

普通高中课程标准实验教材

优质 课堂 1+1

高中物理

选修 3-2

浙江教育出版社

普通高中课程标准实验教材

优质课堂

1 + 1

高中物理

选修 3-2

主 编	杨榕楠	副主编	姜水根				
审 稿	姜水根	王家祥	沈 晨				
编 者	杨继林	陈伟峰	杨榕楠	邬志林	何博纳	陈青华	
	奚曾辉	庄 坚	何 琰	夏宏祥	贺佩霞		

浙江教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

优质课堂 1+1. 高中物理. 3-2: 选修 / 杨榕楠主编.
—杭州: 浙江教育出版社, 2009.4

ISBN 978-7-5338-8200-6

I. 优... II. 杨... III. 物理课—高中—教学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 042422 号

优质课堂 1+1 高中物理

主 编 杨榕楠
副 主 编 姜水根
出 版 浙江教育出版社
(杭州市天目山路 40 号 邮编: 310013)
发 行 浙江省新华书店集团有限公司
总 策 划 邱连根
责任编辑 周延春
装帧设计 韩 波
责任校对 郑德文
责任印务 吴梦菁
图文制作 杭州富春电子印务有限公司
印刷装订 富阳美术印刷有限公司

开 本 850 × 1168 1/16
印 张 5.75
字 数 186 000
版 次 2009 年 4 月第 1 版
印 次 2009 年 4 月第 1 次印刷
印 数 0 001—5 000
标准书号 ISBN 978-7-5338-8200-6
定 价 9.00 元

联系电话: 0571-85170300-80928

e-mail: zjjy@zjcb.com

网 址: www.zjeph.com

版权所有 翻印必究

《优质课堂 1+1》丛书编委会

(以姓氏笔画为序)

方青稚(台州中学)

史定海(鄞州中学)

朱建国(杭州外国语学校)

任学宝(杭州学军中学)

伊建军(杭州高级中学)

许军国(宁波市教育局教研室)

杨榕楠(宁波效实中学)

李兆田(嘉兴高级中学)

沈骏松(嘉兴市教育研究院)

苗金德(绍兴鲁迅中学)

周 红(杭州学军中学)

郑日锋(杭州学军中学)

郑青岳(玉环县教育局教研室)

赵力红(富阳中学)

胡 辛(杭州第二中学)

施丽华(宁波效实中学)

徐丹青(温州中学)

喻颖军(杭州第十四中学)

孔慧敏(杭州第十四中学)

冯任几(湖州中学)

朱恒元(义乌中学)

任美琴(台州回浦中学)

庄志琳(桐乡高级中学)

杨志敏(杭州市教育局教研室)

李 明(舟山南海实验学校)

沈玉荣(杭州外国语学校)

陈进前(杭州学军中学)

林金法(温岭中学)

周业宇(丽水市教育局教研室)

郑水敏(丽水中学)

赵一兵(杭州高级中学)

赵耀明(杭州第四中学)

枯 荣(绍兴市教育局教研室)

姜水根(宁波效实中学)

徐 勤(杭州学军中学)

鄢伟友(金华市教育局教研室)

出版前言

为了更好地贯彻新课改的精神,为广大师生提供有较强针对性及操作性的辅导材料,我社组织全省部分优秀教师及教研员,依据《浙江省普通高中新课程实验学科教学指导意见》以及各学科现行选用教科书的要求,根据一轮新课程的教学实际,在原《随堂纠错超级练》的基础上,精心编写了《优质课堂 1+1》丛书。

这是一套涵盖高中各主要学科、包括课堂教学和阶段复习各环节的同步实战型丛书。丛书的设计以帮助学生掌握基本理论、基础知识,并提高学生的解题能力为目标,各栏目的设置注重对学生学习思路的拓展和学习方法的培养,适合师生的课堂教学和课后的习题训练之用。

《优质课堂 1+1》充分遵循学生的认知规律,按章节编写。每节包括“课本解读”、“典例剖析”和“同步训练”等三个板块。其中,“课本解读”板块用简练的文字,从知识和能力的角度归纳整理了教科书的主要知识点,揭示重、难点,为学生指点迷津。“典例剖析”选取每节典型例题,讲明分析思路,同时点拨解答此类习题的基本策略和方法。“同步训练”按课时编写,从理解巩固、发展提高和高考链接三个梯度,让学生在课堂学习之后,在对所学的知识进行复习巩固的基础上,适当地拓展提升,同时对高考的能力要求有一个感性的认识。

本丛书的作者均为我省各学科的骨干教师和优秀教研员。他们不仅教学经验丰富,而且在习题的编制与选择方面有着深入的研究。在编写本丛书时,他们充分根据各学科的内容特点以及新课程的教学实际,为学生们提供了科学合理的训练素材,希望学生通过本丛书的学习,能在透彻理解教科书内容的基础上,循序渐进地提高自己的学习能力,掌握良好的学习方法,在高考中立于不败之地。

浙江教育出版社

2009年4月

目 录

MU LU



第四章 电磁感应	(1)
4.1 划时代的发现	(1)
4.2 探究电磁感应的产生条件	(1)
4.3 楞次定律	(7)
4.4 法拉第电磁感应定律	(13)
4.5 电磁感应规律的应用	(20)
4.6 互感和自感	(24)
4.7 涡流 电磁阻尼和电磁驱动	(29)
自我测试卷	(33)
 第五章 交变电流	(36)
5.1 交变电流	(36)
5.2 描述交变电流的物理量	(41)
5.3 电感和电容对交变电流的影响	(45)
5.4 变压器	(50)
5.5 电能的输送	(55)
自我测试卷	(59)
 第六章 传感器	(61)
6.1 传感器及其工作原理	(61)
6.2 传感器的应用(一)	(65)
6.3 传感器的应用(二)	(65)
6.4 传感器的应用实验	(71)
自我测试卷	(76)
 参考答案	(79)

