

## 第03讲 涡流、电磁阻尼和电磁驱动（预习）

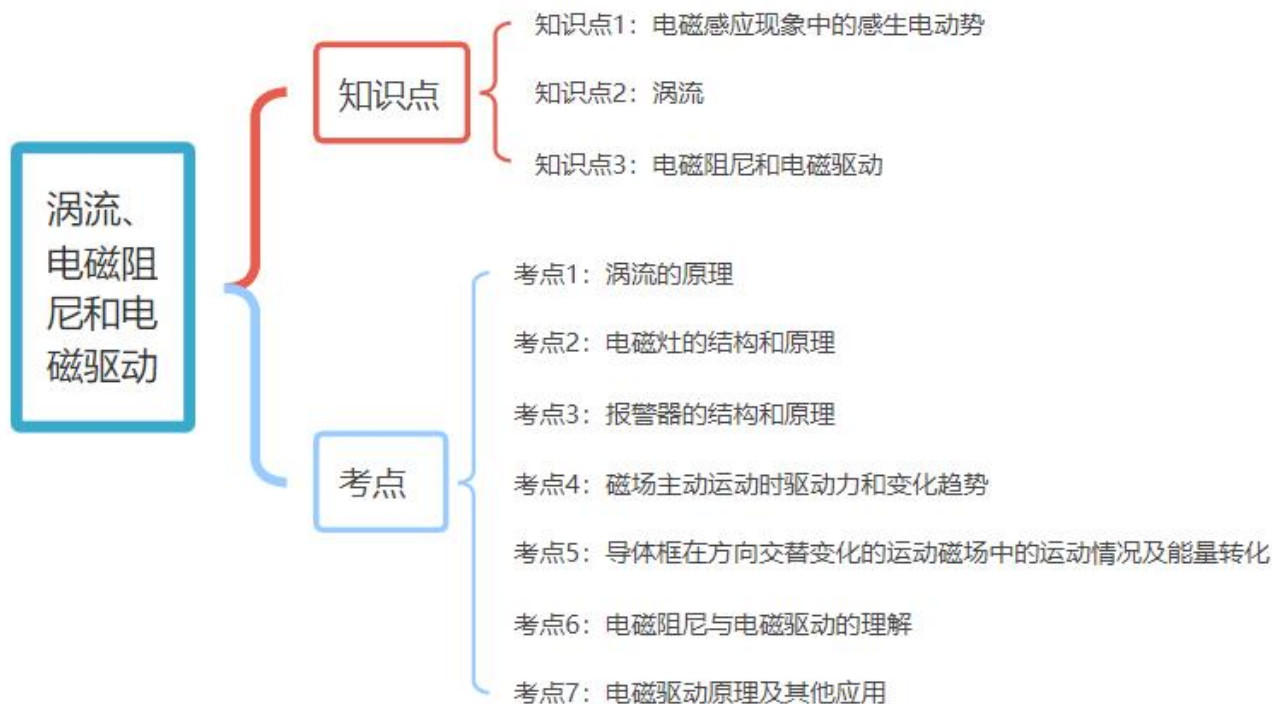
### 模块导航

- 模块一 思维导图串知识
- 模块二 基础知识全梳理（吃透教材）
- 模块三 教材习题学解题
- 模块四 核心考点精准练（7大考点）
- 模块五 小试牛刀过关测

### 学习目标

1. 理解涡流、电磁阻尼和电磁驱动，能解释一些现象，解决实际问题。
2. 明确涡流的原理，知道涡流的利与弊，能在问题情境中分析并解决问题。
3. 了解电磁阻尼和电磁驱动现象，理解电磁阻尼和电磁驱动的原理及其应用。

### 模块一 思维导图串知识

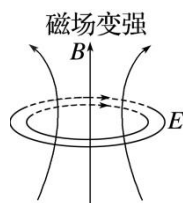


### 模块二 基础知识全梳理

#### 知识点1：电磁感应现象中的感生电动势

##### 【情境导入】

如图所示， $B$  增强时，就会在空间激发一个感生电场  $E$ 。如果  $E$  处空间存在闭合导体，导体中的自由电荷就会在感生电场的作用下做定向移动，产生感应电流。



