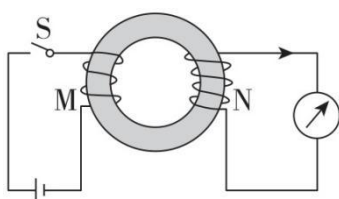


第4节 互感和自感

- 课时学习素养目标：1.了解互感现象及其应用。（物理观念）
2.能够通过电磁感应的有关规律分析通电自感和断电自感现象。（科学思维）
3.了解自感电动势的表达式 $E = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ，知道自感系数的决定因素。（物理观念）
4.了解自感现象中的能量转化。（科学思维）

任务学习一 互感现象

在法拉第发现电磁感应现象的实验中两个线圈并没有用导线连接，当一个线圈中的电流变化时，另一个线圈中为什么会产生感应电动势呢？



【答案】两个线圈之间并没有用导线相连，但当一个线圈中的电流变化时，它所产生的变化的磁场会在另一个线圈中产生感应电动势。

新知梳理

1. **互感和互感电动势**：两个未用导线相连的线圈，当一个线圈中的电流变化时，它所产生的_____会在另一个线圈中产生感应电动势。这种现象叫作互感，这种感应电动势叫作互感电动势。

【答案】变化的磁场

2. **应用**：利用互感现象可以把能量由一个线圈传递到_____，如变压器就是利用_____制成的。

【答案】另一个线圈； 互感现象

3. **危害**：互感现象能发生在任何两个_____的电路之间。在电力工程和电子电路中，互感现象有时会影响电路的正常工作。

【答案】相互靠近

思考交流

判断下列说法正误。

- (1) 互感现象属于电磁感应现象。（ ）
(2) 互感现象只能发生于绕在同一铁芯上的两个线圈之间，而不能发生于相互靠近的电路之间。（ ）

(3) 没有铁芯的两个线圈之间不能发生互感现象。()

【答案】(1) ✓

(2) ×

(3) ×

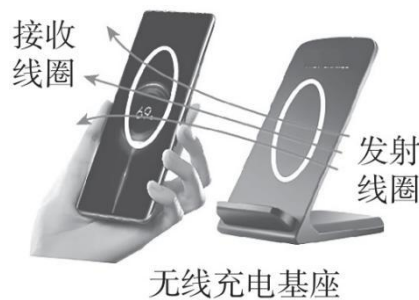
【解析】

(2) 互感现象既能发生于绕在同一铁芯上的两个线圈之间，也能发生于相互靠近的电路之间。

(3) 没有铁芯的两个线圈之间也能发生互感现象。

典例精讲

例 1 多选题 无线充电是近年发展起来的新技术。如图所示，该技术通过发射线圈和接收线圈传输能量。手机的内置接收线圈可以直接放在无线充电基座上充电，下列关于无线充电的说法正确的是()



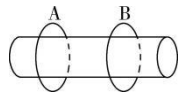
- A. 无线充电基座不可以用稳恒直流电源充电
- B. 无线充电过程主要利用了电磁感应原理
- C. 无线充电基座可以对所有手机进行充电
- D. 在充电过程中只有电能间的相互转化

【答案】AB

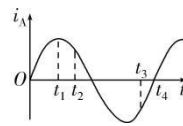
【解析】如果无线充电基座用稳恒直流电源供电，则接收线圈的磁通量不变，不能产生感应电流，无法对手机充电，故 A 正确；无线充电过程主要利用了电磁感应原理，利用互感现象来实现能量传递，故 B 正确；如果手机内没有接收线圈，则无线充电基座不可以对手机进行充电，故 C 错误；充电时线圈中有电流，根据电流的热效应，可知线圈会发热，有电能损失，故 D 错误。

迁移应用

1. 如图甲所示，A、B 两绝缘金属环套在同一铁芯上，A 环中电流 i_A 随时间 t 的变化规律如图乙所示，下列说法正确的是()



