

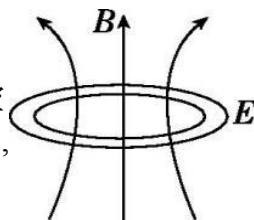
选必二 2.3 涡流、电磁阻尼和电磁驱动

导学案

学习任务一 电磁感应中的感生电场

[物理观念] 如图所示,

磁场的磁感应强度 B 增大,就会在磁场的周围产生一个感生电场 E .如果空间存在闭合导体,导体中的自由电荷就会在感生电场 E 的作用下定向移动,产生感应电流,或者说导体中产生感应电动势.

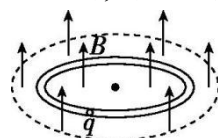


(1)闭合导体中的感应电流方向为_____ (俯视).

(2)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?

(3)上述情况下,_____作用力扮演了非静电力的角色.

例 1 (多选)[2023·辽宁鞍山一中月考] 如图所示,在圆柱形区域内存在方向竖直向上的匀强磁场,磁感应强度的大小 B 随时间 t 的变化关系为 $B=B_0+kt$,其中 B_0 、 k 为正的常数.在此区域的水平面内固定一个半径为 r 且内壁光滑的圆环形细玻璃管,将一电荷量为 q 的带正电小球在管内由静止释放,不考虑带电小球在运动过程中产生的磁场,则下列说法正确的是()



A.从上往下看,小球将在管内沿顺时针方向运动

B.从上往下看,小球将在管内沿逆时针方向运动

C.转动一周的过程中,动能增量为 $qk\pi r^2$

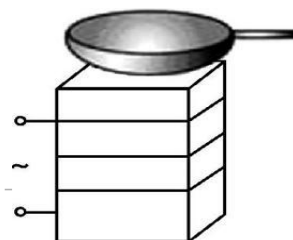
D.转动一周的过程中,动能增量为 $2qk\pi r^2$

【要点总结】

	静电场	感生电场
相同点	对放入其中的电荷有力的作用, $F=Eq$,并能对电荷做功	
不同点	产生	由静止的电荷激发
	电场线特点	由变化的磁场激发
	电场力做功特点	电场线是闭合曲线
	方向判断	电场力做功与路径有关,不能建立电势能、电势的概念
	静电场的方向与正电荷受力的方向一致	根据磁场的变化情况,楞次定律和右手螺旋定则结合判断

学习任务二 涡流

[科学探究] 在一个绕有线圈的可拆变压器铁芯上面放一口小铁锅(如图所示),小铁锅内放少许水,给线圈通入一随时间变化的电流.再用玻璃杯代替小铁锅,通电时间相同.

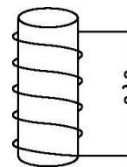


(1)小铁锅和玻璃杯中的水温有什么不同(忽略热传导)?

(2)你认为产生这种现象的原因是什么?

例2 高频感应炉是用来熔化金属并对其进行冶炼的.图为冶炼金属的高频感应炉的示意图,炉内放入被冶炼的金属,线圈通入高频变化的电流,这时被冶炼的金属就能被熔化,这种冶炼方法速度快、温度易控制,并能避免有害杂质混入被冶炼的金属中,因此适于冶炼特种金属.该炉的加热原理是()

- A.利用线圈中电流产生的焦耳热
- B.利用线圈中电流产生的磁场
- C.利用变化的电流的磁场在炉内金属中产生的涡流
- D.给线圈通电的同时,给炉内金属也通了电



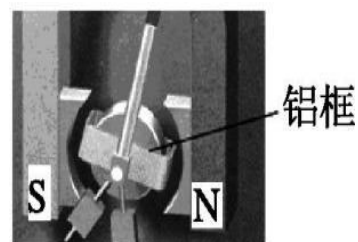
变式1 (多选)图中四个图都与涡流有关,其中说法正确的是()



- A.真空冶炼炉是利用涡流来熔化金属的装置
- B.自制金属探测器是利用地磁场来进行探测的
- C.电磁炉工作时在它的面板上产生涡流加热食物
- D.变压器的铁芯用相互绝缘的硅钢片叠合而成是为了减小涡流

学习任务三 电磁阻尼和电磁驱动

[科学探究] 磁电式仪表的线圈常常用铝框做骨架,把线圈绕在铝框上,如图所示.



