



普通高中课程标准实验教科书（人教版）

高中 新课程导学

《高中新课程导学》编写组 编著

物 理 选修3-2

★ 知识扫描 ★ 释疑导思

★ 典例剖析 ★ 分层演练

（理工方向）



普通高中课程标准实验教科书（人教版）

高中

新课程导学

《高中新课程导学》编写组 编著

物 理 选修3-2

（理 工 方 向）

图书在版编目(CIP)数据

高中新课程导学: 人教版. 物理: 选修.3-2 / 《高中新课程导学》编写组编著. —重庆: 重庆出版社, 2011.8(2013.8 重印)
ISBN 978-7-229-04338-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 139127 号

高中新课程导学 物理·选修 3-2(人教版)

《高中新课程导学》编写组 编著

出版人: 罗小卫
责任编辑: 何 容
装帧设计: 重庆出版集团艺术设计有限公司



重庆出版集团 出版、发行
重 庆 出 版 社

重庆长江二路 205 号 邮政编码: 400016 <http://www.cqph.com>

重庆出版集团艺术设计有限公司制版

重庆天旭印务有限责任公司印刷

开本: 890mm×1 240mm 1/16 印张: 6 字数: 250 千
2013 年 8 月第 2 版第 3 次印刷
ISBN 978-7-229-04338-4
定价: 12.00 元

版权所有 侵权必究

第四章 电磁感应..... 1

第1节 划时代的发现/1

第2节 探究感应电流的产生条件/ 1

第3节 楞次定律/4

第 4 节 法拉第电磁感应定律 / 8第5节 电磁感应现象的两类情况/ 13第6节 互感和自感/ 17第7节 涡流、电磁阻尼和电磁驱动/ 20本章总结/ 23第四章 检测试题(活页)/ 71

第五章 交变电流 25

第1节 交变电流/ 25第2节 描述交变电流的物理量/ 29

LIANGDIANJIANJIIE

亮点简介

问题探究:针对难以理解的关键点、易混易错点,简明扼要地设置层次性小问题,引导学生自主思考、提升认识,突破疑难点、区分易混点、澄清易错点。

要点一：对楞次定律的理解

【问题探究】

1. 楞次定律反映了怎样的因果关系?

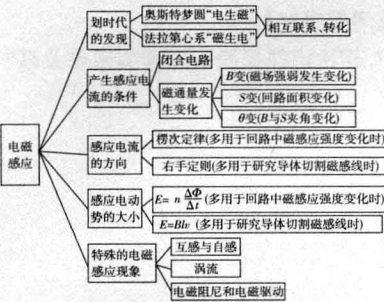
2. 仔细阅读楞次定律的内容后,思考:(1)你是怎样理解“阻碍”二字含义的?(2)谁阻碍了谁?(3)阻碍了什么?(4)如何阻碍的?(5)阻碍的结果又是什么?

LIANGDIANJIANJIE

亮点简介

网络构建:框架式展示本章知识结构,揭示知识点内在联系;同时引导学生反思本章知识关键点,明确概念规律的易错易混点、应用条件或注意事项。

【网络构建】



- 1. 感应电流的产生条件是什么?
- 2. 楞次定律的内容是什么?“阻碍”是不是“阻止”?
- 3. 法拉第电磁感应定律的内容是什么?表达式是什么?导体棒垂直切割磁感线时的感应电动势公式是什么?
.....

第 3 节 电感和电容对交变电流的影响/ 33

第 4 节 变压器/ 37

第 5 节 电能的输送/ 41

本章总结/ 44

第五章 检测试题(活页)/ 73

第六章 传感器 47

第 1 节 传感器及其工作原理/ 47

第 2 节 传感器的应用/ 50

第 3 节 实验:传感器的应用/ 55

本章总结/ 57

第六章 检测试题(活页)/ 75

模块检测(活页)/ 79

听课讲义答案(课前预习、课堂探究、实验探究、典例剖析、网络构建、专题归纳)/ 59

检测试题(71~80)
检测试题及检测试题答案、课后作业
答案(81~92)



第四章 电磁感应

第 1 节

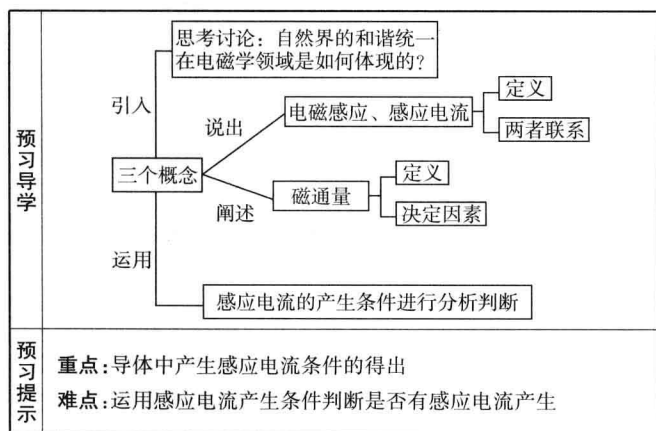
划时代的发现

第 2 节

探究感应电流的产生条件

课前预习

【目标导航】



【知识梳理】

一 电磁感应的发展史

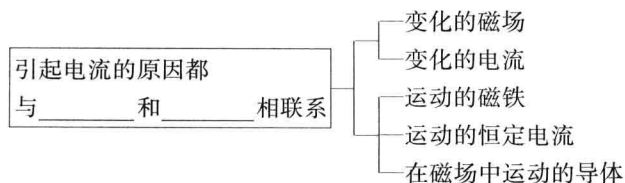
1. “电生磁”的发现

1820 年，丹麦物理学家_____发现载流导线能使小磁针偏转，这种作用称为_____。

2. “磁生电”的发现

1831 年，英国物理学家_____发现了“磁生电”的现象，这种现象叫做_____，产生的电流叫做_____。

3. 法拉第的概括



二 感应电流的产生条件

1. 磁通量

(1) 概念：穿过某个面的磁通量等于闭合导体回路的_____与垂直穿过它的_____的乘积。

(2) 公式： $\Phi = BS$ 。

2. 产生感应电流的条件

只要穿过_____的_____发生变化，闭合导体回路中就有感应电流。

【教材探究】根据教材图 4.2-2 所示实验，当线圈静止不动时，条形磁铁相对线圈运动，会在线圈中产生感应电流。而根据教材图 4.2-3 所示实验，当开关通、断时，线圈中也会产生感应电流，这两种产生感应电流的方法有何共同点？

