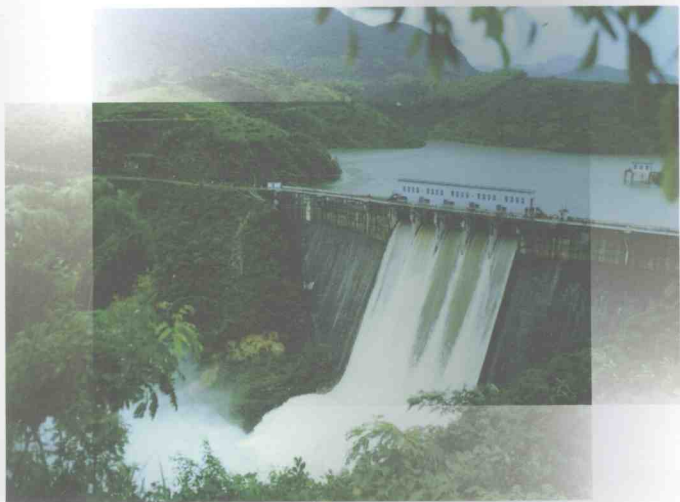


经全国中小学教材审定委员会 2005 年初审通过
普通高中课程标准实验教科书

物理

WULI
选修 3-2



教育科学出版社

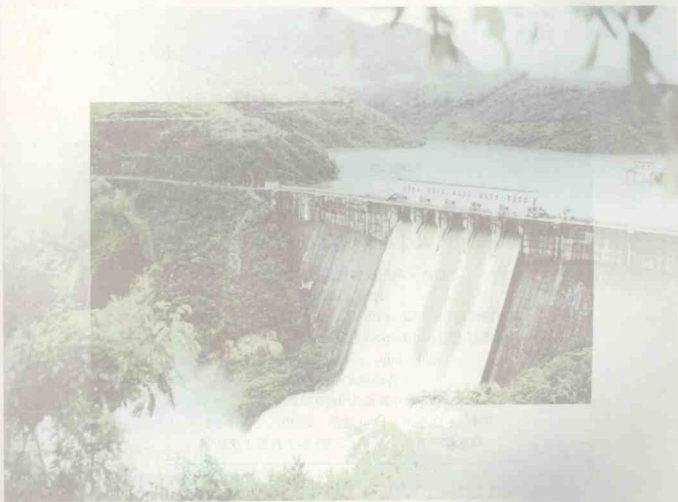
经全国中小学教材审定委员会2005年初审通过
普通高中课程标准实验教科书

物理

WULI

选修

3-2



教育科学出版社
·北京·

主 编 陈熙谋 吴祖仁
本册主编 马惠英
本册编者 洪安生 陈琪兮 杨英虎 刘 钢 刘岩华
武 钢

责任编辑 郑 军 莫永超
封面设计 侯 威
版式设计 侯 威
责任校对 刘永玲
责任印制 曲凤玲

经全国中小学教材审定委员会 2005 年初审通过
普通高中课程标准实验教科书

物理 选修 3-2

教育科学出版社 出版发行

(北京·朝阳区安慧北里安园甲 9 号)

邮编: 100101

市场部电话: 010-64989009 010-64891796 (传真)

编辑部电话: 010-64989523 010-64989519 (传真)

网址: <http://www.esph.com.cn>

各地新华书店经销

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

开本: 890 毫米×1240 毫米 1/16 印张: 5.5

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 7-5041-3354-X

定价: 6.60 元

(如有印装质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换)



目录

第一章 电磁感应

1. 电磁感应现象的发现	2
2. 感应电流产生的条件	5
3. 法拉第电磁感应定律	8
4. 楞次定律	14
5. 反电动势与能量守恒	19
6. 自感 日光灯	22
7. 涡流	25
本章小结	28
习题	29
研究课题: 测量玩具电动机运转时的反电动势	31



第二章 交变电流

1. 交变电流	36
2. 描述正弦交流电的物理量	40
3. 实验探究: 练习使用示波器	44
4. 电容器在交流电路中的作用	47
5. 电感器在交流电路中的作用	50
6. 变压器	53
7. 电能的输送	57
本章小结	61
习题	62



