



新精活实展平台 翱翔高飞圆梦想

高考领航

高效课堂学案

■ 主编 李成民

GKLNH

物理
选修 3-2

成绩怎么提高?



电子科技大学出版社

一书在手 全程无忧

在高中三年里，酸甜苦辣样样俱全，悲笑泣乐时时存在，语音袅袅，意犹未尽。高考领航愿用不断超越的执著信念，陪伴您走过这段非凡旅程，圆满您的大学梦想，成就您的人生辉煌！

品质是高考领航的座右铭，创新是高考领航的恒动力。专家名师编写，打造出扛鼎中国教辅书业的力作，为复习备考注入无穷动力。可编辑教学课件光盘；一课一练，活页课时作业；模拟考试场应试体验，单元质量评估；解疑释惑，详解答案……一项项凝聚着高考领航殚精竭虑的智慧，见证了高考领航永无止境的突破，更为您的逐梦之旅带来无限精彩与感动。

图书在版编目(CIP)数据

高考领航·物理·3-2：选修 / 李成民主编. -- 成都：电子科技大学出版社，2012.6
ISBN 978-7-5647-1214-3

I. ①高… II. ①李… III. ①中学物理课—高中—升学参考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第133170号

高考领航 物理 选修3-2

李成民主编

出版 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编：610051)
策划编辑 岳 慧
责任编辑 岳 慧
主 页 www.uestcp.com.cn
电子邮件 uestcp@uestcp.com.cn
发 行 新华书店经销
印 刷 山东梁山印刷有限公司
成品尺寸 210mm×297mm 印张 4 字数 163千字
版 次 2012年6月第一版
印 次 2012年6月第一次印刷
书 号 ISBN 978-7-5647-1214-3
定 价 28.80元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本书如有破损、缺页、装订错误，请与我社联系。



让学习与快乐相伴!
伴您轻松步入求知之旅……

CONTENTS 目录

第四章 电磁感应	(1)
第 1、2 节 划时代的发现 探究电磁感应产生的条件	(1)
第 3 节 楞次定律	(5)
第 4 节 法拉第电磁感应定律	(9)
第 5 节 电磁感应规律的应用	(14)
第 6 节 互感和自感	(20)
第 7 节 电磁阻尼和电磁驱动	(25)
第五章 交变电流	(28)
第 1 节 交变电流	(28)
第 2 节 描述交变电流的物理量	(31)
第 3 节 电感和电容对交变电流的影响	(35)
第 4 节 变压器	(38)
第 5 节 电能的输送	(42)
第六章 传感器	(45)
第 1 节 传感器及其工作原理	(45)
第 2 节 传感器的应用(一)	(49)
第 3 节 传感器的应用(二)	(53)
第 4 节 传感器的应用实例	(55)

第四章

电磁感应

全章概述

本章以电场、磁场等知识为基础,通过实验总结了产生感应电流的条件和判断感应电流方向的一般方法——楞次定律,接着给出了确定感应电动势大小的一般方法——法拉第电磁感应定律.本章可分为四个部分:第一部分,探究电磁感应的条件;第二部分,讲述判定感应电流方向的一般方法——楞次定律及其应用;第三部分,讲述法拉第电磁感应定律及其应用;第四部分,讲述产生电动势的本质及其几种特殊的电磁感应现象.楞次定律和法拉第电磁感应定律是本章的重点,是解决电磁感应问题的重要依据.本章知识是高考考查的重要知识点、是高考常考的内容.考题经常出现在综合题和选择题中,而且往往与力学、运动学、电路等知识相结合.所以同学们在该章的学习中,必须充分地重视.

第 1、2 节 划时代的发现 探究电磁感应产生的条件

基础知识学习导引

一、奥斯特的“电生磁”与法拉第的“磁生电”

1. 奥斯特梦圆“电生磁”

1820年,丹麦物理学家奥斯特发现载流导线能使小磁针偏转,这种作用称为电流的磁效应.

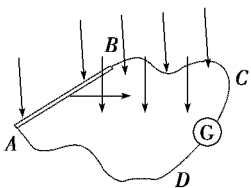
2. 法拉第心系“磁生电”

1831年,英国物理学家法拉第发现了电磁感应现象,即“磁生电”的现象.产生的电流叫感应电流.法拉第把引起电流的原因概括为五类:(1)变化的电流;(2)变化的磁场;(3)运动的恒定电流;(4)运动的磁铁;(5)在磁场中运动的导体.

二、探究产生感应电流的条件

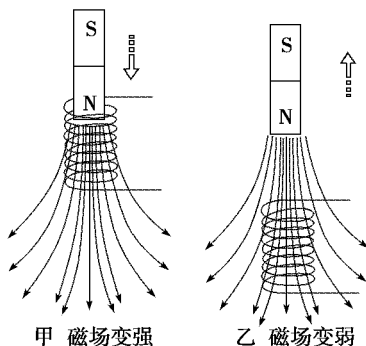
1. 实验探究

【实验 1】 部分电路的一部分导体做切割磁感线运动,如图所示,导体 AB 切割磁感线运动时,线路中有电流产生;而导体 AB 顺着磁感线运动时,线路中无电流产生.



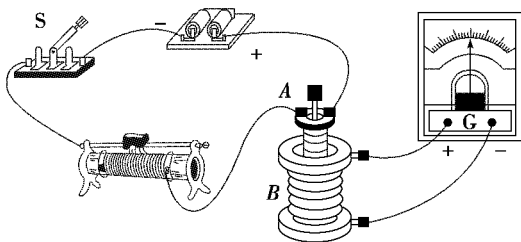
【现象分析】 当导体 AB 在磁场中静止或平行于磁感线运动时,无论磁场多强,闭合回路中都无电流;当导体 AB 做切割磁感线运动时,闭合回路中有电流产生.

【实验 2】 磁铁在线圈中运动,如下图所示,条形磁铁插入或拔出线圈时,线圈中有电流产生,但当磁铁在线圈中静止不动时,线圈中无电流产生.



【现象分析】 当条形磁铁静止在螺线管中时,无论磁铁的磁场多强,回路中都没有电流;将磁铁插入或拔出螺线管时,组成螺线管的导线切割磁感线,闭合回路中有电流产生.

【实验 3】 将小螺线管 A 插入大螺线管 B 中不动,如图所示,当开关 S 接通或断开时,电流表中有电流通过;若开关 S 一直接通,当改变滑动变阻器的阻值时,电流表中也有电流流过.



【现象分析】 导体和磁场之间并没有发生相对运动。当螺线管 A 中电流不变时,螺线管 B 中没有电流产生;而当螺线管 A 中的电流变化时,螺线管 B 中就产生了电流。

换一个角度来看,在实验 1 中,当导体 AB 做切割磁感线运动时,穿过闭合回路的磁通量发生变化。在实验 2 中,当磁铁和螺线管相对静止时,穿过螺线管的磁通量不变,螺线管中没有电流;将磁铁插入螺线管时,穿过螺线管的磁通量增加,将磁铁拔出螺线管时,磁通量减少,在这两种情况中,闭合回路中都有电流产生。在实验 3 中,当开关闭合的瞬间,螺线管 A 产生的磁场由零开始增强,因此穿过 B 螺线管的磁通量增加;同样道理,在开关断开的瞬间,穿过 B 螺线管的磁通量减小;开关闭合后,移动滑动变阻器滑片,螺线管 A 中电流的变化使它产生的磁场发生变化,穿过螺线管 B 的磁通量也相应发生变化。不难看出:实验 1 是通过导体相对磁场运动改变磁通量;实验 2 是磁体即磁场运动改变磁通量;实验 3 是通过改变电流从而改变磁场强弱,进而改变磁通量,所以可以将产生感应电流的条件描述为“不论用什么方法,只要穿过闭合电路的磁通量发生变化,闭合电路中就会产生感应电流”。

2. 结论

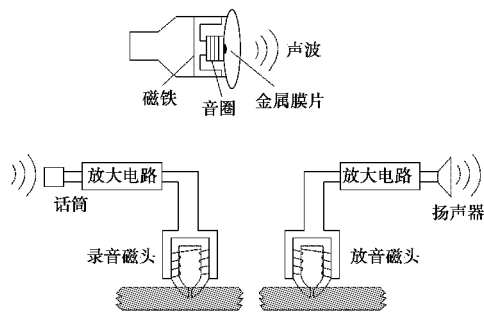
产生感应电流的条件:只要穿过闭合电路的磁通量发生变化,闭合电路中就会产生感应电流。

重点难点 精要解析

一、电流的磁效应与电磁感应现象

电流的磁效应是指电流周围产生磁场即“电生磁”,而电磁感应现象是利用磁场产生感应电流即“磁生电”。是两种因果关系相反的现象。搞清现象的因果关系是“电生磁”还是“磁生电”是正确区分以上两种现象的关键。

【释例 1】 动圈式话筒和磁带录音机都应用了电磁感应现象,如图(上)是动圈式话筒原理图,如图(下)分别是播放机的录音和放音原理图。由下图可知 ()



- A. 话筒工作时,磁铁不动,音圈随膜片振动而产生感应电流。
- B. 录放机放音时,变化的磁场在静止的线圈内激发起感应电流。
- C. 录放机放音时,线圈中变化的电流在磁头缝隙处产生变化的磁场。
- D. 录放机录音时,线圈中变化的电流在磁头缝隙处产生变化的磁场。

