# 专题11·楞次定律与法拉第电磁感应定律

**题型1楞次定律**难度★★考频★★

|  |
| --- |
| 备考策略  1*.*感应电流方向的判断方法  (1)右手定则,即根据导体在磁场中做切割磁感线运动的情况进行判断*.*  (2)楞次定律,即根据穿过闭合回路的磁通量的变化情况进行判断*.*  2*.*楞次定律中“阻碍”的主要表现形式  (1)阻碍原磁通量的变化——“增反减同”“增离减靠”*.*  (2)阻碍导体与磁场的相对运动——“来拒去留”*.*  (3)使线圈面积有扩大或缩小的趋势——“增缩减扩”*.*  (4)阻碍原电流的变化(自感现象)——“增反减同”*.* |

题型例析

例1[全国甲2023*·*21,6分](多选)一有机玻璃管竖直放在水平地面上,管上有漆包线绕成的线圈,线圈的两端与电流传感器相连,线圈在玻璃管上部的5匝均匀分布,下部的3匝也均匀分布,下部相邻两匝间的距离大于上部相邻两匝间的距离*.*如图(a)所示*.*现让一个很小的强磁体在玻璃管内沿轴线从上端口由静止下落,电流传感器测得线圈中电流*I*随时间*t*的变化如图(b)所示*.*则(　　)

图(a) 图(b)

A*.*小磁体在玻璃管内下降速度越来越快

B*.*下落过程中,小磁体的N极、S极上下颠倒了8次

C*.*下落过程中,小磁体受到的电磁阻力始终保持不变

D*.*与上部相比,小磁体通过线圈下部的过程中,磁通量变化率的最大值更大

解析▶本题的题眼是“下部相邻两匝间的距离大于上部相邻两匝间的距离”和“*I*-*t*图像”*.*穿过线圈的磁通量发生变化,判断感应电流方向,考虑楞次定律*.*

电流的峰值越来越大,即小磁体在依次穿过每个线圈的过程中磁通量的变化越来越快,因此小磁体的速度越来越快,故A、D正确;假设小磁体是N极向下穿过线圈,则在穿入靠近每匝线圈的过程中磁通量向下增加,根据楞次定律可知线圈中产生逆时针(从上往下看)的电流,而在穿出并远离每匝线圈的过程中磁通量向下减少,产生顺时针的电流,即电流方向相反,与题干图中描述的穿过线圈的过程电流方向变化相符,S极向下同理,所以磁体穿过8匝线圈过程中会出现8个这样的图像,并且随下落速度的增加,感应电流的最大值逐渐变大,所以磁体下落过程中磁体的N、S极没有颠倒,故B错误;线圈可等效为条形磁铁,线圈的电流越大则磁性越强,因此电流的大小是变化的,小磁体受到的电磁阻力是变化的,不是一直不变的,故C错误*.*

答案AD

例2 [湖南岳阳2023二模]如图所示,两匀强磁场的磁感应强度*B*1和*B*2大小相等、方向相反,金属圆环的直径与两磁场的边界重合*.*下列变化会在环中产生逆时针方向感应电流的是(　　)

A*.*增大*B*1,同时减小*B*2

B*.*减小*B*1,同时增大*B*2

C*.*同时以相同的变化率增大*B*1和*B*2

D*.*同时以相同的变化率减小*B*1和*B*2

解析▶本题的题眼是“*B*1和*B*2大小相等、方向相反”和“会在环中产生逆时针方向感应电流”*.*通过产生感应电流的方向,利用楞次定律反推原磁场的变化情况*.*

由于两匀强磁场的磁感应强度*B*1和*B*2大小相等、方向相反,金属圆环的直径与两磁场的边界重合,变化前金属圆环的磁通量为0,要使环中产生逆时针方向的感应电流,感应电流产生的感应磁场方向垂直纸面向外,根据楞次定律可知,金属圆环的磁通量变化只能是向里增大或向外减小,可能的变化如下:①*B*1和*B*2同时增大,*B*1比*B*2增大得快;②*B*1和*B*2同时减小,*B*1比*B*2减小得慢;③增大*B*1,同时减小*B*2;选项A正确,B、C、D错误*.*