第三章 传感器

1. 传感器	64
2. 温度传感器和光电式传感器	67
3. 生活中的传感器	72
4. 实验探究: 简单的光控和温控电路	76
本章小结	82
习题	83



第一章 电磁感应

- ◆ 电磁感应现象的发现
- ◆ 感应电流产生的条件
- ◆ 法拉第电磁感应定律
- ◆ 楞次定律
- ◆ 反电动势与能量守恒
- ◆ 自感 日光灯
- ◆ 涡流

研究课题：测量玩具电动机运转时的反电动势

思维与探索推动了科学的前进！

电磁感应定律的发现，奠定了机械能转化为电能的理论基础，人类创造了大规模应用电能的技术，步入了电气化时代！



此为试读，需要完整PDF请访问：www.er168.com

1

电磁感应现象的发现

● 奥斯特实验的启迪



法拉第 (M. Faraday, 1791—1867)

1820年,奥斯特从实验中发现了电流的磁效应,引起了科学界广泛的关注,形成了对电磁现象研究的热潮。安培(Andre Marie Ampere, 1775—1836)、毕奥(Jean-Baptiste Biot, 1774—1862)、萨伐尔(Felix Savart, 1791—1841)等人相继在电磁学研究上取得卓越成果。不少物理学家根据对称性的思考,提出既然电能产生磁,是否也存在逆效应,即磁产生电呢?在这种思想推动下,安培等人曾做过不少实验,但都没有取得什么结果。

法拉第当时正在进行化学研究,他的导师要求他撰写一篇文章,综述一年来电磁学研究进展的概况。在收集资料的过程中,他发现这个领域不仅成果丰盛,而且意义非凡,这激发起法拉第对磁生电这个重大课题研究的巨大热情,于是把自己的注意力转移到磁生电方面的研究,并进行了长达10年的不懈努力。

📖 小资料

科拉顿的遗憾

在磁生电的历史性探索中,最遗憾的算是瑞士科学家科拉顿(Daniel Colladon, 1802—1893)。1825年,他做了一个原本是可以发现电磁感应现象的实验,但遗憾的是他却将这个�会错过了。他把磁铁插入一个线圈,用放在导线旁的小磁针的偏转来显示闭合的线圈中是否会产生感应电流。但是为了避免磁铁影响小磁针的偏转,他却小心地把小磁针放在隔壁的房间里了。科拉顿万万没想到,在他将磁铁插入线圈中和从线圈中取出的一刹那,磁生电现象已经发生了,只是当他跑到隔壁房间时,看到的却是静止在原来位置上的小磁针,这就是著名的“科拉顿遗憾”。

● 法拉第坚持不懈取得成功

为了实现磁生电的理想,法拉第经历了长达10年的探索,终于获得了成功。1831年8月29日,法拉第设计了一个新实验,他在一个软铁环上绕了两个线圈,一个与电池相连,另一个线圈旁边放置一个检测电流的装置(图1-1-1)。他发现当电池被接通时,小磁针产生了偏转,但不久又回复到零;当线圈与电池断开时,小磁针向反方向偏转,随即又回复到零。他敏锐地抓住这个短暂的电流,立刻意识到过去的失败原因在于一直在稳定的磁场中去找电流。法拉第走出了这个误区,接下来进行了许多实验,证实了“磁生电”现象的存在。

11月24日,他向英国皇家学会提交了一篇文章,报告了他的重大发现.论文中将“磁生电”的现象分为五类:(1)变化中的电流;(2)变化中的磁场;(3)运动中的恒定电流;(4)运动中的磁铁;(5)运动中的导线.并把这些现象正式定名为“电磁感应”.

这种由磁生电的现象叫**电磁感应**(electromagnetic induction).由电磁感应现象产生的电流叫**感应电流**(induction current).

电磁感应的发现使人们对电与磁内在联系的认识更加完善,它对科学技术的发展和人类文明的进步有着划时代的伟大意义.