第四章 电磁感应

4.1 划时代的发现

4.2 探究电磁感应的产生条件

课本解读

基本知识

1. 电磁感应现象发现的过程

(1) 18世纪中叶,人们发现电能使金属发生磁化的现象,但包括库仑在内的众多物理学家仍然认为电和磁是互不相关的。

(2) 18世纪末,康德等哲学家提出各种自然现象之间相互联系和相互转化的思想。

(3) 19世纪初,奥斯特通过实验证明了电流的磁效应。

(4) 法国物理学家安培、瑞士物理学家科拉顿试图利用导体线圈“感应”出电流,却一无所获。

(5) 1831年,在经历了10年的研究、无数次失败以后,法拉第终于发现了“磁生电”的现象,提出了“电磁感应”的概念。

2. 电磁感应现象

(1) 概念:利用磁得到电的现象叫做电磁感应。

(2) 引起电流的原因:变化的电流、变化的磁场、运动的恒定电流、运动的磁铁以及在磁场中运动的导体。

3. 感应电流

在电磁感应现象中产生的电流叫做感应电流。

4. 发现“磁生电”的意义和价值

“磁生电”的发现,使得人类对电和磁内在联系的认识更加完善,宣告了电磁学作为一门统一学科的诞生。

5. 产生感应电流的条件

不论采用什么方法,只要穿过闭合电路的磁通量

发生变化,闭合电路中就会有感应电流产生。



深入理解

1. 法拉第发现电磁感应现象的艰难历程

奥斯特发现电流的磁效应引发了对称性的普遍思考:既然电流能够引起磁针的运动,那么磁铁也会使导线产生电流。法拉第坚信:自然界应该是和谐统一的,磁与电之间也应该有类似的“感应”。

1822年12月、1825年11月、1828年4月,法拉第曾经三次进行集中的实验研究,均以失败告终。失败的原因在于,法拉第认为,既然奥斯特的实验表明有电流就有磁场,那么有了磁场就应该有电流。因此,他在实验中用的都是恒定电流产生的磁场。

虽然经历了无数次的失败,但是凭借坚定的信念和对科学的执著追求,法拉第始终没有放弃。直到1831年8月29日,法拉第终于发现,“磁生电”是一种在变化、运动的过程中才能出现的效应。他苦苦寻找了10年之久的“磁生电”的现象终于被发现了。

2. 正确理解产生感应电流的条件

只要穿过闭合电路的磁通量发生变化,闭合电路中就有感应电流。这说明,产生感应电流的条件可以归纳为两个:一是电路必须闭合,二是穿过闭合电路的磁通量发生变化。其内涵主要体现在“变化”两字上。电路中有磁通量不是产生感应电流的条件,即使穿过电路的磁通量很大,但如果没有变化,也不会有感应电流产生。

“闭合电路”、“一部分导体”和“切割磁感线运动”是产生感应电流必不可少的三个条件。

① 闭合电路:只有当闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线运动时,才能产生感应电流。如果电路不是闭合的,即使导体做切割磁感线运动,导体中

也不会产生感应电流。

②一部分导体:在满足①的条件下,只有让一部分导体做切割磁感线运动时,才能产生感应电流。“做切割磁感线运动”中的“运动”指的是相对运动,既可以是磁场不动,导体在磁场中运动,也可以是导体不动,而让磁场运动。

③“做切割磁感线运动”与“磁通量发生变化”在确定有无感应电流时的结论是一致的。如图 4.2-1 所示,闭合电路 $abcd$ 全部在垂直纸面向里的磁场中,以速度 v 向右运动。虽然导体在做切割磁感线的运动,但 ab 和 cd

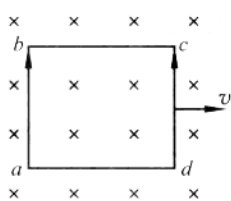


图 4.2-1

在磁场中所处的情况相同,且运动方向一致,两边产生的感应电流互相抵消; ad 和 bc 在磁场中没有切割磁感线,不产生感应电流,因此闭合电路 $abcd$ 中不会产生感应电流。也可以更直接地表述为:闭合电路 $abcd$ 中的磁通量未发生变化,故不会产生感应电流。



名师点拨

电磁感应现象是 19 世纪物理学上最伟大的发现之一,也是整个科学史上最伟大的发现之一。有大批著名的科学家献身其中,但只有法拉第发现了真谛。在学习中,要认真体会法拉第这一伟大发现的研究思路、方法和精神,体会科学研究中突破思维定势的重要性。

教科书详细介绍了法拉第的实验研究过程。要注意体会这些实验的设计思想,研究这些实验的区别和联系,通过几个典型的实验归纳总结感应电流产生的条件。

磁通量、磁通量变化的概念比较抽象,是本节学习的难点,要认真体会。

典例剖析

例 1 如图 4.2-2 所示,一个正方形线圈垂直放置在足够大的匀强磁场区域中,磁场方向垂直纸面向外,磁感应强度 $B=0.50\text{ T}$,线圈边长 $L=0.20\text{ m}$ 。

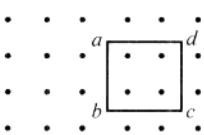


图 4.2-2

(1) 若将这个线圈的形状由正方形改成圆形(线

圈的周长不变),在此过程中穿过线圈的磁通量变化了多少?

(2) 若以 ab 边为轴将线圈转动 180° ,在此过程中穿过线圈的磁通量又变化了多少?

解析 (1) 线圈为正方形时,

$$\text{面积 } S_1 = L^2 = 4.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2,$$

$$\text{穿过线圈的磁通量 } \Phi_1 = BS_1 = 0.50 \times 4.0 \times 10^{-2} \text{ Wb} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ Wb}.$$

$$\text{线圈形状为圆形时,其半径 } r = \frac{4L}{2\pi} = \frac{2L}{\pi},$$

$$\text{线圈面积 } S_2 = \pi \left(\frac{2L}{\pi} \right)^2 = \frac{(2 \times 0.20)^2}{3.14} \text{ m}^2 = 5.1 \times 10^{-2} \text{ m}^2,$$

$$\text{穿过线圈的磁通量 } \Phi_2 = BS_2 = 0.50 \times 5.1 \times 10^{-2} \text{ Wb} = 2.55 \times 10^{-2} \text{ Wb}.$$

$$\text{所以,磁通量的变化量 } \Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = (2.55 - 2.0) \times 10^{-2} \text{ Wb} = 5.5 \times 10^{-3} \text{ Wb}.$$

(2) 当线圈以 ab 边为轴转动 180° 时,线圈平面又与磁场垂直,但磁感线从线圈平面的另一面穿入。

取初状态的磁通量为正,则此时磁通量

$$\Phi'_2 = -BS_2 = -2.55 \times 10^{-2} \text{ Wb},$$

$$\text{所以,磁通量的变化量 } \Delta\Phi = |\Phi'_2 - \Phi_1| = 4.0 \times 10^{-2} \text{ Wb}.$$

答案 (1) $5.5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ (2) $4.0 \times 10^{-2} \text{ Wb}$