(1)感生电场的方向与感应电流的方向有什么关系？如何判断感生电场的方向？

(2)上述情况下，哪种作用扮演了非静电力的角色？

**答案** (1)感应电流的方向与正电荷定向移动的方向相同。感生电场的方向与正电荷受力的方向相同，因此，感生电场的方向与感应电流的方向相同，感生电场的方向可以用楞次定律来判定。

(2)感生电场对自由电荷的作用。

### 1. 感生电场

麦克斯韦认为，磁场变化时会在空间激发一种电场，这种电场叫作感生电场。

### 2. 感生电动势

由感生电场产生的电动势叫感生电动势。

### 3. 电子感应加速器

电子感应加速器是利用感生电场使电子加速的设备，当电磁铁线圈中电流的大小、方向发生变化时，产生的感生电场使电子加速。

### 温馨提示

1. 变化的磁场周围产生感生电场，与闭合电路是否存在无关。如果在变化的磁场中放一个闭合电路，自由电荷在感生电场的作用下发生定向移动。

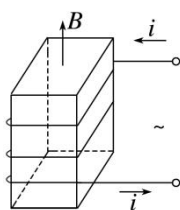
2. 感生电场可用电场线形象描述。感生电场是一种涡旋电场，电场线是闭合的，而静电场的电场线不闭合。

3. 感生电场的方向根据楞次定律用右手螺旋定则判断，感生电动势的大小由法拉第电磁感应定律  $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  计算。

## 知识点二 涡流

### 【情境导入】

如图所示，线圈中的电流随时间变化时，导体中有感应电流吗？如果有，它的形状像什么？



**答案** 有。变化的电流产生变化的磁场，变化的磁场产生感生电场，使导体中的自由电子发生定向移动，产生感应电流，它的形状像水中的漩涡，所以把它叫作涡电流，简称涡流。

### 1. 涡流的产生

当线圈中的电流随时间变化时，线圈附近的任何导体中都会产生感应电流，用图表示这样的感应电流，就像水中的漩涡，所以把它叫作涡电流，简称涡流。

### 3. 产生涡流的两种情况

- (1)块状金属放在变化的磁场中。
- (2)块状金属进出磁场或在非匀强磁场中运动。

### 4. 产生涡流时的能量转化

- (1)金属块在变化的磁场中，磁场能转化为电能，最终转化为内能。
- (2)金属块进出磁场或在非匀强磁场中运动，由于克服安培力做功，金属块的机械能转化为电能，最终转化为内能。

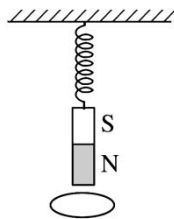
### 5. 涡流的应用与防止

- (1)应用：真空冶炼炉、探雷器、安检门等。
- (2)防止：为了减小电动机、变压器铁芯上的涡流，常用电阻率较大的硅钢做材料，而且用相互绝缘的硅钢片叠成铁芯来代替整块硅钢铁芯。

## 知识点三 电磁阻尼和电磁驱动

### 【情境导入】

弹簧上端固定，下端悬挂一个磁体。将磁体托起到某一高度后放开，磁体能上下振动较长时间才停下来。如果在磁体下端放一个固定的闭合线圈，使磁体上下振动时穿过它(如图所示)，磁体就会很快停下来，解释这个现象。



