

6 互感和自感

目标定位

1. 知道什么是互感现象和自感现象。
2. 观察通电自感和断电自感实验现象,了解自感现象中自感电动势的作用。
3. 知道自感电动势的大小与什么有关,理解自感系数和自感系数的决定因素。
4. 通过对自感现象的研究,了解磁场的能量。

核心提示

重点:自感现象及自感系数、自感电动势的理解。

难点:1. 自感现象的产生原因分析。

2. 通、断电自感的演示实验中现象解释。



自主初探·夯基础

温馨提示

如果您在观看本课件的过程中出现压字现象，请关闭所有幻灯片，重新打开可正常观看。

前知回顾

1. 电磁感应现象中，产生感应电流的条件：

- (1) 电路闭合；
- (2) 磁通量变化。

2. 当回路面积不变时，磁通量变化的方式：

- (1) 磁感应强度 变化；
- (2) 磁场与回路的夹角大小 变化。

3. 当一个线圈中的电流变化时，它产生的磁场 发生变化，变化的磁场在周围空间产生 感生电场，在 感生电场 的作用下，周围线圈中的自由电荷定向运动，会产生 感应电动势。

4. 法拉第电磁感应定律的表达式： $E = k \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 。

5. 闭合电路欧姆定律的表达式： $I = \frac{E}{R + r}$ 。

一、互感现象

1. 互感：两个相互靠近的线圈，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，这种现象叫互感。

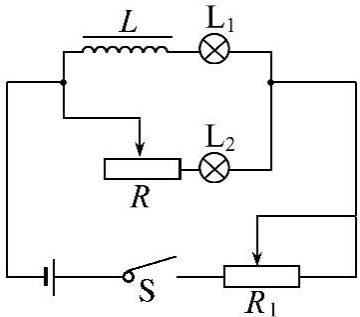
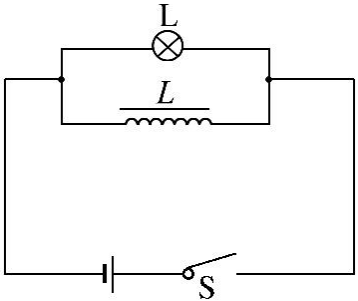
2. 互感的应用：利用互感现象可以把 能量 由一个线圈传递到另一个线圈，如变压器就是利用 互感现象 制成的。

3. 互感的危害：互感现象能发生在任何两个相互靠近的电路之间，互感现象有时会影响电路的工作。

二、自感现象

1. 自感：一个线圈中的电流 变化 时，它所产生的 变化 的磁场在它本身激发出感应电动势的现象。

2. 通电自感和断电自感：

	电 路	现 象	自感电动势的作用
通 电 自 感		接通电源的瞬间， 灯泡 L_1 <u>较缓慢地亮起来</u>	<u>阻碍</u> 电 流的增加
断 电 自 感		断开开关的瞬间， 灯泡 L <u>逐渐变暗</u> 。 有时灯泡 L 会闪亮一 下，然后逐渐变暗	<u>阻碍</u> 电 流的减小

3. 自感系数：

(1) 自感电动势的大小： $E = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ，其中 L 是线圈的自感系数，简称自感或电感，单位：亨利，符号：**H**。

(2) 决定线圈自感系数大小的因素：线圈的大小、形状、圈数 以及是否有铁芯 等。

三、磁场的能量

1. 自感现象中的磁场能量：

(1) 线圈中电流从无到有时：磁场从无到有，电源把能量输送给 磁场 ，储存在 磁场 中。

(2) 线圈中电流减小时：磁场 中的能量释放出来转化为电能。

2. 电的“惯性”：自感电动势有阻碍线圈中 电流变化 的“惯性”。

【思考辨析】

1. 判断正误：

- (1) 自感现象中，感应电流一定和原电流方向相反。()
- (2) 一个线圈中的电流均匀增大，自感电动势也均匀增大。()
- (3) 线圈中产生的自感电动势较大时，其自感系数一定较大。()
- (4) 对于同一线圈，当电流变化较快时，线圈中的自感电动势也较大。()
- (5) 无轨电车在行驶的过程中，车顶上的车弓处会产生电火花是因自感现象所致。()