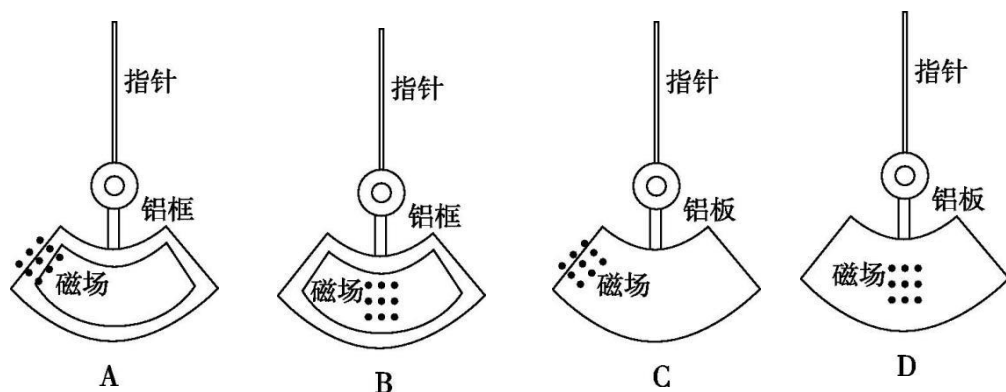
回答下列问题:

(1)假定仪表工作时指针向右转动,铝框中的感应电流沿什么方向?

(2)在(1)的情况下,由于铝框转动时其中产生感应电流,铝框要受到安培力,该安培力是沿什么方向的?

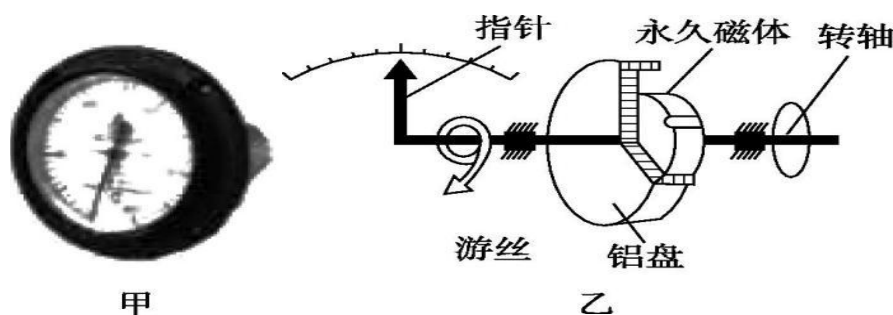
(3)因产生感应电流而受到的安培力对铝框的转动产生什么影响?使用铝框做线圈骨架有什么好处?

例3 [2023·湖南湘潭一中月考] 零刻度在表盘正中间的电流计,非常灵敏,通入电流后,线圈所受的安培力和螺旋弹簧的弹力达到平衡时,指针在示数附近摆动,很难停下,使读数变得困难.在指针转轴上装上扇形铝框或扇形铝板,在合适区域加上磁场,可以解决此困难.图中合理的是 ()



变式 2 [2023·重庆一中期末] 电磁驱动是 21 世纪初问世的新概念,该技术被认为将带来交通工具大革命.多国科学家都致力于此项研究.据 2015 年央广新闻报道,美国国家航空航天局 NASA 在真空中成功试验了电磁驱动引擎,如果得以应用,该技术将在未来的星际旅行中派上大用场.在日常生活中,比如摩托车和汽车上装有的磁性转速表就是利用了电磁驱动原理.如图所示,是磁性转速表及其原理图,关于磁性转速表的电磁驱动原理,下列说法正确的是()

- A. 铝盘接通电源,通有电流的铝盘在磁场作用下带动指针转动
- B. 永久磁体随转轴转动产生运动的磁场,在铝盘中产生感应电流,感应电流使铝盘受磁场力而转动
- C. 铝盘转动的方向与永久磁体转动方向相反
- D. 由于铝盘和永久磁体被同转轴带动,故两者转动是完全同步的