**答案** 当磁体穿过固定的闭合线圈时，在闭合线圈中会产生感应电流，感应电流的磁场会阻碍磁体靠近或离开线圈，也就使磁体振动时除了受空气阻力外，还要受到线圈的磁场阻力，克服阻力需要做的功较多，机械能损失较快，因而会很快停下来。

### 【知识梳理】

#### 1. 电磁阻尼

当导体在**磁场**中运动时，感应电流会使导体受到安培力，安培力的方向总是**阻碍**导体的运动，这种现象称为电磁阻尼。

#### 2. 电磁驱动

若磁场相对于导体转动，在导体中会产生感应电流，感应电流使导体受到**安培力**的作用，**安培力**使导体运动起来，这种作用常常称为电磁驱动。

#### 3. 电磁阻尼和电磁驱动的比较

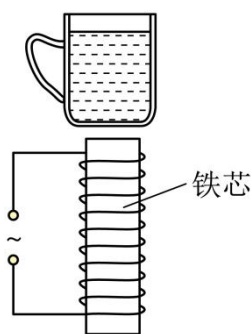
		电磁阻尼	电磁驱动
不同点	成因	由导体在磁场中运动形成的	由磁场运动而形成的
	效果	安培力方向与导体运动方向相反，为阻力	安培力方向与导体运动方向相同，为动力
	能量转化	克服安培力做功，其他形式的能转化为电能，最终转化为内能	磁场能转化为电能，通过安培力做功，电能转化为导体的机械能
共同点		两者都是电磁感应现象，导体受到的安培力都是阻碍导体与磁场间的相对运动	

### 温馨提示

## 模块三 教材习题学解题

### 教材习题 01

如图所示，在线圈上端放置一盛有冷水的金属杯。接通交流电源，一段时间后，杯内的水沸腾起来。若要缩短上述加热时间，线圈的匝数和交流电源的频率应该如何改变？哪种家用电器的原理与此类似？



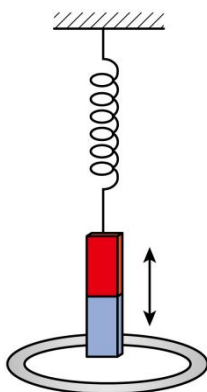
### 解题方法

若要缩短上述加热时间，即增大加热功率，则可增大感应电动势，则根据法拉第电磁感应定律  $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  可知，可以通过增加线圈的匝数或增加交流电源的频率（即增加磁通量的变化率）来增大感应电动势，从而缩短上述加热时间。电磁炉的原理与此类似。

**【答案】** 增加线圈的匝数、增加交流电源的频率，电磁炉。

### 教材习题 02

一轻质弹簧上端固定，下端悬挂一条形磁铁。一次在磁铁下方固定一闭合线圈（如图），另一次不放线圈，然后将磁铁下拉相同的距离后释放。你认为两次磁铁振动的的时间有区别吗？为什么？



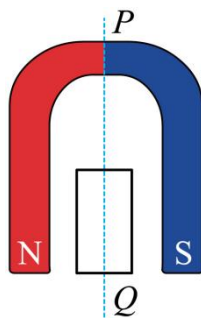
### 解题方法

放线圈时磁铁很快停止振动，不放线圈时磁铁振动较长时间后才停止。在磁铁上下振动的过程中，线圈中磁通量发生变化而产生感应电流，感应电流的磁场使磁铁上下振动时始终受到阻碍作用，也就使磁铁振动时除了要克服空气阻力做功外，还需要克服安培力做功，所以弹簧和磁铁整体的机械能减少得更快，因而磁铁很快就会停下来。

**【答案】** 略。

### 教材习题 03

如图所示，把一个闭合线圈放在蹄形磁体的两极之间，蹄形磁体和闭合线圈都可以绕  $PQ$  轴转动。当转动蹄形磁体时，线圈也跟着转动起来，解释这种现象，并说明线圈转动的能量从何而来。



### 解题方法

当蹄形磁铁转动时，穿过闭合线圈的磁通量就发生变化。线圈处于图示初始状态时，穿过线圈的磁通量为零，蹄形磁铁一转动，穿过线圈的磁通量就要增加。根据楞次定律，此时线圈中就有感应电流产生，感应电流的磁场就要阻碍磁通量的增加，即线圈的转动方向与磁铁的转动方向相同，以阻碍磁通量的增加，因而线圈跟着磁铁同向转动起来。使线圈转动的能量是由磁铁转动的机械能转化而来。

【答案】略。

## 模块四 核心考点精准练

### 考点 1：涡流的原理

- (1) 涡流是整块导体中发生的电磁感应现象；
- (2) 导体内部发热的原理是电流的热效应，热量的计算遵守能量守恒定律和焦耳定律。

【典例 1】(多选) 关于涡流，下列说法正确的是 ( )

