

根据最新高中教材编写

课堂教学设计丛书

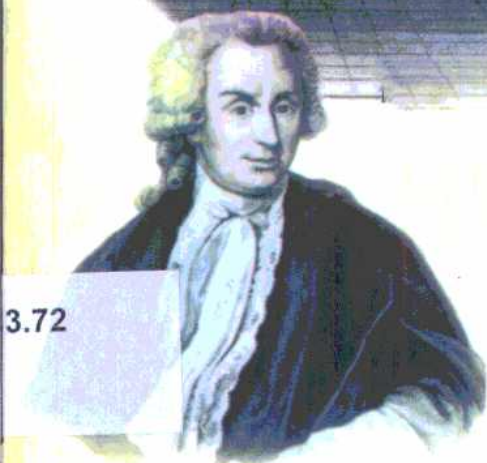
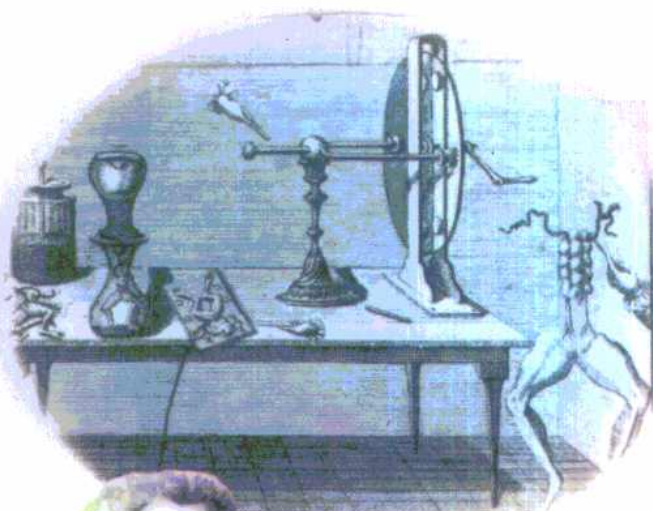


GAOZHONG WULI JIAOAN

高中物理教案

(三年级)

主编 杨宝山 杨帆 周誉蔼



3.72

北京师范大学出版社



702

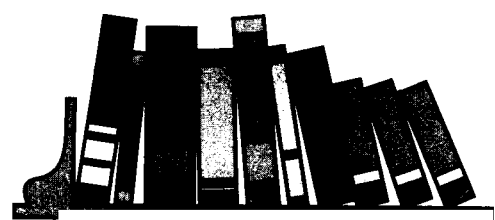
G633.72
Y27

课堂教学设计丛书

高中物理教案

三年级

主 编 杨宝山 杨 帆 周誉蔼



北京师范大学出版社
· 北京 ·



图书在版编目 (CIP) 数据

高中物理教案：三年级用/杨宝山等主编. —北京：北京师范大学出版社，1999. 10
(课堂教学设计丛书)
ISBN 7-303-05191-0

I. 高… II. 杨… III. 物理课-高中-教案 (教育)
IV. G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 64166 号

北京师范大学出版社出版发行
(北京新街口外大街 19 号 邮政编码：100875)

出版人：常汝吉

北京师范大学印刷厂印刷 全国新华书店经销
开本：787mm×1 092mm 1/16 印张：11 字数：269 千字

1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 1 次印刷

印数：1~31 000 定价：15.50 元

前 言

构建以师生为双主体的、具有师生互动型的课堂教学模式,已成为当今世界范围内课堂教学改革的主要趋向。新型高中物理课堂教学设计,正是在教育部颁发的新的教学大纲和考试说明之后,为了很好配合我国目前提倡的构建以素质教育为核心的课程与教学体系,顺应当前世界课程与教学发展的一项创新性行为。

在物理课堂教学整体设计上,以教学目标、重点难点分析、教具、教学过程设计和说明为五个模块。模块之间,彼此连接,相互沟通,从而形成一个有机的整体。

整个课堂教学设计,以教育部颁发的中学物理教学大纲、考试说明和教材为依据,按照教学计划要求,教学内容富有一定弹性。以每一课时为一个教学设计单位,为了突出优秀教师的教学风格,有的同一内容,安排有两个不同的教学设计。为了帮助教师做好会考、高考的准备工作,教学设计中还安排有专题复习课。

考虑到各地学校的教师、学生以及其它教学环境等因素的差异,我们不主张把教学过程设计做得过细。其目的之一是,通过本课堂教学设计,使教师得以启发,不把教学过程描述过细、过死,完全是给教师留有更多的进行创造发挥的时间和空间。

为了便于教师使用,我们把高中物理分为三册,以教学大纲和考试说明为依据,按知识点设计教学模块。

本课堂教学设计的编写队伍由以下三种人员组成:以中央教育科学研究所教学研究中心、北京市教科院教学研究中心、北京市西城区教学研究中心等为代表的中央和地方教学研究人员;以北京四中、北京大学附中、清华大学附中、中国人民大学附中、北京师范大学附中、北京五中、北京景山学校等为代表的全国知名重点中学的教师;还有一般中学的优秀教师。

在本课堂教学设计编写过程中,还得到国内许多教学研究人员和优秀教师的大力支持,还得到北京师大出版社李桂福副编审的大力协助,在此一并致谢。

编 者

1999年5月

第一章 电磁感应

电磁感应现象

一、教学目标

1. 在物理知识方面.

(1)理解什么是电磁感应现象;

(2)掌握产生感应电流的条件.

2. 在能力培养方面.

通过观察演示实验,归纳、概括出利用磁场产生电流的条件,培养学生的观察、概括能力.