课堂探究

要点一 磁通量的分析、计算

【问题探究】

1. 磁通量怎样表示？它的物理意义是什么？

2. 在匀强磁场中如何计算磁通量？

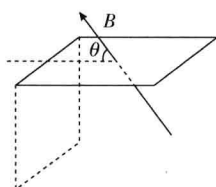
【要点精讲】

1. 磁通量是标量，但有正、负之分。其正、负是这样规定的：任何一个面都有正、反两面，若规定磁感线从正面穿入为正磁通量，则磁感线从反面穿入即为负磁通量。反之亦可。
2. 线圈为多匝时，不影响磁通量的计算，即 $\Phi \neq NBS$ (N 为线圈匝数)，因为穿过线圈的磁感线的条数不受匝数影响。
3. 非匀强磁场中磁通量的分析。条形磁铁、通电导线周围的磁场都是非匀强磁场，通常只对穿过其中的线圈的磁通量进行定性分析，分析时应兼顾磁场强弱、线圈面积和磁场与线圈的夹角等因素，并可充分利用磁感线来判断，即磁通量的大小对应穿过线圈的磁感线的条数，穿过线圈的磁感线的条数变化，则说明磁通量变化。

【典例研习 1】

如图所示的线框，面积为 S ，处于磁感应强度为 B 的匀强磁场中， B 的方向与线框平面成 θ 角，当线框转过 90° 到如图所示的虚线位置时，试求：

(1) 初、末位置穿过线框的磁通量 Φ_1 和 Φ_2 ；



(2)磁通量的变化量大小 $\Delta\Phi$.

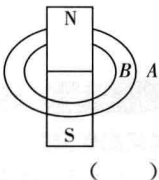
【思路探究】(1)磁通量大小的决定因素是什么?

(2)如何计算磁通量的变化量?

自主解析:

【题后反思】若穿过某一面积的磁场有不同方向,如何计算穿过该面积的磁通量呢?

【针对训练 1-1】两个圆环 A、B 如图所示放置,且半径 $R_A > R_B$,一条形磁铁的轴线过两个圆环的圆心处,且与圆环平面垂直,则穿过 A、B 环的磁通量 Φ_A 和 Φ_B 的关系是

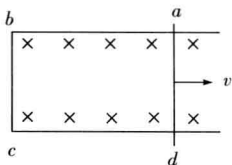


- A. $\Phi_A > \Phi_B$ B. $\Phi_A = \Phi_B$
C. $\Phi_A < \Phi_B$ D. 无法确定

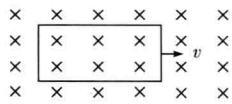
要点二 感应电流产生的条件

【问题探究】

1. 如图所示,当导体棒 ad 向右运动时,穿过 $abcd$ 的磁通量有没有发生改变? 闭合回路中是否有感应电流?



2. 如图所示,穿过闭合回路的磁通量有没有发生改变? 闭合回路中是否有感应电流?



3. 闭合电路的一部分导体在磁场中运动时,一定产生感应电流吗?

【要点精讲】

1. 产生感应电流的条件

- (1)电路为闭合电路;
(2)穿过电路的磁通量发生变化.

注意:(1)、(2)两条必须同时满足,才能产生感应电流.

2. 判断感应电流有无的方法

(1)明确电路是否为闭合电路.

(2)判断穿过回路的磁通量是否发生变化.

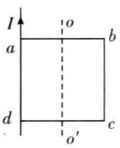
穿过闭合电路的磁通量发生变化,大致有以下几种情况:

- ①磁感应强度 B 不变,线圈面积 S 发生变化,例如闭合电路的一部分导体切割磁感线时.
②线圈面积 S 不变,磁感应强度 B 发生变化,例如线圈与磁体之间发生相对运动时或者磁场是由通电螺线管产生,而螺线管中的电流变化时.
③磁感应强度 B 和回路面积 S 同时发生变化,此时可由 $\Delta\Phi = \Phi_1 - \Phi_0$ 计算并判断磁通量是否变化.
④线圈面积 S 不变,磁感应强度 B 也不变,但两者之间夹角发生变化,例如线圈在磁场中转动时.

3. $\Delta\Phi$ 与 Φ 意义不同,大小也没有必然的联系. 感应电流的产生与 Φ 无关,只取决于 Φ 的变化,即与 $\Delta\Phi$ 有关.

【典例研习 2】

(2012 湖南省师大附中高二检测) 如图所示,矩形线框 $abcd$ 的一边 ad 恰与长直导线重合(互相绝缘). 现使线框绕不同的轴转动,不能使框中产生感应电流的是



- A. 绕 ad 边为轴转动 B. 绕 oo' 为轴转动
C. 绕 bc 边为轴转动 D. 绕 ab 边为轴转动

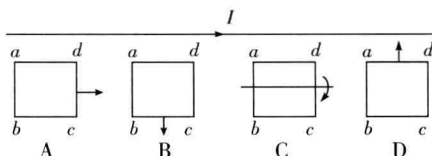
解析:逐项分析如下:

选项	诊断	结论
A	由安培定则可知,通电直导线产生的磁场磁感线是以通电直导线为圆心的同心圆(如图所示),当线框绕 ad 边为轴转动时,穿过线框的磁通量不变,线框中不会产生感应电流	×
B	当线框绕 oo' 为轴转动时,穿过线框的磁通量变化,线框中产生感应电流	✓
C	绕 bc 边为轴转动时分析如选项 B	✓
D	绕 ab 边为轴转动时分析如选项 B	✓

答案:A

【题后反思】若保持线框不动,而改变通电导线中的电流,线框中是否会产生感应电流?

【针对训练 2-1】(2012 黄冈中学高二检测) 如图所示,正方形线圈处在通电长直导线的磁场中:A 向右平动,B 向下平动,C 绕轴转动(ad 边向外),D 向上平动,判断线圈中没有感应电流的是



课后作业

基础达标

1. (2012 巴中市四县高二检测) 下列科学家中, 发现了电磁感应现象的是 ()

- A. 奥斯特 B. 牛顿
C. 法拉第 D. 安培

2. (2012 东北师大附中高二检测) 关于产生感应电流的条件, 以下说法中正确的是 ()

- A. 闭合电路在磁场中运动, 闭合电路中就一定有感应电流产生
B. 闭合电路在磁场中做切割磁感线运动, 闭合电路中一定有感应电流产生
C. 穿过闭合电路的磁通量为零的瞬间, 闭合电路中一定没有感应电流产生
D. 只要穿过闭合导体回路的磁通量发生变化, 闭合导体回路中就有感应电流产生

3. (2012 武汉重点中学第一学期高二检测) 如图所示, 通有恒定电流的导线 MN 与闭合金属框共面, 第一次将金属框由 I 平移到 II, 第二次将金属框绕 cd 边翻转到 II, 设先后两次通过金属框的磁通量变化大小分别为 $\Delta\Phi_1$ 和 $\Delta\Phi_2$, 则

- A. $\Delta\Phi_1 > \Delta\Phi_2$ B. $\Delta\Phi_1 = \Delta\Phi_2$
C. $\Delta\Phi_1 < \Delta\Phi_2$ D. 不能判断