解法提炼

本题考查磁通量变化量的知识,求磁通量的一般步骤为:①规定磁感线的贯穿方向与磁通量的正、负值的关系;②分析初、末状态线圈平面与磁感线方向的关系,确定两个状态磁通量的正、负;③列式求解。

例 2 如图 4.2-3 所示,竖直放置的长直导线 ef 中通有恒定电流,有一闭合矩形导线框 $abcd$ 与导线在同一平面内。在下列情况中,能使导线框中有感应电流通过的是()

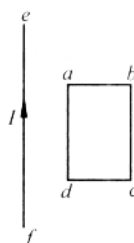


图 4.2-3

- A. 线框垂直导线向右平动
- B. 线框平行导线向下平动
- C. 线框以 ab 边为轴转动
- D. 线框以导线 ef 为轴转动
- E. 导线中电流变大

解析 分析是否会产生感应电流,关键是分析穿过闭合线框的磁通量是否发生变化;而分析磁通量是否变化,关键就是分析清楚磁感线的分布。

通电直导线周围磁场的磁感线是一些以导线上各

点为圆心的同心圆,且靠近导线处磁场强、磁感线密,距离导线远处磁场弱、磁感线疏。画磁感线分布主视图如图 4.2-4 所示。由图易知,在 A、C 选项所述的情况下,通过线框的磁通量变小,有感应电流产生;在 B 项所述的情况下,通过线框的磁通量不会发生变化,没有感应电流产生;对于 D 选项,画俯视图如图 4.2-5 所示,由图可以看出,线框以 ef 为轴转动时,通过线框的磁通量始终不变,故没有感应电流产生;而对于 E 选项,因为 I 的增大会引起导线周围的磁场增强,使线框磁通量增大,所以会产生感应电流。

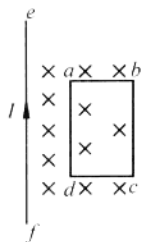


图 4.2-4

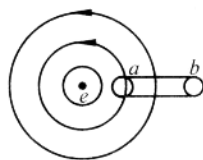


图 4.2-5

答案 A、C、E

解法提炼

本题考查对能否产生感应电流的判断。解答这类题的关键是比较初、末状态的磁通量,熟记各种典型磁场的磁感线分布图是解决本类问题的基础。在具体解答过程中,可按下列步骤进行:①画出磁场的磁感线分布,明确空间各处磁感线的疏密和方向;②分析闭合线框在运动过程中各位置的磁通量;③判断所考察过程中闭合线框的磁通量是否变化,再确定能否产生感应电流。

例 3 1820 年,奥斯特发现了电流的磁效应,激发起大批科学家研究电磁现象的兴趣,美国物理学家亨利就是其中一位。1830 年 8 月,时为纽约奥尔巴尼(Albany)学院教授的亨利利用学院假期,采用图 4.2-6 所示的实验装置研究绕有不同长度导线的电磁铁所产生的磁力大小。当他闭合开关 S,发现电流表 P

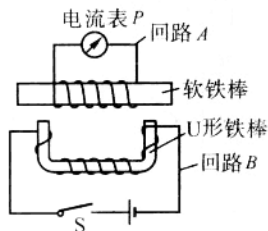


图 4.2-6

的指针摆动;打开开关 S,又发现电流表 P 的指针向相反方向摆动。实验中,当回路 B 中电流恒定时,电流表的指针不发生偏转。亨利对这个现象感到非常奇怪。你能解释这一现象吗?如果你是当时的科学家之一,在发现了这个现象之后会作怎样的后续研究?

解析 亨利做的这个实验实际上是电磁感应现象的非常直观的关键性实验。当开关 S 闭合时,通过回路 B 的电流发生变化,U 形电磁铁的磁性从无到有,从而使通过回路 A 的磁通量从无到有,于是回路 A 中产生了感应电流,电流表 P 的指针发生摆动。当开关断开时,U 形电磁铁的磁性从有到无,从而使通过回路 A 的磁通量从有到无,在回路 A 中也产生感应电流,电流表 P 的指针发生摆动。当回路 B 中电流恒定时,通过回路 A 的磁通量保持不变,回路 A 无感应电流产生,电流表的指针不发生偏转。

当奥斯特发现电流的磁效应后,科学家们开始了寻找“磁生电”的艰辛历程。在 1830 年之前,科学家们尝试了各种不同的方法都均无所获。可是,亨利的这个实验说明在线圈 A 中产生了电流,这是一个非常惊人的现象。当法拉第做了类似的实验之后,马上就写信给他的朋友菲利普斯:“我正再度忙于研究电磁学。我想,我捞到了一些好东西。”在这个实验的基础上,法拉第接着深入研究后,再用了一年多时间找到了磁转化为电的途径。如果你作为当时的科学家,首先要分析这个实验中电流表指针发生偏转的关键是开关的闭合和断开,而开关的闭合和断开能让电磁铁的磁性发生变化。为了实现“磁生电”,进一步考虑把电磁铁换成磁铁进行研究,为了得到与电磁铁开关断开与闭合同样的效果,可以尝试让磁铁靠近与远离软铁棒,观察线圈 A 中有没有电流产生。当时的科学家的研究目的是找到“磁生电”的方法,因此后续的研究是通过“电流产生电流”的方法去寻找利用“磁铁产生电流”的方法。

答案 见解析

解法提炼

这是一类关于科学研究的题,也可以作为一个研究性的课题。对于这一类题,先要熟悉科学研究的背景,并明确研究的目的,然后根据研究的目的确定研究的过程和方法,且善于借鉴科学家的成功经验。

同步训练

课时 1

理解巩固

1. 最早发现电流磁效应的科学家是 ()
A. 牛顿 B. 奥斯特 C. 法拉第 D. 安培
2. 下列说法正确的是 ()
A. 穿过某一个面的磁通量为零, 该面所在处磁感应强度必为零
B. 穿过某一个面的磁通量越大, 该面所在处磁感应强度也越大
C. 穿过垂直于磁场方向的某面积的磁感线条数等于磁感应强度
D. 当某一个面跟磁场方向平行时, 穿过该面的磁通量为零
3. 关于产生感应电流的条件, 下列说法正确的是 ()
A. 位于磁场中的闭合线圈, 一定能产生感应电流
B. 闭合线圈和磁场发生相对运动, 一定能产生感应电流
C. 闭合线圈做切割磁感线运动, 一定能产生感应电流
D. 穿过闭合线圈的磁通量发生变化, 一定能产生感应电流
4. 如图 4.2-7 所示, 把矩形线圈 $abcd$ 放在匀强磁场中, 线圈平面和磁感线平行。下列情况可使线圈中有感应电流产生的是 ()
A. 让线圈沿磁感线方向平动
B. 让线圈沿垂直于磁感线方向平动
C. 让线圈以 bc 边为轴转动
D. 让线圈以 ab 边为轴转动