二、重点、难点分析

1. 重点:使学生掌握只要闭合电路的磁通量发生变化,闭合电路中就会产生感应电流.

2. 难点:闭合电路磁通量的变化.

三、教具

蹄形磁铁,条形磁铁,电流计,原副线圈,滑动变阻器,开关,导线若干,电池,计算机,演示切割磁感线及磁通量变化软件.

四、主要教学过程

(一)发现电磁感应现象的背景

1820年,丹麦物理学家奥斯特发现了电流能够产生磁场——电流的磁效应,揭示了电和磁之间存在着联系,受到这一发现的启发,人们开始考虑这样一个问题:既然电流能够产生磁场,反过来,利用磁场是不是能够产生电流呢?不少科学家进行了这方面的探索,英国科学家法拉第,坚信电与磁有密切的联系.经过10年坚持不懈的努力,于1831年终于取得了重大的突破,发现了利用磁场产生电流的条件.

(二)用实验方法研究产生感应电流的条件

实验 1:

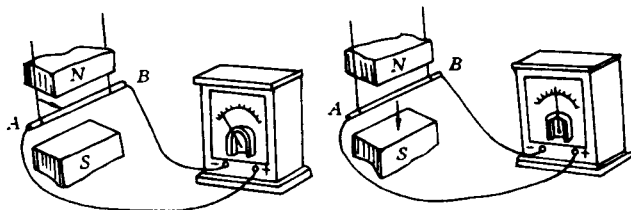


图 1

导体不动;

导体向上、向下运动；

导体向左或向右运动。

引导学生观察实验并进行概括。

归纳：闭合电路的一部分导体做切割磁感线的运动时，电路中就有电流产生。

用计算机模拟“切割磁感线”的运动。

理解“导体做切割磁感线运动”的含义：切割磁感线的运动，就是导体运动速度的方向和磁感线方向不平行。

问：导体不动，磁场动，会不会在电路中产生电流呢？

实验 2：

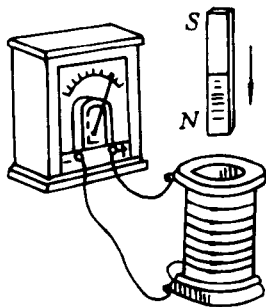


图 3

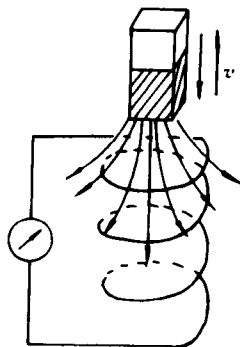


图 4

用计算机模拟“条形磁铁插入、拔出螺线管。

注意：条形磁铁插入、拔出时，弯曲的磁感线被切割，电路中有感应电流。

引导学生观察实验并进行概括：无论是导体运动，还是磁场运动，只要导体和磁场之间发生切割磁感线的相对运动，闭合电路中就有电流产生。

过渡：闭合电路的一部分导体切割磁感线时，穿过电路的磁感线条数发生变化。如果导体和磁场不发生相对运动，而让穿过闭合电路的磁场发生变化，会不会在电路中产生电流呢？

实验 3：

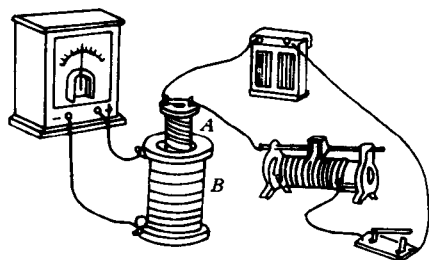


图 5

线圈电路接通、断开；

滑动变阻器滑动片左、右滑动。

在观察实验现象的基础上，引导学生分析上述现象的物理过程：因为电流所激发的磁场的磁感应强度 B 总是正比于电流强度 I ，即 $B \propto I$ 。电路的闭合或断开控制了电流从无到有或从有到无的变化；变阻器是通过改变电阻来改变电流的大小的，电流的变化必将引起闭合电路磁

场的变化,穿过闭合电路的磁感线条数的变化——磁通量发生变化,闭合电路中产生电流.

用计算机模拟电路中S断开、闭合,滑动变阻器滑动时,穿过闭合电路磁场变化情况:

不论是导体做切割磁感线的运动,还是磁场发生变化,实质上都是引起穿过闭合电路的磁通量发生变化.

综上所述,总结出:

1. 不论用什么方法,只要穿过闭合电路的磁通量发生变化,闭合电路中就有电流产生. 这种利用磁场产生电流的现象叫电磁感应,产生的电流叫感应电流.

2. 产生感应电流的条件.

(1) 电路必须闭合;

(2) 磁通量发生变化.

引导学生分析磁通量发生变化的因素:

由 $\Phi = B \cdot S \sin\theta$ 可知:当①磁感应强度 B 发生变化;②线圈的面积 S 发生变化;③磁感应强度 B 与面积 S 之间的夹角 θ 发生变化. 这三种情况都可以引起磁通量发生变化.

3. 举例.