答案A

**题型2电磁感应与动力学的综合**难度★★★考频★★★

|  |
| --- |
| 备考策略  解决电磁感应与动力学综合问题的方法  (1)电磁感应过程:感生电动势*E*=*n*;动生电动势*E*=*BLv*或*E*=*BL*2*ω*;闭合回路产生的总电流*I*=*.*此时需要做好四个分析:源,产生电动势的部分,根据右手定则判断电势高低;路,回路中感应电流的流向;力,安培力*F*=*BIL*、外力(通常为重力、摩擦力、施加的力);运动,力会使运动状态发生变化,运动状态变化又会影响感应电动势、感应电流,再影响力的变化*.*  (2)电磁感应中的动力学运动过程通常是变加速过程,常见题眼是物体匀速运动,需要对物体进行受力分析,列方程*.*  (3)电磁感应过程中,回路产生的平均电动势=*n*,平均电流=,流过电路的电荷量*q*=*Δt*,联立方程有*q*=*n.*  注意:通常电荷量的求解会和动量关联,此时可能会用到公式*BqL*=*mv*-*mv*0*.* |

例3 [山东2023*·*12,4分](多选)足够长U形导轨平置在光滑水平绝缘桌面上,宽为1 m,电阻不计*.*质量为1 kg、长为1 m、电阻为1 Ω的导体棒*MN*放置在导轨上,与导轨形成矩形回路并始终接触良好,*Ⅰ*和*Ⅱ*区域内分别存在竖直方向的匀强磁场,磁感应强度分别为*B*1和*B*2,其中*B*1=2 T,方向向下*.*用不可伸长的轻绳跨过固定轻滑轮将导轨*CD*段中点与质量为0*.*1 kg的重物相连,绳与*CD*垂直且平行于桌面*.*如图所示,某时刻 *MN*、*CD*同时分别进入磁场区域*Ⅰ*和*Ⅱ*并做匀速直线运动,*MN*、*CD*与磁场边界平行*.MN*的速度*v*1=2 m/s,*CD*的速度为*v*2且*v*2>*v*1,*MN*和导轨间的动摩擦因数为0*.*2*.*重力加速度大小取10 m/s2,下列说法正确的是(　　)



A*.B*2的方向向上 B*.B*2的方向向下

C*.v*2=5 m/s D*.v*2=3 m/s

解析▶本题的题眼是“某时刻*MN*、*CD*同时分别进入磁场区域*Ⅰ*和*Ⅱ*并做匀速直线运动”*.*

由于*v*2>*v*1,因此对导体棒受力分析可知导体棒受到向右的摩擦力以及向左的安培力,摩擦力大小为*f*=*μmg*=2 N,导体棒所受的安培力大小为*F*1=*f*=2 N,由左手定则可知闭合回路的电流方向为*N*→*M*→*D*→*C*→*N*,由于导轨匀速运动,对导轨受力分析,其受到向左的摩擦力、安培力和向右的拉力,由于拉力为*m*0*g*=1 N<*f*,故安培力方向向右,其大小为*F*2=*f*-*m*0*g*=1 N,由左手定则可知*B*2的方向为垂直桌面向下,故A错误,B正确;对导体棒分析,所受安培力*F*1=*B*1*IL*,对导轨分析,所受安培力*F*2=*B*2*IL*,电路中的电流为*I*=,联立解得*v*2=3 m/s,故C错误,D正确*.*

答案BD

例4 [河北唐山2023三模](多选)如图所示,光滑水平面上静止放置一质量为*m*、总电阻为*r*、边长为*l*的正方形导线框,导线框前方*l*处平行于*AB*边的两虚线间存在竖直向下的匀强磁场,磁场宽度*L*=*l*,磁感应强度大小为*B'.*某时刻导线框在水平恒力*F*作用下开始运动*.*已知导线框的*AB*边进、出磁场时的速度大小相等,则导线框在整个运动过程中,下列说法正确的是(　　)



