

# 用实验探究来培养学生的物理学科核心素养\*

——以“探究感应电流产生的条件”教学为例

孙春成 戴元峰

(江阴市青阳中学 江苏 无锡 214401)

(收稿日期:2017-09-26)

物理学是一门以实验为基础的自然科学,学生具备的物理学科核心素养之一应该是实验探究素养.该素养包含:让学生经历真实的物理实验探究过程,能使用常见的实验仪器,能独立完成物理实验,并学会运用物理规律来设计相关实验并解释生活中的常见问题.

笔者在进行“探究感应电流产生的条件”的教学时,设置了4个探究活动,设计了多个探究实验,力图体现用实验探究来培养学生的物理学科核心素养这一教学思想.

## 探究活动一:趣味实验,引发探究

实验过程:笔者自制了一个装置(图1),该装置由多匝线圈绕制而成,并与电流表连接,当线圈中有电流产生的时候,电流表指针将发生偏转.笔者请一名同学握拳,拳头穿过线圈中心,指针没有偏转——没有电流;笔者也握拳,拳头穿过线圈中心,指针偏转——有电流.



图1 自制磁生电实验装置

提出问题:为什么这位同学不能使线圈产生电流,而老师可以呢?老师有什么特别之处呢?(学生议论纷纷,思考)

引发探究:笔者舒展拳头,学生发现手掌中有块状物,它能吸引铁片——该物为磁铁.提出问题:看

来,线圈中产生的电流与磁铁有关,那么,磁在什么条件下能够产生电呢?笔者引导学生回忆初中学过的知识,学生回答:闭合回路中,部分导体切割磁感线.深入追问:不切割,能否产生感应电流呢?

笔者提供了3种不同的实验器材,要求学生们充分尝试,通过自己的实验探究,总结出产生感应电流的条件.

## 探究活动二:自主实验,深入探究

方案一 实验器材[图2(a)]:条形磁铁,螺线管,电流计,导线若干.

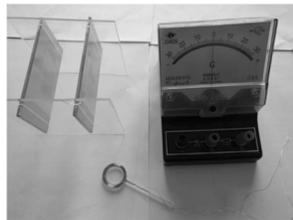
方案二 实验器材[图2(b)]:大螺线管,小螺线管(含有一根铁芯),滑动变阻器,电源,开关,电流计,导线若干.

方案三 实验器材[图2(c)]:两块平行的薄磁体(中间的磁场可以近似认为是匀强磁场),电流计,小线圈,导线若干.



(a) 方案一 器材

(b) 方案二 器材



(c) 方案三 器材

图2

\* 江苏省教科院“十三五”规划重点自筹课题“运用拓展性实验培养学生物理学科核心素养的实践研究”的阶段成果.课题编号:B-b/2016/02/169

在学生动手探究之前,笔者先提出了实验要求:根据器材,设计方案(体现在大家如何连接电路的过程中);观察实验,记录现象(记录下本组实验怎样操作有感应电流,怎样操作无感应电流);分析现象,归纳条件(分析本组的实验现象,归纳出本组产生感应电流的条件是什么)。

在学生实验过程中,笔者分别巡视这3组,指导学生进行探究实验。学生实验结束后,请3组学生代表分别讲述观察到的实验现象和得出的实验结论。

#### 方案一:

**过程与现象.**将螺线管与电流计通过导线连接组成闭合回路。磁铁插入螺线管时,有感应电流;磁铁静止在螺线管中时,无感应电流,磁铁从螺线管中拔出时,有感应电流。

**分析与结论.**磁铁上下运动的时候,磁铁的磁感线被螺线管的线圈给切割了,产生了感应电流。即闭合回路中,部分导体切割磁感线,会产生感应电流。

#### 方案二:

**过程与现象.**将小线圈与电源连接构成一个闭合回路,将大线圈与电流计连接,也构成一个回路。断开和闭合开关,有电流产生;快速移动滑动变阻器的触头,有电流产生;抽拔铁芯,有电流产生。

**分析与结论.**开关断开和闭合时,小线圈的磁场变强和变弱;滑动变阻器阻值改变,会引起小线圈磁场的强弱变化;抽拔铁芯,也会影响小线圈磁场的强弱变化。即闭合回路中,磁场的强弱发生改变,会产生感应电流。

#### 方案三:

**过程与现象.**将小线圈与电流计连接,构成一个闭合回路。线圈在磁场中上下运动时,无感应电流;线圈在磁场中左右平动,无感应电流;线圈在磁场中转动,有感应电流;线圈进出磁场,有感应电流;线圈面积变化,有感应电流产生。

**分析与结论.**这5种情况有一个共性,均改变了线圈在磁场中的有效面积,因此,改变线圈的面积,可以产生感应电流。即匀强磁场中,改变线圈的有效面积,闭合回路中会产生感应电流。

笔者引导学生反思这3个实验。

第一个实验:线圈面积没有改变,磁铁靠近或者远离——磁场的强弱在变化!即 $S$ 不变, $B$ 变化。

第二个实验:大线圈的面积没有改变,当小线圈中的电流发生变化的时候,小线圈的磁场发生了变化!即 $S$ 不变, $B$ 变化。

第三个实验:由于是匀强磁场,所以,磁场的强弱不变,但线圈的各种运动引起了线圈有效面积 $S$ 的变化,即 $B$ 不变, $S$ 变化。

笔者引导学生思考:从上面3个实验中我们发现,磁感应强度 $B$ 和线圈有效面积 $S$ ,只要有一个变化,闭合回路中就会产生感应电流。那么,如果 $B$ 变化, $S$ 也变化,会不会产生感应电流呢?由此引出第三阶段的实验探究。