(1) 闭合电路的一部分导体切割磁感线:

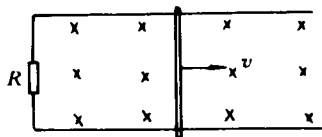


图 7

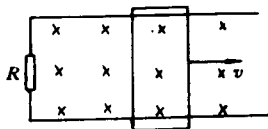


图 8

(2) 磁场不变,闭合电路的面积变化:

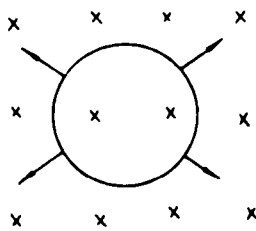


图 9

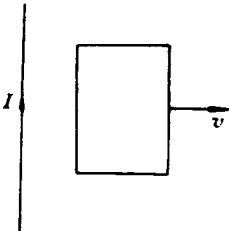


图 10

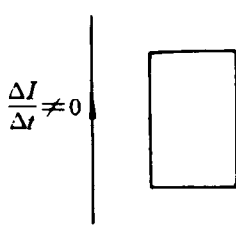


图 11

(3) 线圈面积不变,线圈在不均匀磁场中运动:

(4) 线圈面积不变,磁场不断变化:

(三) 课堂小结

产生感应电流的条件是穿过闭合电路的磁通量发生变化. 这里关键要注意“闭合”与“变化”两词. 就是说在闭合电路中有磁通量穿过但不变化,即使磁场很强,磁通量很大,也不会产生感应电流. 当然电路不闭合,电流也不可能产生.

(北京五中 崔瑞华)

感应电流的方向 楞次定律

一、教学目标

1. 通过观察演示实验,探索和总结出感应电流方向的一般规律.
2. 掌握楞次定律和右手定则,并会应用它们判断感应电流的方向.

二、重点、难点分析

使学生清楚地知道,引起感应电流的磁通量的变化和感应电流所激发的磁场之间的关系是这一节课的重点,也是难点.

三、教具

演示电流计,线圈(外面有明显的绕线标志),导线两根,条形磁铁,马蹄形磁铁,线圈.

四、主要教学过程

(一)复习提问、引入新课

1. 产生感应电流的条件是什么?
2. 在课本插图中,将磁铁插入线圈时,线圈中是否产生感应电流?为什么?穿过线圈的磁通量,是怎样变化的?将磁铁拔出线圈时,线圈中是否产生感应电流?为什么?穿过线圈中的磁通量是怎样发生变化的?

3. 在做上述实验时,线圈中产生的感应电流有何不同呢?

电流表指针有时向右偏转,有时向左偏转,感应电流的方向不同.

怎样确定感应电流的方向呢?这就是我们这节课要解决的问题.

(二)新课教学

1. 实验.

- (1)选旧干电池用试触的方法确定电流方向与电流表指针偏转方向的关系.

明确:对电流表而言,电流从哪个接线柱流入,指针向哪边偏转.

- (2)闭合电路的一部分导体做切割磁感线的情况.

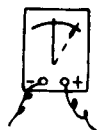


图 1

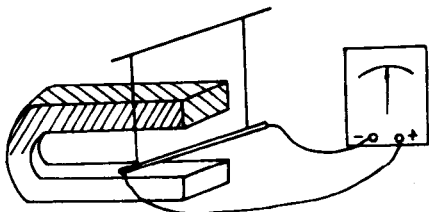


图 2

- a. 磁场方向不变,两次改变导体运动方向,如导体向右和向左运动.
- b. 导体切割磁感线的运动方向不变,改变磁场方向.

根据电流表指针偏转情况,分别确定出闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线运动时,产生的感应电流方向.

感应电流的方向跟导体运动方向和磁场方向都有关系. 感应电流的方向可以用右手定则加以判定.

右手定则:伸开右手,让拇指跟其余四指垂直,并且都跟手掌在一个平面内,让磁感线垂直

从手心进入,拇指指向导体运动方向,其余四指指的就是感应电流的方向.

(3)闭合电路的磁通量发生变化的情况:

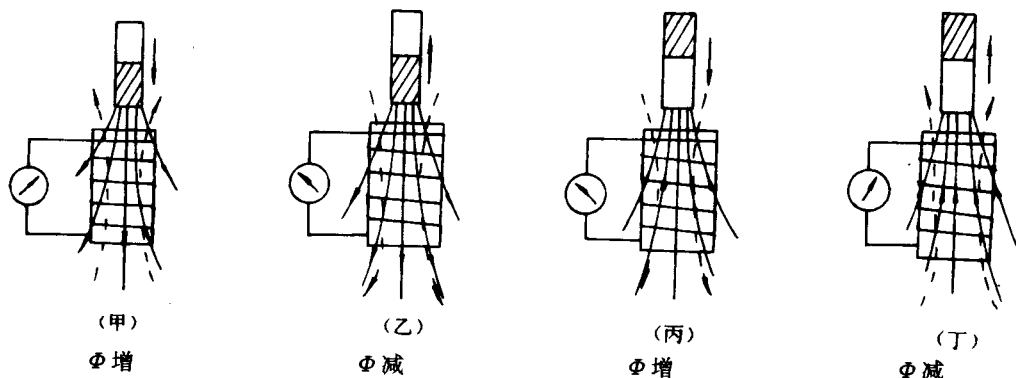


图 3

实线箭头表示原磁场方向,虚线箭头表示感应电流磁场方向.

分析:

(甲)图:当把条形磁铁 N 极插入线圈中时,穿过线圈的磁通量增加,由实验可知,这时感应电流的磁场方向跟磁铁的磁场方向相反.

(乙)图:当把条形磁铁 N 极拔出线圈中时,穿过线圈的磁通量减少,由实验可知,这时感应电流的磁场方向跟磁铁的磁场方向相同.

(丙)图:当把条形磁铁 S 极插入线圈中时,穿过线圈的磁通量增加,由实验可知,这时感应电流的磁场方向跟磁铁的磁场方向相反.

(丁)图:当条形磁铁 S 极拔出线圈中时,穿过线圈的磁通量减少,由实验可知,这时感应电流的磁场方向跟磁铁的磁场方向相同.