二、磁通量、磁通量的变化

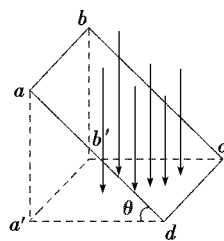
1. 磁通量是指穿过某一面的磁感应线的条数,用公式 $\Phi = BS$ 计算。当面与磁场不垂直时可用 $\Phi = B_{\perp} S$ 计算, B_{\perp} 是磁感应强度垂直面 S 的分量。

2. 穿过某一面的磁感应线条数是指指向面的一个方向的磁感应线条数

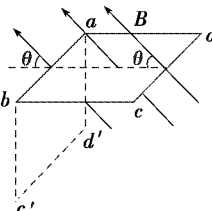
3. 磁通量的变化有如下三种情形

- (1) 磁感应强度 B 不变,有效面积 S 发生变化: $\Delta\Phi = B \cdot \Delta S$
- (2) 磁感应强度 B 变化,磁感线穿过的有效面积不变: $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = \Delta B \cdot S$
- (3) 磁感应强度 B 和有效面积 S 同时发生变化

【释例 2】 如图所示,线圈平面与水平方向成 θ 角,磁感线竖直向下,设磁感应强度为 B,线圈面积为 S,则穿过线圈的磁通量 $\Phi =$ _____。



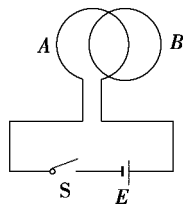
【释例 3】 面积为 S 的矩形线框 abcd,处在磁感应强度为 B 的匀强磁场中,磁场方向与线框平面成 θ 角(如图所示),当线框以 ab 为轴顺时针转 90° 时,穿过 abcd 面的磁通量变化量 $\Delta\Phi =$ _____。



三、产生感应电流的条件: 电路

闭合,磁通量变化是产生感应电流的两个必备条件,缺一不可。

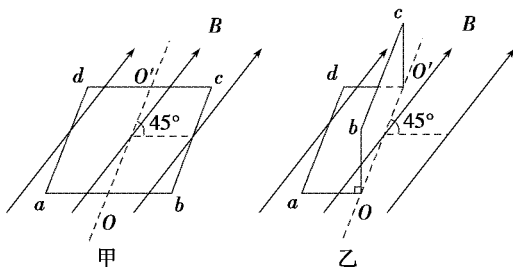
【释例 4】 线圈 A 中接有如图所示的电源,线圈 B 有一半的面积处在线圈 A 中,两线圈平行但不接触,则在开关 S 闭合的瞬间,线圈 B 中有无感应电流?



典型例题 拨雾导航

一、磁通量的变化量问题

【例 1】 如图甲所示,一面积为 S 的矩形导线框 abcd,在匀强磁场中,磁场的磁感应强度为 B,方向与 ad 边垂直并与线框平面成 45° 角, O, O' 分别是 ab 和 cd 边的中点。现将线框右半边 $obco'$ 绕 OO' 逆时针 90° 到图乙所示位置。下列判断正确的是 ()



- A. 在图甲位置时线圈中的磁通量是 BS
 B. 在图乙位置时线圈中的磁通量是 $\sqrt{2}BS/2$
 C. 由图甲位置到图乙位置线圈中的磁通量变化 $\sqrt{2}BS/2$
 D. 由图甲位置到图乙位置线圈中的磁通量变化 BS

【思路导引】 在图甲位置,线框中的磁通量 Φ_1 如何计算?在图乙位置时如果由下向上穿过线框的磁通量为正,那么线框右半边中的磁通量是正还是负?

【解析】 因为 $\Phi_1 = BS \sin 45^\circ = \sqrt{2}BS/2$, $\Phi_2 = 0$, 所以 $\Delta\Phi = \sqrt{2}BS/2$, C 选项正确.

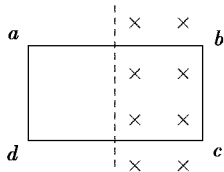
【答案】 C

二、对产生感应电流条件的理解

1. 分析是否产生感应电流的思路方法:判断闭合回路中是否有感应电流产生,关键是看穿过闭合回路的磁通量是否发生变化,若磁通量发生变化则闭合回路中有感应电流;若磁通量不变,则闭合回路中没有感应电流.引起磁通量变化的原因:

- (1)穿过闭合回路的磁通量 B 发生变化;
- (2)闭合回路的面积 S 发生变化;
- (3)磁感应强度 B 和面积 S 的夹角发生变化.

例 2 如图所示,开始时矩形线框与匀强磁场的方向垂直,且一半在磁场内,一半在磁场外,若要使线框中产生感应电流,下列办法中不可行的是 ()



- 将线框向左拉出磁场
- 以 ab 边为轴转动(小于 90°)
- 以 ad 边为轴转动(小于 60°)
- 以 bc 边为轴转动(小于 60°)

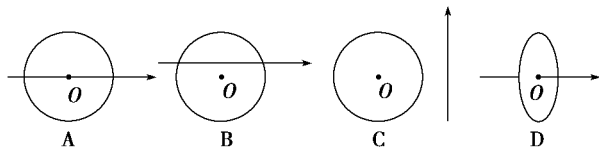
【思路导引】 线框做上述几种运动时,穿过它的磁通量是否发生变化?

【解析】 将线框向左拉出磁场的过程中,线框的 bc 部分做切割磁感线的运动,或者说穿过线框的磁通量减少,所以线框中将产生感应电流.当线框以 ab 边为轴转动时,线框的 cd 边的右半段在做切割磁感线的运动,或者说穿过线框的磁通量在发生变化,所以线框中将产生感应电流.当线框以 ad 边为轴转动(小于 60°)时,穿过线框的磁通量在减小,所以在这个过程中线框中会产生感应电流.如果转过的角度超过 $(60^\circ \sim 300^\circ)$, bc 边将进入无磁场区域,那么线框中将不产生感应电流.当线框以 bc 边为轴转动时,如果转动的角度小于 60° ,则穿过线框的磁通量始终保持不变(其值为磁感应强度与矩形线框面积的一半的乘积).

【答案】 D

2. 感应电流是重点,磁通量变化是关键

例 3 如图所示,用导线做成的圆形回路与一直导线构成几种位置组合,哪些组合中,切断直导线中的电流时,闭合回路中会有感应电流产生?(图 A、B、C 中直导线都与圆形线圈在同一平面内, O 点为线圈的圆心, D 图中直导线与圆形线圈垂直,并与中心轴重合) ()



【思路导引】 在上述几种位置组合中,圆环中原来的磁通量如何?切断直导线中的电流时,线圈中的磁通量是否变化?

【解析】 (1)对图 A 而言,因为通电直导线位于环形导线所在平面内,且与直径重合,因此通过圆环的磁通量为零.所以当切断直导线中的电流时,磁通量在整个变化过程中皆为零,故闭合回路中不会有感应电流产生;

(2)对图 B 而言,因为磁通量为大、小两个部分磁感线条数之差,通过圆环的磁通量不为零,当切断直导线中的电流时,磁通量为零,即此过程中磁通量有变化,故闭合回路中会有感应电流产生;

(3)同理分析可得图 C 中也有感应电流产生;

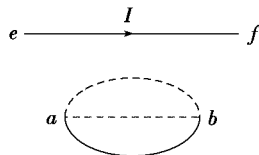
(4)对图 D 而言,因为环形线圈与直导线产生的磁场的磁感线平行,故磁通量为零.当切断直导线中的电流时,磁通量在整个变化过程中皆为零,所以闭合回路中不会有感应电流产生.

所以当切断直导线中的电流时,能产生感应电流的有 B、C 两种情况.

【答案】 BC

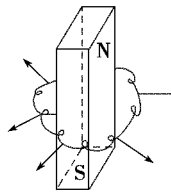
即学即练 体验成功

1. 如图所示, ab 是水平面上一个圆的直径,在过 ab 的竖直平面内有一根通电导线 ef . 已知 ef 平行于 ab , 当 ef 竖直向上平移时,电流磁场穿过圆面积的磁通量将 ()



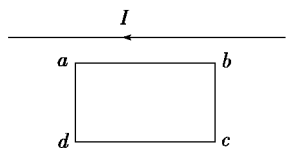
- 逐渐增大
- 逐渐减小
- 始终为零
- 不为零,但保持不变

2. 如图所示,环形金属轻弹簧,套在条形磁铁中心位置.若将弹簧沿半径向外拉,使其面积增大,则穿过弹簧所包围面积的磁通量将 ()



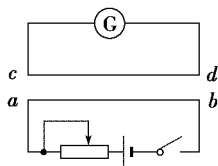
- 增大
- 减小
- 不变
- 无法确定变化情况

3. 如图所示,在无限长的直线电流的磁场中,有一个闭合的金属线框 $abcd$,线框平面与直导线在同一个平面内.下列哪种情况线框中无感应电流, ()



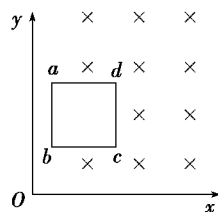
- A. 增大导线中的电流
- B. 金属线框水平向左平动
- C. 金属线框竖直向下平动
- D. 金属线框垂直纸面向外平动

4. 如图所示, 导线 ab 与 cd 互相平行, 则下列四种情况下导线 cd 中无电流的是 ()



- A. 开关 S 闭合或断开的瞬间
- B. 开关 S 是闭合的, 但滑动触头向左滑
- C. 开关 S 是闭合的, 但滑动触头向右滑
- D. 开关 S 始终闭合, 不滑动触头

5. 如图所示, 在第一象限内存在磁场, 已知沿 x 轴方向磁感应强度均匀增加, 满足 $B_x=kx$, 沿 y 轴方向磁感应强度不变. 线框 $abcd$ 做下列哪种运动时可以产生感应电流 ()



- A. 沿 x 轴方向匀速运动
- B. 沿 y 轴方向匀速运动
- C. 沿 x 轴方向匀加速运动
- D. 沿 y 轴方向匀加速运动

优·化·作·业 整合提高

一、必背知识填空

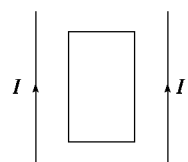
1. 产生感应电流的条件是 _____.