#### 探究活动三:演示实验,持续探究

该装置(图3)系笔者自己制作,取名为“探究感应电流产生条件演示仪”。笔者在平板玻璃上用铁粉模拟出该圆柱形磁铁磁感线的分布,然后根据磁感线的分布,应用绘图软件在数控机床上加工出该装置。



图3 自制探究感应电流产生条件演示仪

笔者先用导线与电流计组成闭合回路,然后引导学生思考:我们将此导线的一部分圈成的线圈紧贴着该装置从位置1平移到位置2,如图4所示。

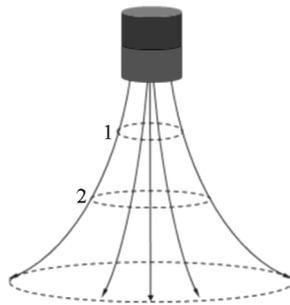


图4 移动线圈

在这个过程中,距离磁铁越远,磁场就越弱,而

面积就越大;距离磁场越近,磁场就越强,而面积就越小.那么,从位置1平移到位置2的过程中,线圈中会不会产生电流呢?(学生纷纷讨论,并猜测结论)

笔者将线圈从位置1多次(快速、缓慢)平移到位置2,学生观察发现,电流计未偏转!即该过程中没有感应电流产生.笔者引导学生继续思考:在这个过程中,磁感应强度 $B$ 变化了,线圈面积 $S$ 也变化了,但是没有感应电流,这就给我们一个感觉,如果把 $B$ 与 $S$ 割裂开来看,不足以解释这个现象,必须将 $B$ 与 $S$ 看成是一个整体.

由此,引出了磁通量的概念,并进一步总结出产生感应电流的根本条件:穿过闭合回路的磁通量发生变化.

#### 探究活动四:设计实验,自主探究

笔者进一步引导学生运用刚才总结的条件,来解释第一个探究实验中,为什么老师能使线圈中产生感应电流,而那位同学不能?学生纷纷回答,因为老师手里的磁铁通过线圈的时候,线圈里面的磁通量发生了变化,产生了感应电流.笔者顺势引导学生自主探究:我们是否可以自己设计实验,将这个物理规律运用到实践中去呢?

#### 实验一:探雷器(寻宝仪)

笔者提供一块强磁铁以及3个不透明的纸杯(图5),将3个纸杯倒置,并将强磁铁置于其中一个杯子下,要求学生运用今天所学知识确定出磁铁在哪个杯子下.很快,有学生提出方案并开始操作:学生将线圈与小灯泡连接组成闭合回路,用该线圈分别从上方快速套入这3个杯子,并在使小灯泡发光的那个杯子下找出了磁铁.



图5 自制“寻宝仪”

#### 实验二:“摇式”电筒

笔者提供了电筒外壳、小灯泡、小线圈、圆柱形强磁铁等,要求学生制作出不用电池的手电筒(图6).有学生很快就制作完成,在前后摇动手电筒的时候,圆柱形强磁铁来回穿过线圈,产生了感应电流,成功地使灯泡一闪一闪地发光.



图6 自制“摇式”电筒

#### 实验三:摇绳实验

笔者提问:我们所处的地球表面,存在地磁场,那么,我们是否可以想办法,来检测出这微弱的地磁场呢?

学生经过一番讨论,提出了“摇绳实验”,并有学生指出,由于地磁场十分微弱,因此,该实验需要用到“放大”思想.他们提出的实验策略有:摇绳要比较长;绳子中要有多匝线圈(通电螺线管的启示);使用灵敏电流计(最好使用传感器);站位要恰当(东西方向站位).实验时,两个学生在走廊中摇绳,其他学生运用苹果手机信号转换器,将灵敏电流计示数放大并实时传到大屏幕上,顺利地观察到了指针的偏转.

在本节内容的教学中,笔者通过设计多个探究性实验,引导学生亲身经历了探究的整个过程,通过操作、讨论、反思、总结等方式,在实验中逐步建构了对物理规律的完整认识,并将物理规律应用到实践中去,有效地避免了学生被动地接受知识而导致的知其然而不知其所以然的现象,取得了良好的教学效果.教学过程中,学生的优异表现也多次令笔者感到欣喜和震撼,也许,我们一直低估了学生的主动性和创造力,也许,这样的教学方式才的确符合学生的认知规律.如果我们在物理教学中能够始终把探究性实验放在重要位置,让物理教学过程回归物理学研究的本质,那么,培养学生物理学科核心素养的教学目标就一定能够顺利达成.