通过上述实验,引导学生认识到:凡是由磁通量的增加引起的感应电流,它所激发的磁场一定阻碍原来磁通量的增加;凡是由磁通量的减少引起的感应电流,它所激发的磁场一定阻碍原来磁通量的减少. 在两种情况中,感应电流的磁场都阻碍了原磁通量的变化.

楞次定律:感应电流具有这样的方向,就是感应电流的磁场总要阻碍引起感应电流的磁通量的变化.

说明:对“阻碍”二字应正确理解.“阻碍”不是“阻止”,而只是延缓了原磁通的变化,电路中的磁通量还是在变化的. 例如:当原磁通量增加时,虽有感应电流的磁场的阻碍,磁通量还是在增加,只是增加的慢一点而已. 实质上,楞次定律中的“阻碍”二字,指的是“反抗着产生感应电流的那个原因.”

2. 判定步骤(四步走).

- (1)明确原磁场的方向;
- (2)明确穿过闭合回路的磁通量是增加还是减少;
- (3)根据楞次定律,判定感应电流的磁场方向;
- (4)利用安培定则判定感应电流的方向.

3. 练习:

(1)如图所示,导体杆 ab 向右运动时,电路中产生的感应电流方向.

用两种方法判断.

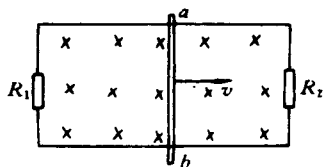


图 4

用楞次定律判定感应电流的方向跟用右手定则判断的结果是一致的。右手定则可看作是楞次定律的特殊情况。对于闭合电路的一部分导体切割磁感线而产生感应电流的情况,用右手定则来判断感应电流的方向往往比用楞次定律简便。

(2)如图所示,试判断发生如下变化时,在线框 $abcd$ 中是否有感应电流?若有,指出感应电流的方向?

- ① b 向外拉;
- ② b 向里压;
- ③ 线框 $abcd$ 向上运动;
- ④ 线框 $abcd$ 向下运动;
- ⑤ 线框 $abcd$ 向左运动;
- ⑥ P 向上滑动;
- ⑦ P 向下滑动;
- ⑧ 以 MN 为轴,线框向里转;
- ⑨ 以 ab 为轴, cd 向外转;
- ⑩ 以 ad 为轴, bc 向里转。

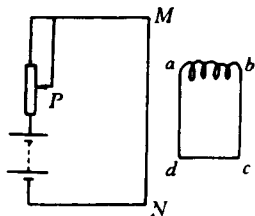


图 5

(三)课堂小结

1. 右手定则是楞次定律的特例。

楞次定律和右手定则都是用来判定感应电流方向的。但右手定则只局限于判定导体切割磁感线的情况;而楞次定律则适用于一切电磁感应过程,因此,可以把右手定则看作是楞次定律的特殊情况。

2. 楞次定律符合能的转化和守恒定律。

楞次定律实质上是能的转化和守恒定律在电磁感应现象中的体现。

举例:

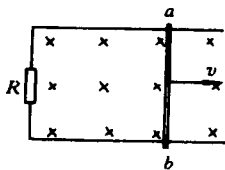


图 6

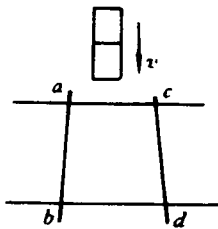


图 7

(1)导体 ab 向右运动,闭合回路磁通量增加。“感应电流的磁通量阻碍原磁通量的增加”,因此,回路中感应电流为逆时针方向。在这一过程中完成了机械能 $\rightarrow$ 电能 $\rightarrow$ 内能的转化。

(2)条形磁铁自上向下运动时,通过闭合回路的磁通量增加,感应电流“阻碍原磁通增加”,尽管不知条形磁铁下端是什么极,但可以肯定,导体 ab 、 cd 互相靠拢以阻碍内部磁通量增加。在这一过程中,完成了机械能 $\rightarrow$ 电能 $\rightarrow$ 机械能+内能的转化。

上述的“阻碍”过程,事实上就是一个其它形式能向电能转化的过程。

(北京五中 崔瑞华)

法拉第电磁感应定律

一、教学目标

1. 在物理知识方面的要求.
 - (1)掌握导体切割磁感线的情况下产生的感应电动势.
 - (2)掌握穿过闭合电路的磁通量变化时产生的感应电动势.
 - (3)了解平均感应电动势和感应电动势的即时值.
2. 通过推理论证的过程培养学生的推理能力和分析问题的能力.
3. 运用能的转化和守恒定律来研究问题,渗透物理思想的教育.

二、重点、难点分析

1. 重点是使学生掌握动生电动势和感生电动势与哪些因素有关.
2. 在论证过程中怎样运用能的转化和守恒思想是本节的难点.

三、主要教学过程

(一)引入新课

复习提问:在发生电磁感应的情况下,用什么方法可以判定感应电流的方向? 要求学生回答出:切割磁感线时用右手定则;磁通量变化时用楞次定律.

(二)教学过程设计

1. 设问.

既然会判定感应电流的方向,那么,怎样确定感应电流的强弱呢?既然有感应电流,那么就一定存在感应电动势. 只要能确定感应电动势的大小,根据欧姆定律就可以确定感应电流了.

2. 导线切割磁感线的情况.

(1)如图所示,矩形闭合金属线框 $abcd$ 置于有界的匀强磁场 B 中,现以速度 v 匀速拉出磁场,我们来看感应电动势的大小.