小资料

法拉第的电流计

法拉第时代的电流计并不像我们现在使用的电流表这样小巧方便,图1-1-2中是一个例子.用一个小磁针作为指针,为了抵消地磁场的影响,在一根直杆两端各固定一个小磁针,让二者磁极方向相反[图(a)].将这个用两个小磁针制作的装置悬挂在一条线上,使得下端的磁针受电流的磁场力的作用后可以发生偏转.下端的磁针恰好置于两只线圈中间[图(b)],将线圈接入待测电路,一旦线圈有电流通过,磁针便受力偏转,同时悬线产生扭力矩,最后磁针停止转动,并保持静止.这时扭力矩与磁场的力矩平衡.

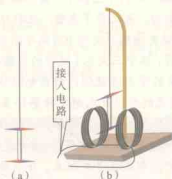


图 1-1-2 法拉第的电流计

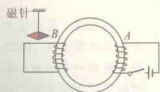


图 1-1-1 法拉第做过的一个实验

物理学与其他自然科学一样,必须以实验事实为基础.如何才能取得精确、真实的实验事实呢?除了实验设计、实验仪器的制作和选择外,非常重要的就是坚持不懈地反复实验.法拉第之所以能够发现电磁感应定律与其坚持不懈、锲而不舍地反复实验密切相关.

发展空间



课外阅读

杰出的物理学家法拉第

法拉第出身于伦敦郊区贫穷家庭,少年时失学,1804年进印刷厂当童工,利用工作中装订书籍的机会学到不少科学知识.业余时间,他利用省吃俭用购买的器具动手做化学和电学实验.1812年,法拉第得到一次机会,到当时英国著名化学家戴维的实验室做些洗刷瓶子等工作.

1813年,22岁的法拉第正式当上了戴维的助手,进入了 he 梦寐以求的科学殿堂.1816年到1819年,他进行独立的化学研究并取得了一些成果,成为小有名气的化学家.



图 1-1-3 法拉第做实验时用过的线圈

1820年,奥斯特关于电流磁效应的实验,在英国物理学界引起强烈的反响。法拉第对这个发现非常重视,1822年开始积极投入电磁现象的研究。通过对电流磁效应的仔细分析,法拉第提出一个问题:既然电流能产生磁效应,那么,反过来磁能否产生电流?从此,法拉第开始了“由磁生电”的科学实验工作。

法拉第经过长达10年的实验、失败、再实验,终于在1831年夏取得突破性的进展。1831年8月29日到同年10月17日,法拉第进行了一系列基于磁场变化或导体相对于磁场的运动而产生电流的实验,这时法拉第已经十分清楚,他用实验证实了感应电流的存在。11月24日,他向英国皇家学会提交了一篇文章,报告了他的重大发现,并把这些现象正式定名为“电磁感应”。

麦克斯韦对法拉第的工作有一段论述使我们深受启发:

“在他(法拉第)发表了的研究报告中,我们发现这些观念是以一种更适合于一门正在形成中的科学的语言表述的……”

“法拉第既告诉我们他成功的经验,也告诉我们他不成功的经验;既告诉我们他正确的想法,也告诉我们那些不成熟的想法。在归纳能力方面远不及他的读者,感到的共鸣甚至多于钦佩,并且会引起这样一种信念:如果自己有这样的机会,那么也将会成为一个发现者。”

在长达42年(1820—1862)的科学生涯中,法拉第坚持每天写科学日记,对当天的实验情况作详细记录,既记录了成功,也记录了失败。他把这些日记遗赠给皇家研究院,经后人整理,于1932年为纪念他发现电磁感应定律100周年而出版。全书共七大卷,3236页,是留给人类的一笔宝贵的思想财富,其中三大卷《电学的实验研究》成为电磁学史上的鸿篇巨著。