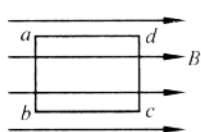


图 4.2-7

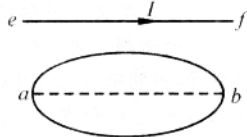


图 4.2-8

5. 如图 4.2-8 所示, ab 是水平面上的一个圆的直径, 在过 ab 的竖直平面内有一根通电导线 ef , 且 ef 平行于 ab 。当 ef 竖直向上平移时, 电流磁场穿过圆

面的磁通量将

- A. 逐渐增大
 - B. 逐渐减小
 - C. 始终为零
 - D. 不为零, 但保持不变
6. 某学生做观察电磁感应现象的实验, 将电流表、线圈 A 和 B、蓄电池、开关用导线连接成如图 4.2-9 所示的实验电路。当他闭合、断开开关时, 电流表的指针都没有发生偏转, 其原因是 ()
A. 开关位置接错
B. 电流表的正、负极接反
C. 线圈 B 的接头 3、4 接反
D. 蓄电池的正、负极接反

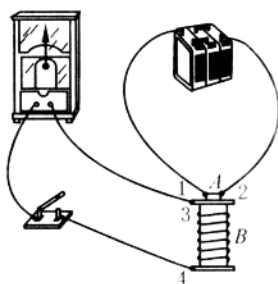


图 4.2-9

7. 如图 4.2-10 所示, 一个水平放置的矩形线圈在条形磁铁 S 极附近下落。在下落过程中, 线圈平面保持水平。如图所示, 位置 1 和 3 都靠近位置 2。线圈从位置 1 到位置 2 的过程中, 线圈内 _____ (填“有”或“无”, 下同) 感应电流; 线圈在位置 2 的瞬间 _____ 感应电流; 线圈从位置 2 到位置 3 的过程中, 线圈内 _____ 感应电流。

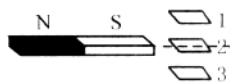


图 4.2-10

发展提高

8. 如图 4.2-11 所示, 矩形线圈与匀强磁场垂直, 且一半在磁场内, 另一半在磁场外。下列过程中, 能使线圈中产生感应电流的是 ()
A. 将线圈以 bc 边为轴转动 45°
B. 将线圈以 ad 边为轴转动 45°
C. 将线圈向下平移
D. 将线圈向上平移

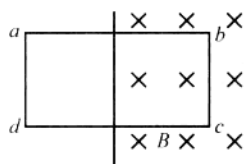


图 4.2-11

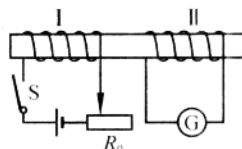


图 4.2-12

9. 绕在同一铁芯上的线圈 I、II 按图 4.2-12 所示方

法连接, G 为电流表。下列说法正确的是 ()

- A. 开关 S 闭合瞬间, G 的示数不为零
 B. 保持开关 S 闭合, G 的示数不为零
 C. 保持开关 S 闭合, 移动变阻器 R 滑动触头的位置, G 的示数为零
 D. 断开开关 S 的瞬间, G 的示数为零
10. 在研究电磁感应现象的实验中, 为了能明显地观察到实验现象, 请在如图 4.2-13 所示的实验器材中选择必要的器材, 并用实线将它们连接成相应的实物电路图。

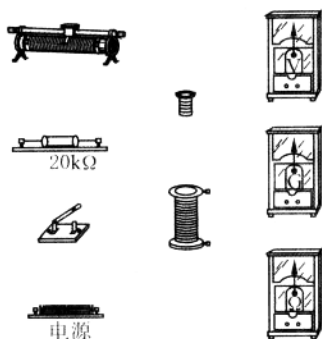


图 4.2-13

课时 2

理解巩固

11. 如图 4.2-14 所示, 磁带录音机既可录音, 也可放音, 其主要部件为匀速行进的磁带和绕有线圈的磁头。下列关于录音、放音工作原理的描述中, 正确的是 ()

- A. 放音的主要原理是电磁感应, 录音的主要原理是电流的磁效应
 B. 录音的主要原理是电磁感应, 放音的主要原理是电流的磁效应
 C. 放音和录音的主要原理都是磁场对电流的作用
 D. 录音和放音的主要原理都是电磁感应

12. 如图 4.2-15 所示, 当导线 MN 沿导轨开始向右滑动的瞬间 (导轨间有磁场, 磁场方向垂直纸面向里), 正对电磁铁 A 的圆

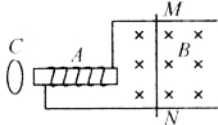


图 4.2-15

形金属环 C 中 ()

- A. 有感应电流
 B. 无感应电流
 C. 不能确定有没有感应电流
 D. 无法确定
13. 如图 4.2-16 所示, 闭合小金属环从高为 h 的光滑曲面上无初速滚下, 又沿曲面的另一侧上升。下列说法正确的是 ()
- A. 若是匀强磁场, 环在左侧滚上的高度小于 h
 B. 若是匀强磁场, 环在左侧滚上的高度等于 h
 C. 若是非匀强磁场, 环在左侧滚上的高度等于 h
 D. 若是非匀强磁场, 环在左侧滚上的高度小于 h

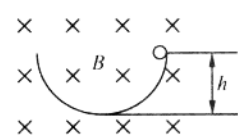


图 4.2-16

14. 如图 4.2-17 所示, A 、 B 是两个互相垂直的绝缘线框, 两线框的交点恰是线框的中点。当线框 A 中的电流增大时, 线框 B 中 (填“有”或“无”) 感应电流。

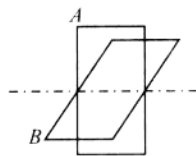


图 4.2-17

15. 如图 4.2-18 所示, 匀强磁场区域宽度为 l 。现有一边长为 d 的矩形金属框, 以恒定速度 v 向右通过磁场区域。若 $l > d$, 则在金属框通过磁场区域的过程中有感应电流的时间为 _____; 若 $l < d$, 则在金属框通过磁场区域的过程中有感应电流的时间为 _____。