在水平方向 ab 边受到安培力 $F_m = BIl$ 的作用. 因为金属线框是做匀速运动,所以拉线框的外力 F 的大小等于这个安培力,即 $F = BIl$.

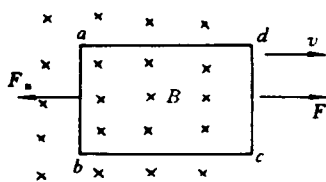


图 1

在匀速向外拉金属线框的过程中,拉力做功的功率 $P = F \cdot v = BIlv$.

拉力的功并没有增加线框的动能,而是使线框中产生了感应电流 I . 根据能的转化和守恒定律可知,拉力 F 的功率等于线框中的电功率 P' .

闭合电路中的电功率等于电源电动势 $\mathcal{E}$ (在这里就是感应电动势)与电流 I 的乘积.

显然

$$Fv = \mathcal{E}I,$$

即

$$BIlv = \mathcal{E}I.$$

得出感应电动势

$$\mathcal{E} = Blv. \quad (1)$$

式中的 l 是垂直切割磁感线的有效长度(ab), v 是垂直切割磁感线的有效速度.

(2)当 ab 边与磁感线成 θ 角(如图 2)做切割磁感线运动时,可以把速度 v 分解,其有效切割速度 $v_{\perp} = v \cdot \sin \theta$. 那么,公式(1)可改写为:

$$\mathcal{E} = Blv \sin \theta. \quad (2)$$

这就是导体切割磁感线时感应电动势的公式. 在国际单位制中, 它们的单位满足: $V = Tm^2/s$.

3. 穿过闭合电路的磁通量变化时.

(1) 参看前图, 若导体 ab 在 Δt 时间内移动的位移是 Δl , 那么它的速度 v 即可表示为, $v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$, (2) 式 $\mathcal{E} = Blv \sin \theta$ 可以改写为

$$\mathcal{E} = \frac{Bl\Delta l \sin \theta}{\Delta t}. \quad (3)$$

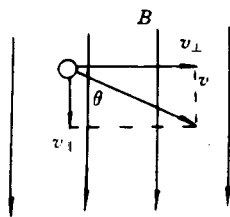


图 2

式中 $l\Delta l$ 是 ab 边在 Δt 时间内扫过的面积. $l\Delta l \sin \theta$ 是 ab 边在 Δt 时间内垂直于磁场方向扫过的有效面积. $Bl\Delta l \sin \theta$ 是 ab 边在 Δt 时间内扫过的磁通量(磁感线的条数), 对于金属线框 $abcd$ 来说这个值也就是穿过线框磁通量在 Δt 时间内的变化量 $\Delta \Phi$. 这样(3)式可简化为

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}. \quad (4)$$

(2) 在一般情况下, 线圈多是由很多匝(n 匝)线框构成, 每匝产生的感应电动势均为(4)式的值, 串联起来 n 匝, 则线圈产生的感应电动势可用

$$\mathcal{E} = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (5)$$

表示. 这个公式可以用精密的实验验证. 这就是法拉第电磁感应定律的表达式.

(3) 电路中感应电动势的大小, 跟穿过这一电路的磁通量的变化率成正比. 这就是法拉第电磁感应定律.

4. 几个应该说明的问题.

(1) 在法拉第电磁感应定律中感应电动势 $\mathcal{E}$ 的大小不是跟磁通量 Φ 成正比, 也不是跟磁通量的变化量 $\Delta \Phi$ 成正比, 而是跟磁通量的变化率成正比.

(2) 法拉第电磁感应定律反映的是在 Δt 一段时间内平均感应电动势. 只有当 Δt 趋近于零时, 才是即时值.

(3) 公式 $\mathcal{E} = Blv \sin \theta$ 中, 当 v 取即时速度则 $\mathcal{E}$ 是即时值, 当 v 取平均速度时, $\mathcal{E}$ 是平均感应电动势.

(4) 当磁通量变化时, 对于闭合电路一定有感应电流. 若电路不闭合, 则无感应电流, 但仍然有感应电动势.

(5) 感应电动势就是电源电动势, 是非静电力使电荷移动增加电势能的结果. 电路中感应电流的强弱由感应电动势的大小 $\mathcal{E}$ 和电路总电阻决定, 符合欧姆定律.

(三) 课堂小结

1. 导体做切割磁感线运动时, 感应电动势可由 $\mathcal{E} = Blv \sin \theta$ 确定.
2. 穿过电路的磁通量发生变化时, 感应电动势由法拉第电磁感应定律确定, 即 $\mathcal{E} = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$.
3. 感应电动势就是电源电动势. 有关闭合电路相关量的计算在这里都适用.
4. 同学们应该会证明单位关系: $V = Wb/s$.

五、教学说明

1. 这一节课是从能的转化和守恒定律入手展开的, 其目的在于渗透一点物理思想.
2. 这一节课先讲动生电动势再过渡到感生电动势, 其目的是隐含地告诉学生在某些情况

下两者是一致的、统一的。

3. 建议本节课后安排一节习题课来加以巩固。

(北京五中 石 晨)

法拉第电磁感应定律复习课

一、教学目标

1. 在物理知识方面要求。

(1) 通过复习, 进一步理解感生电动势的概念, 明确感生电动势的作用;

(2) 在复习巩固的基础上, 熟练掌握法拉第电磁感应定律。

2. 通过本节复习, 培养学生运用物理知识, 分析和解决一些实际问题的能力。

二、重点、难点分析

1. 重点是对法拉第电磁感应定律的进一步理解和运用;