- A. 涡流会使铁芯温度升高
- B. 涡流发热，要损耗额外的能量
- C. 涡流都是有害的
- D. 金属通以恒定电流会产生涡流

【答案】AB

【详解】A. 涡流会使铁芯温度升高，故 A 正确；

B. 涡流发热，要损耗额外的能量，故 B 正确；

C. 涡流并不都是有害的，比如真空冶炼炉利用涡流炼化金属，故 C 错误；

D. 金属通以恒定电流不会产生涡流，故 D 错误；

故选 AB。

【变式 1-1】如图所示，金属探测器有较高的灵敏度，可以探测到金属物体。探测器内有电源及相应电路，打开开关后探测器内会产生电流。探测器回路很容易受到其他磁场的影响而使仪器报警。下列说法正确的是 ( )



- A. 探测器回路内可能为恒定的直流电流

- B. 用探测器扫描塑料板时，塑料板内会产生感应电流
- C. 被探测金属内会产生涡流，涡流产生的磁场使探测器报警
- D. 若用探测器探测残破的古铜币，探测器不会报警

**【答案】C**

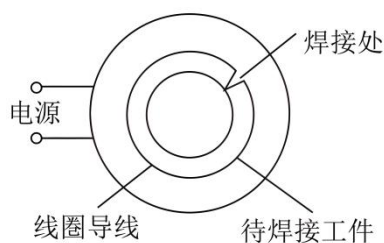
**【详解】AC.** 变化的磁场才能使金属中产生涡流，涡流产生的磁场影响探测器，进而使其报警，可知探测器回路内的电流为变化的电流，A 错误，C 正确；

**B.** 塑料板内无大量可自由移动的电子，不会产生感应电流，B 错误；

**D.** 残破的古铜币内会产生涡流，探测器会报警，D 错误。

故选 C。

**【变式 1-2】（多选）** 高频焊接原理示意图如图所示，线圈通以高频交流电，金属工件的焊缝中就产生大量焦耳热，将焊缝熔化焊接，下列情况中能使焊接处消耗的电功率增大的是（ ）



- A. 其他条件不变，增大交变电流的电压
- B. 其他条件不变，增大交变电流的频率
- C. 感应电流相同的条件下，增大焊接处的接触电阻
- D. 感应电流相同的条件下，减小焊接处的接触电阻

**【答案】ABC**

**【详解】A.** 增大交变电流的电压，其他条件不变，则线圈中交变电流增大，磁通量变化率增大，因此产生的感应电动势增大，感应电流也增大，那么焊接处消耗的电功率增大，故 A 正确；

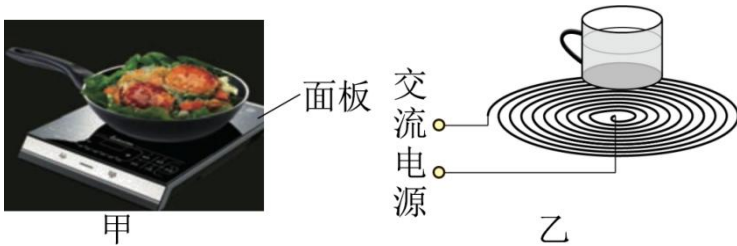
**B.** 高频焊接利用高频交变电流产生高频交变磁场，在焊接的金属工件中产生感应电流，根据法拉第电磁感应定律分析可知，电流变化的频率越高，磁通量变化频率越高，产生的感应电动势越大，感应电流越大，焊缝处消耗的电功率越大，故 B 正确；

**CD.** 感应电流相同条件下，增大焊接缝的接触电阻，由  $P = I^2 R$  可知焊缝处消耗的电功率增大，故 C 正确，D 错误。

故选 ABC。

## 考点 2：电磁灶的结构和原理

**【典例 2】** 电磁炉（图甲）是目前家庭常用的炊具，具有无明火、无污染、高效节能等优点。某同学依据电磁炉原理自己制作了一个简易电磁炉，其结构简图如图乙所示。在线圈上放置一盛有冷水的金属杯，接通交流电源，一段时间后杯内的水就会沸腾起来。下列说法正确的是（ ）



- A. 家用电磁炉工作时，利用其面板产生的涡流来加热食物
- B. 家用电磁炉的锅用铁而不用陶瓷材料，主要是因为陶瓷的导热性能较差
- C. 简易电磁炉工作时，利用自感产生的电流来加热水
- D. 仅增大简易电磁炉所接交流电源的频率，可以缩短从开始加热到水达到沸腾的时间