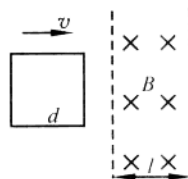


图 4.2-18

16. 1822 年, 安培做了许多实验, 其中一个实验装置如图 4.2-19 所示。将一个均质多匝线圈 A 固定在绝缘架上, 另一个单匝线圈 B 用细线悬挂起来, 两者在同一平面内, 然后在线圈 A 中通以强电流。当线圈 A 通电的瞬间, 线圈 B 转动了一下。由于安培缺乏思想准备, 这一瞬间现象所包含着的真理却从他眼皮底下溜走了。请你说明这个实验所包含的真理, 并解释线圈 B 转动的原因。

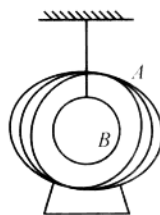


图 4.2-19

17. 如图 4.2-20 所示是法拉第做成的世界上第一个发电机的模型。在磁铁两极间放一铜盘,转动铜盘,就可以获得持续的电流。试解释其原理。

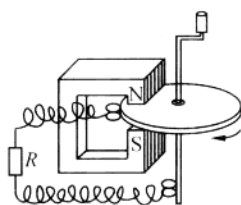


图 4.2-20

发展提高

18. 如图 4.2-21 所示,在平面上有两条互相垂直且彼此绝缘的长通电导线,以它们为坐标轴构成一个平面直角坐标系。四个相同的闭合圆形线圈 a 、 b 、 c 、 d 在四个象限中完全对称放置,长直导线中电流大小与变化情况完全相同。当两条导线中的电流都开始增大时, a 、 b 、 c 、 d 四个线圈中的感应电流情况为 ()

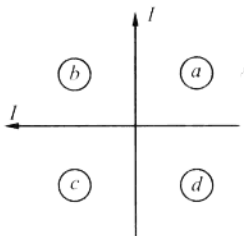


图 4.2-21

19. 如图 4.2-22 所示,裸导线框 $abcd$ 放在光滑的金属导轨上向右匀速运动,匀强磁场的方向垂直纸面向里。下列判断正确的是 ()

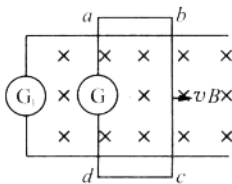


图 4.2-22

20. 如图 4.2-23 所示,在一固定圆柱形磁铁的 N 极附近放置一平面线圈 $abcd$,磁铁轴线与线圈水平中心线 xx' 轴重合。下列说法正确

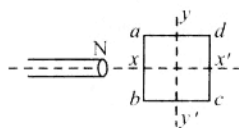


图 4.2-23

的是 ()

- A. 当线圈刚沿 xx' 轴向右平移时,线圈中有感应电流
B. 当线圈刚绕 xx' 轴转动时(ad 向外, bc 向里),线圈中有感应电流
C. 当线圈刚沿垂直纸面方向向外平移时,线圈中有感应电流
D. 当线圈刚绕 yy' 轴转动时(ab 向里, cd 向外),线圈中有感应电流



高考链接

21. (2008·海南卷)法拉第通过精心设计的一系列实验,发现了电磁感应定律,将历史上认为各自独立的学科“电学”与“磁学”联系起来。在下面几个典型的实验设计思想中,所作的推论后来被实验否定的是 ()
- A. 既然磁铁可使近旁的铁块磁化,静电荷可使近旁的导体表面感应出电荷,那么静止导线上的稳恒电流也可在近旁静止的线圈中感应出电流
B. 既然磁铁可在近旁运动的导体中感应出电动势,那么稳恒电流也可在近旁运动的线圈中感应出电流
C. 既然运动的磁铁可在近旁静止的线圈中感应出电流,那么静止的磁铁也可在近旁运动的导体中感应出电动势
D. 既然运动的磁铁可在近旁的导体中感应出电动势,那么运动导线上的稳恒电流也可在近旁的线圈中感应出电流
22. (2003·上海卷)唱卡拉 OK 用的话筒,内有传感器。其中有一种是动圈式的,它的工作原理是在弹性膜片后面粘接一个轻小的金属线圈,线圈处于永磁体的磁场中。当声波使膜片前后振动时,声音信号便转变为电信号。下列与此有关的说法正确的是 ()
- A. 该传感器是根据电流的磁效应工作的
B. 该传感器是根据电磁感应原理工作的
C. 膜片振动时,穿过金属线圈的磁通量不变
D. 膜片振动时,金属线圈中不会产生感应电动势



4.3 楞次定律

课本解读

基本知识

1. 楞次定律

感应电流具有这样的方向,即感应电流的磁场总是要阻碍引起感应电流的磁通量的变化。楞次定律是用来确定感应电流方向的定律。

2. 右手定则

伸开右手,使拇指与其余四个手指垂直,并且都与手掌在同一个平面内;让磁感线从掌心进入,并使拇指指向导线运动的方向,这时四指所指的方向就是感应电流的方向。右手定则可以用来判定导线切割磁感线时感应电流的方向。

深入理解

1. 楞次定律中“阻碍”一词的含义

当原磁场的磁通量增大时,感应电流的磁场与原磁场方向相反,在效果上减缓磁通量的增大;当原磁场的磁通量减小时,感应电流的磁场与原磁场方向相同,在效果上减缓磁通量的减小。因此,楞次定律就把感应电流磁场产生的这种延缓变化的效果归纳为“阻碍”。

“阻碍”不等于“相反”。感应电流磁场阻碍“变化”具体体现为两个方面:①原磁通量发生“增大”的变化时,阻碍就表现为感应电流磁场与原磁场方向“相反”;②原磁通量发生“减小”的变化时,阻碍则表现为感应电流磁场与原磁场方向“相同”。

“阻碍”不等于“阻止”。感应电流产生的磁场只起到延缓引起感应电流磁通量变化的效果。

2. 应用楞次定律判断感应电流方向的基本思路

①明确研究的对象是哪一个闭合电路;②判断该电路所处磁场的方向如何、磁通量如何变化;③应用楞次定律判定感应电流磁场的方向;④根据右手螺旋定则判定感应电流的方向。

3. 楞次定律的几种等价表述

引起磁通量变化的原因很多:磁体与线圈发生相

对运动会引起磁通量的变化,线圈本身电流的变化也会引起磁通量的变化。这样,感应电流的磁场阻碍磁通量的变化,在具体案例中就表现为阻碍引起磁通量变化的原因。以下是几种常见的表述:

①感应电流的磁场总要阻碍引起感应电流的磁通量的变化。

②感应电流所受到的安培力总要阻碍导体的相对运动。如图 4.3-1 所示,若条形磁铁向闭合线圈运动,由于相互靠近而使闭合线圈的磁通量增大,这时感应电流的方向使线圈与磁体相互排斥;若条形磁铁远离闭合线圈,则由于互相远离而使磁通量减小,这时感应电流的方向使线圈与磁体相互吸引。