--素养提升--

电子感应加速器

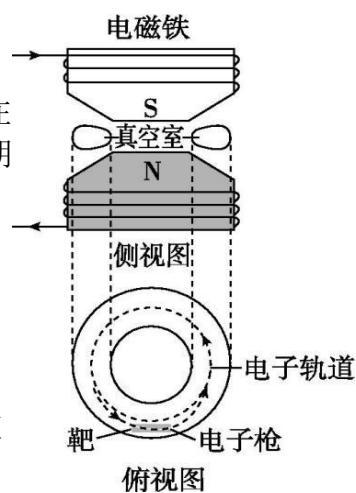
现代科学研究中常要用到高速电子,电子感应加速器就是利用感生电场使电子加速的设备.它的基本原理如图所示,侧视图中上、下为电磁铁的两个磁极,磁极之间有一个环形真空室,电子在真空室中做圆周运动.上、下电磁铁线圈中通入大小、方向周期性变化的电流,在电磁铁两极产生变化的磁场,变化的磁场激发感生电场,使电子加速.电子枪的电子同时受到两个力的作用,一个是洛伦兹力,使电子做圆周运动;另一个是沿切线方向的感生电场对其的电场力,使电子沿圆周不断加速.

如何让电子一边加速一边维持半径不变的圆周运动呢?根据洛

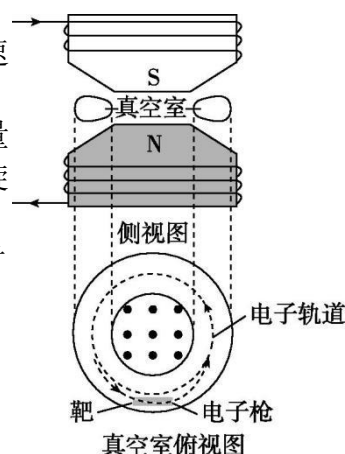
伦兹力公式 $F_{\text{洛}} = qvB = m \frac{v^2}{r}$, 当速度 v 不断增加时,只要使磁感应

强度 B 对应不断增加并满足上述等式,即可让电子运动半径保

持不变.实际中磁场的磁感应强度 B 是有上限的,所以在磁感应强度增至最大值之前,需要将电子引离轨道进入实验室的靶室.



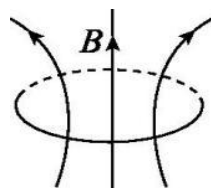
示例 [2023·辽宁大连二十四中月考] 现代科学研究中常用到高速电子,电子感应加速器就是利用感生电场加速电子的设备.电子感应加速器主要由上、下电磁铁的磁极和环形真空室组成.当电磁铁绕组通以变化的电流时,产生变化的磁场,穿过真空室所包围的区域内的磁通量也随时间变化,这时真空室空间内就产生感应涡旋电场,电子将在涡旋电场的作用下加速.如图所示(上图为侧视图、下图为俯视图),电子被约束在半径为 R 的圆周上运动,当电磁铁绕组通有图中所示的电流时 ()



- A. 若电子逆时针运动,保持电流的方向不变,则当电流增大时,电子将加速
- B. 若电子顺时针运动,保持电流的方向不变,则当电流增大时,电子将加速
- C. 若电子逆时针运动,保持电流的方向不变,则当电流减小时,电子将加速
- D. 被加速时电子做圆周运动的周期不变

// 随堂巩固 //

1.(感生电动势)(多选)某空间中存在如图所示的磁场,当磁感应强度变化时,在垂直于磁场的方向上会产生感生电场,下列有关磁感应强度的变化与感生电场的方向的关系描述正确的是 ()



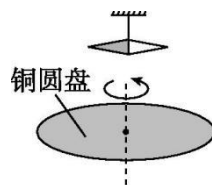
- A. 当磁感应强度均匀增大时,感生电场的方向从上向下看应为顺时针方向
- B. 当磁感应强度均匀增大时,感生电场的方向从上向下看应为逆时针方向
- C. 当磁感应强度均匀减小时,感生电场的方向从上向下看应为顺时针方向
- D. 当磁感应强度均匀减小时,感生电场的方向从上向下看应为逆时针方向

2.(涡流的应用)[2023·江苏无锡一中期中] 四川三星堆发现祭祀坑.挖掘之前考古人员用图示金属探测器在地面上进行探测定位,探测器中的发射线圈产生磁场,在地下的被测金属物中感应出电流,感应电流的磁场又影响发射线圈中的电流,使探测器发出警报.则 ()



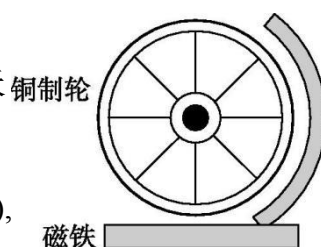
- A. 发射线圈产生的磁场是恒定磁场
- B. 被测金属物中产生的电流是恒定电流
- C. 探测的最大深度与发射线圈中的电流大小无关
- D. 探测器与被测金属物相对静止时也能发出警报