**【答案】D**

**【详解】**A. 家用电磁炉工作时，通过锅体的磁通量发生变化，锅体中会产生涡流，利用涡流的热效应来加热食物或者水，故 A 错误；

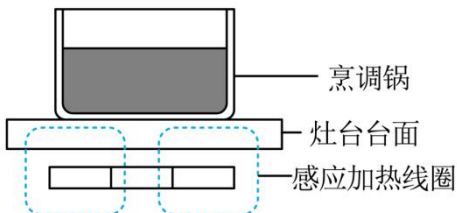
B. 家用电磁炉的锅用铁而不用陶瓷材料，主要是因为陶瓷中不能产生涡流，铁中能产生涡流，故 B 错误；

C. 简易电磁炉工作时，金属杯中会产生涡流，利用涡流的热效应来加热水，故 C 错误；

D. 仅增大简易电磁炉所接交流电源的频率，通过金属杯的磁通量变化率增大，感应电动势增大，感应电流增大，电功率增大，可以缩短从开始加热到水达到沸腾的时间，故 D 正确。

故选 D。

**【变式 2-1】**电磁炉（或电磁灶）是家家户户常见的电器，如图所示.关于电磁炉，以下说法中正确的是（ ）



- A. 烹调锅换成陶瓷的也可以正常加热食物
- B. 电磁炉是利用变化的磁场产生涡流，使铁质锅底迅速升温，进而对锅内食物加热的
- C. 电磁炉是利用变化的磁场在食物中产生涡流对食物加热的
- D. 在锅和电磁炉中间放一纸板，则电磁炉不能起到加热作用

**【答案】B**

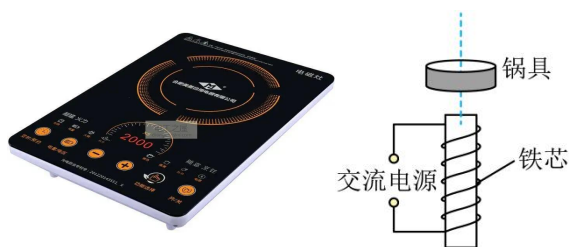
**【详解】**ABC.由题意知，电磁炉的原理是利用涡流加热的.交变电流通过线圈产生变化的磁场，在铁质锅体底部产生涡流，使锅体被加热，从而加热锅内食物，烹调锅换成陶瓷的不可以正常加热食物，故 AC 错误，B 项正确；

D.电磁炉工作依靠变化的磁场传递能量，在锅和电磁炉中间放一纸板，电磁炉依然能起到加热的作用，故 D 错误。

故选 B。

**【变式 2-2】**为了研究电磁炉的工作原理，某个同学制作了一个简易装置，如图所示，将一根电线缠绕在铁

芯外部，接通交流电源，放置在铁芯上方的不锈钢锅具开始发热，下述可以增大锅具的发热功率的办法，可行的是（ ）



- A. 增大交流电源的频率                      B. 把不锈钢锅换成陶瓷锅  
C. 将电源换成电动势更大的直流电源      D. 把线圈内部铁芯去掉

**【答案】A**

**【详解】A.** 当下方线圈通入交流电时，在不锈钢锅具中会产生感应电动势，形成涡流而产生热量，因感应电动势与电流的变化率成正比，增大交流电源的频率，感应电动势增大，电流增大，热功率增大，故 A 正确；

**B.** 陶瓷不是磁性材料，把不锈钢锅换成陶瓷锅，则不会产生涡流，故 B 错误；

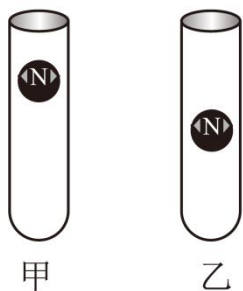
**C.** 换成直流电源，恒定电流产生恒定的磁场，穿过线圈的磁通量不变，锅具中不会有感应电流，热功率为 0，故 C 错误；