2. 难点是法拉第电磁感应定律的综合运用。

三、教具

投影片(或小黑板)。

四、主要教学过程

(一) 复习引入新课

1. 叙述法拉第电磁感应定律的内容。

2. 写出其表达式。

3. 说明 $\mathcal{E} = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

$$\mathcal{E} = BLv$$

的区别和联系。

4. 由 $\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 推导 $\mathcal{E} = BLv$ 。

由图 1 所示, 讲清图中各示意, 引导学生共同推导。

设在 Δt 时间内, 导体 MN 以速度 v 切割磁感线, 移动距离为 $d = v\Delta t$, 设 MN 长为 L , 这一过程中, 回路磁通量变化为

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$$

$$= B(s+d)L - BsL$$

$$= BLd.$$

根据法拉第电磁感应定律,

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{BLd}{\Delta t} = \frac{BLv\Delta t}{\Delta t} = BLv.$$

说明:

上述推导需条件: 磁感应强度 B 、导线切割速度 v 与长度 L 三者互相垂直, 若上述三垂直中只有二垂直, 而 v 与 B 不垂直, 设夹角为 θ , 再请全体学生推导 $\mathcal{E}$ 的计算式。教师指点方法: 将 v 分解, 其中与磁感线平行的速度分量没有作用, 有效切割速度为 $v\sin\theta$ (图 2), 因此得:

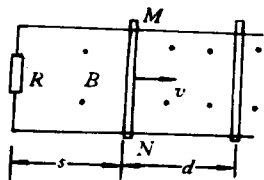


图 1

$$\mathcal{E} = BLv \sin \theta.$$

指出上式中当 $\theta = 90^\circ$ 时, $\mathcal{E} = BLv \sin 90^\circ = BLv$.

5. 关于 $\mathcal{E} = BLv \sin \theta$ 的意义.

(1) $\sin \theta$ 的意义是把公式中的 B 、 L 、 v 转化为两两垂直:

① $v \sin \theta = v_\perp$, 是将切割磁感线的速度 v 分解为垂直于 B 和 L 的有效分量;

② $B \sin \theta = B_\perp$, 是将磁感应强度 B 分解为垂直于 v 和 L 的有效分量;

③ $L \sin \theta = L_\perp$, 是将导体长 L 等价成垂直于 B 和 v 的有效长度.

在上述分解和转化的方法是等价的, 所得结果完全相同.

(2) 在上式中, 若速度 v 是即时速度, 则电动势 $\mathcal{E}$ 即为即时电动势; 若速度 v 是平均速度, 则电动势 $\mathcal{E}$ 即为平均电动势.

(二) 主要教学过程设计

例1 投影片. 如图3所示, 宽 $L = 0.5\text{m}$ 的平行长金属导轨与水平面夹角 $\theta = 37^\circ$. 与导轨平面垂直的匀强磁场磁感应强度 $B = 1.0\text{T}$. 质量 $m = 100\text{g}$ 的金属棒 ab 垂直两导轨放置, 其电阻 $r = 1\Omega$, 与导轨间滑动摩擦因数 $\mu = 0.25$. 两导轨由 $R = 9\Omega$ 的电阻在下端相连. 导轨及导轨与 ab 棒接触电阻不计 (取 $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, $g = 10\text{m/s}^2$). 求:

(1) 当 ab 沿轨道向下运动, 速度 $v = 10\text{m/s}$ 时, ab 棒运动的加速度.

(2) ab 棒沿轨道下滑的最大速度.

(3) ab 棒以最大速度运动时, 重力对 ab 棒做功的功率, ab 棒产生的电功率以及输出功率.

首先留出点时间, 让学生认真审题、分析和思考, 并能写出初步的解答方案. 对较困难的学生, 教师可适当引导, 然后找两个典型解答, 请同学在黑板上板演.

① ab 棒在导轨上下滑时受力情况如图4所示, 其中磁场力 $F = BIL = \frac{B^2 L^2 v}{R+r}$, 摩擦力 $f = \mu N = \mu mg \cos \theta$, 根据牛顿第二定律, 在沿轨道方向上

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta - \frac{B^2 L^2 v}{R+r} = ma.$$

当 $v = 10\text{m/s}$ 时, ab 棒运动的加速度大小是

$$\begin{aligned} a &= g \sin \theta - \mu g \cos \theta - \frac{B^2 L^2 v}{(R+r)m} \\ &= [10 \times 0.6 - 0.25 \times 10 \times 0.8 - \frac{1^2 \times 0.5^2 \times 10}{(9+1) \times 0.1}] = 1.5 (\text{m/s}^2). \end{aligned}$$

② 当 ab 棒在导轨上运动加速度变为零时, 开始做匀速运动, 这时 ab 运动速度有最大值. 由上述方程可知:

$$\begin{aligned} mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta - B^2 L^2 v / (R+r) &= 0, \\ \text{所以 } v_m &= \frac{mg (\sin \theta - \mu \cos \theta) (R+r)}{B^2 L^2} = \frac{0.1 \times 10 (0.6 - 0.25 \times 0.8) (9+1)}{1^2 \times 0.5^2} \\ &= 16 (\text{m/s}). \end{aligned}$$

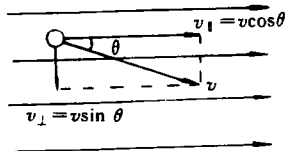


图 2

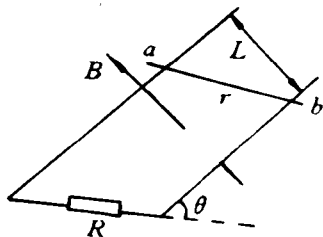


图 3

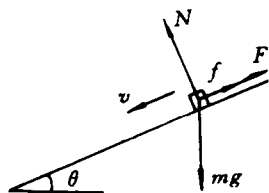


图 4

③重力做功的功率.