二、选择题

2. 物理学的发展丰富了人类对物质世界的认识, 推动了科学技术的创新和革命, 促进了物质生产的繁荣与人类文明的进步. 许多科学家在物理学发展过程中做出了重要贡献. 有下列表述: ①奥斯特发现电流的磁效应, ②洛伦兹发现了电磁感应定律, ③卡文迪许测出引力常数, ④安培提出了磁场对运动电荷的作用力公式, ⑤库仑总结并确认了真空中两个静止点电荷之间的相互作用规律, ⑥法拉第发现电磁感应现象, ⑦相对论的创立表明经典力学已不再适用. 这些表述中不正确的是 ()

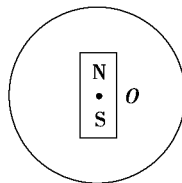
- A. ②③
- B. ②⑦
- C. ③⑤⑦
- D. ①④⑤⑥

3. 如图所示, 一个矩形线圈与通有相同大小的电流的平行直导线处于同一平面, 而且处在两导线的中央, 则 ()



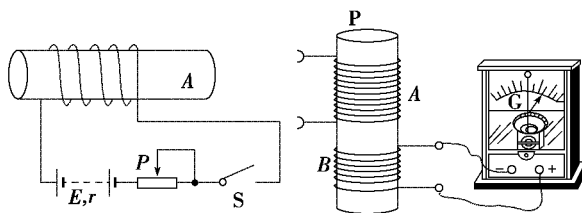
- A. 两电流同向时, 穿过线圈的磁通量为零
- B. 两电流反向时, 穿过线圈的磁通量为零
- C. 两电流同向或反向时, 穿过线圈的磁通量都相等
- D. 因两电流产生的磁场是不均匀的, 因此不能判断穿过线圈的磁通量是否为零

4. 一均匀扁平条形磁铁与一线圈共面, 磁铁中心与圆心 O 重合 (如右图所示). 下列运动中能使线圈中产生感应电流的是 ()



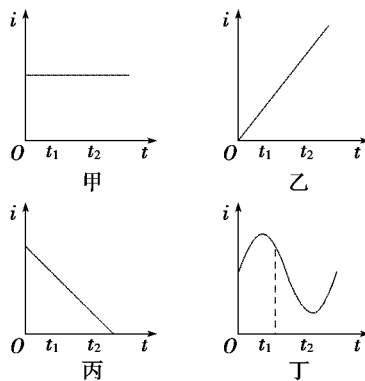
- A. N 极向外、 S 极向里, 绕 O 点转动
- B. 在线圈平面内磁铁绕 O 点顺时针转动
- C. 在线圈平面内磁铁绕 O 点逆时针转动
- D. 垂直线圈平面磁铁向纸外运动

5. 如图所示, 绕在铁芯上的线圈与电源、滑动变阻器和电键组成闭合回路, 在铁芯的右端套有一个表面绝缘的铜环 A , 下列各种情况中铜环 A 中没有感应电流的是 ()



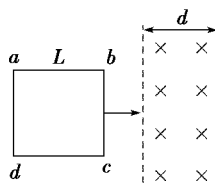
- A. 线圈中通以恒定的电流
- B. 通电时, 使变阻器的滑片 P 匀速移动
- C. 通电时, 使变阻器的滑片 P 加速移动
- D. 将电键突然断开的瞬间

6. 某实验装置如上图 (右) 所示, 在铁芯 P 上绕着两个线圈 A 和 B , 如果在线圈 A 中先后通入图中甲、乙、丙、丁所示的电流 i , 通入哪种电流时, 与线圈 B 相连的电流表中无感应电流通过? ()



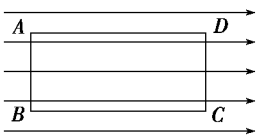
- A. 甲
- B. 乙
- C. 丙
- D. 丁

7. 匀强磁场区域宽为 d , 一正方形线框 $abcd$ 的边长为 L , 且 $L > d$, 线框以速度 v 匀速通过磁场区域, 如图所示, 线框从进入到完全离开磁场的时间内, 线框中没有感应电流的时间是 ()



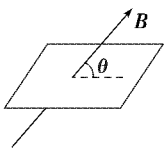
- A. $(L+d)/v$
- B. $(L-d)/v$
- C. $(L+2d)/v$
- D. $(L-2d)/v$

8. 线框 $ABCD$ 在匀强磁场中, 如图所示, 下列几种情况线框中有感应电流产生的是 ()
- A. 当线框沿磁感线方向平动时
 B. 当线框垂直磁感线方向平动时
 C. 当线框以 AB 边为轴转动时
 D. 当线框以 AD 边为轴转动时

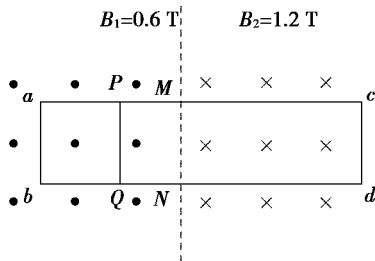


三、填空题

9. 边长为 10 cm 的正方形线圈, 固定在匀强磁场中, 磁场方向与线圈平面的夹角为 $\theta=30^\circ$, 如图所示, 磁感应强度随时间的变化规律为: $B=(2+3t)\text{ T}$, 则在第 1 s 内穿过线圈的磁通量的变化量 $\Delta\Phi$ 为 _____ Wb .



10. 如图所示, 矩形导线框 $abcd$, 其中 ac 和 bd 平行, 相距 30 cm , 放在具有理想边界 MN 的匀强磁场中, MN 左侧的磁场方向垂直于纸面向外, 磁感应强度 $B_1=0.6\text{ T}$; MN 右侧的磁场方向垂直纸面向里, 磁感应强度 $B_2=1.2\text{ T}$. 线框的 ab 边跟 MN 相距 0.6 m , 另有一根导线 PQ 放在线框 $abcd$ 上, 距 ab 边 0.4 m , 求穿过 PQ 和 ab 围成的闭合回路的磁通量是 _____? 如将导线 PQ 向右移动, 移动 _____ 时, 穿过 PQ 、 ab 所围面积的磁通量为零.



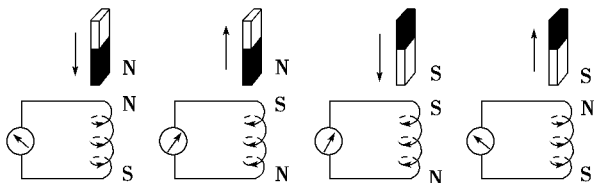
第3节 楞次定律

基础-知识 学习导引

一、探究感应电流的方向

1. 实验器材: 条形磁铁、电流表、线圈、导线、一节干电池(用来查明线圈中电流的流向与电流表中指针偏转方向的关系).

2. 实验现象: 如下图所示, 在四种情况下, 将实验结果填入下表:

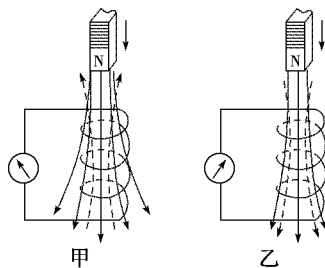


条形磁铁运动情况	N极向下 插入线圈	N极向上 拔出线圈	S极向下 插入线圈	S极向上 拔出线圈
原磁场方向	向下	向下	向上	向上
穿过线圈的磁通量变化情况	增加	减少	增加	减少
电流表指针偏转方向	左偏	右偏	右偏	左偏
感应电流的磁场方向	自下而上	自上而下	自上而下	自下而上
感应电流在线圈中的流向	向上	向下	向下	向上
原磁场与感应电流的磁场方向关系	相反	相同	相反	相同
磁体间的作用情况	排斥	吸引	排斥	吸引

3. 实验结论:

表述一: 当穿过线圈的磁通量增加时, 感应电流的磁场

与原磁场的方向相反, 这种情况可如图甲所示; 当穿过线圈的磁通量减少时, 感应电流的磁场与原磁场的方向相同, 这种情况可如图乙所示.



表述二: 磁铁靠近线圈时, 两者相斥, 当磁铁远离线圈时, 两者相吸.

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

三、右手定则

1. 适用范围: 适用于闭合电路部分导体切割磁感应线产生感应电流的情况

2. 方法: 伸出右手, 让拇指跟其余四指垂直, 并且都跟手掌在同一平面内, 让磁感应线从手心进入, 拇指指向导体运动的方向, 其余四指所指的方向就是感应电流的方向.

重点-难点 精要解析

一、对楞次定律的理解

1. 弄清两个磁场的关系: 定律中“引起感应电流的磁通量”(即原磁场)和“感应电流的磁场”是因果关系, 感应电流的磁场阻碍引起感应电流的磁通量的变化.

2. 弄清“阻碍”的含义

(1) 谁起阻碍作用? 阻碍谁?

“感应电流的磁场”起阻碍作用, 它阻碍“引起感应电流的磁场”

(2) 怎样阻碍?