提示：（1）×。自感现象中感应电流的方向遵从楞次定律。当原电流减小时，自感电流与原电流方向相同；当原电流增大时，自感电流与原电流方向相反。

（2）×。电流均匀增大时，线圈中磁感应强度均匀增大，磁通量均匀增大，而自感电动势取决于磁通量的变化率，所以自感电动势不变。

（3）×。自感电动势的大小 $E_{\pm} = \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ，所以自感电动势大不一定是由自感系数大引起的，有可能是由电流的变化率很大引起的。

(4) √。由 $E=L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ 知，对于同一线圈，自感系数确定，当电流变化越快时，线圈中产生的自感电动势也越大。

(5) √。由于车身颠簸，可使车弓瞬间离开电网，由于自感现象，电车内部的电动机的线圈会产生一个较大的瞬时自感电动势，由于这个电动势较大，使车弓与电网之间的空气电离，产生放电现象。

2. 问题思考：

(1) 互感现象是否属于电磁感应现象，是否遵守楞次定律和法拉第电磁感应定律？

提示：互感现象属于电磁感应现象，所以遵守楞次定律和法拉第电磁感应定律。

(2) 线圈对变化电流的阻碍作用与对稳定电流的阻碍作用相同吗？

提示：不同。对变化电流的阻碍作用是由自感现象引起的，它决定了要达到稳定值所需的时间；对稳定电流的阻碍作用是由绕制线圈的导线的电阻引起的，决定了电流所能达到的稳定值。

核心归纳 · 抓要点

深化
理解

— 对自感现象的理解

1. 对自感现象的理解：

(1) 对自感现象的理解。

自感现象是一种电磁感应现象，遵守法拉第电磁感应定律和楞次定律。

(2) 对自感电动势的理解。

① 产生原因：通过线圈的电流发生变化，导致穿过线圈的磁通量发生变化，因而在原线圈上产生感应电动势。

② 自感电动势的方向：当原电流增大时，自感电动势的方向与原电流方向相反；当原电流减小时，自感电动势的方向与原电流方向相同（即增反减同）。

③ 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，即总是起着推迟电流变化的作用。

(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，使得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。

2. 自感现象的分析思路：

明确通过自感线圈的电流的变化情况（增大或减小）



根据“增反减同”，判断自感电动势的方向

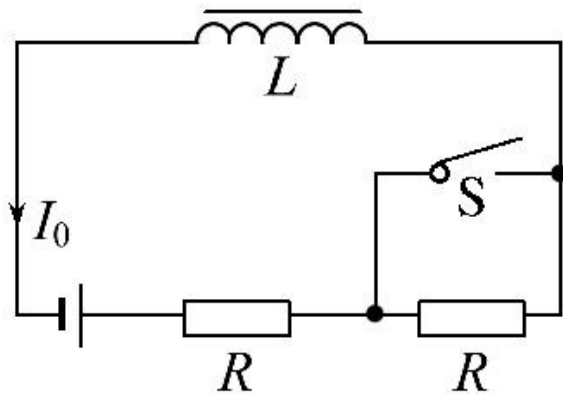


分析阻碍的结果：电流增大时，由于自感电动势的作用，线圈中的电流逐渐增大，与线圈串联的元件中的电流也逐渐增大；电流减小时，由于自感电动势的作用，线圈中的电流逐渐减小，与线圈串联的元件中的电流也逐渐减小

【特别提醒】（1）自感电动势阻碍自身电流的变化，但不能阻止，且自感电动势阻碍自身电流变化的结果，会对其他电路元件的电流产生影响。

（2）自感电动势的大小跟自身电流变化的快慢有关，电流变化越快，自感电动势越大。

【典例 1】 如图所示，多匝电感线圈的电阻和电池内阻都忽略不计，两个电阻的阻值都是 R ，开关 S 原来打开，电流为 I_0 ，今合上开关将一电阻短路，于是线圈中有自感电动势产生，此电动势 ()



- A. 有阻碍电流的作用，最后电流由 I_0 减小到零
- B. 有阻碍电流的作用，最后电流总小于 I_0 。
- C. 有阻碍电流增大的作用，因而电流 I_0 保持不变
- D. 有阻碍电流增大的作用，但电流最后还是增大到 $2I_0$ 。