**D.** 把线圈内部铁芯去掉，则磁场减弱，感应电动势减小，感应电流减小，热功率变小，故 D 错误。

故选 A。

### 考点 3：报警器的结构和原理

**【典例 3】** 如图所示，甲、乙为形状与大小均相同且内壁光滑的圆筒，竖直固定在相同高度。两块相同的钕铁硼强磁铁，从甲、乙上端筒口同一高度同时无初速度释放，穿过乙筒的磁铁先落到地面。关于两圆筒的制作材料，下列可能正确的是（ ）



- A. 甲—塑料，乙—铝                      B. 甲—铜，乙—胶木  
C. 甲—玻璃，乙—塑料                  D. 甲—毛竹，乙—木头

**【答案】B**

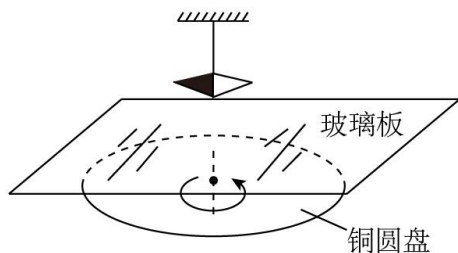
**【详解】** 由题意可知，穿过乙筒的磁铁比穿过甲筒的磁铁先落到地面，故说明磁铁在甲筒时受到阻力作用；其原因是金属导体切割磁感线，从而使闭合的导体中产生感应电流，由于磁极间的相互作用而使条形磁铁



受向上的阻力；故甲筒应为金属导体，如铜、铝、铁等，而乙筒应为绝缘体，如塑料、胶木等，故 B 正确，ACD 错误；

故选 B。

**【变式 3-1】** 水平放置的玻璃板上有一用细线悬挂的可自由旋转的小磁针，下方有一水平放置的铜圆盘。圆盘的轴线与小磁针悬线在同一直线上，初始时小磁针与圆盘均处于静止状态。当圆盘绕轴逆时针方向匀速转动时，下列说法正确的是（ ）



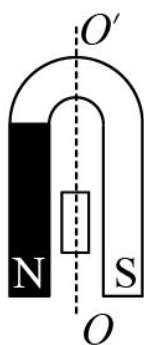
- A. 小磁针不动
- B. 小磁针逆时针方向转动
- C. 小磁针顺时针方向转动
- D. 由于圆盘中没有磁通量的变化，圆盘中没有感应电流

**【答案】** B

**【详解】** 铜圆盘上存在许多小的闭合回路，当圆盘转动时，穿过小的闭合回路的磁通量发生变化，回路中产生感应电流（涡流），此电流产生的磁场导致磁针逆时针方向转动，构成电磁驱动。

故选 B。

**【变式 3-2】（多选）** 如图所示，把一个闭合线圈放在蹄形磁铁两磁极之间（两磁极间磁场可视为匀强磁场），蹄形磁铁和闭合线圈都可以绕  $OO'$  轴转动。当蹄形磁铁匀速转动时，线圈也开始转动，当线圈的转动稳定后，有（ ）



- A. 线圈与蹄形磁铁的转动方向相同
- B. 线圈与蹄形磁铁的转动方向相反
- C. 线圈中产生交变电流
- D. 线圈中产生为大小改变、方向不变的电流

**【答案】** AC

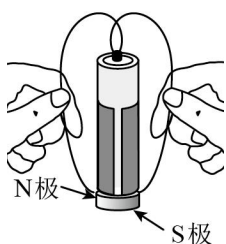
**【详解】** AB. 根据楞次定律可知，为阻碍磁通量变化，则导致线圈与磁铁转动方向相同，但快慢不一，线圈的转速一定比磁铁转速小，故 A 正确，B 错误；

CD. 最终达到稳定状态时磁铁比线圈的转速大, 则磁铁相对线圈中心轴做匀速圆周运动, 所以产生的电流为交流电, 故 C 正确, D 错误。

故选 AC。

#### 考点 4: 磁场主动运动时的驱动力和变化趋势

**【典例 4】** 将圆柱形强磁铁吸在干电池的负极, 强磁铁的 N 极朝上 S 极朝下, 金属导线折成上端有一支点, 下端开口的导线框, 使导线框的顶端支点和底端分别与电源的正极和磁铁都接触良好但不固定, 这样整个线框就可以绕电池旋转起来. 下列判断正确的是 ( )