3.(电磁驱动)(多选)1824年,法国物理学家阿拉果完成了著名的“圆盘实验”.实验中将一铜圆盘水平放置,在其中心正上方用柔软细线悬挂一枚可以自由旋转的磁针,如图所示,实验中发现,当圆盘在磁针的磁场中绕过圆盘中心的竖直轴旋转时,磁针也随着一起转动起来,但略有滞后.下列说法正确的是 ()



- A. 圆盘上产生了感应电动势
- B. 圆盘内的涡流产生的磁场导致磁针转动
- C. 在圆盘转动的过程中,磁针的磁场穿过整个圆盘的磁通量发生了变化
- D. 圆盘中的自由电子随圆盘一起运动形成电流,此电流产生的磁场导致磁针转动

4.(电磁阻尼)2021年9月3日在北京、香港两地神舟十二号乘组与近300名香港科技工作者、教师和大中学生展开一场别开生面的天地连线互动.天地连线中,聂海胜示范了太空踩单车.太空单车是利用电磁阻尼的一种体育锻炼器材.某同学根据电磁学的相关知识,设计了这样的单车原理图:在铜质轮子的外侧有一些磁铁(与轮子不接触),



人在健身时带动轮子转动,磁铁会对轮子产生阻碍,磁铁与轮子间的距离可以改变,则下列说法正确的是 ()

- A.轮子受到的阻力大小与其材料电阻率无关
- B.若轮子用绝缘材料替换,也能保证相同的效果
- C.轮子受到的阻力主要来源于铜制轮内产生的感应电流受到的安培力
- D.磁铁与轮子间距离不变时,轮子转速越大,受到的阻力越小

附参考答案 2.3 涡流、电磁阻尼和电磁驱动

[物理观念] (1)顺时针

(2)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判定.

(3)感生电场对自由电荷的

例 1 AC [解析] 磁感应强度 $B=B_0+kt$,可知磁场均匀增强,从上往下看,产生顺时针方向的感应电场,正电荷受力方向与电场方向相同,所以小球沿顺时针方向运动,选项 A 正确,B 错误.根据法拉

第电磁感应定律可知,产生的感应电动势 $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{\Delta B}{\Delta t}S=\pi kr^2$,小球转动一周的过程中,静电力做的功等于动能增量,即 $\Delta E_k=qE=qk\pi r^2$,选项 C 正确,D 错误.

[科学探究] (1)通电后铁锅中的水逐渐变热,玻璃杯中的水温不变化.

(2)线圈中通入变化的电流时,会产生变化的磁场,该变化的磁场在空间激发感生电场,铁锅是导体,感生电场驱动导体内的自由电荷定向移动,产生感应电流,电能转化为内能,水温升高,玻璃是绝缘体,不会产生电磁感应现象,所以玻璃杯中的水不会升温.

例 2 C [解析] 高频感应炉的原理是给线圈通以高频变化的电流后,线圈产生高频变化的磁场,磁感线穿过金属,在金属内产生强涡流,涡流的热效应使金属熔化,选项 C 正确.

变式 1 AD [解析] 真空冶炼炉的原理是线圈中的电流做周期性变化,在金属中产生涡流,从而产生大量的热量,故 A 正确;自制金属探测器中变化的电流产生变化的磁场,遇到金属物体,金属物体中会感应出涡流,涡流的磁场反过来影响金属探测器中的电流,故 B 错误;家用电磁炉工作时,在锅体中产生涡流,加热食物,故 C 错误;当变压器中的电流变化时,在其铁芯中将产生涡流,使用硅钢片做成的铁芯可以尽可能地减小涡流,故 D 正确.

[科学探究] (1)仪表工作时指针向右转动,由楞次定律判断出铝框中的感应电流方向(从上往下看)沿逆时针方向.

(2)铝框中由于有感应电流,所以受到安培力作用,由左手定则判断,铝框左边受向下的安培力,而右边受向上的安培力.

(3)因产生感应电流而受到的安培力阻碍铝框的转动;铝框的电阻较小,产生的感应电流较大,则受到的安培力较大,铝框又轻,这样可以使指针尽快停止摆动.