图 4.3-1

③感应电流总是要阻碍原电流的变化。如在自感线圈中,原电流增大时,感应电流的方向与原电流的方向相反;原电流减小时,感应电流的方向与原电流的方向相同。

总之,“磁生电”是一种在变化过程中表现出来的效应,不论这种变化的具体形式如何,楞次定律揭示出:感应电流的一切行为总是要“阻碍变化”。



名师点拨

楞次定律及其应用是本节学习的重点和难点。在理解定律时,应重在理解教科书对演示实验的数据处理和归纳,明确两个磁场(原磁场、感应电流的磁场)以及它们之间的联系(感应电流的磁场总是“阻碍”原磁场磁通量的变化)。在运用楞次定律时,关键在于确定原磁场的方向及磁通量的变化情况。

运用右手定则与楞次定律判断感应电流时,结论是一致的,但在导体棒切割磁感线产生感应电流的情况下,用右手定则比较方便,因此必须熟练地掌握这一方法。

典例剖析

例 1 如图 4.3-2 所示,闭合线圈上方有一竖直放置的条形磁铁,磁铁的 N 极朝下。当磁铁向下

运动时(但未插入线圈内部) ()

- A. 线圈中感应电流的方向与图中箭头方向相同, 磁铁与线圈相互吸引
B. 线圈中感应电流的方向与图中箭头方向相同, 磁铁与线圈相互排斥
C. 线圈中感应电流的方向与图中箭头方向相反, 磁铁与线圈相互吸引
D. 线圈中感应电流的方向与图中箭头方向相反, 磁铁与线圈相互排斥

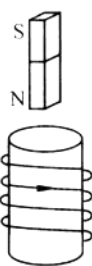


图 4.3-2

解析 根据运用楞次定律判断感应电流方向的一般步骤来进行分析。首先, 确定原磁场方向向下; 其次, 磁铁向下运动时, 穿过线圈的磁通量增大; 再根据楞次定律, 确定感应电流的磁场方向向上; 最后, 用右手螺旋定则判断感应电流与图中箭头方向相同。磁铁与线圈的相互作用情况可以根据楞次定律的另一表述——阻碍相对运动——确定为互相排斥。

答案 B

解法提炼

本题考查运用楞次定律确定感应电流方向和相互作用。运用楞次定律判断感应电流方向的一般步骤: ①明确研究的对象是哪一个闭合电路; ②判断该电路磁通量方向及如何变化; ③运用楞次定律判定感应电流磁场的方向; ④运用右手螺旋定则判断感应电流的方向。感应电流与磁场的相互作用情况可以根据左手定则来判断, 也可以利用楞次定律的另一表述——阻碍相对运动——来判断, 一般采用后者比较简捷。

例 2 如图 4.3-3 甲所示, 闭合的圆线圈放在匀强磁场中, $t=0$ 时磁感线垂直线圈平面向里穿过线圈, 磁感应强度随时间变化的关系图线如图乙所示。在 $0 \sim 2$ s 内, 线圈中感应电流的大小和方向分别为 ()

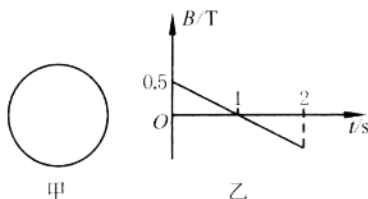


图 4.3-3

- A. 逐渐增大, 逆时针
B. 逐渐减小, 顺时针
C. 大小不变, 顺时针

D. 大小不变, 先顺时针后逆时针

解析 由 $B-t$ 图象可知, 在第 1 s 内, 磁场方向向里, 穿过线圈的磁通量减小, 根据楞次定律, 感应电流产生的磁场方向与原磁场方向相同, 即向里, 由右手螺旋定则确定感应电流方向为顺时针方向。在第 2 s 内, 磁场方向向外, 穿过线圈的磁通量增大, 根据楞次定律, 感应电流产生的磁场方向与原磁场方向相反, 即向里, 由右手螺旋定则确定感应电流方向仍为顺时针方向。感应电流的大小则由感应电动势大小决定, 由图象可得磁感应强度随时间的变化率 $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ 恒定, 所以线圈中将产生恒定的感应电动势, 故电流大小不变。

答案 C

解法提炼

本题是一类由于磁场变化而产生的电磁感应现象, 磁场的磁感应强度随时间的变化情况是用 $B-t$ 图象来描述的。解答此类问题时, 首先必须从图象上识别磁感应强度随时间变化的情况。读图时应从图象上读出以下信息: 磁感应强度的方向与正、负的对对应关系, 零时刻磁感应强度的大小和方向, 图线的斜率所包含的物理意义等。感应电流的方向则可运用楞次定律的一般步骤来判断。

例 3 如图 4.3-4 所示, ab 为一根金属杆, 它处在垂直于纸面向里的匀强磁场中, 可绕 a 点在纸面内转动; s 为以 a 为圆心位于纸面内的金属圆环; 在杆转动过程中, 杆的 b 端与金属环保持良好接触; A 为电流表, 其一端与金属环相连, 另一端与 a 点良好接触。当杆沿顺时针方向转动时, 某时刻 ab 杆的位置如图, 则此时 ()

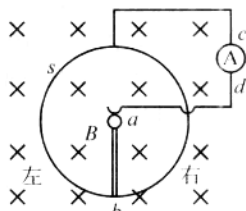


图 4.3-4

- A. 有电流通过电流表, 方向为 $c \rightarrow d$; 作用于 ab 的安培力向右
B. 有电流通过电流表, 方向为 $c \rightarrow d$; 作用于 ab 的安培力向左
C. 有电流通过电流表, 方向为 $d \rightarrow c$; 作用于 ab 的安培力向右
D. 有电流通过电流表, 方向为 $d \rightarrow c$; 作用于 ab 的安培力为零

解析 金属杆 ab 在以 a 为圆心匀速转动的过程中, 由于切割磁感线而产生感应电动势。感应电流的方

向可以根据右手定则来判断,金属杆内部的感应电流方向为 $a \rightarrow b$,则流经电流表的电流方向为 $c \rightarrow d$ 。再根据左手定则,可以判定作用于 ab 杆的安培力方向向右。

答案 A

解法提炼

本题考查导体切割磁感线而产生的电磁感应现象。感应电流的方向用右手定则来判断;导体受到的安培力方向既可以用左手定则判断,也可以直接运用楞次定律的另一种表述——阻碍相对运动来判断。