【解题探究】 (1) 线圈中产生的电动势能阻止电流的增大吗？为什么？

提示：不能阻止。电流增大时，线圈中产生自感电动势的方向与原来的电流方向相反，阻碍电流的增大；自感现象只是延长了电流变化的时间，但不能阻止电流的变化。

(2) 电路稳定时，如何计算电路中的电流？

提示：根据闭合电路的欧姆定律进行计算。

【标准解答】选D。当S合上时，电路的电阻减小，电路中电流要增大，故L要产生自感电动势，阻碍电路中的电流增大，但阻碍不是阻止；当S闭合电流稳定后，L的自感作用消失，电路的电流为 $I = \frac{E}{R} = 2I_0$ ，D项正确。

【变式训练】 关于线圈中自感电动势大小的说法中正确的是 ()

- A. 电感一定时，电流变化越大，自感电动势越大
- B. 电感一定时，电流变化越快，自感电动势越大
- C. 通过线圈的电流为零的瞬间，自感电动势为零
- D. 通过线圈的电流为最大值的瞬间，自感电动势最大

【解析】选 B。电感一定时，电流变化越快，即 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ 越大，由 $E = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ 知，自感电动势越大，A 错，B 对；线圈中电流为零时，电流的变化率不一定为零，自感电动势不一定为零，故 C 错；当通过线圈的电流最大时，电流的变化率可以为零，自感电动势为零，故 D 错。

二 对通电自感和断电自感的理解

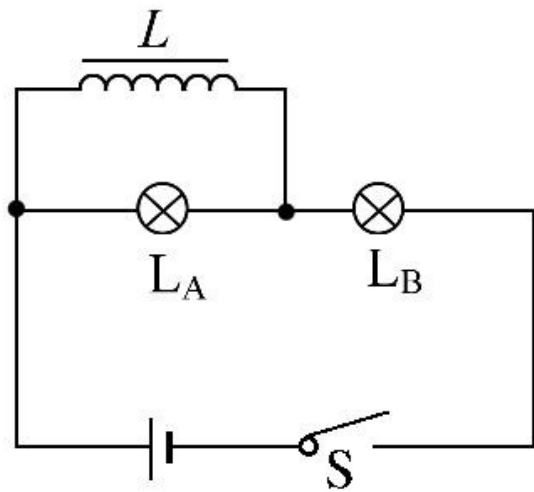
在处理通断电自感灯泡亮度变化问题时，不能一味套用结论，如通电时逐渐变亮，断电时逐渐变暗，或闪亮一下逐渐变暗，要具体问题具体分析，关键要搞清楚电路连接情况。

	通电自感	断电自感
电路图		
器材要求	L_1 、 L_2 同规格， $R=R_L$ ， L 较大	L 很大（有铁芯）， $R_L \ll R_{L_A}$
现象	在 S 闭合瞬间， L_2 灯立即亮起来， L_1 灯逐渐变亮，最终一样亮	在开关 S 断开瞬间， L_A 灯突然闪亮一下后再渐渐熄灭（当抽掉铁芯后，重做实验，断开开关 S 时，会看到 L_A 灯马上熄灭）

	通电自感	断电自感
原因	<p>由于开关闭合时，流过电感线圈的电流迅速增大，使线圈产生自感电动势，阻碍电流的增大，使流过 L_1 灯的电流比流过 L_2 灯的电流增加得慢</p>	<p>断开开关 S 时，流过线圈 L 的电流减小，产生自感电动势，阻碍电流的减小，使电流继续存在一段时间；在 S 断开后，通过 L 的电流反向通过灯 L_A，且由于 $R_L \ll R_{L_A}$，使得流过 L_A 灯的电流在开关断开瞬间突然增大，从而使 L_A 灯的发光功率突然变大</p>
能量转化情况	电能转化为磁场能	磁场能转化为电能

【特别提醒】 电流减小时，自感线圈中电流大小一定小于原先所通电流大小，自感电动势可能大于原电源电动势。

【典例 2】 如图所示中灯 L_A 、 L_B 完全相同，带铁芯的线圈 L 的电阻可忽略。则 ()