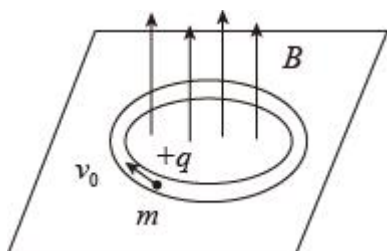
- A. 线框能旋转起来, 是因为电场力                      B. 俯视观察, 线框沿逆时针方向旋转  
C. 电池输出的电功率大于线框旋转的机械功率      D. 导线框将上下振动

**【答案】** C

**【分析】** 该装置的原理是电流在磁场中的受力, 根据左手定则判断线框的转动方向, 根据能量守恒定律判断功率关系。

**【详解】** 线框能旋转起来, 是因为通电导线在磁场中受到安培力的缘故, 选项 A 错误; 磁体的上面为 N 极, 产生斜向上的辐射状的磁感线, 对导线的右半部分有向下的电流, 根据左手定则可知受到向外的磁场力, 同理左半部分受到向里的磁场力, 可知俯视观察, 线框沿顺时针方向旋转, 选项 BD 错误; 电池输出的电功率一部分要转化成线框的热功率, 则电池的输出功率大于线框旋转的机械功率, 选项 C 正确; 故选 C。

**【变式 4-1】** 如图所示, 在一水平光滑绝缘塑料板上有一环形凹槽. 有一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的带正电小球, 在槽内沿顺时针方向做匀速圆周运动. 现加一竖直向上的均匀变化的匀强磁场, 则 ( )

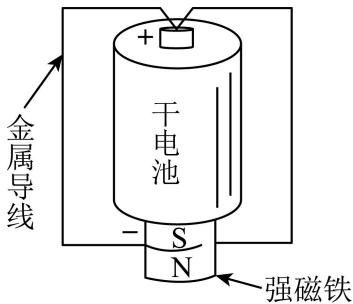


- A. 小球速度变大      B. 小球速度变小      C. 小球速度不变      D. 小球速度可能变大也可能变小

**【答案】** D

**【详解】** 磁场的变化使空间内产生感生电场, 但没有说明磁场是变大还是变小, 所以产生的感生电场的方向可能与小球运动方向相同也可能相反, 则小球速度可能变大也可能变小, 所以 D 正确; ABC 错误; 故选 D。

**【变式 4-2】（多选）** 如图所示，将圆柱形强磁铁吸在干电池负极.金属导线折成上端有一支点、下端开口的导线框，使导线框的顶端支点和底端分别与电源正极和磁铁都良好接触但不固定，这样整个线框就可以绕电池轴线旋转起来.下列判断中正确（ ）



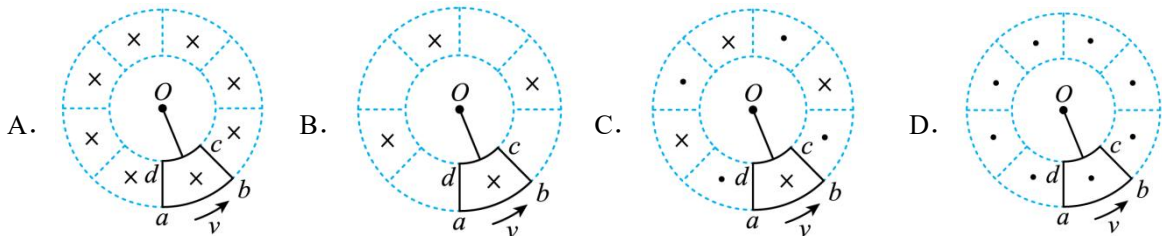
- A. 线框能旋转起来，是因为电磁感应      B. 俯视观察，线框沿逆时针方向旋转  
C. 电池输出的电功率大于线框能转的机械功率      D. 旋转达到稳定时，线框中电流比刚开始转动时的大

**【答案】BC**

**【详解】** 由图可知，圆柱形强磁铁产生的磁场为从下端的 N 极出发，回到磁铁上端的 S 极；金属导线内的电流方向从电源的正极流向负极.分析右侧导线框，该线框电流方向为顺时针方向，该区域磁场方向为逆时针方向，根据左手定则可以判断出导线框受到垂直于纸面向里的安培力，同理可以判断左侧导线框受到垂直于纸面向外的安培力，故线框能够在安培力的作用下沿逆时针方向旋转，而并不是因为电磁感应，故 A 项错误，B 项正确；电池输出的电能转化为线框旋转的机械能以及导线的内能两部分，由能量守恒定律知，电流输出的电能大于线框旋转的机械能，再由  $P = \frac{W}{t}$  可知电池输出的电功率大于线框旋转的机械功率.随着线框由静止开始转动，安培力做功消耗电能，当旋转达到稳定时，因导线切割磁感线产生反电动势，所以此时线框中的电流比刚开始转动时的小，故 C 项正确，D 项错误.