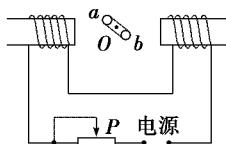
① 阻碍原磁通量的变化——“增反减同”

② 阻碍相对运动——“来拒去留”

(3) 阻碍不是阻止, 阻碍也不是一定相反

3. 楞次定律符合能的转化与守恒定律

【释例 1】 如右图所示, ab 是一个可绕垂直于纸面的轴 O 转动的闭合线圈, 在滑动变阻器 R 的滑片 P 自左向右滑动的过程中, ab 线圈将



()

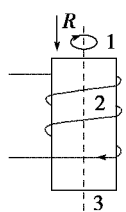
A. 静止不动

B. 逆时针转动

C. 顺时针转动

D. 发生转动, 因电源正负极不明, 无法确定转动方向

【释例 2】 如右图所示, 通有稳恒电流的螺线管竖直放置, 铜环 R 沿螺线管的轴线加速下落。在下落过程中, 环面始终保持水平, 铜环先后经过轴线上 1、2、3 位置时的加速度分别为 a_1 、 a_2 、 a_3 , 位置 2 处于螺线管的中心, 位置 1、3 与位置 2 等距离, 则



()

A. $a_1 < g$ $a_2 > g$

B. $a_1 < g$ $a_2 = g$ $a_3 > g$

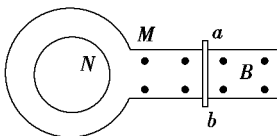
C. $a_1 = a_2 = g$

D. $a_1 < g$ $a_2 = g$ $a_3 < g$

二、右手定则、楞次定律的关系

右手定则研究的是闭合电路的一段导体, 当导体切割磁感应线产生感应电流时, 用右手定则判定电流方向较为简单, 楞次定律研究的是整个闭合回路, 当磁场变化引起感应电流时, 只能使用楞次定律判定电流的方向。右手定则是楞次定律的特例, 包含在楞次定律之中。

【释例 3】 如下图所示, 在匀强磁场中放有平行铜导轨, 它与大线圈 M 相连接。小铜环 N 放在大线圈 M 内 (两线圈共面), 裸金属棒 ab 垂直导轨放置, 下列说法正确的是 ()



A. 当 ab 棒向右匀速运动时, 两环中都有顺时针方向的感应电流

B. 当 ab 棒向右加速运动时, 两环中都有顺时针方向的感应电流

C. 当 ab 棒向右加速运动时, M 环中有顺时针方向的电流, N 环中有逆时针方向感应电流

D. 当 ab 棒向左减速运动时, 两环中都有逆时针方向的感应电流

三、应用楞次定律解题的步骤

首先明确所研究的闭合回路, 判断原磁场方向, 然后判断闭合回路中原磁场的磁通量变化情况, 再由楞次定律判

断感应电流的磁场方向, 最后由安培定则根据感应电流磁场的方向判断出感应电流的方向。一般可概括为四句话: “明确增减和方向, 增反减同且莫忘, 安培定则来判断, 四指环绕是流向”。

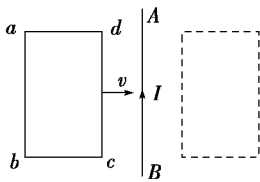
【释例 4】 线圈 $abcd$ 与直导线在同一平面内, 直导线通有恒定电流 I 。当线圈由左向右匀速通过直导线的过程中, 线圈中感应电流的方向是 ()

A. 先 $abcda$ 再 $dcbad$ 后 $abcd$

B. 先 $abcda$ 再 $dcbad$

C. 先 $dcbad$ 再 $abcda$ 后 $dcbad$

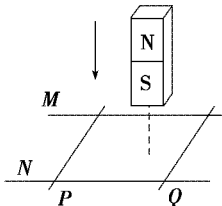
D. 一直 $dcbad$



典型例题 拨雾导航

1. 灵活应用楞次定律判断导体或磁铁的运动情况

【例 1】 如图固定导轨 M 、 N 水平放置, 两根导体棒 P 、 Q 平行放在导轨上, 形成一个闭合回路。当一条形磁铁从回路上方下落而接近回路时 ()



A. P 、 Q 将互相靠拢

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

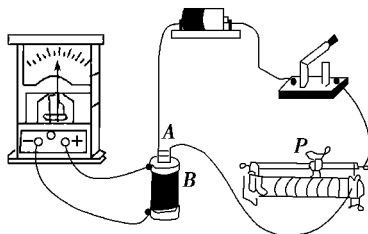
【思路导引】 磁铁接近回路时, 回路中的磁通量如何变化? 回路中感应电流的磁场会有什么样的“阻碍”效果?

【解析】 条形磁铁向下靠近回路时, 回路中产生感应电流, 感应电流的磁场阻碍磁铁靠近, 磁铁受阻力, 加速度小于 g , 故 D 项对, 磁铁靠近回路时, 回路中的磁通量增加, 感应电流就以缩小回路面积的效果来阻碍磁通量的增加, 故 A 项对。

【答案】 AD

2. 电流变化引起的感应电流方向的判定

【例 2】 现将电池组、滑动变阻器、带铁芯的线圈 A 、线圈 B 、电流计及开关如图连接。在开关闭合、线圈 A 放在线圈 B 中的情况下, 某同学发现当他将滑动变阻器的滑动端 P 向左加速滑动时, 电流计指针向右偏转。由此可以推断 ()



A. 线圈 A 向上移动或滑动变阻器的滑动端 P 向右加速滑动, 都能引起电流计指针向左偏转

B. 线圈 A 中铁芯向上拔出或断开开关, 都能引起电流计指针向右偏转

C. 滑动变阻器的滑动端 P 匀速向左或匀速向右滑动, 都能使电流计指针静止在中央

D. 因为线圈 A 、线圈 B 的绕线方向未知, 故无法判断电流计指针偏转的方向

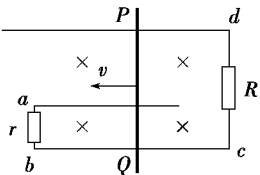
【思路导引】 滑动变阻器的滑动端 P 向左滑动时, 小螺线管 A 中的电流是增强还是减弱? 螺线管 B 中的磁通量是增加还是减少? 螺线管 B 中的磁通量增加产生的感应电流与减弱产生的感应电流方向是相同还是相反?

【解析】 滑动变阻器的滑动端 P 向左滑动时, 螺线管 A 中的电流减弱, 产生的磁场减弱, 所以螺线管 B 中的磁通量减少, 产生了使电流表指针向右偏转的感应电流. 凡是使螺线管 B 中磁通量减小的做法都应产生使电流表指针向右偏转的电流, 凡是使螺线管 B 中磁通量增加的做法都应该产生使电流表指针向左偏转的电流, 故 A 、 C 、 D 错 B 对.

【答案】 B

3. 右手定则的应用

【例 3】 如图所示, 同一平面内的三条平行导线串有两个电阻 R 和 r , 导体棒 PQ 与三条导线接触良好, 匀强磁场的方向垂直纸面向里. 导体棒的电阻可忽略. 当导体棒向左滑动时, 下列说法正确的是 ()



A. 流过 R 的电流为由 d 到 c , 流过 r 的电流为由 b 到 a

B. 流过 R 的电流为由 c 到 d , 流过 r 的电流为由 b 到 a

C. 流过 R 的电流为由 d 到 c , 流过 r 的电流为由 a 到 b

D. 流过 R 的电流为由 c 到 d , 流过 r 的电流为由 a 到 b

【思路导引】 ①你想采用什么方法判断感应电流的方向, 是楞次定律还是右手定则? 要不都尝试一下吧! ②假设 PQ 棒中间与 r 相连的导轨连接处为 M 点, 则 P 、 M 、 Q 三点电势高低的情况是怎样的? ③如果你采用了楞次定律和右手定则两种方法解答了本题, 那么请你比较这两种方法的不同.

【解析】 解法一 (用楞次定律判断): PQ 与 cd 组成一个闭合电路, PQ 与 ab 也组成一个闭合电路. 当 PQ 向左滑动时, $PQcd$ 回路的磁通量增加, 根据楞次定律, 感应电流要阻碍磁通量增加, 感应电流的磁场方向应与原磁场方向相反, 故根据安培定则 (右手螺旋定则) 可判定通过 R 的电流方向为由 c 流向 d . $PQba$ 回路的磁通量减少, 根据楞次定律, 感应电流要阻碍磁通量减少, 感应电流的磁场方向应与原磁场方向相同, 故根据右手螺旋定则可判定通过 r 的电流方向为由 b 流向 a .

解法二 (用右手定则判断): 根据磁场方向和导体棒的运动方向, 用右手定则可以判断出在 PQ 中产生的感应电动势的方向为由 P 指向 Q , 即导体棒下端电势高、上端电势低, 所以在接入 R 的回路中, 电流由 c 流向 d , 在接入 r 的回路中, 电流由 b 流向 a .

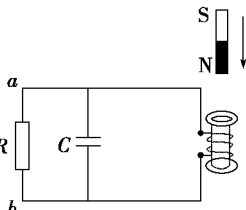
【答案】 B

【感悟提升】 (1) 导体切割磁感线时, 判定感应电流方向的问题, 既可以用楞次定律来判断, 也可以用右手定则来

判断. (2) 用右手定则判断要更简捷.