A.S 闭合的瞬间， L_A 、 L_B 同时发光，接着 L_A 变暗， L_B 更亮，最后 L_A 熄灭

B.S 闭合瞬间， L_A 不亮， L_B 立即亮

C.S 闭合瞬间， L_A 、 L_B 都不立即亮

D. 稳定后再断开 S 的瞬间， L_A 、 L_B 立即熄灭

【解题探究】 (1) S 闭合的瞬间，由于自感，电感线圈的支路相当于 断路，无电流通过。

(2) 断开 S 的瞬间，自感线圈与 L_A 灯组成回路，产生顺时针
—

方向电流。 可忽略 短路

(3) 稳定后，电感线圈的电阻 ，对 L_A 支路起到
— 作用。

【标准解答】选 A。S 闭合的瞬间，L 支路中电流从无到有，因此，L 中产生的自感电动势阻碍电流增加，由于有铁芯，自感系数较大，对电流的阻碍作用也就很强，S 闭合的瞬间，干路中的电流几乎全部流过 L_A ，所以 L_A 、 L_B 会同时亮。又由于 L 中电流很快稳定，感应电动势很快消失，线圈 L 的阻值很快就变得很小，对 L_A 起到“短路”作用，因此， L_A 熄灭，这时电路的总电阻比刚接通时小，由恒定电流知识可知， L_B 会比以前更亮，A 正确，B、C 错误；稳定后再断开 S 的瞬间，线圈中产生自感电动势，与 L_A 组成回路，有顺时针方向的电流，故 L_A 不会立即熄灭， L_B 与线圈组不成回路，会立即熄灭，D 错误。

【总结提升】自感问题的求解策略

自感现象是电磁感应现象的一种特例，它仍遵循电磁感应定律。

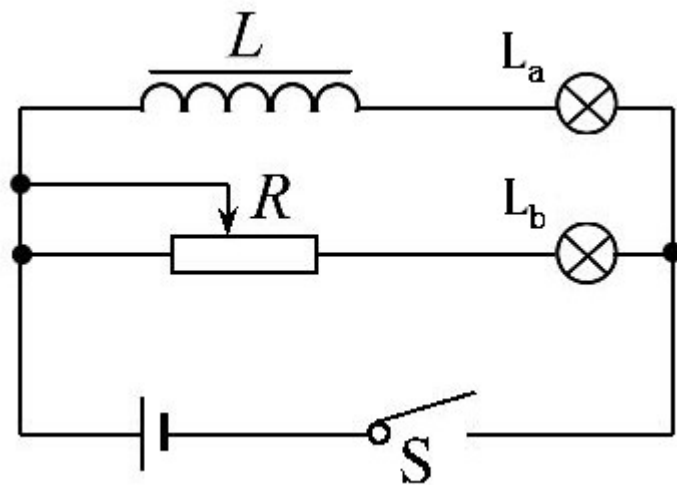
分析自感现象除弄清这一点之外，还必须抓住以下三点：

(1) 自感电动势总是阻碍电路中原来电流的变化。当原来电流增大时，自感电动势的方向与原来电流方向相反；当原来电流减小时，自感电动势的方向与原来电流方向相同。

(2) “阻碍”不是“阻止”。“阻碍”电流变化的实质是使电流不发生“突变”，使其变化过程有所延缓。

(3) 当电路接通瞬间，自感线圈相当于断路；当电路稳定时，相当于电阻，如果线圈没有电阻，相当于导线（短路）；当电路断开瞬间，自感线圈相当于电源。

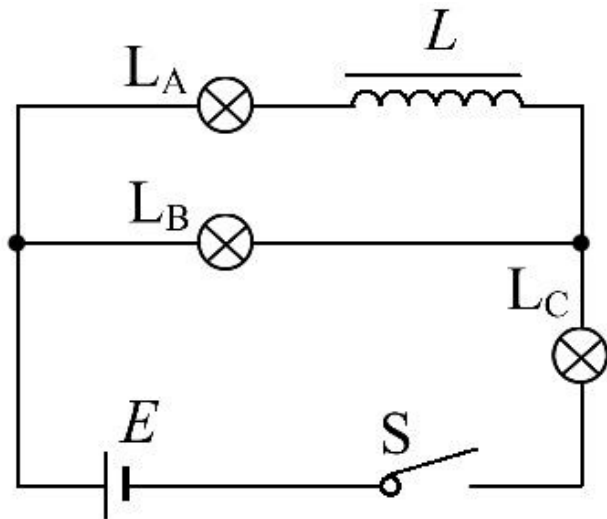
【变式训练】（2013·汕头高二检测）如图所示电路中， L_a 、 L_b 两灯相同，闭合开关 S 电路达到稳定后两灯一样亮，则（
）