A*.*导线框在通过磁场区域时先做加速度减小的减速运动后做匀加速运动

B*.*导线框在通过磁场区域时先做加速度增大的减速运动后做匀加速运动

C*.CD*边进入磁场时的速度是*AB*边进入磁场时速度的

D*.*导线框进入磁场所用的时间为-

解析▶本题的题眼是“导线框的*AB*边进、出磁场时的速度大小相等”*.*

由于*L*=*l*>*l*,可知线框在磁场中运动时,有一段时间线框全部处于磁场中,磁通量没有发生变化,没有感应电流,线框不受安培力作用,此过程线框做匀加速直线运动,即导线框的*AB*边进、出磁场之间的某一段过程做匀加速直线运动,由于导线框的*AB*边进、出磁场时的速度大小相等,可知导线框在通过磁场区域时先做加速度减小的减速运动后有可能达到匀速,之后做匀加速运动,最后做加速度减小的减速运动同样可能减速到某个速度后匀速,在减速过程安培力大于水平恒力,速度减小,感应电动势减小,感应电流减小,安培力减小,加速度减小,故A、B错误;设*AB*边进、出磁场时的速度大小为*v*0,*CD*边进入磁场时速度大小为*v*1,则有*F*=*ma*,=2*al*,-=2*a*,解得*v*1=*v*0,故C正确;

导线框进入磁场过程,由于安培力在变化,要求时间优先考虑用动量定理解答*.*

导线框进入磁场过程的感应电动势的平均值为=,感应电流==,根据动量定理有*Ft*-*B'lt*=*mv*1-*mv*0,联立解得*t*=-,故D正确*.*

答案CD

例5[湖南怀化2023二模](多选)如图所示,两根足够长光滑平行金属导轨间距*l*=0*.*9 m,与水平面夹角*θ*=30*°*,正方形区域*abcd*内有匀强磁场,磁感应强度*B*=2 T,方向垂直于导轨平面向上*.*甲、乙是两根质量相同、电阻均为*R*=4*.*86 Ω的金属杆,垂直于导轨放置*.*甲置于磁场的上边界*ab*处,乙置于甲上方*l*处,现将两金属杆由静止同时释放,并立即在甲上施加一个沿导轨方向的拉力*F*,甲始终以*a*=5 m/s2的加速度沿导轨向下运动,乙进入磁场时恰好做匀速运动,*g*取10 m/s2*.*则(　　)



A*.*甲穿过磁场过程中拉力*F*随时间均匀增大

B*.*每根金属杆的质量为0*.*3 kg

C*.*乙穿过磁场过程中安培力的功率为3 W

D*.*乙穿过磁场过程中,通过整个回路的电荷量为 C

解析▶本题的题眼是“甲始终以*a*=5 m/s2的加速度沿导轨向下运动,乙进入磁场时恰好做匀速运动”*.*

由于安培力是变化的,重力的分力是恒力,且提供的加速度正好可以使金属杆甲以*a*=5 m/s2做匀加速直线运动,则可判断*F*大小等于安培力*.*

甲在磁场中做匀加速直线运动,由牛顿第二定律可得*F*+*mg*sin *θ*-*F*安=*ma*,又*a*=5 m/s2,可知*F*=*F*安,即外力*F*大小始终等于安培力*F*安,由于电路中的感应电流为*I*===,则*F*=*F*安=*BIl*=,因此甲穿过磁场过程中拉力*F*随时间均匀增大,故A正确;由题意可知,乙杆进入磁场前做初速度为零的匀加速直线运动,则加速度*a'*==*g*sin *θ*=5 m/s2,乙进入磁场时的速度*v'*== m/s=3 m/s,乙进入磁场后做匀速直线运动,由平衡条件可得*mg*sin *θ*=,解得*m*=0*.*2 kg,故B错误;乙穿过磁场过程中安培力的功率为*P*=*F'*安*v'*== W=3 W,故C正确;乙进入磁场后做匀速直线运动,则乙穿过磁场过程中,通过整个回路的电荷量*q*=*I't'*=×== C= C,故D错误*.*

答案AC

**题型3电磁感应中的能量、动量问题**难度★★★考频★★★

|  |
| --- |
| 备考策略  解决电磁感应中的能量、动量问题的方法  (1)电磁感应中求焦耳热的三种方法    (2)当需要求解导体运动的时间、位移、速度变化量或者回路产生的电荷量时,通常需要对导体应用动量定理,常用公式*Blq*=*mv*2-*mv*1,其中*q*=*.*  (3)如图所示,不受外力的等距双金属棒模型中,由于系统外力为零,可采用动量守恒定律分析系统的速度关系,最终两金属棒匀速运动;若是不等距双金属棒模型或受外力作用的等间距模型,需要用动量定理对两金属棒分别进行分析计算*.* |