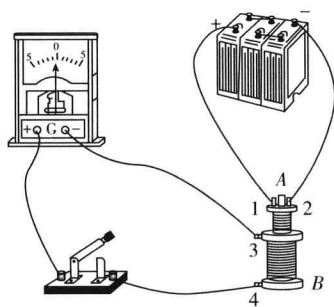
4. 如图所示, 矩形线框 abcd 放置在水平面内, 磁场方向与水平方向成 α 角, 已知 $\sin \alpha = 4/5$, 回路面积为 S, 磁感应强度为 B, 则通过线框的磁通量为 ()

- A. BS B. $4BS/5$
C. $3BS/4$ D. $3BS/4$

5. 如图所示, 在竖直向下足够大的匀强磁场中, 有一闭合导体环, 环面与磁场垂直. 当导体环在磁场中完成下述运动时, 可能产生感应电流的是 ()

- A. 导体环保持水平在磁场中向上或向下运动
B. 导体环保持水平向左或向右加速平动
C. 导体环绕垂直环面、通过环心的轴转动
D. 导体环以一条直径为轴, 在磁场中转动

6. (2012 广州高二检测) 某同学在实验室重做法拉第发现电磁感应现象的实验, 他将电流表、线圈 A 和 B、蓄电池、开关用导线连接成如图所示的实验装置. 当他接通、断开开关时, 电流表的指针都没有偏转, 其原因是 ()



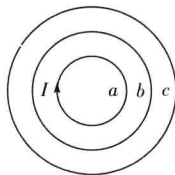
- A. 开关的位置接错 B. 电流表的正负接线柱接错
C. 线圈 B 的接头 3、4 接反 D. 蓄电池的正负极接反

7. (2012 银川高二检测) 如图所示, ab 是闭合电路的一部分, 处在垂直于纸面向外的匀强磁场中 ()

- A. 当 ab 垂直于纸面向外平动时, ab 中有感应电流
B. 当 ab 垂直于纸面向里平动时, ab 中有感应电流
C. 当 ab 垂直于磁感线向右平动时, ab 中有感应电流
D. 当 ab 垂直于磁感线向左平动时, ab 中无感应电流

8. 如图所示, a、b、c 三个闭合线圈放在同一平面内, 当线圈 a 中有电流 I 通过时, 它们的磁通量分别为 Φ_a 、 Φ_b 、 Φ_c , 下列说法中正确的是 ()

- A. $\Phi_a < \Phi_b < \Phi_c$
B. $\Phi_a > \Phi_b > \Phi_c$
C. $\Phi_a < \Phi_c < \Phi_b$
D. $\Phi_a > \Phi_c > \Phi_b$



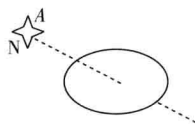
9. (2012 合肥高二检测) 在匀强磁场中有两条平行的金属导轨, 磁场方向与导轨平面垂直, 导轨上有两条可沿导轨自由移动的导体棒 ab、cd, 导体棒 ab、cd 的运动速度分别为 v_1 、 v_2 , 如图所示, ab 棒上有持续的电流通过, 则一定有 ()

- A. $v_1 > v_2$ B. $v_1 < v_2$ C. $v_1 \neq v_2$ D. $v_1 = v_2$

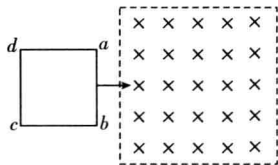
素能提升

10. 目前观察到的一切磁体都存在 N、S 两个极, 而科学家却一直在寻找是否存在只有一个磁极的磁单极子. 若确定存在磁单极子, 设法让磁单极子 A 通过一超导材料制成的线圈 (如图所示), 则下列对于线圈中的感应电流的判断, 正确的是 ()

- A. 只有 A 进入线圈的过程中有电流
B. 只有 A 离开线圈的过程中有电流
C. A 离开线圈后, 电流保持不变
D. A 离开线圈后, 电流消失



11. 磁感应强度为 B 的匀强磁场仅存在于边长为 2l 的正方形范围内, 有一个电阻为 R、边长为 l 的正方形导线框 abcd 沿垂直于磁感线方向、以速度 v 匀速通过磁场, 如图所示. 从 ab 边进入磁场算起:



- (1)画出穿过线框的磁通量随时间变化的图象;
(2)判断线框中有无感应电流.

12. 某地的地磁感应强度 B 的水平分量 $B_x = 0.18 \times 10^{-4} \text{ T}$, 竖直分量 $B_y = 0.54 \times 10^{-4} \text{ T}$. 求:

- (1)地磁场 B 的大小及它与水平方向的夹角 α 的正切值;
(2)在水平面内 2.0 m^2 的面积里地磁场的磁通量 Φ .

第3节

楞次定律

课前预习

【目标导航】

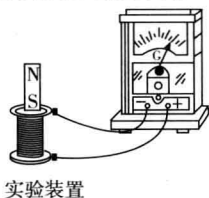
预习 导学	引入	思考讨论：感应电流的方向由哪些因素决定？遵循什么规律？			
	楞次定律	说出	实验探究	条件	
				现象	
				结论：楞次定律	
		掌握	右手定则		
	应用	右手定则、楞次定律判断感应电流方向			
预习 提示	重点：(1)应用楞次定律判断感应电流的方向				
	(2)利用右手定则判断导体切割磁感线时感应电流的方向				
	难点：楞次定律的理解及实际应用				

【知识梳理】

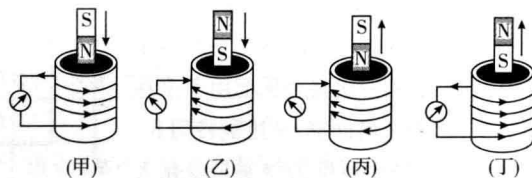
一 探究感应电流的方向

1. 实验探究

将螺线管与电流计组成闭合回路, 分别将 N 极、S 极插入、抽出线圈, 如图所示, 记录感应电流方向如下:



实验装置



2. 分析

(1)线圈内磁通量增加时的情况

图号	磁场方向	感应电流的方向	感应电流的磁场方向
甲		逆时针(俯视)	
乙		顺时针(俯视)	

(2)线圈内磁通量减少时的情况

图号	磁场方向	感应电流的方向	感应电流的磁场方向
丙		顺时针(俯视)	
丁		逆时针(俯视)	

3. 归纳结论

当线圈内磁通量增加时, 感应电流的磁场与原磁场方向相反, _____ 磁通量的增加; 当线圈内磁通量减少时, 感应电流的磁场与原磁场方向相同, _____ 磁通量的减少.

二 楞次定律

感应电流具有这样的方向, 即感应电流的磁场总要 _____ 引起感应电流的磁通量的 _____.

三 右手定则

1. 内容: 伸开右手, 使拇指与其余四个手指 _____, 并且都与手掌在同一个平面内; 让磁感线从 _____ 进入, 并使拇指指向 _____ 的方向, 这时 _____ 所指的方向就是感应电流的方向.

2. 适用范围:右手定则适用于闭合回路中_____导体做_____时产生感应电流的情况。

【教材探究】怎样根据电流表指针偏转情况确定感应电流的方向?

课堂探究

要点一 对楞次定律的理解

【问题探究】

1. 楞次定律反映了怎样的因果关系?