例 3 D [解析] 如 A、C 选项所示,当指针向左偏转时,铝框或铝板可能会离开磁场,产生不了涡流,起不到电磁阻尼的作用,指针不能很快停下,A、C 不合理;B 选项中是铝框,磁场在铝框中间,当指针偏转角度较小时,铝框不能切割磁感线,不能产生感应电流,起不到电磁阻尼的作用,指针不能很快停下,B 不合理;D 选项中是铝板,磁场在铝板中间,无论指针偏转角度大或小,都会在铝板上产生涡流,起到电磁阻尼的作用,指针会很快地停下,便于读数,D 合理.

变式 2 B [解析] 当永久磁体随转轴转动时,产生转动的磁场,在铝盘中会产生感应电流,这时铝盘上的感应电流在永久磁铁的磁场中会受到力的作用,而产生一个转动的力矩,使指针转动,游丝的反力矩,会使指针稳定指在某一刻度上,A 错误,B 正确;该转速表运用了电磁感应原理,由楞次定律知,铝盘中感应电流产生的磁场总是阻碍永久磁体的转动,要减小穿过铝盘磁通量的变化,永久

磁体转动方向与铝盘转动方向相同,C 错误;永久磁体固定在转轴上,铝盘固定在指针轴上,铝盘和永久磁体不是被同转轴带动,所以两者转动不是同步的,D 错误.

素养提升

示例 A [解析] 当电磁铁绕组通以图中所示的电流时,由安培定则可知,将产生向上的磁场,当电磁铁绕组中的电流增大时,根据楞次定律和安培定则可知,这时真空室空间内将产生顺时针方向的涡旋电场,电子沿着逆时针方向运动,电子将加速,选项 A 正确,选项 B、C 错误;由于电子被约束在半径为 R 的圆周上运动,所以根据 $T = \frac{2\pi R}{v}$ 可知,电子加速后,电子做圆周运动的周期减小,选项 D 错误.

随堂巩固

1.AD [解析] 感生电场的方向用楞次定律来判定,原磁场方向向上且磁感应强度在增大,在周围有闭合导线的情况下,感应电流的磁场方向应与原磁场方向相反,即感应电流的磁场方向向下,由右手螺旋定则可判断,感应电流的方向即感生电场的方向,从上向下看应为顺时针;同理可知,原磁场方向向上且磁感应强度减小时,感生电场的方向从上向下看应为逆时针,A、D 正确.

2.D [解析] 探测器中的发射线圈产生磁场,在地下的被测金属物中感应出电流,所以发射线圈产生的磁场是变化的,A 错误;感应电流的磁场又影响发射线圈中的电流,说明感应电流产生的磁场是变化的,在发射线圈中又产生了感应电流,所以探测器发出警报,B 错误;探测的最大深度与发射线圈中的电流大小有关,发射线圈中的电流越大,其产生的磁场越强,其探测的深度就越深,C 错误;有金属物存在时,金属物中就会产生涡流,从而反过来影响发射线圈的电流,这跟探测器与被测金属物是否相对运动无关,所以探测器与被测金属物相对静止时也能发出警报,D 正确.

3.AB [解析] 磁针在圆盘所在处形成的磁场是非匀强磁场,圆盘可以等效为许多环形闭合线圈,圆盘转动过程中,穿过每个环形闭合线圈的磁通量不断地发生变化,在每一个环形闭合线圈上产生感应电动势和涡流,A 正确;环形闭合线圈随圆盘转动,由楞次定律可知,环形闭合线圈会受到磁针施加的阻碍相对运动的力,根据牛顿第三定律可知,磁针会受到环形闭合线圈的作用力,此力来源于电磁感应形成的涡电流,而不是自由电子随圆盘转动形成的电流,B 正确,D 错误;从圆盘的整个盘面上看,圆盘转动过程中穿过整个圆盘的磁通量不变,C 错误.

4.C [解析] 轮子(导体)在磁场中做切割磁感线的运动,会产生感应电动势和感应电流,因此不能用绝缘材料替换,B 错误;根据楞次定律可知,磁场会对运动的轮子产生阻力,以阻碍轮子与磁场之间的相对运动,所以轮子受到的阻力主要来源于磁铁对它的安培力,安培力大小与电阻率有关,故 A 错误,C 正确;磁铁与轮子间的距离不变时,轮子转速越大,产生的感应电流越大,轮子受到的阻力越大,D 错误.