$$P_1 = mgv \sin \theta = 0.1 \times 10 \times 16 \times 0.6 = 9.6 (\text{W}).$$

金属棒 ab 产生的电功率

$$P_2 = I^2 R = \frac{(BLv_m)^2}{R+r} = \frac{(1 \times 0.5 \times 16)^2}{9+1} = 6.4 (\text{W}).$$

输出功率

$$P_3 = I^2 R = \left(\frac{BLv}{R+r} \right)^2 \cdot R = \left(\frac{1 \times 0.5 \times 16}{9+1} \right)^2 \times 9 = 5.8 (\text{W}).$$

适当归纳解答本题的思路,然后提出作为导体转动的情况其感生电动势应如何求.

例 2 如图 5 所示,长 $L=10 \text{ cm}$ 的金属棒 ab 在磁感应强度 $B=2 \text{ T}$ 的匀强磁场中以 a 端为轴,在垂直磁场方向的平面内以角速度 $\omega=10 \text{ rad/s}$ 做顺时针方向的匀速转动. ab 两端的电势差是 _____ V , a, b 两端 _____ 端电势高, _____ 端电势低. 若 ab 以中点为轴转动,其它条件不变, ab 两端电势差为 _____ V .

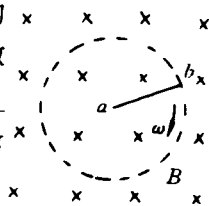


图 5

组织同学审题后,学生会发现,本题中金属棒 ab 转动时,棒上各点速率不同. 因此欲求其感生电动势 $\mathcal{E}$, 需要找出一个等效点,采用求平均的方法.

这时采用表达式 $\mathcal{E} = BL\bar{v}$.

另外有的同学也可能提出运用表达式 $\mathcal{E} = \Delta\Phi/\Delta t$ 的方法. 这时,教师应按同学的思路,找在 Δt 时间内,棒 ab 转过的角度 $\Delta\theta = \omega\Delta t$, 扫过的面积 ΔS . 相应的磁通量变化 $\Delta\Phi = B\Delta S$. 然后利用

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} \quad \text{来求解.}$$

方法一:

(1) ab 导体以 a 端为轴做切割磁感线运动时,导体上各点速度大小不同. b 端速度 $v_b = \omega L$, a 端速度为零. 其它各点的速度与该点到 a 点的距离成正比.

计算 ab 切割磁感线产生感生电动势时的速度可采用 a, b 两点速度的平均值,即

$$\bar{v} = \frac{v_a + v_b}{2} = \frac{0 + \omega L}{2} = \frac{1}{2} \omega L, ab \text{ 的感生电动势}$$

$$\mathcal{E} = BL\bar{v} = \frac{1}{2} BL^2 \omega = \frac{1}{2} \times 2 \times 0.1^2 \times 10 = 0.1 (\text{V}).$$

若在 a, b 两端接上外电路,由右手定则可知感生电流由 b 端流出, ab 作为电源, b 端电势高.

若没有构成闭合电路时, ab 两端电势差就是电动势 $\mathcal{E}$.

(2) 以 ab 中点为轴转动时, a 端、 b 端电势都比中点电势高. 而且 a, b 与中点的电动势相等, a, b 两点电势相等,电势差为零.

四个空依次填: $0.1, b, a, 0$.

方法二:(略)

归纳本题解答思路,提出将本题改造如下.

例 3 投影片. 一导体圆环的电阻为 4Ω , 半径为 0.05 m , 圆环平面垂直匀强磁场, 如图 6 所示放置: 磁感应强度为 4 T , 两根电阻均为 2Ω 的导线 Oa 和 Ob , Oa 固定, a 端 b 端均与环接触, Ob 以 4 rad/s 的角速度逆时针沿圆环转动. 求: 当 Ob 的 b 端从 a 端滑过 180° 时, 通过导线

Oa 中的电流是多少?

组织学生审题后,学生会发现,本题是金属导线 Oa 、 Ob 绕 O 轴转动. 欲求感生电动势 $\mathcal{E}$, 应该选用哪个表达式会感到困惑. 这时可引导学生, 由于棒上各点速率不同, 到底选哪个点合适, 可提出等效取平均的方法. 可仿效例 2 解法一. 当然还可以用其它方法. 但因有两根又如何?

方法一:

导线 Ob 在磁场中绕着 O 点旋转, 切割磁感线产生感应电动势 $\mathcal{E}$ 不变

$$\mathcal{E} = Bl\bar{v}.$$

其中 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_b}{2} = B \cdot l\omega/2 = 4 \times 0.05^2 \times 4/2 = 0.02 (\text{V})$.

方法二:

由法拉第电磁感应定律来看, 导线 Ob 在单位时间内扫过的面积是:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\pi R^2}{2\pi} \times \omega = R^2 \omega / 2.$$

磁感应强度 B 是定值, 由法拉第电磁感应定律 $\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \Delta S}{\Delta t}$,

所以感应电动势 $\mathcal{E} = B \frac{\Delta S}{\Delta t} = BR^2 \omega / 2 = 0.02 (\text{V})$.