2. 仔细阅读楞次定律的内容后,思考:(1)你是怎样理解“阻碍”二字含义的?(2)谁阻碍了谁?(3)阻碍了什么?(4)如何阻碍的?(5)阻碍的结果又是什么?

【要点精讲】

1. 对楞次定律的理解

在闭合电路中产生的感应电流的磁场总要阻碍引起感应电流的磁通量的变化,说明闭合电路中磁通量发生变化是产生感应电流的条件,所产生的感应电流的磁场又反过来影响电路中磁通量的变化,可简单描述为

磁通量变化 $\rightarrow$ 感应电流 $\rightarrow$ 感应电流的磁场。

阻碍

2. 楞次定律中的阻碍通常表现为三种

- (1)阻碍原磁通量的变化(增反减同);
- (2)阻碍导体的相对运动(来拒去留),不是阻碍导体或磁体的运动;
- (3)通过改变线圈的面积来“反抗”磁场变化(增缩减扩)。

【典例研习 1】

(2012 山师附中高二检测)根据楞次定律可知,感应电流的磁场一定 ()

- A. 阻碍引起感应电流的磁通量
- B. 与引起感应电流的磁场方向相反
- C. 阻碍引起感应电流的磁场的磁通量的变化
- D. 与引起感应电流的磁场方向相同

【思路探究】感应电流的磁场一定与原磁场的方向相反吗?

试解:_____。(做后再看答案,效果更好。)

【针对训练 1-1】一块铜片置于如图所示的磁场

中,如果用力把铜片从磁场拉出或把它进一步推入,则在这两个过程中有关磁场对铜片的作用力,下列叙述中正确的是 ()

- A. 拉出时是阻力

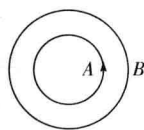
- B. 推入时是动力
- C. 拉出时不受磁场力
- D. 推入时不受磁场力

要点二 楞次定律的应用

【问题探究】

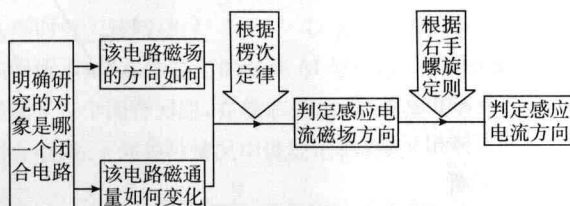
1. 楞次定律给出了谁的方向?

2. 如图所示,两个线圈 A、B 套在一起,线圈 A 中通有电流,方向如图所示。当线圈 A 中的电流突然增强时,线圈 B 中的感应电流方向如何?此时线圈 B 具有扩张趋势还是收缩趋势?



【要点精讲】

1. 判断感应电流方向的步骤



该方框图不仅概括了根据楞次定律判定感应电流方向的思路,同时也描述了磁通量变化、磁场方向、感应电流方向三个因素的关系,只要知道了其中任意两个因素,就可以判定第三个因素。

2. 判断回路运动情况及回路面积的变化趋势

(1) 常规法

据原磁场($B_{\text{原}}$ 方向及 $\Delta\Phi$ 情况) $\xrightarrow{\text{楞次定律}}$ 确定感应磁场

($B_{\text{感}}$ 方向) $\xrightarrow{\text{右手螺旋定则}}$ 判断感应电流($I_{\text{感}}$ 方向)

$\xrightarrow{\text{左手定则}}$ 回路运动情况或面积变化趋势。

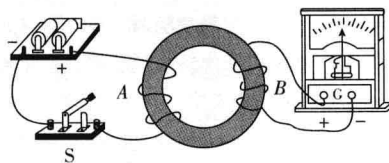
(2) 效果法

由楞次定律可知,感应电流的“效果”是阻碍引起感应电流的“原因”,深刻理解“阻碍”的含义。据“阻碍”原则,可直接对运动趋势作出判断,更简捷、迅速。

特别提示 判断感应电流方向时注意的要点可概括为四句话:“明确增减和方向,增反减同莫相忘;安培定则来判断,四指环绕是流向。”

【典例研习 2】

(2012 陕西师大附中高二检测)如图所示的装置是法拉第做的电磁感应实验电路图,他将两个匝数较多的线圈绕在一个铁环上,线圈 A 直接接在电源上,线圈 B 接指针在中央的电流表,若电流从电流表正极进入,指针向右偏,关于这个实验,以下说法中正确的是 ()



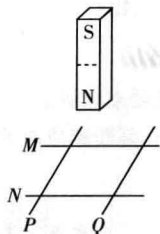
- A. 当开关 S 接通的瞬间, 电流表上有电流, 指针向右偏
 B. 当开关 S 断开的瞬间, 电流表上有电流, 指针向左偏
 C. 拿走铁环后, 两线圈相距较近且保持原状, 开关接通或断开的瞬间, 电流表上仍有电流, 只是电流比较弱一些
 D. 当开关闭合稳定后, B 上有感应电流产生

【思路探究】如何判断线圈 B 中的感应电流的方向?

试解: _____。(做后再看答案, 效果更好。)

【题后反思】铁环在本题中所起的作用是什么?

【针对训练 2-1】如图所示, 光滑固定导轨 M、N 水平放置, 两根导体棒 P、Q 平行放在导轨上, 形成闭合回路。当一条形磁铁从上方方向下迅速接近回路时, 可动的两导体棒 P、Q 将 _____。



- A. 保持不动
 B. 两根导体相互远离
 C. 两根导体相互靠近
 D. 无法判断

要点三 右手定则的理解和应用

【问题探究】

1. 导体在磁场中运动时会切割磁感线, 我们应该如何理解“切割”二字的含义? 如图中的导体 (○表示导体横截面) 切割磁感线吗?
 2. 导体棒的方向与导体棒的运动方向不垂直的情况下, 还能应用右手定则来判断感应电流方向吗?

【要点精讲】

1. 右手定则中所描述的导体的运动方向, 应为导体相对于磁场的运动方向。例如, 当闭合电路不动, 磁场相对于闭合电路的一部分导体运动时, 也可以产生感应电流。
 2. 要注意区分右手定则、楞次定律与左手定则的不同用途和用法
 (1) 右手定则与楞次定律的区别与联系

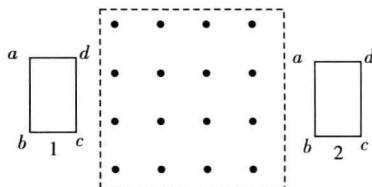
		楞次定律	右手定则
区别	研究对象	整个闭合回路	闭合回路的一部分, 即做切割磁感线运动的导体
	适用范围	各种电磁感应现象	只适用于导体在磁场中做切割磁感线运动的情况
	应用	对于磁感应强度随时间变化而产生的电磁感应现象较方便	对于导体棒切割磁感线产生的电磁感应现象较方便
联系		右手定则是楞次定律的特例	