同步训练

课时1

理解巩固

- 1931年,英国物理学家狄拉克从理论上预言,自然界存在只有一个磁极的粒子,即“磁单极子”。1982年,美国物理学家卡布莱设计了一个寻找磁单极子的实验。他设想,如果一个只有N极的磁单极子从上向下穿过如图4.3-5所示的超导线圈,那么,从上向下看,超导线圈上将出现()

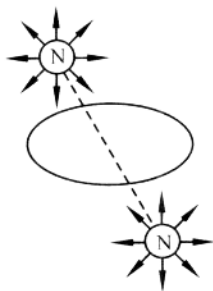


图 4.3-5

- 先是逆时针方向的感应电流,然后是顺时针方向的感应电流
 - 先是顺时针方向的感应电流,然后是逆时针方向的感应电流
 - 顺时针方向持续流动的感应电流
 - 逆时针方向持续流动的感应电流
- 如图4.3-6所示,一个有界匀强磁场区域,磁场方向垂直纸面向外。一个矩形闭合导线框 $abcd$ 沿纸面由位置1(左)匀速运动到位置2(右)。下列说法正确的是()

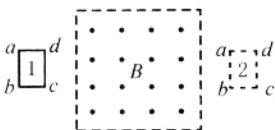


图 4.3-6

- 导线框进入磁场时,感应电流方向为 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$

$d \rightarrow a$

- 导线框离开磁场时,感应电流方向为 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$
 - 导线框进入磁场时,受到的安培力方向水平向左
 - 导线框离开磁场时,受到的安培力方向水平向右
- 如图4.3-7所示,线圈 L_2 在 L_1 附近。为了使 L_2 中有图示箭头所指方向的感应电流,可以使()

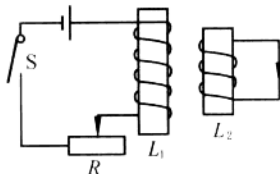


图 4.3-7

- 变阻器滑片向左移
 - 变阻器滑片向右移
 - L_2 远离 L_1 运动
 - 断开开关 S
- 匀强磁场的方向垂直纸面,规定向里的方向为正。在磁场中有一细金属圆环,线圈平面位于纸面内,如图4.3-8甲所示。现令磁感应强度 B 随时间 t 变化,先按图乙所示的 Oa 图线变化,后来按图线 bc 和 cd 变化。用 E_1 、 E_2 、 E_3 分别表示这三段变化过程中感应电动势的大小, I_1 、 I_2 、 I_3 分别表示相应的感应电流,则()

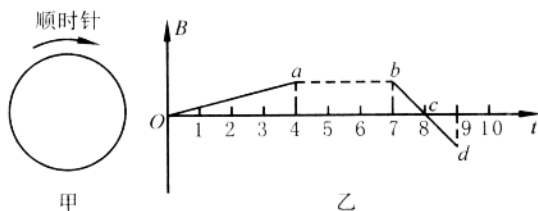


图 4.3-8

- $E_1 > E_2$, I_1 沿逆时针方向, I_2 沿顺时针方向
 - $E_1 < E_2$, I_1 沿逆时针方向, I_2 沿顺时针方向
 - $E_1 < E_2$, I_2 沿顺时针方向, I_3 沿逆时针方向
 - $E_2 = E_3$, I_2 沿顺时针方向, I_3 沿顺时针方向
- 某实验小组用如图4.3-9所示的实验装置来验证楞次定律。当条形磁铁自上而下穿过固定的线圈时,通过电流表的感应电流方向是()

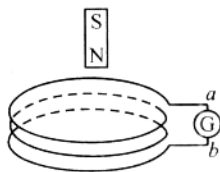


图 4.3-9

- $a \rightarrow G \rightarrow b$

B. 先 $a \rightarrow G \rightarrow b$, 后 $b \rightarrow G \rightarrow a$

C. $b \rightarrow G \rightarrow a$

D. 先 $b \rightarrow G \rightarrow a$, 后 $a \rightarrow G \rightarrow b$

6. 一个平面线圈用细杆悬于 P 点, 开始时细杆处于水平位置, 释放后让它在如图 4.3-10 所示的匀强磁场中运动。已知线圈平面始终与纸面垂直, 当线圈第一次通过位置 I 和位置 II 时, 顺着磁场的方向看去, 线圈中感应电流的方向分别为 ()

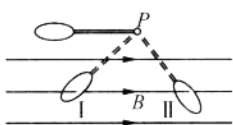


图 4.3-10

A. 逆时针方向、逆时针方向

B. 逆时针方向、顺时针方向

C. 顺时针方向、顺时针方向

D. 顺时针方向、逆时针方向

7. 如图 4.3-11 所示, 一根条形磁铁与一圆形线圈在同一平面内, 磁铁中心与圆心 O 重合。为了在磁铁开始运动时, 在线圈中得到如图所示的电流 I , 磁铁的运动方向应为 ()

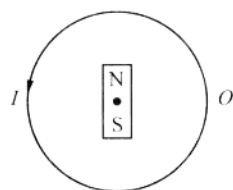


图 4.3-11

- A. N 极向纸内, S 极向纸外, 使磁铁绕 O 点转动
B. N 极向纸外, S 极向纸内, 使磁铁绕 O 点转动
C. 使磁铁沿垂直于线圈平面的方向向纸外做平动
D. 使磁铁沿垂直于线圈平面的方向向纸内做平动

发展提高

8. 现将电池组、滑线变阻器、带铁芯的线圈 A、内部空心的线圈 B、电流表及开关按如图 4.3-12 连接。在开关闭合、线圈

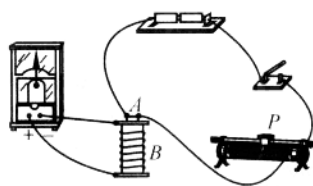


图 4.3-12

A 放在线圈 B 中的情况下, 某同学发现当他将滑线变阻器的滑片 P 向左加速滑动时, 电流表指针向右偏转。由此可以判断 ()

- A. 线圈 A 向上移动或滑动变阻器的滑片 P 向右加速滑动都能引起电流表指针向左偏转
B. 将线圈 A 中的铁芯向上拔出或断开开关, 都能引起电流表指针向右偏转

- C. 滑动变阻器的滑片 P 匀速向左或匀速向右滑动, 都能使电流表指针静止在中央
D. 因为线圈 A、线圈 B 的绕线方向未知, 故无法判断电流表指针偏转的方向