除电磁感应之外,法拉第的学术成就还包括在电动机、发电机、电的同一性、电荷守恒、电介质、顺磁性和抗磁性、磁光效应以及电解定律等许多方面。他是19世纪伟大的物理学家和哲学家。之所以如此,除了个人的非凡才能和执著精神外,造就他深邃的洞察力、丰富的直觉和巧妙的物理构思的是一种基本的科学信念,这就是关于自然力统一思想和近距作用观点的场论思想。他的实验研究都是在寻找联系,寻求统一解释。他努力寻找电与磁、电磁场与物质、电磁能与机械能之间可能的相互影响,并试图提供统一的解释。他还曾经寻找电与光、磁与光之间的种种联系,有一些虽没有重要结果,后来却被证实其正确性。法拉第的一生是在自然力统一的思想指引下探索自然奥秘的一生。

法拉第在物理和化学领域取得的具有重大影响的成果有十多项。而关于“场”的概念的提出,可以说是他最杰出、最重要的贡献。而且,他利用铁屑巧妙地描绘出了磁场的形象。

1831年,发现电磁感应后,法拉第的声名享誉国内外,数不清的花环与荣誉扑面而来。但所有这些,一点也没有改变法拉第的生活习惯与思想习惯。他依然像当年那个学徒工那样为人质朴,待人诚恳,过着俭朴的生活,多次谢绝了升官发财的机会,全心全意地把毕生精力和聪明才智奉献给社会。成名之后,他热心给普通群众主办通俗的科学讲座,希望科学能像当年在他心中激起崇高的理想那样,被一代一代传承下去。

法拉第在一生的科学实践活动中,始终表现出坚忍不拔的精神,严谨求实的科学态度,他认为做实验就好像是与自然的直接对话,因此,做起实验来总是以特有的执著和忘我精神。废寝忘食,百折不挠。有一次在实验中试管爆炸,伤到了眼睛,他缠上纱布仍旧继续做实验。

1867年8月25日,法拉第在伦敦与世长辞。临终前,他嘱咐丧事从简,不立纪念碑,表现了一个科学家的高风亮节。

法拉第是不朽的!



物理在线

通过上网查询等方式收集资料。

1. 了解1822年到1831年, 还有哪些科学家在寻找感应电流的活动中进行了比较有成效的工作。了解机遇是怎样来到了他们身边, 却又擦肩而过的。

2. 了解法拉第是怎样走进科学世界的, 作为一个科学家, 他的性格和科学思想有什么特点。

2 感应电流产生的条件

学了电磁感应现象后, 你也许会思考: 感应电流和哪些因素有关? 感应电流产生需要什么条件? 现在就让我们跟随法拉第的足迹探讨产生感应电流的条件。

● 导体在磁场中做切割磁感线的运动

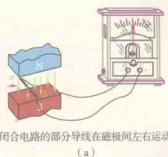
实验探究

如图1-2-1所示, 导体 ab 和电流计连接成闭合回路。如图(a)、(b)所示, 当导体在磁场中运动时, 观察电流计指针的摆动情况。

借助图1-2-1(c), 分析在(a)、(b)两种情况下, 穿过闭合回路 $abcd$ 磁通量的变化情况。

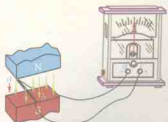
通过实验操作, 电路中出现电流的是_____, 此时 $abcd$ 回路磁通量(变或不变)_____; 而不出现电流的是_____, 此时 $abcd$ 回路磁通量(变或不变)_____。

在实验(a)中, 导线在运动时是切割磁感线的, 电路中出现电流; 而在(b)实验中, 导线是沿着磁感线方向运动的, 即导线没有做切割磁感线的运动, 电路中不出现电流。



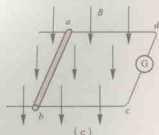
闭合电路的部分导线在磁极间左右运动

(a)



闭合电路的部分导线在磁场中上下运动

(b)



(c)

图1-2-1 导线在磁场中运动

实验和理论表明:

当闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线运动时,电路中有感应电流产生.

● 通过闭合回路的磁场发生变化

在法拉第的有些实验中,导体并没有做切割磁感线的运动,但闭合电路中出现了感应电流.让我们模仿法拉第的实验来进行探究.



