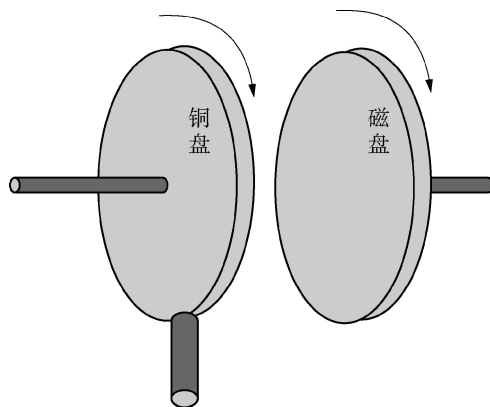


图 2

2 实验探究

实验装置简介:直径 12 cm 圆柱形磁铁(磁盘)1 块,与磁盘等大的铜盘 1 块,调速电机 2 个,调速电机转子、磁盘、铜盘的轴心在同一直线上,磁盘和铜盘间距约 5 mm;数显表两只,一只显示电压,一只显示转速,电压显示一端接铜盘中心,一端接可沿铜盘径向移动的弹性铜片,与铜盘构成法拉第圆盘发电机电动势的测量电路(即将图 1 中的电阻 R 换成数显电压表);其他控制模块一组,装置主体部分如图 3 所示。

2.1 探究实验一:保持磁盘不动,铜盘转动

实验过程及现象:保持磁盘不动,当铜盘转速逐渐增大时,电压表的示数也逐渐升高;在任一转速下,移动弹片的位置,在铜盘半径的 $\frac{1}{2}$ 处和边缘处测得的电压值满足 1:4 的比例关系(考虑到数显表精度,这一比例关系是在转速达 1 000 r/min 以上时测得的);在最大转速 2 800 r/min 时,弹片停留在铜盘边缘处,电压表示数为 0.036 V。

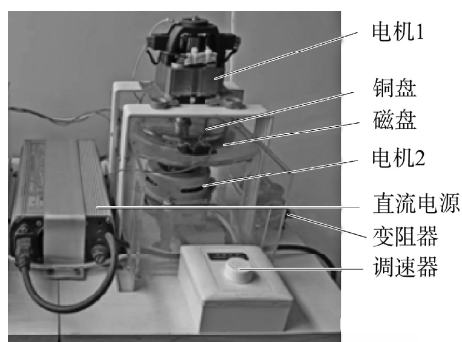


图 3

2.2 探究实验二:磁盘和铜盘做共轴、同向转动,逐渐减小两者转速差

实验过程及现象:弹片移至铜盘边缘处,先维持铜盘匀速转动(转速 2 800 r/min),而后逐渐增大磁盘转速,减小两者转速差,直到转速相同,转速差为 0,在此过程中观测到电压表示数稳定显示为 0.036 V,没有变化。

2.3 探究实验三:磁盘和铜盘做共轴、反向转动,逐渐增大两者转速差

实验过程及现象:弹片移至铜盘边缘处,先维持铜盘匀速转动(转速 2 800 r/min),再调节控制模块,让磁盘反向转动,且逐渐增大磁盘转速,增大两者转速差,直到转速差达到 5 600 r/min,在此过程中观测到电压表示数稳定显示为 0.036 V,没有变化。

2.4 探究实验四:控制铜盘不动,磁盘转动

实验过程及现象:保持铜盘不动,让磁盘转速逐渐增大至 2 800 r/min,在此过程中观测到电压表示数稳定显示为 0 V,没有变化。

3 探究实验小结

探究实验小结见表 1。

表 1 实验记录及结论

探究实验	1	2	3	4
变量控制	磁盘不动,铜盘转动	磁盘和铜盘同向转动	磁盘和铜盘反向转动	铜盘不动,磁盘转动

(上接第 21 页)

增加和改进了一些有创意的实验,与课标要求相吻合,注重学生亲身参与。通过自制教具,直观地演示出光导纤维的工作原理及全反射知识,调动学生的视觉、听觉、感觉,能较好地激发学生的上课兴趣,实验效果良好。将物理知识与前沿科技相结合,传统器材与数字化实验并存,有利于培养学生的科学态

续 表

探究实验	1	2	3	4
实验现象	电压表示数与铜盘转速有关	电压表示数与铜盘转速有关,与磁盘转速无关	电压表示数与磁盘转向无关	电压表示数为 0
实验结论	电压表示数与铜盘转速有关,与磁盘转速、转向均无关			

对实验结果的分析:

(1) 法拉第圆盘发电机的工作原理是,当铜盘在磁场中转动时,其径向“辐条”(径线)做切割磁感线运动,产生(动生)感应电动势。设自轴心沿径向切割磁感线的辐条长为 l ,铜盘转速为 n r/min,所在匀强磁场的磁感强度为 B ,则产生的感应电动势的大小为 $E_{\text{感}} = \frac{nB\pi l^2}{60}$,探究实验一的测量、计算值均与理论计算的结果一致。

(2) 实验结论表明,不管磁盘转动与否,铜盘径线 l 一定时,切割磁感线产生的(动生)感应电动势仅与铜盘的转速有关,这就很直接地回答了文章开始提到的关于法拉第圆盘发电机的疑问,答案与我们由相对运动的直觉得出的结果并不一致!

4 理论分析

为什么磁盘转动不影响产生的(动生)感应电动势呢?原因是磁盘转动并没有使其周围的磁场(磁感线)跟着转动,理由如下:

磁盘周围的磁场可类比静电场的产生及叠加,磁盘上任一“磁点”都在其周围空间产生磁场,当磁盘转动时,磁盘上“磁点”随之转离原位置,同时其邻近的“磁点”转入,所以磁盘周围的磁场不会因磁盘的转动而变化,即磁盘虽然转动了,但它激发的(铜盘所在处的)磁场却是稳定的,并不随磁盘的转动而变化。

参考文献

- [1] 彭前程,黄恕伯.普通高中教科书·物理(选择性必修 第二册)(2020 年版)[M].北京:人民教育出版社,2021.

度与责任等核心素养。

参考文献

- [1] 邢宏光.全反射实验设计与教具改进[J].中学物理,2019(3): 49—50.
[2] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017 年版)[S].北京:人民教育出版社,2018.