(2) 右手定则与左手定则的比较

比较项目	右手定则	左手定则
作用	判断感应电流方向	判断通电导体所受磁场力的方向
图例		
因果关系	运动→电流	电流→运动
应用实例	发电机	电动机

【典例研习 3】

(2012 南通高二检测) 如图所示, 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 1(左) 匀速运动到位置 2(右), 则 _____。



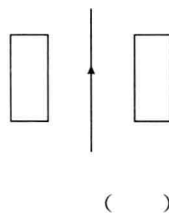
- A. 导线框进入磁场时, 感应电流方向为 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$
 B. 导线框离开磁场时, 感应电流方向为 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$
 C. 导线框离开磁场时, 受到的安培力方向水平向右
 D. 导线框进入磁场时, 受到的安培力方向水平向左

解析: 由右手定则可判断出导线框进入磁场时, 感应电流方向为 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$, 导线框离开磁场时, 感应电流方向为 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ 。由左手定则可判断导线框进入磁场时受到的安培力水平向左, 导线框离开磁场时受到的安培力也是水平向左, 故选项 D 正确。

答案: D

【题后反思】在判断感应电流方向时, 什么情况下应用楞次定律? 什么情况下用右手定则?

【针对训练 3-1】(2012 汕头高二检测) 如图所示, 矩形线框与长直导线在同一平面内, 当矩形线框从长直导线的左侧运动到右侧的过程中, 线框内感应电流的方向为 _____。



- A. 先顺时针, 后逆时针
 B. 先逆时针, 后顺时针
 C. 先顺时针, 后逆时针, 再顺时针
 D. 先逆时针, 后顺时针, 再逆时针

课后作业

基础达标

- 许多科学家在物理学发展史上作出了重要的贡献,下列表述正确的是 ()
A. 楞次通过分析许多实验事实后,用一句话巧妙地表达了感应电流的方向
B. 安培根据分子电流假说很好地解释了电磁感应现象
C. 库仑通过扭秤实验测出了万有引力常量 G 的大小
D. 法拉第通过放在通电直导线下方的小磁针发生偏转,得出通电导线的周围存在磁场的结论

- 如图所示,闭合金属圆环沿垂直于磁场方向放置在匀强磁场中,将它从匀强磁场中匀速拉出,以下说法中正确的是 ()
A. 向左拉出时和向右拉出时,环中的感应电流方向相反
B. 向左和向右拉出时,环中感应电流方向都是沿顺时针方向
C. 向左和向右拉出时,环中感应电流方向都是沿逆时针方向
D. 环在出磁场之前,就已经有了感应电流

- 如图所示,若套在条形磁铁上的弹性金属线圈 I 突然缩小为线圈 II,则关于线圈的感应电流及其方向(从上往下看)是 ()
A. 有顺时针方向的感应电流
B. 有逆时针方向的感应电流
C. 有先逆时针后顺时针方向的感应电流
D. 无感应电流

- (2012 河南开封高二检测) 如图所示,当磁铁突然向铜环运动时,铜环的运动情况是 ()
A. 向右摆动
B. 向左摆动
C. 静止不动
D. 无法判定

- (2012 海南中学高二检测) 闭合线框 $abcd$ 自某高度自由下落时穿过一个有界的匀强磁场,当它经过如图所示的三个位置时,感应电流的方向是 ()
A. 经过 I 时, $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$
B. 经过 II 时, $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$
C. 经过 II 时, 无感应电流
D. 经过 III 时, $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$

- 如图所示, AOC 是光滑的金属轨道, AO 沿竖直方向, OC 沿水平方向, PQ 是一根金属直杆, 如图所示立在导轨上, 直杆从图示位置由静止开始在重力作用下运动, 运动过程

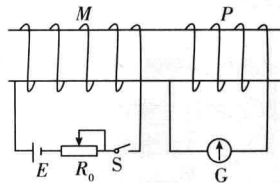
中 Q 端始终在 OC 上, 空间存在着垂直于纸面向外的匀强磁场, 则在 PQ 杆滑动的过程中, 下列判断正确的是 ()

- 感应电流的方向始终是由 $P \rightarrow Q$
- 感应电流的方向先是由 $P \rightarrow Q$, 后是由 $Q \rightarrow P$
- PQ 受磁场力的方向垂直于杆向左
- PQ 受磁场力的方向垂直于杆向右

- 如图所示, 螺线管 B 置于闭合金属圆环 A 的轴线上, 当 B 中通过的电流 I 减小时 ()
A. 环 A 不发生变化
B. 环 A 有扩张的趋势
C. 螺线管 B 有缩短的趋势
D. 螺线管 B 有伸长的趋势

- 如图所示, Q 为用毛皮摩擦过的橡胶圆盘, 由于它的转动, 使得金属环 P 中产生了逆时针方向的电流, 则 Q 盘的转动情况是 ()
A. 顺时针加速转动
B. 逆时针加速转动
C. 顺时针匀速转动
D. 逆时针减速转动

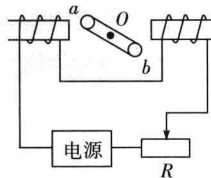
- 如图所示, 绕在铁芯上的线圈 M 与电源、滑动变阻器和开关组成了一个闭合回路, 在铁芯的右端, 线圈 P 与电流表连成闭合电路. 下列各种情况中说法正确的是 ()



- 开关 S 闭合后, 线圈 P 中有感应电流, M 、 P 相互排斥
- 开关 S 闭合后, 使滑动变阻器滑片向左匀速移动, 线圈 P 中有感应电流, M 、 P 相互排斥
- 开关 S 闭合后, 使滑动变阻器滑片向右匀速移动, 线圈 P 中有感应电流, M 、 P 相互排斥
- 开关 S 闭合瞬间, 线圈 P 中有感应电流, M 、 P 相互吸引

素能提升

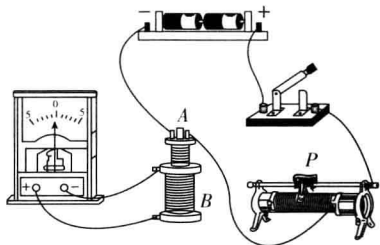
- (2012 长沙高二检测) 如图所示, ab 是一个可绕垂直于纸面的轴 O 转动的闭合矩形导线框, 当滑动变阻器 R 的滑片自左向右滑动时, 线框 ab 的运动情况是 ()



- 保持静止不动
- 逆时针转动
- 顺时针转动
- 发生转动, 但电源极性不明, 无法确定转动的方向

- (2012 贵州省遵义四中高二检测) 现将电池组、滑动变阻器、带铁芯的线圈 A 、线圈 B 、电流表、开关如图连接. 在开关闭合、线圈 A 放在线圈 B 中的情况下, 某同学发现他将滑动变

阻器的滑动端 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动端 P 向右加速滑动都能引起电流表指针向左偏转
- B. 线圈 A 中铁芯向上拔出或断开开关,都能引起电流表指针向右偏转
- C. 滑动变阻器的滑动端 P 匀速向右或向左滑动都能使电流表指针静止在中央
- D. 因线圈 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

第 4 节

法拉第电磁感应定律

课前预习

【目标导航】

预习 导学	引入	思考讨论:产生感应电流的电动势跟哪些因素有关?
	三个概念 一个定律	- 说出 感应电动势 - 定义 - 两个表达式 - 说出 磁通量的变化率 - 定义 - 决定因素 - 识别 反电动势
应用	掌握	法拉第电磁感应定律 - 内容 - 表达式
		$E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 和 $E=Blv\sin\theta$ 解决相关问题
预习提示	重点:法拉第电磁感应定律 难点:感应电动势的计算	

【知识梳理】

一 法拉第电磁感应定律

1. 感应电动势

- (1) 在 _____ 现象中产生的电动势.
- (2) 产生感应电动势的那部分导体相当于 _____.