实验探究

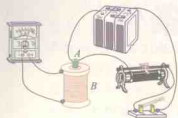


图 1-2-2

如图 1-2-2 所示,螺线管 B 套在螺线管 A 外边,螺线管 A 经过滑动变阻器和开关与电池相连构成直流电路;螺线管 B 接电流计构成闭合电路.进行以下操作并观察电流计指针偏转的情况,把观察结果填入表中.

1. 接通开关.
2. 开关闭合后,电流稳定.
3. 断开开关.
4. 在开关闭合的情况下,①推动滑动变阻器的滑片改变螺线管 A 电路的电流;②改变推动滑片的速度.
5. 改变螺线管 B 的匝数,重复以上实验.
6. 将螺线管 A 放在螺线管 B 上边,并使两者的轴线互相垂直,重复以上实验.

将观察结果填入下表.

操作方式	电流计指针摆动幅度		
	螺线管 B 匝数少	螺线管 B 匝数多	螺线管 AB 相互垂直
开关接通瞬间			
电流稳定			
开关断开瞬间			
滑片快速推动			
滑片缓慢推动			

● 产生感应电流的条件



讨论交流

小林:上述实验中并没有导体在磁场中做切割磁感线

的运动,但在接通或断开电源的瞬间, B 线圈就出现感应电流,这说明 B 线圈中出现的感应电流和 A 线圈中电流形成的磁场有关。

小冬:当开关闭合后, A 线圈电流稳定时, B 线圈中也存在磁场,但不出现感应电流,说明产生感应电流的关键并不在于电流形成了磁场,而是 B 线圈内磁场发生了变化。

小珊:同样的磁场变化,线圈的匝数多、就能产生明显的电流,而两个线圈相互垂直放置时不能产生感应电流,可见感应电流跟穿过线圈 B 的磁通量有关。

小林:当磁场稳定时,通过线圈 B 的磁通量不发生变化,那么在此回路中就不会有感应电流。在图1-2-1的实验中,磁场是稳定的,但导线运动时, $abcd$ 回路的磁通量发生变化,回路中就会产生感应电流。看来磁通量的变化才是产生感应电流的关键。

大量实验证实,穿过闭合电路的磁通量发生变化时,这个闭合电路中就有感应电流产生。

练习与评价

1. 在图1-2-3所示的匀强磁场中有一个线圈。保持线圈平面垂直于磁感线,当线圈在磁场中上下运动时[图(a)],是否会在线圈中引起感应电流?当线圈在磁场中左右运动时[图(b)],是否会在线圈中引起感应电流?如果线圈绕水平轴转动[图(c)],是否会在线圈中引起感应电流?为什么?

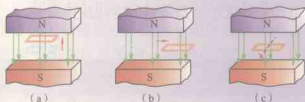


图1-2-3 线圈在匀强磁场中的几种运动



图1-2-4 线圈在匀强磁场中通过

2. 如图1-2-4所示,让闭合线圈由位置1通过一个匀强磁场运动到位置2。线圈在运动过程中,什么时候有感应电流,什么时候没有感应电流?为什么?

3. 图1-2-5为生产中常用的一种延时继电器的示意图。铁心上有两个线圈 A 和 B 。线圈 A 跟电源连接,线圈 B 的两端接在一起,构成一个闭合电路。在断开开关 S 的时候,弹簧 K 并不能立即将衔铁 D 拉起,使触头 C 立即离开,而是过一小段时间后触头 C 才能离开。延时继电器就是这样得名的。试说明这种继电器的原理。

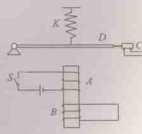


图1-2-5

3 法拉第电磁感应定律

在闭合电路中要形成电流，必须有能量提供给形成电流的带电粒子，而电源的电动势就起了这样的作用。在电磁感应现象中出现了感应电流，是否也该有相应的电动势提供能量呢？

● 感应电动势

穿过闭合电路的磁通量发生了变化，闭合电路中就会产生感应电流，这说明电路中一定存在一种电动势。由电磁感应产生的电动势，叫感应电动势（induction electromotive force）。