- A. 当 S 断开的瞬间， L_a 、 L_b 两灯中电流立即变为零
- B. 当 S 断开的瞬间， L_a 、 L_b 两灯中都有向右的电流，两灯不立即熄灭
- C. 当 S 闭合的瞬间， L_a 比 L_b 先亮
- D. 当 S 闭合的瞬间， L_b 比 L_a 先亮

【解析】选 D。由于 L_a 与线圈 L 串联， L_b 与滑动变阻器 R 串联，当 S 闭合的瞬间，通过线圈的电流突然增大，线圈产生自感电动势，阻碍电流的增加，所以 L_b 比 L_a 先亮，故 C 错误，D 正确；当 S 断开的瞬间，线圈产生自感电动势，两灯组成的串联电路中，有顺时针方向的电流，故 A、B 错误。

【变式备选】 如图所示， L_A 、 L_B 、 L_C 为三个完全相同的灯泡， L 为自感线圈（自感系数较大，电阻不计）， E 为电源， S 为开关，闭合开关 S ，电路稳定后，三个灯泡均能发光，则（ ）



- A. 断开开关瞬间， L_C 灯熄灭，稍后 L_A 、 L_B 灯同时熄灭
- B. 断开开关瞬间，流过 L_A 灯的电流方向改变
- C. 闭合开关瞬间， L_A 、 L_B 、 L_C 灯同时亮
- D. 闭合开关瞬间， L_A 、 L_B 灯同时先亮， L_C 灯后亮

【解析】选 A。闭合开关 S 时，由于 L 的自感作用，流过 L_A 灯的电流逐渐增大，所以 L_B 、 L_C 灯先亮， L_A 灯后亮，选项 C、D 错误；断开开关瞬间， L_A 、 L_B 灯构成闭合回路，由于 L 的自感作用， L_A 、 L_B 灯的电流要逐渐减小，流过 L_A 灯的电流方向不变，所以 L_C 灯立即熄灭， L_A 、 L_B 灯稍后熄灭，选项 A 正确。

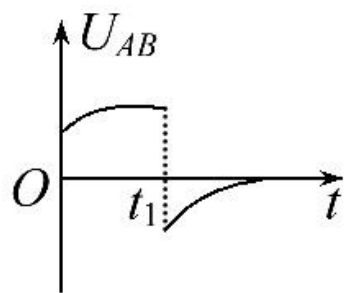
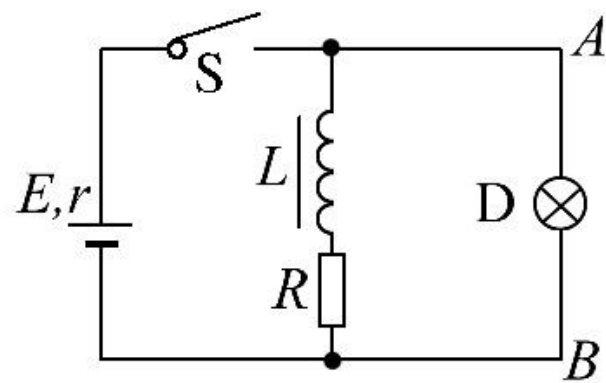
备选例题

考查内容

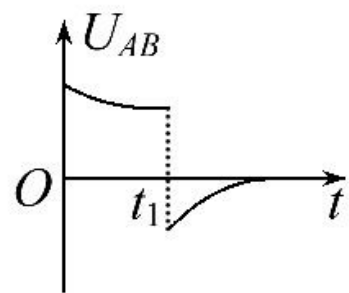
自感现象的图像问题

【典例】 如图所示的电路中，电源的电动势为 E ，内阻为 r ，电感 L 的电阻不计，电阻 R 的阻值大于灯泡 D 的阻值。在 $t=0$ 时刻闭合开关 S ，经过一段时间后，在 $t=t_1$ 时刻断开 S 。下列表示 A 、 B 两点间电压 U_{AB} 随时间 t 变化的图像中，正确的是