例6[辽宁2023*·*10,6分](多选)如图,两根光滑平行金属导轨固定在绝缘水平面上,左、右两侧导轨间距分别为*d*和2*d*,处于竖直向上的磁场中,磁感应强度大小分别为2*B*和*B.*已知导体棒*MN*的电阻为*R*、长度为*d*,导体棒*PQ*的电阻为2*R*、长度为2*d*,*PQ*的质量是*MN*的2倍*.*初始时刻两棒静止,两棒中点之间连接一压缩量为*L*的轻质绝缘弹簧*.*释放弹簧,两棒在各自磁场中运动直至停止,弹簧始终在弹性限度内*.*整个过程中两棒保持与导轨垂直并接触良好,导轨足够长且电阻不计*.*下列说法正确的是(　　)



A.弹簧伸展过程中,回路中产生顺时针方向的电流

B.*PQ*速率为*v*时,*MN*所受安培力大小为

C.整个运动过程中,*MN*与*PQ*的路程之比为2∶1

D.整个运动过程中,通过*MN*的电荷量为

解析▶本题的题眼是“释放弹簧,两棒在各自磁场中运动直至停止”*.*

弹簧伸展过程中,根据右手定则可知,回路中产生顺时针方向的电流,选项A正确;

两导体棒长度、所在磁场的磁感应强度不同,一定要注意看系统合外力是不是为零,从而判断动量是否守恒*.*

任意时刻,设电流为*I*,则*PQ*所受安培力大小*FPQ*=*BI*·2*d*,方向向左,*MN*所受安培力大小*FMN*=2*BId*,方向向右,可知两棒组成的系统所受合外力为零,动量守恒,设*PQ*质量为2*m*,则*MN*质量为*m*,*PQ*速率为*v*时,有2*mv*=*mv'*,解得*v'*=2*v*,回路的感应电流*I*==,*MN*所受安培力的大小*FMN*=2*BId*=,选项B错误;

求物体运动的位移,可以借鉴动量守恒里的人船模型*mx*1=*Mx*2*.*

两棒最终停止时弹簧处于原长状态,由动量守恒可得*mxMN*=2*mxPQ*,*xMN*+*xPQ*=*L*,则最终*MN*位置向左移动*xMN*=,*PQ*位置向右移动*xPQ*=,=,选项C正确;整个过程中,通过*MN*的电荷量为*q*=Δ*t*=·Δ*t*=·Δ*t*===,选项D错误*.*

答案AC

例7 [湖北黄冈中学2023二模](多选)如图所示,在距地面高为*h*的水平平台上固定着间距为*L*的两平行光滑金属轨道,该轨道由圆弧*CE*、*DF*竖直轨道和*EP*、*FQ*水平轨道组成,在*EF*的右侧分布着方向竖直向上、磁感应强度为*B*的范围足够大的匀强磁场*.*质量为5*m*、长度为*L*的金属棒*b*静止放在水平轨道*GH*处*.*现将质量为*m*、长度也为*L*的金属棒*a*由圆弧轨道圆心等高处无初速度释放,在轨道末端*PQ*处与金属棒*b*发生了弹性碰撞,冲出轨道之后,金属棒*a*、*b*均落在距平台轨道末端*PQ*水平距离为0*.*5*h*的地面*MN*处*.*已知重力加速度为*g*,轨道的电阻忽略不计,金属棒*a*、*b*在运动过程中始终保持平行,不考虑空气阻力,下列说法中正确的是(　　)