闭合电路电流的大小由电源电动势和电路电阻决定。当闭合电路中的电阻一定时，感应电动势越大感应电流也越大。所以感应电流的强弱，可以反映感应电动势的大小。

在上一节的实验中，我们用不同的速度移动滑动变阻器的滑片，让线圈A中的电流分别快速和缓慢改变，可以观察到当线圈A中的电流变化快，即穿过线圈B的磁通量变化快时，线圈B中的感应电流就大，感应电动势也越大。因此感应电动势的大小与磁通量的变化快慢有关。

在电磁感应现象里，不管电路是否闭合，只要穿过电路的磁通量发生变化，电路中就有感应电动势，如果电路是闭合的，就有感应电流，如果电路是断开的就没有感应电流，但感应电动势仍然存在。

● 法拉第电磁感应定律

怎样定量地表示穿过电路的磁通量变化的快慢呢？设在一定的时间 Δt 之内穿过电路磁通量的变化为 $\Delta\Phi$ ，则比值 $\Delta\Phi/\Delta t$ 就能说明磁通量的变化快慢，这个比值叫做磁通量的变化率。数值上等于单位时间内磁通量的变化量。精确的实验表明：

电路中感应电动势的大小，跟穿过这个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（Faraday law of electromagnetic induction）。

设 t_1 时刻穿过闭合电路的磁通量为 Φ_1 , t_2 时刻穿过闭合电路的磁通量为 Φ_2 , 则在时间 $\Delta t = t_2 - t_1$ 内磁通量的变化量为 $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$, 磁通量的变化率为 $\Delta\Phi/\Delta t$, 设感应电动势为 E , 则有

$$E = k \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

其中 k 为比例常数. 在国际单位制 (IS) 中, E 的单位是伏特 (V), Φ 的单位是韦伯 (Wb), t 的单位是秒 (s), 比例常数 $k = 1$, 则上式可写成

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1-1)$$

在实际应用中, 为了获得较大的感应电动势, 常常采用多匝线圈.

设产生感应电动势线圈有 n 匝, 且穿过每匝线圈的磁通量变化率都相同, 由于 n 匝线圈可以看成是 n 个单匝线圈串联而成, 因此整个线圈中的感应电动势是单匝线圈的 n 倍, 即

$$E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1-2)$$

● 导线切割磁感线产生的感应电动势

如图 1-3-1 所示, 矩形金属线框 $abcd$ 处于磁感应强度为 B 的匀强磁场中, 线框平面跟磁感线垂直, ab 边可以在线框平面上自由滑动. 设 ab 的长度为 L , 以速度 v 向右运动, 在 Δt 时间内由原来位置 ab 移到 $a'b'$, 这时线框面积的变化量为

$$\Delta S = Lv\Delta t$$

穿过闭合电路的磁通量的变化量

$$\Delta\Phi = B\Delta S = BLv\Delta t$$

根据法拉第电磁感应定律, $E = \Delta\Phi/\Delta t$, 得到闭合电路的感应电动势

$$E = BLv \quad (1-3)$$

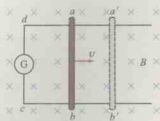


图 1-3-1 导线切割磁感线

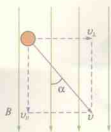


图 1-3-2 导体运动速度不垂直于磁场

当导体运动速度的方向与磁场有一夹角 α (图 1-3-2) 时, 我们可以将速度分解为垂直和平行于磁场的两个分量, 平行的分量不产生感应电动势, 垂直分量为 $v_{\perp} = v \sin \alpha$, 产生的感应电动势为

$$E = BLv \sin \alpha \quad (1-4)$$

在国际单位制 (SI) 中, 式 (1-3)、(1-4) 中 E 、 B 、 L 、 v 的单位分别是伏特 (V)、特斯拉 (T)、米 (m) 和米/秒 (m/s)。

● 电磁感应对科学技术发展的意义

在电磁感应定律发现以前, 人们进行电学实验时, 可以依赖的电源只能是伏打电池, 而伏打电池一对电极间只能提供不足 1 V 的电动势, 这就从根本上限制了电能的实际应用。