2. 磁通量的变化率

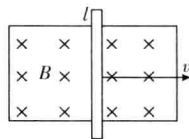
磁通量的变化率表示 _____ 变化的快慢,用 _____ 表示,其中 $\Delta\Phi$ 表示磁通量的变化量, Δt 表示发生磁通量变化所用的时间.

3. 法拉第电磁感应定律

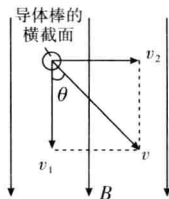
- (1) 内容:闭合电路中感应电动势的大小,跟穿过这一电路的磁通量的 _____ 成正比.
- (2) 表达式: $E=$ _____ (单匝线圈), $E=$ _____ (多匝线圈).

二 导体切割磁感线时的感应电动势

1. 磁场方向、导体棒与导体棒运动方向三者两两垂直时, $E=$ _____.



2. 导体棒与磁场方向垂直,导体棒运动方向与导体棒本身垂直,但与磁场方向夹角为 θ 时, $E=$ _____.



三 反电动势

1. 定义:电动机转动时,由于切割磁感线,线圈中产生的 _____ 电源电动势作用的电动势.
2. 作用: _____ 线圈的转动.

【教材探究】电动机工作时,加在电动机上的电压 U 和流经电动机的电流 I 及电动机线圈电阻 r 三者之间是否满足 $I=\frac{U}{r}$? 若不满足,请思考 I 应为多少?

课堂探究

要点一 法拉第电磁感应定律的理解和应用

【问题探究】

1. 由法拉第电磁感应定律,感应电动势 $E \propto \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$,若写成等式应为 $E=k\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$,比较 $E=k\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 与 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, k 与 n 的意义相同吗?

2. 闭合电路置于磁场中, 电路所在平面与磁场方向垂直, 那么, 当磁感应强度很大时, 感应电动势可能为零吗? 当磁感应强度为零时, 感应电动势可能很大吗?

【要点精讲】

1. 感应电动势的大小决定于穿过电路的磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, 而与 Φ 的大小、 $\Delta\Phi$ 的大小没有必然联系. 而 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 的两种表达形式为 $S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$ 和 $B \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t}$.
2. 磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 是 $\Phi-t$ 图象上某点切线的斜率大小.
3. Φ 、 $\Delta\Phi$ 与 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 三者之间的关系如下表:

物理量	单位	物理意义	计算公式
磁通量 Φ	Wb	表示某时刻或某位置时穿过某一面积的磁感线条数的多少	$\Phi = B \cdot S_{\perp}$
磁通量的变化量 $\Delta\Phi$	Wb	表示在某一过程中穿过某一面积的磁通量变化的多少	$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$
磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	Wb/s	表示穿过某一面积的磁通量变化的快慢	$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \begin{cases} B \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} \\ \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot S \end{cases}$

【典例研习 1】

一个 200 匝、面积为 20 cm^2 的线圈放在磁场中, 磁场的方向与线圈平面成 30° 角, 若磁感应强度在 0.05 s 内由 0.1 T 增加到 0.5 T, 在此过程中磁通量变化了多少? 磁通量的变化率是多少? 线圈中感应电动势的大小是多少伏?

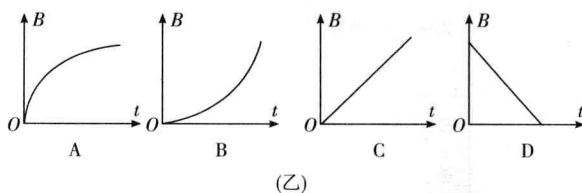
【思路探究】(1) 如何计算磁通量的变化量?

(2) 感应电动势与哪些量有关?

自主解析:

思维总结 对于磁通量的变化量和磁通量的变化率来说, 穿过 1 匝线圈和穿过 n 匝线圈是一样的, 而对于感应电动势则不一样, 感应电动势与匝数成正比.

【针对训练 1-1】如图(甲)所示竖直放置的螺线管与导线 $abcd$ 构成闭合电路, 电路所围区域内有方向垂直纸面向里的匀强磁场, 螺线管下方水平桌面上有一个导体圆环. 欲使导体圆环受到向上的磁场力, 磁感应强度随时间变化的规律应是图(乙)中的 ()



【要点二】导体切割磁感线时的感应电动势

【问题探究】

1. 感应电动势的表达式 $E = Blv$ 的适用条件是什么? 公式中的 l 就是导体的长度吗?
2. 导体棒切割磁感线产生的电动势为 $E = Blv \sin \alpha$, 你知道公式 $E = Blv \sin \alpha$ 中的 α 是哪个角吗? 若将公式写成 $Bl(v \sin \alpha)$, 式中的“ $v \sin \alpha$ ”又有何意义? 若将公式写成 $Bv(l \sin \alpha)$, 式中的 $l \sin \alpha$ 又有何意义?
3. 若当 B 、 l 、 v 都互相垂直, 但导线绕其一端转动时, 怎样求导线中的感应电动势?

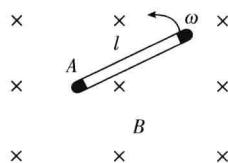
【要点精讲】

1. 对公式 $E = Blv \sin \theta$ 的理解

(1) $v \sin \theta$ 表示导体切割磁感线时, 速度在垂直于磁感应强度方向的分量, l 表示垂直于 B 、垂直于 v 方向的导体长度, 即导体的有效长度. 若导线为曲线, 则 l 应是导线的有效切割长度, 即导线两端点在垂直于 B 、垂直于 v 方向的投影长度. 如图所示的 a 、 b 、 c 三种情况下感应电动势相同.