甲



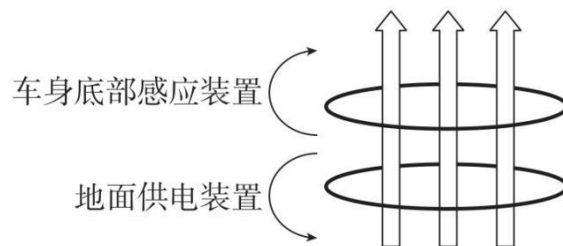
乙

- A. t_1 时刻，两环作用力最大
- B. t_2 和 t_3 时刻，两环相互吸引
- C. t_2 时刻两环相互吸引， t_3 时刻两环相互排斥
- D. t_3 和 t_4 时刻，两环相互吸引

【答案】B

【解析】 t_1 时刻 B 环中感应电流为 0，故两环间作用力为 0，A 错误； t_2 和 t_3 时刻 A 环中电流在减小，则 B 环中产生与 A 环中同向的电流，故相互吸引，B 正确，C 错误； t_4 时刻 A 环中电流为 0，两环无相互作用，D 错误。

2. 电动汽车无线充电技术原理图如图所示，由地面供电装置（主要装置有线圈和电源）将电能传送至电动汽车底部的感应装置（主要装置是线圈）对车载电池进行充电，由于电磁辐射等因素，其能量传送效率只能达到 90%左右。无线充电桩可以允许的有效充电距离一般为 15 ~ 20cm。下列说法中正确的是（ ）



- A. 无线充电桩的优越性之一是在百米开外也可以对电动汽车快速充电
- B. 地面供电装置连接恒压直流电源时也可以实现对电动汽车充电
- C. 地面供电装置的电流频率总是略大于车身感应线圈中产生的感应电流频率
- D. 车身感应线圈中的感应电流磁场总是要阻碍引起感应电流的磁通量的变化

【答案】D

【解析】题中给出无线充电桩充电的有效距离为 15 ~ 20cm，达不到在百米之外充电，故 A 错误；无线充电的原理是电磁感应，地面供电装置连接恒压直流电源时不能产生电磁感应现象，不可以实现对电动汽车充电，故 B 错误；根据电磁感应中的互感现象可知地面供电装置的电流频率等于车身感应线圈中产生的

感应电流频率，故 C 错误；根据楞次定律的内容可知车身感应线圈中的感应电流磁场总是要阻碍引起感应电流的磁通量的变化，故 D 正确。

任务学习二 自感现象 新知梳理

当一个线圈中的____变化时，它所产生的变化的磁场在线圈____激发出感应电动势。这种现象称为自感，由于自感而产生的感应电动势叫作自感电动势。

【答案】 电流； 本身

思考交流

1. 判断下列说法正误。

- (1) 自感现象属于电磁感应现象。 ()
(2) 自感现象中感应电流的方向一定与引起自感的原电流的方向相反。 ()

【答案】 (1) √

(2) ×

【解析】

(2) 自感现象中原电流减小时，感应电流的方向与引起自感的原电流的方向相同。

2. 自感现象中线圈的自感电动势总是阻碍原电流增大吗？

【答案】 不是，自感电动势总是阻碍原电流变化，通电时阻碍它增大，断电时阻碍它减小。

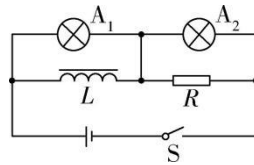
3. 无轨电车在行驶的过程中，由于车身颠簸，有可能使车顶上的电弓瞬间脱离电网线，这时可以看到电火花闪现。请说说电火花产生的原因。



【答案】 电弓脱离电网线的瞬间电流迅速减小，所产生的自感电动势很大，使电弓与电网线之间的空气电离，产生电火花。

典例精讲

例 2 如图所示的电路中， A_1 和 A_2 是两个相同的小灯泡， L 是一个自感系数相当大的线圈，其阻值与 R 相同。在开关 S 接通和断开时，灯泡 A_1 和 A_2 亮暗的顺序是()



- A. 接通时 A_1 首先达到最亮，断开时 A_1 后灭
- B. 接通时 A_2 首先达到最亮，断开时 A_2 后灭
- C. 接通时 A_1 首先达到最亮，断开时 A_1 先灭
- D. 接通时 A_2 首先达到最亮，断开时 A_2 先灭