### 考点 5: 导体框在方向交替变化的运动磁场中的运动情况及能量转化

**【典例 5】** 电磁阻尼可以无磨损地使运动的线圈快速停下来。如图所示，扇形铜框在绝缘细杆作用下绕转轴 O 在同一水平面内快速逆时针转动，虚线把圆环分成八等份，扇形铜框恰好可以与其中份重合。为使线框快速停下来，实验小组设计了以下几种方案，其中虚线为匀强磁场的理想边界，边界内磁场大小均相同，其中最合理的是（ ）

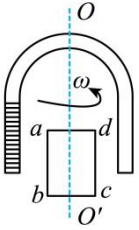


**【答案】C**

**【详解】** 扇形铜框逆时针转动时，对于 A、D 选项，通过铜框的磁通量不发生变化，无感应电流产生，则线圈不会受到安培力阻碍；

对于 B、C 选项，通过铜框的磁通量发生变化，产生感应电流，B 项的铜框只有单边  $ad$  或  $bc$  受到安培阻力作用，而 C 项的铜框  $ad$  边、 $bc$  边同时受到安培阻力作用，所以最合理的是 C 选项。故 ABD 错误，C 正确。故选 C。

**【变式 5-1】** 如图所示，蹄形磁铁和矩形线圈均可绕竖直轴  $OO'$  转动，当从上往下看磁铁做逆时针转动后，则 **【 】**

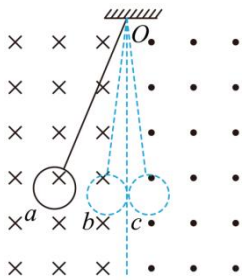


- A. 线圈将逆时方向转动，转速与磁铁相同
- B. 线圈将逆时方向转动，转速比磁铁小
- C. 线圈将逆时方向转动，转速比磁铁大
- D. 线圈仍将静止

**【答案】 B**

**【详解】** 当转动磁铁时，导致线圈的磁通量发生变化，从而产生感应电流，出现安培力，导致线圈转动从上往下看用力使磁铁作逆时针转动时，则导致线圈与磁铁转动方向相同，根据楞次定律可知，感应电流方向始终是  $adcba$ ，AD 错误；根据楞次定律可知，为阻碍磁通量增加，则导致线圈与磁铁转动方向相同，但快慢不一，线圈的转速一定比磁铁转速小，B 正确 C 错误。

**【变式 5-2】 (多选)** 如图所示，竖直平面内过  $O$  点的竖直虚线左右两侧有垂直纸面大小相等、方向相反的水平匀强磁场，一导体圆环用绝缘细线连接悬挂于  $O$  点，将导体圆环拉到图示  $a$  位置静止释放，圆环绕  $O$  点摆动，则 ( )



- A. 导体圆环从  $a$  运动到  $b$  位置的过程中，有顺时针方向电流
- B. 导体圆环从  $b$  运动到  $c$  位置的过程中，电流总是顺时针方向
- C. 导体圆环在  $b$  位置的速度大小与  $c$  位置速度大小不相等
- D. 导体圆环向右最多能摆到与  $a$  位置等高的位置

**【答案】 BC**

**【详解】** A. 导体环从  $a$  运动到  $b$  位置的过程中，磁通量不变，没有感应电流，故 A 错误；  
 B. 导体环从  $b$  运动到  $c$  位置的过程中，垂直纸面向里的磁场对应的磁通量在减小，根据楞次定律，感应电流方向为顺时针方向，垂直纸面向外的磁场对应的磁通量在增大，根据楞次定律，感应电流方向为顺时针方向，所以电流总是顺时针方向。故 B 正确；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/596014121225011023>