(2) 当导体各部分切割磁感线速度不同时取平均速度, 如图, 导体棒绕 A 点以角速度 ω 匀速转动时产生感应电动势大小

$$E = Bl \bar{v} = \frac{1}{2} B \cdot \omega l^2.$$

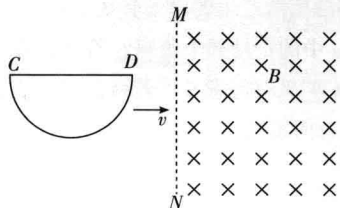


2. 公式 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 与 $E=Blv\sin\theta$ 的对比

	$E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	$E=Blv\sin\theta$
研究对象	整个闭合回路	回路中做切割磁感线运动的那部分导体
适用范围	各种电磁感应现象	只适用于导体切割磁感线运动的情况
计算结果	求得的是 Δt 内的平均感应电动势	(1)若 v 为瞬时速度,公式求的是瞬时感应电动势 (2)若 v 为平均速度,公式求的是平均感应电动势
联系	$E=Blv\sin\theta$ 是由 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 在一定条件下推导出来的,该公式可看做法拉第电磁感应定律的一个推论	

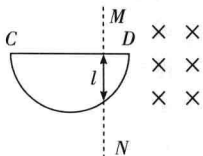
【典例研习 2】

(2012 山师附中高二检测)如图所示,一导线弯成半径为 a 的半圆形闭合回路.虚线 MN 右侧有磁感应强度为 B 的匀强磁场,方向垂直于回路所在的平面,回路以速度 v 向右匀速进入磁场,直径 CD 始终与 MN 垂直.从 D 点到达边界开始到 C 点进入磁场为止,下列结论正确的是 ()



- A. 感应电流大小不变
B. CD 段直导线始终不受安培力
C. 感应电动势最大值 $E_{\max}=Bav$
D. 感应电动势平均值 $\bar{E}=\frac{1}{2}\pi Bav$

解析:在半圆形闭合回路进入磁场的过程中磁通量不断增加,始终存在感应电流,由左手定则可知 CD 边始终受到安培力作用,选项 B 错.有效切割长度如图



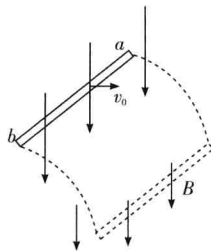
图所示,所以进入过程中 l 先逐渐增大到 a ,然后再逐渐减小为 0,由 $E=Blv$,可知最大值 $E_{\max}=Bav$,最小值为 0,故选项

A 错,选项 C 对;平均感应电动势为 $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{\frac{1}{2}B\cdot\pi a^2}{\frac{2a}{v}}=\frac{1}{4}\pi Bav$,选项 D 错.

答案:C

思维总结 导体切割磁感线产生的最大感应电动势,由磁感应强度大小、导体切割磁感线的最大有效长度、速度的大小和方向来决定.

【针对训练 2-1】如图所示,在竖直向下的匀强磁场中,将一水平放置的金属棒 ab 以水平初速度 v_0 抛出,设在整个过程中棒的取向不变,且不计空气阻力,则金属棒在运动过程中产生的感应电动势的大小变化情况是 ()

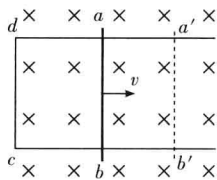


- A. 越来越大
B. 越来越小
C. 保持不变
D. 无法判断

要点三 电磁感应现象中的电路问题

【问题探究】

1. 如图所示,导体棒 ab 在切割磁感线的过程中电路中会产生感应电流.

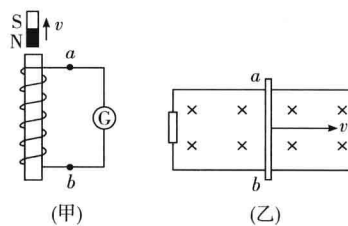


请分析:

- (1)电路中有电源吗?
(2)如果有,哪部分导体相当于电源呢?
(3)又如何确定电源的正负极呢?

2. 产生感应电动势的部分是电源,其余部分则为外电路.

试说明图(甲)、(乙)所示电路中哪部分导体相当于电源,并画出等效电路,判断 a 、 b 两点电势的高低.



【要点精讲】

1. 分析思路:在电磁感应现象中,切割磁感线的导体或磁通量发生变化的回路将产生感应电动势.若回路闭合,则产生感应电流,感应电流引起热效应等,所以电磁感应问题常与电路知识综合考查.

解决与电路相联系的电磁感应问题的基本方法是:

- (1)明确哪部分导体或电路产生感应电动势,该导体或电路就是电源,其他部分是外电路.
(2)用法拉第电磁感应定律确定感应电动势的大小,用楞次定律确定感应电动势的方向.
(3)画等效电路图.分清内外电路,画出等效电路图是解决此类问题的关键.
(4)运用闭合电路欧姆定律、串并联电路特点、电功率、电热等公式联立求解.

2. 回路中电荷量的求解

电磁感应现象中通过闭合电路某截面的电荷量 $q = \bar{I} \Delta t$, 而 $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R} = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t R}$, 则 $q = n \frac{\Delta \Phi}{R}$, 所以 q 只和线圈匝数、磁通量变化量及总电阻有关, 与完成该过程需要的时间无关.

(1) 求解电路问题首先要找出电源, 确定内电路和外电路, 解题时应考虑内阻问题.

(2) 求解电路中通过的电荷量, 一定要用平均电动势和平均电流计算.

【典例研习 3】

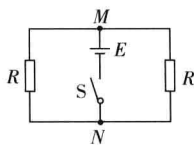
把总电阻为 $2R$ 的均匀电阻丝焊接成一半径为 a 的圆环, 水平固定在竖直向下的磁感应强度为 B 的匀强磁场中, 如图所示, 一长度为 $2a$, 电阻等于 R , 粗细均匀的金属棒 MN 放在圆环上, 它与圆环始终保持良好的接触, 当金属棒以恒定速度 v 向右移动经过环心 O 时, 求:

(1) 棒上电流的大小和方向及棒两端的电压 U_{MN} ;

(2) 圆环消耗的热功率和在圆环及金属棒上消耗的总热功率.

读题: 金属棒 MN 切割磁感线产生感应电动势, 把金属棒看成一个具有内阻为 R , 电源电动势为 E 的电源, 两个半圆环看成两个电阻 R 并联的外电路.

画图: 画等效电路图



自主解析:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

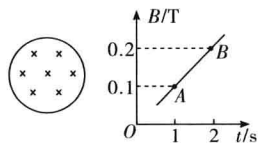
.....

.....

思维总结 电磁感应中的电路问题, 实际上是电磁感应和恒定电流问题的综合题. 感应电动势大小的计算、方向的判定以及电路的等效转化, 是解决此类问题的关键.