【答案】 A

【解析】当开关 S 接通时， A_1 和 A_2 同时亮，但由于自感现象的存在，流过线圈的电流由零变大时，线圈上产生自感电动势阻碍电流的增大，使通过线圈的电流从零开始慢慢增加，所以开始时电流几乎全部从 A_1 通过，而该电流经支路分别通过 A_2 和R，所以 A_1 首先达到最亮，经过一段时间电路稳定后， A_1 和 A_2 亮度相同；当开关 S 断开时，电源电流立即为零，因此 A_2 立即熄灭，而对 A_1 ，由于通过线圈的电流突然减小，线圈中产生自感电动势阻碍电流减小，线圈L和 A_1 组成闭合电路，电流逐渐减小，所以 A_1 后灭。A 正确。

总结归纳

1. 通电自感和断电自感的比较

	通电自感	断电自感
电路图		
现象	在 S 闭合瞬间，灯 L_2 立即亮起，灯 L_1 逐渐变亮，最终稳定	在开关 S 断开瞬间，灯 L 逐渐熄灭，或突然闪亮一下后再逐渐熄灭
原因	由于开关闭合时，流过线圈的电流增大，使线圈产生自感电动势，阻碍电流的增大，使流过 L_1 的电流缓慢增大	断开 S 的瞬间，由于L中的电流减小，产生自感电动势，阻碍电流减小，线圈和灯泡组成临时回路，若 $I_2 \leq I_1$ ，灯泡中电流由 I_2 逐渐减小，灯泡逐渐变暗；若 $I_2 > I_1$ ，灯泡中电流先增大后减小，灯泡先闪亮一下后再逐渐变暗
能量	电能转化为磁场能	磁场能转化为电能

转化 情况		
----------	--	--

2.自感电动势的作用

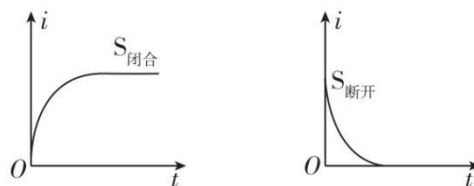
阻碍原电流的变化，而不是阻止，原电流仍在变化，只是使原电流的变化时间变长，即总是起着延缓电流变化的作用。

3.对电感线圈阻碍作用的理解

(1) 若电路中的电流正在改变，电感线圈会产生自感电动势阻碍电路中电流的变化，使通过电感线圈的电流不能突变。

(2) 若电路中的电流是稳定的，电感线圈相当于一段导线，其阻碍作用是由绕制线圈的导线的电阻引起的。

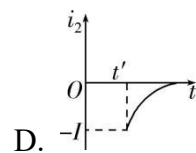
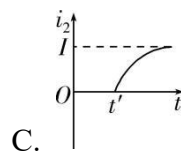
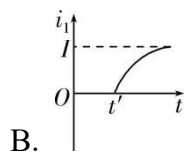
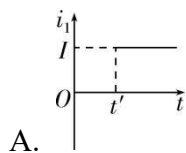
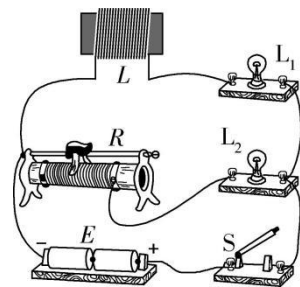
(3) 线圈通电和断电时线圈中电流的变化规律如图。



4.消除自感现象常用的方法之一是采用双线绕法，这样线圈中合磁通量为零，也就没有了磁通量的变化，因此无电磁感应现象发生。

迁移应用

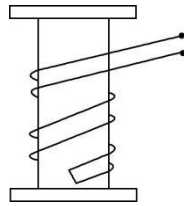
3. 在如图所示的电路中，两个相同的小灯泡 L_1 和 L_2 分别串联一个带铁芯的电感线圈 L 和一个滑动变阻器 R 。闭合开关 S 后，调整 R ，使 L_1 和 L_2 发光的亮度一样，此时流过两个灯泡的电流均为 I 。然后，断开 S 。若 t' 时刻再闭合 S ，则在 t' 前后的一小段时间内，图中能正确反映流过 L_1 的电流 i_1 、流过 L_2 的电流 i_2 随时间 t 变化的图像是（ ）