4. 感应电流方向与电路中电势高低的关系

【例 4】 (2011 年皖西模拟) 电阻 R 、电容 C 与一线圈连成闭合回路, 条形磁铁静止于线圈的正上方, N 极朝下, 如图所示. 现使磁铁开始自由下落, 在 N 极接近线圈上端的过程中, 电路中



a 、 b 两点的电势 Φ_a 、 Φ_b 的高低和电容器极板的带电情况是 ()

A. $\Phi_a > \Phi_b$, 上极板带正电

B. $\Phi_a > \Phi_b$, 下极板带正电

C. $\Phi_a < \Phi_b$, 上极板带正电

D. $\Phi_a < \Phi_b$, 下极板带正电

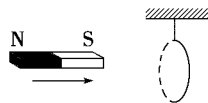
【思路导引】 当条形磁铁向下靠近螺线管时, 穿过线圈的磁通量怎样变化? 根据楞次定律, 螺线管中产生的感应电流的磁场是如何阻碍磁通量变化的? 此磁场的方向是向哪个方向的? 用什么定则或定律判定此感应电流的方向? 此感应电流从螺线管的哪端流出? 感应电流是从 a 经过 R 流向 b 还是从 b 经过 R 流向 a ?

【解析】 根据“来拒去留”, 磁铁向下靠近螺线管时, 螺线管中感应电流的磁场上端为 N 极, 由安培右手定则可知感应电流从螺线管的下端流出, 由 b 通过电阻 R 至 a , 所以 $\Phi_a < \Phi_b$, 电容器的下板带正电, 故选项 D 正确.

【答案】 D

即学即练 体验成功

1. 如图所示, 当磁铁突然向铜环运动时, 铜环的运动情况是 ()



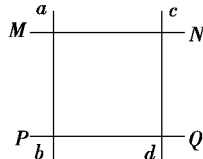
A. 向右运动

B. 向左运动

C. 静止不动

D. 不能判定

2. 如下图所示, MN 、 PQ 为同一水平面的两平行导轨, 导轨间有垂直于导轨平面的磁场, 导体 ab 、 cd 与导轨有良好的接触并能滑动, 当 ab 沿轨道向右滑动时, 则 ()



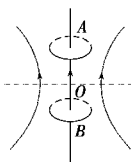
A. cd 向右滑

B. cd 不动

C. cd 向左滑

D. 无法确定

3. 如右图所示为某磁场的磁感线, 有铜线圈自图示 A 位置落至 B 位置, 在下落过程中, 自上向下看, 线圈中的感应电流方向是 ()



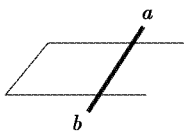
A. 始终顺时针

B. 始终逆时针

C. 先顺时针再逆时针

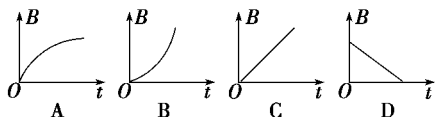
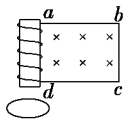
D. 先逆时针再顺时针

4. 在水平面上有一固定 U 形金属框架, 框架上置一金属杆 ab , 如右图所示, 在垂直于框架平面有一匀强磁场, 则 ()

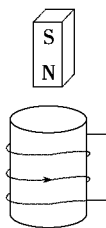


- A. 若磁场方向垂直框架向上增加时, 杆中电流 $a \rightarrow b$, 杆 ab 将向右运动
- B. 若磁场方向垂直框架向上减小时, 杆中电流 $a \rightarrow b$, 杆 ab 将向右运动
- C. 若磁场方向垂直框架向下增加时, 杆中电流 $b \rightarrow a$, 杆 ab 将向左运动
- D. 若磁场方向垂直框架向下减小时, 杆中电流 $b \rightarrow a$, 杆 ab 将向左运动

5. 如右图所示, 竖直放置的螺线管与导线 $abcd$ 构成回路, 导线所围区域内有一垂直纸面向里的变化的匀强磁场, 螺线管下方水平桌面上有一导体圆环, 导线 $abcd$ 所围区域内磁场的磁感应强度按下图中的哪一图线所表示的方式随时间变化时, 导体圆环对桌面的压力增大? ()

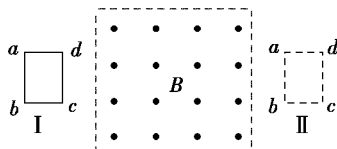


6. 如右图所示, 闭合线圈上方有一竖直放置的条形磁铁, 磁铁的 N 极朝下. 当磁铁向下运动时(但未插入线圈内部) ()



- 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

7. 如下图所示, 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 I (左) 匀速运动到位置 II (右), 则 ()



- A. 导线框进入磁场时, 感应电流方向为 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$
- B. 导线框离开磁场时, 感应电流方向为 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$
- C. 导线框离开磁场时, 受到的安培力方向水平向右
- D. 导线框进入磁场时, 受到的安培力方向水平向左

优化作业 整合提高

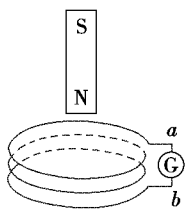
一、必背知识填空

1. 楞次定律的内容是: _____.
- 对楞次定律中“阻碍”的理解可概括为: _____.
2. 使用右手定则判定感应电流方向的方法是: _____.

二、选择题(每小题的四个选项中至少有一个是正确的)

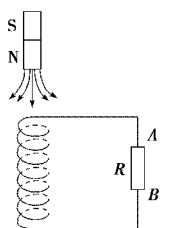
3. 一架飞机在北半球上空水平飞行, 下列说法正确的是 ()
- A. 当飞机向北飞时, 机翼左端的电势高于右端的电势
 - B. 当飞机向北飞时, 机翼左端的电势低于右端的电势
 - C. 当飞机向南飞时, 机翼左端的电势等于右端的电势
 - D. 当飞机向南飞时, 机翼左端的电势低于右端的电势

4. 某实验小组用如右图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, 通过电流计的感应电流方向是 ()



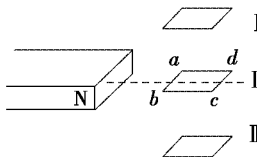
- A. $a \rightarrow G \rightarrow b$
- B. 先 $a \rightarrow G \rightarrow b$, 后 $b \rightarrow G \rightarrow a$
- C. $b \rightarrow G \rightarrow a$
- D. 先 $b \rightarrow G \rightarrow a$, 后 $a \rightarrow G \rightarrow b$

5. 如右图所示, 当磁铁运动时, 流过电阻的电流是由 A 经 R 到 B, 则磁铁不可能 ()



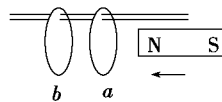
- A. 向下运动
- B. 向上运动
- C. 向左平移
- D. 向右平移

8. 如右图所示, 一水平放置的矩形闭合线框 $abcd$ 在细长磁铁的 N 极附近竖直下落, 保持 bc 边在纸外, ad 边在纸内, 由图中位置 I 经过位置 II 到位置 III, 位置 I 和位置 III 都很接近位置 II, 这个过程中线圈感应电流 ()



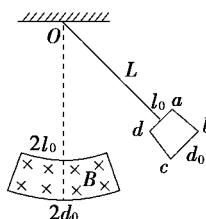
- A. 沿 $abcd$ 流动
- B. 沿 $dcba$ 流动
- C. 先沿 $abcd$ 流动, 后沿 $dcba$ 流动
- D. 先沿 $dcba$ 流动, 后沿 $abcd$ 流动

9. 如下图所示, 两闭合金属环 a 、 b 套在水平光滑杆上, 当条形磁铁 N 极靠近圆环 a 的过程中(未穿出), 两环的运动情况正确的是 ()



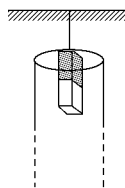
- A. 同时向左运动, 距离增大
- B. 同时向左运动, 距离不变
- C. 同时向左运动, 距离减小
- D. 同时向右运动, 距离增大

10. 如右图所示, 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 的金属线框的中点联结并悬挂于 O 点, 悬点正下方存在一个上弧长为 $2l_0$ 、下弧长为 $2d_0$ 的方向垂直纸面向里的匀强磁场, 且 $d_0 \leq$



- L. 先将线框拉到如图所示位置,松手后让线框进入磁场,忽略空气阻力和摩擦力.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 $d \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$
- 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往返运动

11. 如右图所示,一磁铁用细线悬挂,一个无限长的铜管固定在磁铁的正下方,铜管上端与磁铁下端相平,现烧断细线,在磁铁下落过程中,下列说法正确的是 ()



- (1) 磁铁下落的加速度先增大后减小
 (2) 磁铁以恒定的加速度下落
 (3) 磁铁下落的速度先增大后减小
 (4) 磁铁下落的加速度一直减小直到为零
 (5) 磁铁下落的速度逐渐增大最后匀速运动
- A. 只有(2) B. 只有(1)(3)
 C. 只有(1)(5) D. 只有(4)(5)



第4节 法拉第电磁感应定律



基础-知识-学习-导引

一、感应电动势

- 当闭合电路中磁通量发生变化时,回路中产生感应电流,则必然有电动势,此电动势就是感应电动势;
- 不管电路是否闭合,只要穿过回路的磁通量发生变化,电路中就会产生感应电动势.

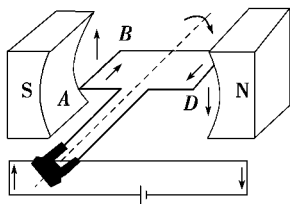
二、法拉第电磁感应定律

内容: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,公式为 $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$, 式中的 n 是回路的匝数, $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 是磁通量的变化率.

三、导体切割磁感应线时的感应电动势: $E = Blv$

四、反电动势

1. 概念:如下图,当电动机通过如图所示的电流时,因线圈受安培力作用,电动机会按图示方向转动,此时 AB 、 CD 两边因切割磁感线而产生的感应电动势与线圈中的电流方向相反,此感应电动势即为反电动势.