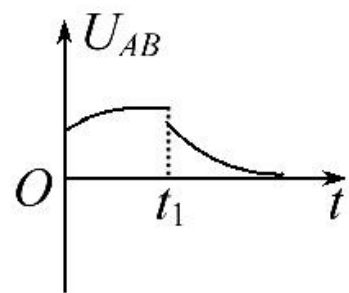
()



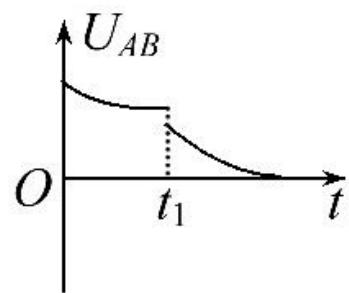
A



B



C



D

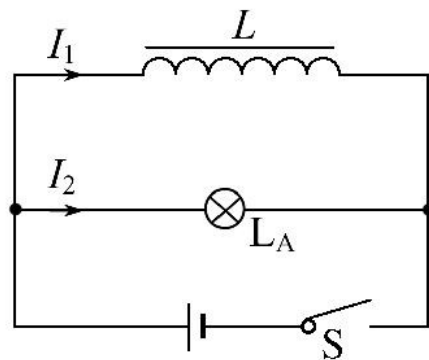
【标准解答】选 B。闭合开关 S 后，灯泡 D 直接发光，电感 L 的电流逐渐增大，电路中的总电流也将逐渐增大，电源内电压增大，则路端电压 U_{AB} 逐渐减小；断开开关 S 后，灯泡 D 中原来的电流突然消失，电感 L 中的电流通过灯泡形成的闭合回路逐渐减小，所以灯泡 D 中电流将反向，并逐渐减小为零，即 U_{AB} 反向逐渐减小为零，所以选项 B 正确。



易错辨析

断电自感中灯泡出现闪亮情况的辨析

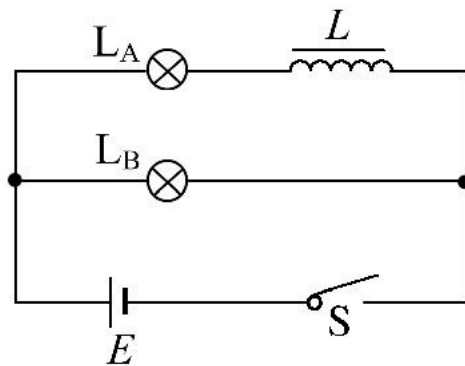
如图所示电路，电路达到稳定状态后，设通过线圈 L 和灯 L_A 的电流分别为 I_1 和 I_2 ，当开关 S 断开时，电流 I_2 立即消失，但是线圈 L 和灯 L_A 组成了闭合回路，由于 L 的自感作用， I_1 不会立即消失，而是在回路中逐渐减弱并维持短暂的时间。通过回路的电流从 I_1 开始衰减：



(1) 若开始 $I_1 > I_2$, 则灯 L_A 会闪亮一下 , 即当线圈的直流电阻 $R_L < R_{L_A}$ 时 , 会出现 L_A 灯闪亮的情况 ;

(2) 若 $R_L \geq R_{L_A}$, $I_1 \leq I_2$, 则不会出现 L_A 灯闪亮一下的情况。

【案例展示】 在如图所示的电路中， L_A 、 L_B 为两个完全相同的灯泡， L 为自感线圈，在 S 闭合状态下， L_A 、 L_B 都能正常发光。现突然断开 S



- A. L_A 、 L_B 会突然亮一下再熄灭
- B. L_A 会突然亮一下再熄灭， L_B 突然熄灭
- C. L_A 、 L_B 同时熄灭

【标准解答】选C。在S接通状态下， L_A 、 L_B 都能正常发光，则两支路的电流相等，都为I；当开关S断开时，由 L_A 、 L_B 及线圈组成闭合回路，电流由I减小，所以 L_A 、 L_B 中电流不会比原来大，因此 L_A 、 L_B 一定不会突然亮一下，而是同时变暗到熄灭，选项C正确，A、B、D错误。