电磁感应定律在科学技术上的重要意义在于在机械运动和电磁运动这两种完全不同的运动形式之间架起了连接桥梁和转换枢纽。法拉第本人在发现电磁感应后, 马上就研制圆盘发电机。法拉第圆盘发电机 (见节后阅读材料) 虽然结构非常简单, 但它以事实表明了应用电磁感应理论可以把机械能转化成电能的重要事实。电磁感应理论告诉人们, 只要设法增强磁场、提高转速、增加导线长度, 便可以使电源输出较高的电压。在法拉第之后, 有许多人投入精力, 研究发电机。1866 年左右, 商用直流发电机出现; 1881 年左右, 三相交流发电机推出。所有这些发电机的发电原理都与法拉第的圆盘发电机相仿, 都是以电磁感应为基础。

法拉第的电磁感应实验公开演示之后, 一位贵夫人曾问他: “您这个发现有什么用处?” 法拉第幽默地回答: “您说, 一个刚刚出生的婴儿有什么用呢?” 可仅仅过了半个世纪, 工业电气化的浪潮席卷欧洲, 遍及全球。那位贵夫人如果地下有知, 她应该明白了。

正是电磁感应的发现,使人们认识到导体在磁场中的运动可产生感应电动势,发明了发电机把机械能转化成电能,从而大规模地利用煤和石油内部蕴藏的巨大能量和风力、水力资源中蕴藏的机械能;正是电磁感应的发现,使人们认识到变化的磁场可以产生感应电动势,发明了变压器,解决了电能远距离传输和传输中的能量损耗问题,并且提供了不同的电压满足实际生产、生活中的各种需要;正是电磁感应的发现,提供了制造感应电动机的原理,制造出结构简单、坚固、便于使用的感应电动机,反过来把电能转化成机械能,为人们做功。这样电磁感应就为发电、输电和用电等技术创新全面地提供了条件,使人类迈进了电气化时代。

电磁感应被广泛地应用于各种电路控制器件制造、各种传感器电子技术和信息技术之中,为生产、生活和科研等各个领域的电气化、自动化、信息化奠定了基础。

● 电磁感应的发现对人类思想发展的意义

发现不同事物之间的互相联系及其变化规律是科学探索的重要任务。电磁感应的发现,是继牛顿发现天上、地上物体之间运动互相联系之后的又一伟大发现。这一发现对于人们认识物质世界及其统一性,在科学思想和科学方法的发展和创新等方面有着深刻的意义。同时,电磁感应发现的漫长曲折过程有着宝贵的哲学意义。它告诫、启发人们应该以联系和变化的观点去认识物质世界。

法拉第在研究电磁感应等电磁现象中,从磁性存在的空间分布逐渐凝聚出“场”的科学创新思想,而电磁感应暗示着变化的磁场可产生电场。麦克斯韦想方设法用数学表述法拉第的场观念时得到了电磁场理论,并预言了电磁波的存在,从而为信息时代的到来奠定了基础。

电磁感应的发现不仅对物理学和现代技术发展做出划时代的贡献,而且对整个现代化文明发展有着深刻的影响。

练习与评价

1. 在磁感应强度为 0.4 T 的匀强磁场中, 长度为 25 cm 的导线以 6 m/s 的速度做切割磁感线的运动, 运动方向跟导线本身垂直, 也跟磁感线垂直. 求导线两端的感应电动势.

2. 有一个 $1\,000$ 匝的线圈, 在 0.4 s 内穿过它的磁通量从 0.02 Wb 增加到 0.09 Wb , 求线圈中的感应电动势. 如果线圈的电阻是 10Ω , 把它跟一个电阻值为 990Ω 的电阻串联组成闭合电路时, 通过该电阻的电流是多大?

3. 下面几个计算磁通量变化的公式, 分别对应什么情形, 请加说明.