2. 作用:

- (1) 削弱电源电动势的作用. (2) 阻碍线圈的转动.

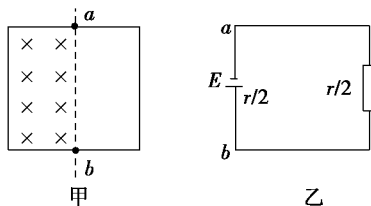
重点-难点-精要-解析

一、产生感应电动势的电路的特点及感应电动势的方向

- 产生感应电动势的回路或导体就是电源.
- 感应电动势的方向:在内电路中感应电动势的方向

是由电源的负极指向电源的正极,跟内电路中的电流方向一致.感应电动势的方向可用楞次定律或右手定则判定.

【释例1】用均匀导线做成的正方形线框边长为 0.2 m ,正方形的一半放在垂直纸面向里的匀强磁场中,如图甲所示.当磁场以 10 T/s 的变化率增强时,线框中点 a 、 b 两点间的电势差是 ()



- A. $U_{ab} = 0.1 \text{ V}$ B. $U_{ab} = -0.1 \text{ V}$
 C. $U_{ab} = 0.2 \text{ V}$ D. $U_{ab} = -0.2 \text{ V}$

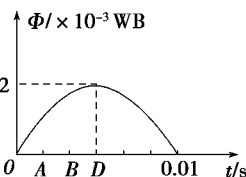
二、剖析法拉第电磁感应定律

1. $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 中, E 的大小是由回路的匝数和磁通量的变化率决定,不是由磁通量变化量的大小决定,与 Φ 或 $\Delta \Phi$ 之间大小上无必然联系

2. 当 Δt 较长时, $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 求出的是平均感应电动势,当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 求出的是瞬时电动势.

3. 若回路的磁通量仅由 B 的变化引起,则 $E = n \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot S$, 若回路的磁通量变化仅由 S 变化引起,则 $E = nB \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t}$

【释例2】单匝矩形线圈在匀强磁场中匀速运动,转轴垂直于磁场,若线圈所围面积里磁通量随时间变化的规律如右图所示,则 $0 \sim D$ 过程中 ()



- A. 线圈在 0 时刻感应电动势最大
 B. 线圈在 D 时刻感应电动势为零
 C. 线圈在 D 时刻感应电动势最大
 D. 线圈在 0 至 D 时间内平均感应电动势为 0.4 V

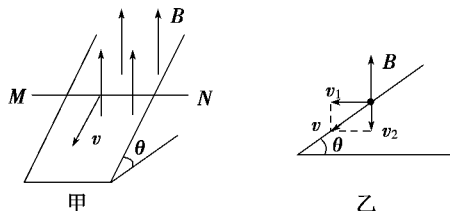
三、分析 $E=Blv$ 的三性

对导体切割磁感应线时的感应电动势 $E=Blv$ 的理解, 应从以下三方面把握:

1. 正交性: 本公式是在一定条件下得出的, 除了磁场是匀强磁场为还需要 B 、 L 、 v 三者相互垂直, 实际问题中当它们不相互垂直时, 应取垂直的分量进行计算。

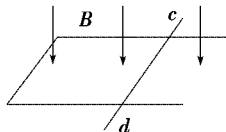
若 B 、 L 、 v 三个量中任意两个量方向相互平行, 感应电动势为零。

【释例 3】 如图甲所示一个与水平面成 θ 角、宽为 L 的 U 型框架中, 一金属棒 MN 自导轨上滑下, 当下滑速度为 v 时, 产生的感应电动势是多大?



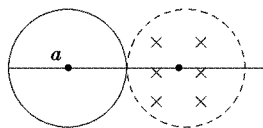
2. 瞬时对应性: 对于 $E=Blv$, 若 v 为瞬时速度, 则 E 为瞬时感应电动势; 若 v 是平均速度, 则 E 为平均感应电动势。

【释例 4】 在范围足够大、方向竖直向下的匀强磁场中, $B=0.2\text{ T}$, 有一水平放置的光滑框架, 宽度为 $L=0.4\text{ m}$, 如图所示, 框架上放置一质量为 0.05 kg 、电阻为 $1\ \Omega$ 的金属杆 cd , 框架电阻不计。若 cd 杆以恒定加速度 $a=2\text{ m/s}^2$ 由静止开始向右做匀加速直线运动, 则在 5 s 内平均感应电动势是多少? 5 s 末的感应电动势是多少?



3. 有效性: 导体切割磁感线的长度 L 应是导线的有效切割长度, 而不一定是导体的实际长度, 要根据实际问题来判定。

【释例 5】 如图所示, 一半径为 r , 电阻为 R 圆形线圈 a , 以速度 v 匀速且对准一圆形区域磁场的圆心穿过向右运动, 有界磁场的圆半径也为 r , 且磁感应强度为 B 。线圈 a 从图示位置向右运动 r 距离时, 环形线圈中 ()



- A. 电动势为 Brv , 电流顺时针方向
- B. 电动势为 $Brv/2$, 电流逆时针方向
- C. 电动势为 $\sqrt{3}Brv$, 电流逆时针方向
- D. 电动势为 $\sqrt{3}Brv$, 电流顺时针方向

四、公式 $E=N\frac{\Delta\Phi}{\Delta T}$ 和 $E=BLv\sin\theta$ 的区别与联系

	$E=N\frac{\Delta\Phi}{\Delta T}$	$E=BLv\sin\theta$
区别	(1) 求的是 Δt 时间内的平均感应电动势, E 与某段时间或某个过程相对应	(1) 求的是瞬时感应电动势, E 与某个时刻或某个位置相对应
	(2) 求的是整个回路的感应电动势. 整个回路的感应电动势为零时, 其回路中某段导体的感应电动势不一定为零	(2) 求的是回路中一部分导体切割磁感线时产生的感应电动势
	(3) 由于是整个回路的感应电动势, 因此电源部分不容易确定	(3) 由于是一部分导体切割磁感线的运动产生的, 该部分就相当于电源
联系	公式 $E=N\frac{\Delta\Phi}{\Delta T}$ 和 $E=Blv\sin\theta$ 是统一的, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, E 为瞬时感应电动势, 只是由于高中数学知识所限, 现在还不能这样求瞬时感应电动势, 而公式 $E=Blv\sin\theta$ 中 v 的若代入 \bar{v} , 则求出的 E 为平均感应电动势	

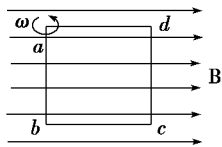
两个公式的选用:

(1) 求解导体做切割磁感线运动产生感应电动势的问题时, 两个公式都可以用。

(2) 求解某一过程(或某一段时间)内的感应电动势、平均电流、通电导体横截面的电荷量等问题, 应选用 $E=N\frac{\Delta\Phi}{\Delta T}$ 。

(3) 求解某一时刻(或某一位置)的感应电动势, 计算瞬时电流、电功率及其某段时间内的电功、电热等问题, 应选用 $E=Blv$ 。

【释例 6】 如图所示, 矩形线圈 $abcd$ 的边长分别是 $ab=L$, $ad=D$, 线圈与磁感应强度为 B 的匀强磁场平行, 线圈以 ab 边为轴作角速度为 ω 的匀速转动, 下列说法正确的是(从图示位置开始计时) ()

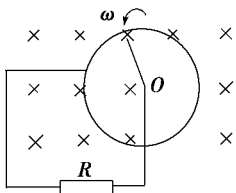


- A. $t=0$ 时刻线圈的感应电动势为零
 B. $t=\pi/2\omega$ 时刻线圈的感应电动势为零
 C. 从 0 到 $\pi/2\omega$ 的过程中线圈中的感应电动势为 $\omega BLD/2$
 D. 从 0 到 $\pi/2\omega$ 的过程中线圈中的感应电动势为 $2\omega BLD/\pi$

典型例题 拨雾导航

1. 转动切割的相关问题

例1 如右图所示,半径为 L 的金属圆环放置在磁感应强度为 B 、方向垂直纸面向里的匀强磁场中,在圆环圆心有一转动轴 O 和边缘通过一电刷与电阻 R 相连接.一根电阻为 r 的金属棒一端套在轴 O 上,另一端搭放在在环上,现该金属棒以角速度 ω 旋转,不计圆环的电阻,求电阻 R 两端的电压的大小.



【思路导引】 如何计算金属棒绕 O 点以角速度 ω 旋转时产生的感应电动势?该问题中等效电源是什么?如何画出等效电路?如何计算电阻两端的电压?

【解析】 金属棒旋转产生感应电动势,相当于电源,棒端点的线速度为 $v = \omega L$,整根棒的平均速度为 $\bar{v} = \omega L/2$,电动势为 $E = BL\bar{v} = \frac{1}{2}BL^2\omega$,等效电路如图所示.



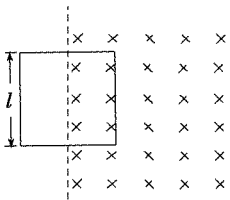
根据闭合电路欧姆定律,电路中的电流为 $I = \frac{E}{R+r} = \frac{BL^2\omega}{2(R+r)}$

所以电阻 R 两端的电压为 $U = IR = \frac{BL^2\omega R}{2(R+r)}$.

【答案】 $\frac{BL^2\omega R}{2(R+r)}$

2. 公式 $E = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 的应用、电磁感应中通过导体横截面电量的计算

例2 如下图,匀强磁场的磁感应强度方向垂直于纸面向里,大小随时间的变化率 $\frac{\Delta B}{\Delta t} = k$, k 为负的常量.用电阻率为 ρ 、横截面积为 S 的硬导线做成一边长为 l 的方框.将方框固定于纸面内,其右半部位于磁场区域中.求



- (1) 导线中感应电流的大小;
 (2) 磁场对方框作用力的大小随时间的变化率.