A*.*金属棒*b*在空中运动过程中两端的电势差不变

B*.*圆弧轨道的半径为2*h*

C*.*整个运动过程中通过金属棒*b*的电荷量为

D*.*整个运动过程中两金属棒产生的总热量为

解析▶本题的题眼是“在轨道末端*PQ*处与金属棒*b*发生了弹性碰撞”*.*弹性碰撞可说明碰撞过程金属棒*a*、*b*组成的系统动量守恒、机械能守恒*.*

金属棒*b*在空中做平抛运动,水平方向速度不变,根据*E*=*BLv*可知,金属棒*b*在空中运动过程中两端的电势差不变,故A正确;两棒做平抛运动,且落地点相同,所以两个金属棒做平抛运动的初速度相同,根据平抛运动的规律可知0*.*5*h*=*v*0*t*,*h*=*gt*2,解得*v*0=,两金属棒发生弹性碰撞,碰撞过程系统动量守恒、机械能守恒,两棒离开轨道后做平抛运动的速度相等,*b*的质量大于*a*的质量,*a*、*b*发生弹性碰撞后*a*反弹,*a*的速度方向向左,以向右为正方向,由动量守恒定律得*mva*+5*mvb*=-*mv*0+5*mv*0,*m*+×5*m*=*m*(-*v*0)2+×5*m*,联立解得*va*=、*vb*=,*a*、*b*两金属棒在轨道上碰撞前的运动过程中系统动量守恒,以向右为正方向,由动量守恒定律得*mv*=*mva*+5*mvb*,解得金属棒*a*刚到达水平轨道时的速度大小*v*=,金属棒*a*在圆弧轨道上下滑过程中机械能守恒,由机械能守恒定律得*mgR*=*mv*2,解得圆弧轨道的半径*R*=*h*,整个运动过程中,由能量守恒定律得*mgR*=*m*+×5*m*+*Q*,解得*Q*=,故B错误,D正确;整个过程对金属棒*b*研究,根据动量定理有*BIL*Δ*t*=5*mvb*-0,*q*=*I*Δ*t*,解得*q*=,故C错误*.*

答案AD

例8 [湖南郴州2023三模](多选)如图甲所示,两根间距为*L*=1*.*0 m、电阻不计的足够长光滑平行金属导轨与水平面夹角*θ*=30*°*,导轨底端接入一阻值为*R*=2*.*0 Ω的定值电阻,所在区域内存在磁感应强度为*B*的匀强磁场,磁场方向垂直于导轨平面向上,在导轨上垂直于导轨放置一质量为*m*=0*.*2 kg、电阻为*r*=1*.*0 Ω的金属杆,开始时使金属杆保持静止,某时刻开始给金属杆一个沿导轨平面向上*F*=2*.*0 N的恒力,金属杆由静止开始运动,图乙为金属杆运动过程的*v*-*t*图像,重力加速度*g*=10 m/s2*.*则在金属杆向上运动的过程中,下列说法中正确的是(　　)

甲　乙

A*.*匀强磁场的磁感应强度*B*= T

B*.*前2 s内通过电阻*R*的电荷量为1*.*4 C

C*.*前2 s内金属杆通过的位移为4 m

D*.*前4 s内电阻*R*产生的热量为6*.*2 J

解析▶本题的题眼是“电阻不计的足够长光滑平行金属导轨”和“*v*-*t*图像”*.*

由图乙可知金属杆先做加速度减小的加速运动,2 s后做匀速直线运动,当*t*=2 s时,速度为*v*=3 m/s,此时感应电动势为*E*=*BLv*,感应电流为*I*=,安培力为*F*安=*BIL*=,根据受力平衡可得*F*=*F*安+*mg*sin *θ*,联立解得*B*=1 T,故A错误;

求电荷量*q*和运动位移*x*常常采用动量定理,常用*Blq*==*mv*2-*mv*1来解题*.*

前2 s内,根据动量定理有(*F*-*mg*sin *θ*)Δ*t*-*BL*Δ*t*=*mv*-0,又*q*=Δ*t*,联立解得*q*=1*.*4 C,故B正确;设前2 s内金属杆通过的位移为*x*,由*q*=Δ*t*=Δ*t*=Δ*t*=,解得*x*=4*.*2 m,故C错误;前2 s内金属杆通过的位移为*x*=4*.*2 m,2*~*4 s内金属杆通过的位移为*x'*=*vt″*=6 m,前4 s内由能量守恒可得*F*(*x*+*x'*)=*mv*2+*mg*(*x*+*x'*)sin *θ*+*Q*,解得*Q*=9*.*3 J,则前4 s内电阻*R*产生的热量为*QR*=*Q*=6*.*2 J,故D正确*.*

答案BD