【针对训练 3-1】(2012 枣庄高二检测)

有一面积为 100 cm^2 的金属圆环, 电阻为 0.1Ω , 圆环中磁场的变化规律如图中直线 AB 所示, 且



磁场方向与环面垂直. 在 $A \rightarrow B$ 的过程中, 计算流过圆环某一横截面的电荷量.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

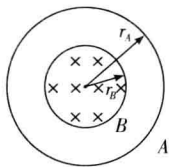
课后作业

基础达标

- 关于反电动势, 下列说法中正确的是 ()
 - 只要线圈在磁场中运动就能产生反电动势
 - 只要穿过线圈的磁通量变化, 就产生反电动势
 - 电动机在转动时线圈内产生反电动势
 - 反电动势就是发电机产生的电动势
- (2012 东北师大附中高二检测) 一根直导线长 0.1 m , 在磁感应强度为 0.1 T 的匀强磁场中以 10 m/s 的速度匀速运动, 关于导线中产生的感应电动势, 下列说法错误的是 ()
 - 一定为 0.1 V
 - 可能为零
 - 可能为 0.01 V
 - 最大值为 0.1 V

- (2012 河北衡水中学高二检测) 如图所示, 面积为 0.2 m^2 的 100 匝线圈处在匀强磁场中, 磁场方向垂直于线圈平面, 已知磁感应强度随时间变化的规律为 $B = (2 + 0.2t) \text{ T}$, 定值电阻 $R_1 = 6 \Omega$, 线圈电阻 $R_2 = 4 \Omega$, 则 a 、 b 两点间电压 U_{ab} ()
 - 2.4 V
 - 0.024 V
 - 4 V
 - 1.6 V

4. (2012 吉林东北师大附中高二检测) 如图所示, 用同样的导线制成的两闭合线圈 A、B, 匝数均为 20 匝, 半径 $r_A = 2r_B$, 在线圈 B 所围区域内有磁感应强度均匀减小的匀强磁场, 则线圈 A、B 中产生感应电动势之比 E_A

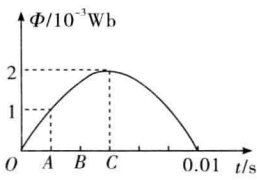


- : E_B 和两线圈中感应电流之比 $I_A : I_B$ 分别为 ()
- A. 1:1, 1:2 B. 1:1, 1:1
- C. 1:2, 1:2 D. 1:2, 1:1

5. 中国南极考察队队员在地球南极考察时, 设想考察队队员在地球南极附近水平面上驾驶一辆冰车向前行进时, 由于地磁场作用, 冰车两端会有电势差, 设驾驶员左方电势为 U_1 , 右方电势为 U_2 , 则以下说法中正确的是 ()

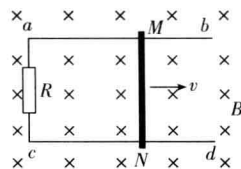
- A. 向着南极点行进时, U_1 比 U_2 高
- B. 背着南极点行进时, U_1 比 U_2 高
- C. 在水平冰面上转圈时, U_1 比 U_2 高
- D. 无论在水平冰面上行进, U_1 总是低于 U_2

6. (2012 北京东城区高二检测) 单匝矩形线圈在匀强磁场中匀速转动, 转动轴垂直于磁场. 若线圈所围面积的磁通量随时间变化的规律如图所示, 则 ()



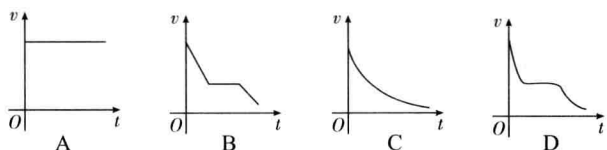
- A. 线圈中 O 时刻的感应电动势最小
- B. 线圈中 C 时刻的感应电动势为零
- C. 线圈中 C 时刻的感应电动势最大
- D. 线圈中 O 到 C 时刻内平均感应电动势为 0.2 V

7. (2013 年北京理综) 如图所示, 在磁感应强度为 B 、方向垂直纸面向里的匀强磁场中, 金属杆 MN 在平行金属导轨上以速度 v 向右匀速滑动, MN 中产生的感应电动势为 E_1 ; 若磁感应强度增为 $2B$, 其他条件不变, MN 中产生的感应电动势变为 E_2 . 则通过电阻 R 的电流方向及 E_1 与 E_2 之比 $E_1 : E_2$ 分别为 ()

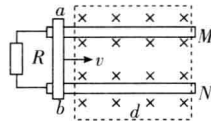


- A. $c \rightarrow a$, 2:1 B. $a \rightarrow c$, 2:1
- C. $a \rightarrow c$, 1:2 D. $c \rightarrow a$, 1:2

8. (2013 年新课标全国卷 II) 如图, 在光滑水平桌面上有一边长为 L 、电阻为 R 的正方形导线框; 在导线框右侧有一宽度为 d ($d > L$) 的条形匀强磁场区域, 磁场的边界与导线框的一边平行, 磁场方向竖直向下. 导线框以某一初速度向右运动, $t=0$ 时导线框的右边恰与磁场的左边界重合, 随后导线框进入并通过磁场区域. 下列 $v-t$ 图象中, 可能正确描述上述过程的是 ()



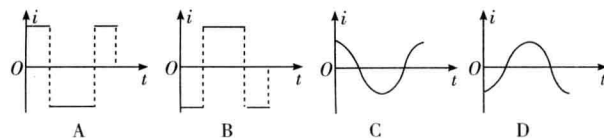
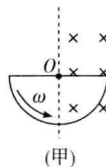
9. M 和 N 是固定在水平面内的两条光滑平行的金属轨道 (间距为 l), 其电阻可忽略不计. 如图所示的正方形虚线框 (边长为 d) 内充满垂直轨道平面向下的匀强磁场, 金属杆 ab (电阻可忽略) 垂直轨道方向放置在两轨道上, M 和 N 之间接有一电阻 R , 若杆 ab 以恒定速率 v 沿平行轨道方向滑动并通过匀强磁场, 在此过程中, 以下各物理量与速度 v 的平方成正比的是 ()



- A. 杆 ab 中的电流
- B. 杆 ab 在磁场中所受的安培力
- C. 电阻 R 上产生的焦耳热
- D. 水平外力对 ab 杆做功的功率

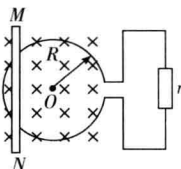
素能提升

10. (2012 广东汕头金山中学高二检测) 如图 (甲), 虚线右侧存在垂直于纸面向里的匀强磁场, 半圆形闭合线框与纸面共面, 绕过圆心 O 且垂直于纸面的轴匀速转动. 线框中的感应电流以逆时针方向为正方向, 那么图 (乙) 中哪个图能正确描述线框从图 (甲) 所示位置开始转动一周的过程中, 线框中感应电流随时间变化的情况 ()



(乙)

11. (2012 黄冈中学高二检测) 如图所示, 半径为 R 的圆形导轨处在垂直于圆平面的匀强磁场中, 磁感应强度为 B , 方向垂直于纸面向里. 一根长度略大于导轨直径的导体棒 MN 以恒定速率 v 在圆导轨上从左端滑到右端, 电路中的定值电阻为 r , 其余电阻不计. 导体棒与圆形导轨接触良好. 求:



- (1) 在滑动过程中通过电阻 r 的电流的平均值;
- (2) MN 从左端到右端的整个过程中, 通过 r 的电荷量;
- (3) 当 MN 通过圆形导轨中心时, 通过 r 的电流是多少?