【答案】 B

【解析】 闭合开关 S 后，调整 R，使两个灯泡 L₁、L₂ 发光的亮度一样，电流为 I，说明 R_L = R。若 t' 时刻再闭合 S，流过电感线圈 L 和灯泡 L₁ 的电流从无到有，使电感线圈 L 产生自感电动势，阻碍了流过 L₁ 的电流 i₁ 的增大，直至达到 I，故 A 错误，B 正确；而对于灯泡 L₂，其电流 i₂ 在闭合开关瞬间立即达到 I，故 C、D 错误。

4. 在制作精密电阻时，为了消除使用过程中由于电流变化而引起的自感现象，采取了双线绕法，如图所示，其原理是（ ）



- A. 当电路中的电流变化时，两股导线中产生的自感电动势相互抵消
- B. 当电路中的电流变化时，两股导线中产生的感应电流相互抵消
- C. 当电路中的电流变化时，两股导线中产生的磁通量相互抵消
- D. 当电路中的电流变化时，电流的变化量相互抵消

【答案】 C

【解析】 能否产生感应电动势，关键在于穿过闭合回路的磁通量是否变化。由于导线是双线绕法，两股导线中电流产生的穿过回路的磁通量相互抵消，无论通过的电流变化与否，磁通量均不变，所以不产生感应电动势和感应电流。故选 C。

任务学习三 自感系数和磁场的能量 新知梳理

1. 自感系数

(1) 自感电动势： $E = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ，其中 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ 是____；L 是比例系数，叫作自感系数，简称自感或电感。电感的单位是亨利，简称亨，符号是 H。

(2) 自感系数与线圈的大小、形状、匝数，以及是否有____等因素有关。

【答案】 (1) 电流的变化率

(2) 铁芯

2. 磁场的能量

(1) 线圈中电流从无到有时，其中的磁场也是从无到有，这可以看作电源把能量输送给____，储存在磁场中。

(2) 线圈中电流减小时，_____中的能量释放出来转化为电能。

【答案】(1) 磁场

(2) 磁场

思考交流

1. 判断下列说法正误。

(1) 自感系数越大，自感电动势不一定越大。()

(2) 没有发生自感现象时，即使有磁场也不会储存能量。()

(3) 线圈的自感系数与电流大小无关，与电流的变化率无关。()

【答案】(1) ✓

(2) ✕

(3) ✓

【解析】

(2) 磁场具有磁场能，与有没有发生自感现象无关。

2. 在断电自感现象中，断开开关后，灯泡仍然亮一会儿，是否违背能量守恒定律？

【答案】不违背。断电时，储存在线圈内的磁场能转化为电能，用以维持回路保持一定时间的电流，直到电流为零时，磁场能全部转化为电能并通过灯泡（或电阻）转化为内能，可见自感现象遵循能量守恒定律。

典例精讲

例 3 关于自感现象、自感系数、自感电动势，下列说法正确的是 ()

A. 当线圈中通恒定电流时，线圈中没有自感现象，线圈自感系数为零

B. 线圈中电流变化越快，线圈的自感系数越大

C. 自感电动势与原电流方向相反

D. 对于确定的线圈，其产生的自感电动势与其电流变化率成正比

【答案】D

【解析】当线圈中通恒定电流时，线圈中没有自感现象，不产生自感电动势，但是线圈自感系数不为零，选项 A 错误。线圈中电流变化越快，产生的自感电动势越大，线圈的自感系数与电流变化快慢无关，选项 B 错误。根据楞次定律，当线圈中电流增大时，自感电动势阻碍电流增大，自感电动势方向与原电流方向相反；当线圈中电流减小时，自感电动势阻碍电流减小，自感电动势方向与原电

流方向相同，选项 C 错误。对于确定的线圈，自感系数 L 一定，其产生的自感电动势与其电流变化率 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ 成正比，选项 D 正确。

迁移应用

5. 多选题 关于导电线圈的自感系数，下列说法中正确的是（ ）

- A. 线圈中的自感电动势越大，自感系数就越大
- B. 线圈中的电流等于零时，自感系数也等于零
- C. 线圈插入铁芯后，自感系数会明显增大
- D. 把线圈面积增加一些，自感系数也会随之变化

【答案】 CD

【解析】 导电线圈的自感系数与线圈的形状、大小、匝数、是否有铁芯有关，与线圈中的自感电动势和电流无关，线圈插入铁芯后，自感系数会明显增大，把线圈面积增加一些，自感系数也会随之变化，故 A、B 错误，C、D 正确。