Ob 导线 b 端在圆环上的位置变化, 只改变了图 7 中 R_1 与 R_2 的阻值. 由闭合电路欧姆定律, Oa 中的电流:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_{0a} + r}$$

当 Ob 从 Oa 转 180° , 有 $R_1 = R_2 = 2 \Omega$, 代入上式

$$I = \frac{0.02}{1+2+2} = 0.004 (\text{A}).$$

组织同学, 归纳总结解答本题的思路. 提出应用两表达式 $\mathcal{E} =$

$Bl\bar{v}$ 和 $\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 求感生电动势时的区别和联系. 然后进一步引导学生分析电路结构变化时的方法和步骤, 使同学在学习这部分内容时, 也对电路问题作了一定的复习与巩固工作. 最后提出线圈在磁场中转动时, 如何求其感生电动势.

例 4 如图 8 所示, 边长为 a , 总电阻为 R 的闭合正方形单匝线框, 放在磁感应强度为 B 的匀强磁场中, 磁感线与线框平面垂直. 当线框由图示位置转过 180° 角过程中, 流过线框导线横截面的电量是多少?

学生审题后会发现, 本题与前三例均不同, 这情况感生电动势的求法一时难以想象出, 不过这时可做些提示, 具体如下:

线框在磁场中转动过程中, 转到不同位置时, 线框中产生的感应电动势的即时值不同, 因而线框中的感应电流也不同. 解答本题的关键是如何理解和计算转 180° 角过程中穿过线框的磁通量的变化量.

可以这样理解: 一个平面有正、反两面, 从正面穿入的磁通量设为正值, 则从另一面穿入的磁通量就是负值. 线框处于如图 8 所示位置时, 磁感线从线框一面穿入, 磁通量是 $\Phi_1 = BS =$

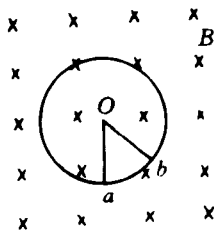


图 6

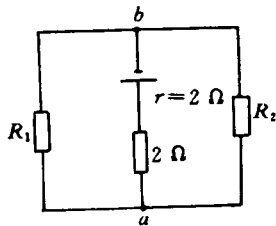


图 7

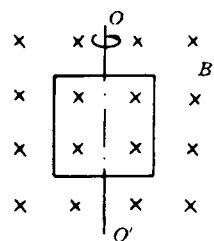


图 8

Ba^2 , 转过 180° 后磁感线从线框的另一面穿入, 这时的磁通量就是 $\Phi_2 = -BS = -Ba^2$, 先后两次穿过线框磁通量的值相等, 但正负不同, 那么线框转 180° 过程中磁通量的变化量为

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -Ba^2 - Ba^2 = -2Ba^2.$$

取绝对值就是 $2Ba^2$. 由此, 可应用法拉第电磁感应定律求转 180° 过程中的平均感应电动势, 最后应用欧姆定律和电流强度的定义式就可以求通过线框截面的电量.

设线框转 180° 所用时间为 Δt , 在这段时间内穿过线框的磁通量的变化量为 $\Delta\Phi = 2Ba^2$, 根据法拉第电磁感应定律可得这一过程中平均感应电动势的大小为

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{2Ba^2}{\Delta t}.$$

根据欧姆定律, Δt 时间内线框中平均电流强度为

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{2Ba^2}{R\Delta t}.$$

在 Δt 内流过线框某横截面积的电量

$$q = I\Delta t = \frac{2Ba^2}{R\Delta t} \cdot \Delta t = \frac{2Ba^2}{R}.$$

组织学生归纳本类问题的解答思路与方法. 同时提出前述四例均是磁场恒定, 即磁感应强度 B 为恒矢量. 在有的例题中求感生电动势应用 $\mathcal{E} = BLv$; 而有时又应用 $\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. 顺便谈到如果磁感应强度 B 发生变化时又该如何解答呢? 请看投影片.

例 5 如图 9 所示, 在一个匀强磁场中, 有两个用粗细相同的同种金属导线制成的闭合圆环 a 和 b , 它们半径之比为 $2:1$, 线圈平面与磁场方向垂直. 如果匀强磁场的磁感应强度随时间均匀增大, 则 a 、 b 环中感应电流之比为 _____, 感应电流电功率之比为 _____.

给出一定时间, 让学生思考. 磁感应强度 B 随时间均匀变化, 在面积 S 不变的情况下, 则穿过该面积 S 的磁通量 Φ 也同样均匀变化. 将学生引导到这一步, 问题也就真相大白了. 具体分析解答如下:

(1) 设金属导线单位长电阻为 R_0 , b 环的半径为 r_b , a 环半径为 r_a , 其中 $r_a = 2r_b$. 则 a 、 b 环导线电阻 $R_a = 4\pi r_a R_0$, $R_b = 2\pi r_b R_0$. 磁感应强度随时间均匀变化, 即磁感应强度变化率不变. 磁感应强度随时间均匀变化用 $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ 表示, 它是一个恒量. a 、 b 环中感应电动势分别为

$$\mathcal{E}_a = \frac{\Delta\Phi_a}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} S_a.$$

$$\mathcal{E}_b = \frac{\Delta\Phi_b}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} S_b.$$

感应电流分别为

$$I_a = \frac{\mathcal{E}_a}{R_a} = \frac{S_a \frac{\Delta B}{\Delta t}}{4\pi r_a R_0} = \frac{4\pi r_a^2}{4\pi r_a R_0} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{r_a \Delta B}{R_0 \Delta t},$$

$$I_b = \frac{\mathcal{E}_b}{R_b} = \frac{\pi r_b^2}{2\pi r_b R_0} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{r_b \Delta B}{2R_0 \Delta t}.$$

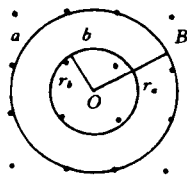


图 9