【思路导引】 ①用公式 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = n \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot S$ 计算线框

中产生的感应电动势时, $S = l^2$ 还是 $S = l^2/2$? ②线框的总电阻如何计算? ③线框的右边受到的安培力大小怎样计算? 如何表达磁场力大小随时间的变化率?

【解析】 (1) 线框中产生的感应电动势 $E = \Delta\Phi/\Delta t = \frac{\Delta BS'}{\Delta t} = \frac{1}{2}l^2k$ ①

在线框产生的感应电流 $I = \frac{E}{R}$, ②

线框的电阻 $R = \rho \frac{4l}{S}$, ③

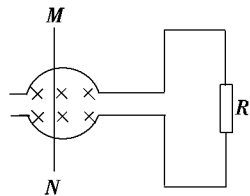
联立①②③得 $I = \frac{k l S}{8\rho}$.

(2) 导线框所受磁场力的大小为 $F = BIl$, 它随时间的变化率为 $\frac{\Delta F}{\Delta t} = Il \frac{\Delta B}{\Delta t}$,

由以上式联立可得 $\frac{\Delta F}{\Delta t} = \frac{k^2 l^2 S}{8\rho}$.

【答案】 (1) $I = \frac{k l S}{8\rho}$ (2) $\frac{k^2 l^2 S}{8\rho}$

例3 如下图所示,导线全部为裸导线,半径为 r 的圆内有垂直于圆平面的匀强磁场,磁感应强度为 B ,一根长度大于 $2r$ 的导线 MN 以速率 v 在圆环上无摩擦地自左端匀速滑动到右端,电路的固定电阻为 R ,其余电阻不计,求 MN 从圆环的左端滑到右端的过程中电阻 R 上的电流的平均值及通过的电荷量.



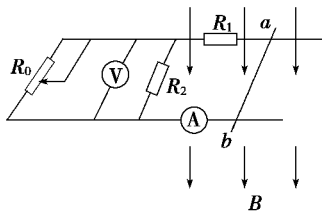
【思路导引】 ①通过回路中的电流恒定吗? 电流不恒定时,只能用平均电流乘以通电时间计算通过导体横截面的电荷量. ②是用 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 公式计算回路中的感应电动势还是用 $E = BLv$ 公式计算回路中的感应电动势?

【解析】 由于 $\Delta\Phi = B \cdot \Delta S = B \cdot \pi r^2$, 完成这一变化的时间为 $\Delta t = 2r/v$, 所以 $\bar{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\pi B r v}{2}$, 通过 R 上的平均电流为 $\bar{I} = \bar{E}/R = \frac{\pi B r v}{2R}$, 通过 R 的电荷量为 $q = \bar{I} \Delta t = \frac{\pi B r^2}{R}$.

【答案】 $\frac{\pi B r v}{2R}$ $\frac{\pi B r^2}{R}$

3. 公式 $E = BLv$ 的应用

例4 如下图所示,在两条平行光滑的导轨上有一金属杆 ab ,外加磁场跟轨道平面垂直,导轨上连有两定值电阻 ($R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$) 和滑动变阻器 R_0 , 电路中的电压表量程为 $0 \sim 10 \text{ V}$, 电流表的量程为 $0 \sim 3 \text{ A}$, 把 R_0 调至 30Ω , 用 $F = 40 \text{ N}$ 的力使 ab 杆垂直导轨向右平移, 当杆达到稳定状态时, 两块电表中有一块表正好满偏, 而另一块表还没有达到满偏, 求此时 ab 杆的速度 (其他电阻不计)



【思路导引】 可假定电压表或电流表中的一块满偏,然后依据电路中各电阻阻值及电路组成判定另一块是否满偏,进而找到符合题意的情况.

【解析】 假如电压表满偏,则通过电流表的电流是 $I_2 + I_0 = \frac{10}{6} \text{ A} + \frac{10}{30} \text{ A} = 2 \text{ A}$, 小于电流表 3 A 的量程,符合题意.

ab 切割磁感线产生的电动势 $E = BLv$ ①

ab 相当于电源有: $E = U + (I_2 + I_0)RL$ ②

ab 达到稳定速度时, $F = F_{安} = B(I_2 + I_0)L$ ③

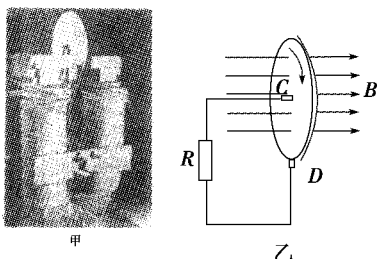
代入数据①②③联立得 $v = 1 \text{ m/s}$.

【答案】 1 m/s

【感悟提升】 切割磁感线的那部分导体相当于电源,导轨和电阻上不产生感应电动势,相当于外电路,这就将电磁感应问题转化成了电路问题,电路的有关规律这里都成立.

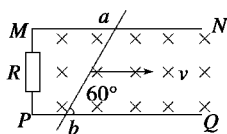
即学即练 体验成功

1. 图乙是法拉第圆盘发电机的示意图:铜盘安装在水平的铜轴上,它的边缘正好在两磁极之间,两块铜片 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.假设铜圆盘的半径为 l ,电阻不计,转动的角速度为 ω ,磁场对磁感应强度为 B ,则下列说法正确对是



- A. 通过 R 的电流方向由下向上, R 两端的电压为 $Bl^2\omega$
- B. 通过 R 的电流方向由上向下, R 两端的电压为 $Bl^2\omega$
- C. 通过 R 的电流方向由下向上, R 两端的电压为 $Bl^2\omega/2$
- D. 通过 R 的电流方向由上向下, R 两端的电压为 $Bl^2\omega/2$

2. 如下图所示, MN 、 PQ 为两条平行的水平放置的金属导轨,左端接有定值电阻 R ,金属棒 ab 斜放在两导轨之间,与导轨接触良好, $ab = L$. 磁感应强度为 B 的匀强磁场垂直于导轨平面,设金属棒与两导轨间夹角为 60° ,以速度 v 水平向右匀速运动,

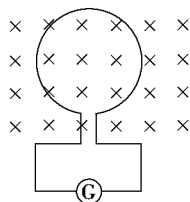


不计导轨和棒的电阻,则流过金属棒中的电流为 ()

- A. $I = \frac{BLv}{R}$
- B. $I = \frac{\sqrt{3}BLv}{2R}$
- C. $I = \frac{BLv}{2R}$
- D. $I = \frac{\sqrt{3}BLv}{3R}$

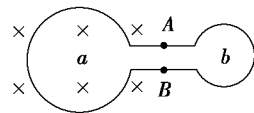
3. 物理实验中,常用一种叫做“冲击电流计”的仪器测定通过电路的电荷量,如图所示,探测线圈与冲击电流计串联后可用来测定磁场的磁感应强度.已知线圈匝数为 n ,面积为 S ,线圈与冲击电流计组成的回路电阻为 R .若将线

圈放在被测匀强磁场中,开始线圈平面与磁场垂直,现把探测线圈翻转 180° ,冲击电流计测出通过线圈的电荷量为 q ,由上述数据可测出被测磁场的磁感应强度为 ()



- A. $\frac{qR}{2nS}$
- B. $\frac{qR}{nS}$
- C. $\frac{qR}{2S}$
- D. $\frac{qR}{S}$

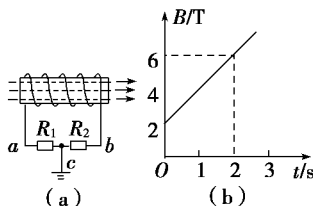
4. 如右图所示,圆环 a 和 b 的半径之比 $R_1 : R_2 = 2 : 1$,且是由粗细相同的同种材料的导线构成,连接两环的导线电阻不计,匀强磁场的磁感应强度始终以恒定



的变化率变化.那么,当只有 a 环置于磁场中与只有 b 环置于磁场中两种情况下, A 、 B 两点间的电压之比为

- A. $1 : 1$
- B. $2 : 1$
- C. $3 : 1$
- D. $4 : 1$

5. 如图(a)所示的螺线管,匝数 $n = 1500$ 匝,横截面积 $S = 20 \text{ cm}^2$,电阻 $r = 1.5 \Omega$,与螺线管串联的外电阻 $R_1 = 3.5 \Omega$, $R_2 = 25 \Omega$,方向向右穿过螺线管的匀强磁场的磁感应强度按图(b)所示规律变化,试计算电阻 R_2 的电功率.



优化作业 整合提高

一、必背知识填空

1. 法拉第电磁感应定律的内容是 _____, 公式是: _____.

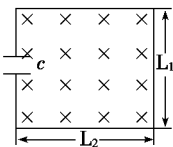
2. 导体棒切割磁感线产生感应电动势的公式是 _____.