A. $\Delta\Phi = L^2 \Delta B$ 或 $\Delta\Phi = L_1 L_2 \Delta B$

B. $\Delta\Phi = \pi r^2 \Delta B$

C. $\Delta\Phi = BLv\Delta t$

D. $\Delta\Phi = \frac{1}{2} Br^2 \omega \Delta t$

发展空间



课外阅读

法拉第圆盘发电机

获得感应电流之后, 法拉第进一步思考的问题是: 如何把将磁铁推入和拉出螺线管产生交变电流的方法改进为用持续旋转产生稳定电流的方法. 1831 年 10 月 28 日, 他做了一个旋转铜盘实验, 其实验原理如图 1-3-3 所示. 图中 N 、 S 表示大磁铁的两极, D 为法拉第制备的铜圆盘, 它可以绕轴在垂直转轴的平面内旋转. 实验时, 他在一个电流计的两个接线柱上接上两个电刷, 当铜盘被转动起来后, 将两个电刷分别放在铜盘的各个部位, 以测定产生感应电流的最佳位置. 经过反复实验, 法拉第发现电流产生的最佳位置在由圆盘心到边缘的半径上, 只要圆盘保持恒速旋转, 产生的电流就一直是稳定不变的.

法拉第所利用的正是直流发电机的原理, 他的实验装置也就是人类的第一台直流发电机.

我们假定一种理想的实验条件: 整个法拉第圆盘在一个匀强磁场 (磁感应强度为 B) 内旋转. 设圆盘半径为 r , 旋转的角速度为 ω , 那么, 我们在转轴与边缘之间得到的感应电动势是多大呢?

可以设想如果圆盘是个自行车轮, 一根根辐条是运动着的直导线. 每根辐条都是中心为正极的电源, 它们彼此并联 (图 1-3-4).

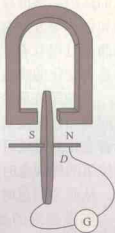


图 1-3-3 法拉第圆盘实验

因此,总电动势等于一根辐条上的电动势.选定一根辐条为 OP (圆盘的一个半径), t_1 时刻它位于 OP , t_2 时刻转到 OP' ,转过的角度是

$$\omega(t_2 - t_1) = \omega \Delta t$$

由于转动,通过 OP 与外电路构成的闭合电路的磁通量变化了 $\Delta\Phi = B\Delta S$,而 ΔS 为 OP 在 Δt 内划过的扇形 OPP' 的面积,有

$$\Delta S = \frac{1}{2} r^2 \omega \Delta t$$

可得到圆盘轴与边缘之间的电动势

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{1}{2} Br^2 \omega$$

也可以利用半径 OP 切割磁感线的平均速度来计算.圆盘中心 $v_0 = 0$,边缘 $v_p = \omega r$,一条半径的平均速度即半径中点的速度

$$\bar{v} = \frac{1}{2} v_p = \frac{1}{2} \omega r$$

根据 $E = BL\bar{v}$,可得到

$$E = \frac{1}{2} Br^2 \omega$$

与前述方法计算结果相同.

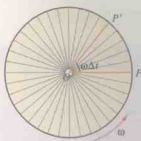


图 1-3-4 自行车轮

磁带录音机

磁带录音机主要由磁带、话筒、录放磁头、放大电路、扬声器、传动机构等部分组成。

普通的磁带是由氧化铁粉黏合在塑料薄膜带上制成的。录音机的录、放原理如图 1-3-5 所示。录音和放音磁头都是一个开有微小缝隙的电磁铁。录音时,话筒把声音的振动转换成音频电流。音频电流经放大电路放大,进入录音磁头的线圈中,在磁头的缝隙处产生随音频电流变化的磁场。磁带紧贴着磁头缝隙移动,磁带上的磁粉层被磁化,在磁带上就记录下声音的磁信号。

放音是录音的逆过程。放音时,磁带紧贴着放音磁头的缝隙通过,磁带上变化的磁场使放音磁头线圈中产生感应电流,感应电流的变化跟记录下来的磁信号相同。这个电流经放大电路放大后,送到扬声器,扬声器把音频电流还原成声音。

在录音机里,录、放两种功能是合用一个磁头完成的。录音时磁头与话筒电路相连,放音时磁头与扬声器电路相连。

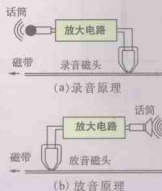


图 1-3-5