【易错分析】 本题易错选项及错误原因分析如下：

易错选项	错误原因
A	搞不清灯泡突然亮一下的原因，把自感现象的延迟作用误认为能使灯泡突然亮一下
B	误认为有自感电流就能亮一下；而对于灯泡 L_B ，只考虑电源的电流，没考虑自感电流对 L_B 的影响
D	不能正确分析电路，认为只有 L_A 灯所在电路有阻碍，对 L_B 灯所在电路无影响；实际上当开关 S 断开后， L_A 、 L_B 灯构成了同一回路，电流变化相同，应同时熄灭

学业测试·速达标

1. (多选) (基础理论辨析题) 下列说法正确的是 ()
- A. 当线圈中电流不变时，线圈中没有自感电动势
 - B. 当线圈中电流减小时，线圈中自感电动势的方向与线圈中电流的方向相反
 - C. 自感电动势的大小跟线圈中的电流变化大小有关
 - D. 线圈中电流变化越大，线圈自感系数越大
 - E. 自感电动势不能阻止原电流的变化，但能阻碍原电流的变化

【解析】选 A、E。由法拉第电磁感应定律可知，当线圈中电流不变时，不产生自感电动势，选项 A 正确；当线圈中的电流减小时，自感电动势阻碍电流的减小，线圈中自感电动势的方向与线圈中电流的方向相同，选项 B 错误；自感电动势与引起自感的电流的变化率成正比，与电流变化大小无关，C 错误；线圈的自感系数由线圈本身的因素（如长度、面积、匝数等）决定，与电流变化大小无关，D 错误；自感电动势的作用是使原电流的变化时间变长，即总是起着推迟电流变化的作用，即“阻碍”，不是“阻止”，E 正确。

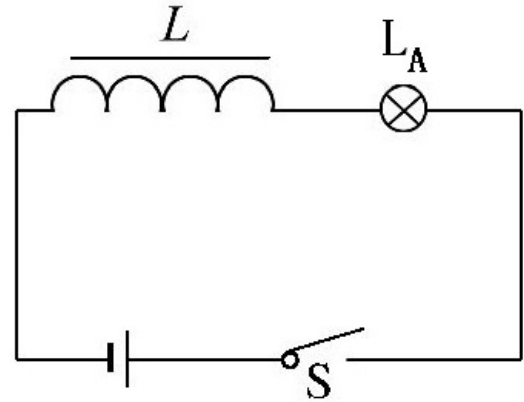
2. 如图所示， L 为自感系数较大的线圈，电路稳定后灯 L_A 正常发光，当断开开关 S 的瞬间会有（ ）

A. 灯 L_A 立即熄灭

B. 灯 L_A 慢慢熄灭

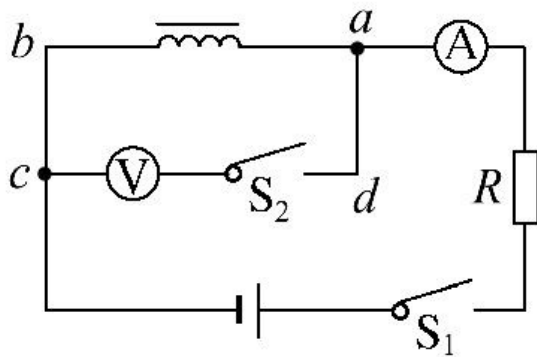
C. 灯 L_A 突然闪亮一下再慢慢熄灭

D. 灯 L_A 突然闪亮一下再突然熄灭



【解析】选 A。当开关 S 断开时，由于通过自感线圈的电流从有变到零，线圈将产生自感电动势，但由于线圈 L 与灯 L_A 串联，在 S 断开后，不能形成闭合回路，因此灯 L_A 在开关断开后，电源供给的电流为零，灯立即熄灭。