9. 如图 4.3-13 所示, 两圆环 A、B 置于同一水平面上, 其中 A 为均匀带电绝缘环, B 为导体环。当 A 以图示方向绕中心转动的角速度发生变化时, B 中产生如图所示方向的感应电流。下列判断正确的是 ()

A. A 可能带正电且转速减小

B. A 可能带正电且转速增大

C. A 可能带负电且转速减小

D. A 可能带负电且转速增大

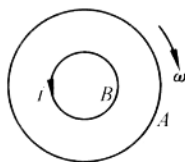


图 4.3-13

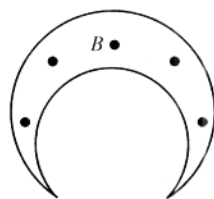


图 4.3-14

10. 两个不封闭的金属圆环连接成如图 4.3-14 所示, 两环所围成的月亮形区域内存在匀强磁场, 磁场方向垂直纸面向外。当磁感应强度逐渐减小时, 内、外金属环中感应电流的方向为 ()
- A. 外环顺时针, 内环逆时针
B. 外环逆时针, 内环顺时针
C. 内、外环均为逆时针
D. 内、外环均为顺时针

课时 2

理解巩固

11. 如图 4.3-15 所示, 用细线吊着一个矩形闭合金属线框, 它的正下方有一水平通电直导线 MN。现在使导线 M 端向纸外、N

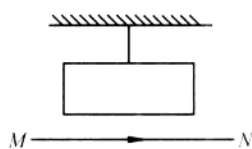


图 4.3-15

端向纸内在水平面内转动, 则金属框 ()

- A. 有顺时针方向的感应电流, 与导线同向转动
B. 有顺时针方向的感应电流, 与导线反向转动
C. 有逆时针方向的感应电流, 与导线同向转动
D. 有逆时针方向的感应电流, 与导线反向转动

12. 如图 4.3-16 所示, 水平放置的矩形线框 $abcd$ 在一扁平的长条形磁铁附近竖直下落。保持 bc 边始终在纸外, ad 边始终在

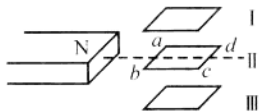


图 4.3-16

- 纸内, 由图中位置 I 经位置 II 到位置 III, 位置 I 和位置 III 都很靠近位置 II。在此过程中, 线框中的感应电流 ()
- A. 始终沿 $abcd$ 方向
B. 始终沿 $dcba$ 方向
C. 由 I 到 II 沿 $abcd$ 方向, II 到 III 沿 $dcba$ 方向
D. 由 I 到 II 沿 $dcba$ 方向, II 到 III 沿 $abcd$ 方向

13. 如图 4.3-17 所示, 光滑固定导轨 A, B 水平放置, 两根可自由移动的导体棒 P, Q 平行放在导轨上, 形成一个闭合回路。当一根条形磁铁从高处下落接近回路时 ()

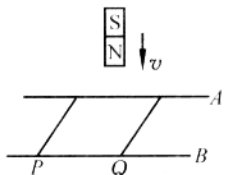


图 4.3-17

- A. P, Q 将互相靠近
B. P, Q 将互相远离
C. 磁铁的加速度仍为 g
D. 磁铁的加速度小于 g
14. 如图 4.3-18 甲所示, A 是长直密绕通电螺线管。小线圈 B 与电流表连接, 并沿 A 的轴线 Ox 从 O 点自左向右匀速穿过螺线管 A 。图乙所示的图象中, 能正确反映通过电流表中电流随 x 变化规律的是 ()

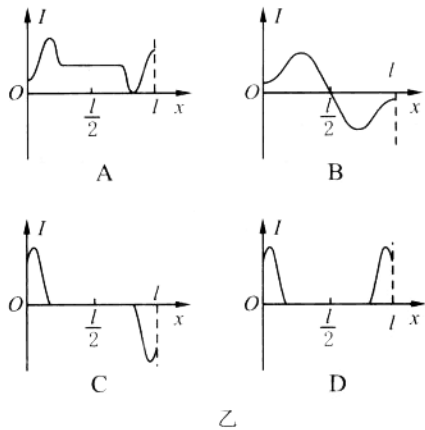
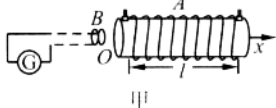


图 4.3-18

15. 如图 4.3-19 所示, 用一根长为 L 、质量不计的细杆与一个上弧长为 l_0 、下弧长为 d_0 的金属线框的中点连接并悬挂于 O 点, 悬点正下方存在一个上弧长为 $2l_0$ 、下弧长为 $2d_0$ 的

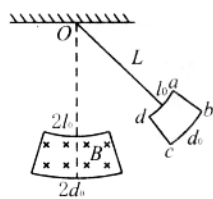


图 4.3-19

- 匀强磁场, 且 $d_0 \ll L$ 。先将线框拉开, 松手后让线框进入磁场, 忽略空气阻力和摩擦。下列说法正确的是 ()
- A. 金属线框进入磁场时感应电流的方向为 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$
B. 金属线框离开磁场时感应电流的方向为 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$
C. 金属线框 dc 边进入磁场与 ab 边离开磁场的速度大小总是相等
D. 金属线框最终将在磁场内来回运动

16. 电阻 R 、电容 C 与一线圈连成闭合电路, 条形磁铁静止于线圈的正上方, N 极朝下, 如图 4.3-20 所示。现使磁铁自由下落, 在 N 极接近线圈上端的过程中, 流过 R 的电流

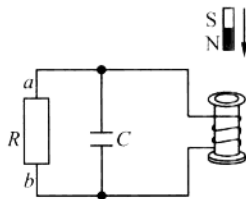


图 4.3-20

- 方向和电容器极板的带电情况是 ()
- A. 从 a 到 b , 上极板带正电
B. 从 a 到 b , 下极板带正电
C. 从 b 到 a , 上极板带正电
D. 从 b 到 a , 下极板带正电

17. 如图 4.3-21 所示, MN 是一根固定的通电长直导线, 电流方向向上。今将一金属线框 $abcd$ 放在导线上, 让线框的位置偏向导线的左边, 两者彼此绝缘。当导线中的电流突然增大时, 线框整体的受力情况为 ()

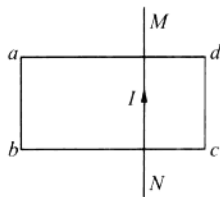


图 4.3-21

- A. 受力向右
B. 受力向左
C. 受力向上
D. 受力为零