二、选择题

3. 穿过一个单匝线圈的磁通量始终保持每秒均匀地减少 2 Wb ,则: ()

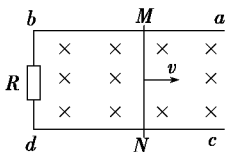
- A. 线圈中感应电动势每秒增加 2 V
- B. 线圈中感应电动势每秒减少 2 V
- C. 线圈中无感应电动势
- D. 线圈中感应电动势为 2 V ,大小不变

4. 在匀强磁场中,有一个接有电容器的单匝导线回路如右图所示,已知 $C=30\ \mu\text{F}$, $L_1=5\ \text{cm}$, $L_2=8\ \text{cm}$,磁场以 $5\times 10^{-2}\ \text{T/s}$ 的速率增加,则 ()



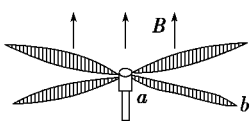
- A. 电容器上板带正电,带电量为 $6\times 10^{-5}\ \text{C}$
 B. 电容器上板带负电,带电量为 $6\times 10^{-5}\ \text{C}$
 C. 电容器上板带正电,带电量为 $6\times 10^{-9}\ \text{C}$
 D. 电容器上板带负电,带电量为 $6\times 10^{-9}\ \text{C}$

5. 如右图所示,两根相距为 l 的平行直导轨 ab 、 cd , b 、 d 间连有一固定电阻 R ,导轨电阻可忽略不计. MN 为放在 ab 和 cd 上的一导体杆,与 ab 垂直,其电阻也为 R . 整个装置处于匀强磁场中,磁感应强度的大小为 B ,磁场方向垂直于导轨所在平面(指向图中纸面内). 现对 MN 施力使它沿导轨方向以速度 v 做匀速运动. 令 U 表示 MN 两端电压的大小,则 ()



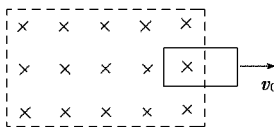
- A. $U=Blv/2$, 流过固定电阻 R 的感应电流由 b 到 d
 B. $U=Blv/2$, 流过固定电阻 R 的感应电流由 d 到 b
 C. $U=Blv$, 流过固定电阻 R 的感应电流由 b 到 d
 D. $U=Blv$, 流过固定电阻 R 的感应电流由 d 到 b

6. 一直升机停在南半球的地磁极上空. 该处地磁场的方向竖直向上,磁感应强度为 B . 直升机螺旋桨叶片的长度为 l ,螺旋桨转动的频率为 f ,顺着地磁场的方向看螺旋桨,螺旋桨按顺时针方向转动. 螺旋桨叶片的近轴端为 a ,远轴端为 b ,如右图所示. 如果忽略 a 到转轴中心线的距离,用 E 表示每个叶片中的感应电动势,则 ()



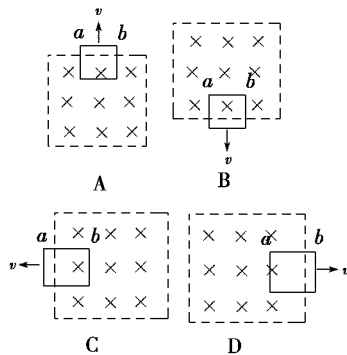
- A. $E=\pi f l^2 B$, 且 a 点电势低于 b 点电势
 B. $E=2\pi f l^2 B$, 且 a 点电势低于 b 点电势
 C. $E=\pi f l^2 B$, 且 a 点电势高于 b 点电势
 D. $E=2\pi f l^2 B$, 且 a 点电势高于 b 点电势

7. 如右图所示,闭合导线框的质量可以忽略不计,将它从图示位置匀速拉出匀强磁场. 若第一次用 $0.3\ \text{s}$ 时间拉出,外力所做的功为 W_1 ,通过导线截面的电荷量为 q_1 ;第二次用 $0.9\ \text{s}$ 时间拉出,外力所做的功为 W_2 ,通过导线截面的电荷量为 q_2 ,则 ()

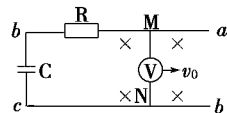


- A. $W_1 < W_2, q_1 < q_2$ B. $W_1 < W_2, q_1 = q_2$
 C. $W_1 > W_2, q_1 = q_2$ D. $W_1 > W_2, q_1 > q_2$

8. 粗细均匀的电阻丝围成的正方形线框置于有界匀强磁场中,磁场方向垂直于线框平面,其边界与正方形线框的边平行. 现使线框以同样大小的速度沿四个不同方向平移出磁场,如图所示,则在移出过程中线框的一边 a 、 b 两点间电势差绝对值最大的是 ()



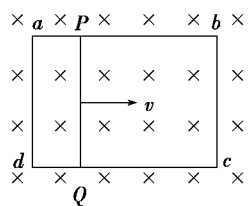
9. 如下图所示, U 型线框 $abcd$ 处于匀强磁场中,磁场的磁感应强度为 B ,方向垂直于纸面向内,长度为 L 的直导线 MN 中间串有一个电压表跨接在 ab 与 cd 上且与 ab 垂直,它们之间的接触是完全光滑的, R 为电阻, C 为电容器,现令 MN 以速度 v_0 向右匀速运动,用 U 表示电压表的读数, q 表示电容器所带电荷量, C 表示电容器电容, F 表示对 MN 的拉力,设电压表体积很小,其中线圈切割磁感线对 MN 间的电压的影响可以忽略不计,则下列正确的是 ()



- A. $U=BLv_0$ B. $F=0$
 C. $q=0$ D. $F=B^2 L^2 v_0 / R$

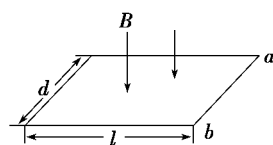
三、计算题

10. 固定在匀强磁场中的正方形导线框 $abcd$,边长为 l ,其中 ab 段是一电阻为 R 的均匀电阻丝,其余三边均为电阻不计的铜质导线,磁场的磁感应强度为 B ,方向垂直于纸面向里,现有一段与 ab 段的材料、粗细、长度均相同的电阻丝 PQ 架在导线框上,如右图所示,导线 PQ 以恒定的速度 v 从 ad 滑向 b ,当 PQ 滑过 $l/2$ 距离时,通过 aP 段电阻丝的电流为多大? 方向如何?



11. 如图所示,置于水平面上两根平行导轨间的距离为 $d=0.5\ \text{m}$,金属细杆 ab 置于导轨的一端,跨在两导轨之间,并接触良好. 它与每根导轨之间的最大静摩擦力为 $f_m=0.2\ \text{N}$. 导轨的另一端用直导线相连,形成一个恰似矩形的闭合回路,导轨长 $l=0.8\ \text{m}$,电路中只有 ab 有电

阻, $R=0.2 \Omega$. 整个装置置于方向向下的均匀磁场中, 如果磁感应强度从 $B_0=1 \text{ T}$ 瞬间开始, 以 0.2 T/s 的变化率均匀地增大, 求:



- (1) 经过多长时间后, ab 杆将开始运动;
- (2) ab 杆运动前, 回路中产生的热量;

(3) 杆运动前, 通过 ab 杆横截面的电荷量.

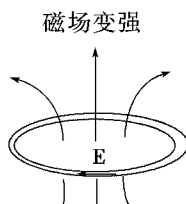


第 5 节 电磁感应规律的应用

基础-知识 学习导引

一、感生电场、感生电动势

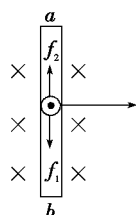
英国科学家麦克斯韦认为: 磁场变化时会在周围空间激发一种电场, 如果此刻空间存在闭合导体, 导体中的自由电荷就会在这种电场作用下做定向运动, 产生感应电流, 或者说导体中产生了感应电动势. 这种由变化磁场而产生的电场叫做感生电场(如图所示). 由感生电场产生的电动势叫做感生电动势.



磁场变化时产生了感应电动势, 是感生电场提供了非静电力.

二、电磁感应现象中的洛伦兹力、动生电动势

导体切割磁感应线时会在导体上产生感应电动势, 产生感应电动势的机理是因为洛伦兹力充当非静电力(如图). 由于导体切割磁感应线产生的电动势叫做动生电动势.



三、电磁感应规律的综合应用

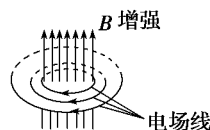
综合使用电磁感应规律及力学规律解决的问题有以下几个方面:

1. 电磁感应与电路问题的综合.
2. 电磁感应现象中的力学综合问题.
3. 电磁感应中的功能问题.
4. 电磁感应中的图像问题.

重点-难点 精要解析

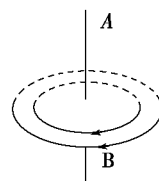
一、感应电场与静电场的区别

静电场是由静止的电荷产生, 感应电场是由变化的磁场产生; 静电场的电场线是不闭合的, 感应电场的电场线是闭合的(且可由楞次定律确定其方向), 如下图所示.



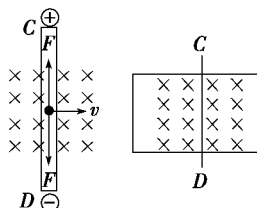
【例 1】 某空间出现了如右图所示的一组闭合的电场线, 这可能是 ()

- A. 沿 AB 方向磁场在迅速减弱
- B. 沿 AB 方向磁场在迅速增加
- C. 沿 BA 方向磁场在迅速增加
- D. 沿 BA 方向磁场在迅速减弱



二、动生电动势来源的分析

如下图所示, 一根长为 L 的导体棒在匀强磁场 B 中以速度 v 运动, 导体棒内部的自由电子也具有这一速度 v , 因此将受到洛伦兹力 $F=evB$ 的作用(如图所示), 方向由 C 向 D . 于是自由电子将向 D 端运动, D 端便出现负电荷积聚, 而 C 端将出现正电荷积聚, 在 C 、 D 两端间形成了一定的电势差 U , 即表现在宏观上的电动势.



不过, 这种正负电荷的分离过程不可能无休止进行. 因