3. 如图所示的电路，可用来测定自感系数较大的线圈的直流电阻，线圈两端并联一个电压表，用来测量自感线圈两端的直流电压，在实验完毕后，将电路拆开时应（ ）



A. 先断开开关 S_1

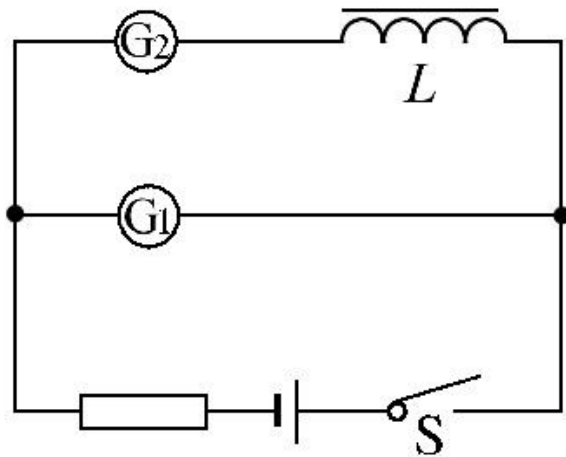
B. 先断开开关 S_2

C. 先拆去电流表

D. 先拆去电阻 R

【解析】选 B。电路稳定时，电压表右端为“+”，左端为“-”，指针正向偏转，若先断开 S_1 或先拆电流表或先拆去电阻 R 的瞬间，线圈中产生的自感电动势相当于瞬间电源，其 a 端相当于电源的负极，b 端相当于电源的正极，此时电压表加了一个反向电压，使指针反偏。由“自感系数较大的线圈”知其反偏电压很大，会烧坏电压表。而先断开 S_2 ，由于电压表内阻很大，电路中总电阻变化很小，电流几乎不变，不会损坏其他器件，故应先断开 S_2 。

4. (2013·三明高二检测) 在如图所示的电路中， L 为电阻很小的线圈， G_1 和 G_2 为零刻度在表盘中央的两相同的电流表。当开关 S 闭合时，电流表 G_1 、 G_2 的指针都偏向右方，那么当断开开关 S 时，将出现的现象是 ()



A. G_1 和 G_2 指针都立即回到零点

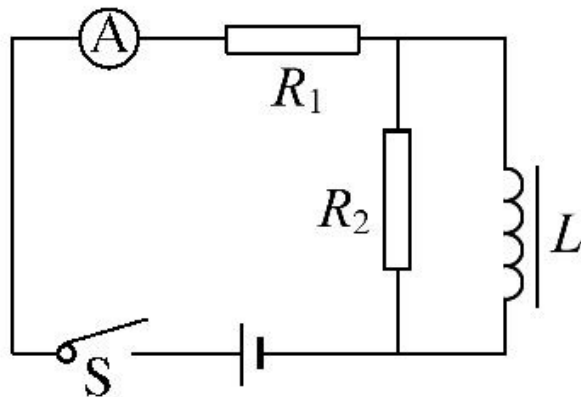
B. G_1 指针立即回到零点，而 G_2 指针缓慢地回到零点

C. G_1 指针缓慢地回到零点，而 G_2 指针先立即偏向左方，然后缓慢地回到零点

D. G_2 指针缓慢地回到零点，而 G_1 指针先立即偏向左方，然后缓慢地回到零点

【解析】选 D。根据题意，电流方向自右向左时，电流表指针向右偏，那么，电流方向自左向右时，电流表指针应向左偏。当开关 S 断开的瞬间， G_1 中原电流立即消失，而对于 G_2 所在支路，由于线圈 L 的自感作用，阻碍电流不能立即消失，自感电流沿 L、 G_2 、 G_1 的方向，在由它们组成的闭合回路中继续维持一段时间，即 G_2 中的电流按原方向自右向左逐渐减为零，此时 G_1 中的电流和原电流方向相反，变为自左向右，且与 G_2 中的电流同时缓慢减为零，故选项 D 正确。

5. 如图所示的电路中，电流表的内阻不计，电阻 $R_1=2.5\Omega$ ， $R_2=7.5\Omega$ ， L 为自感系数很大的线圈，线圈的直流电阻可以忽略。闭合开关 S 的瞬间，电流表读数 $I_1=0.2A$ ，当线圈中的电流稳定后，电流表的读数 $I=0.1A$ 。试求电源的电动势和内阻。



【解析】 闭合开关 S 的瞬间， R_1 和 R_2 串联接入电路，由闭合

电路欧姆定律得 $I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2 + r}$

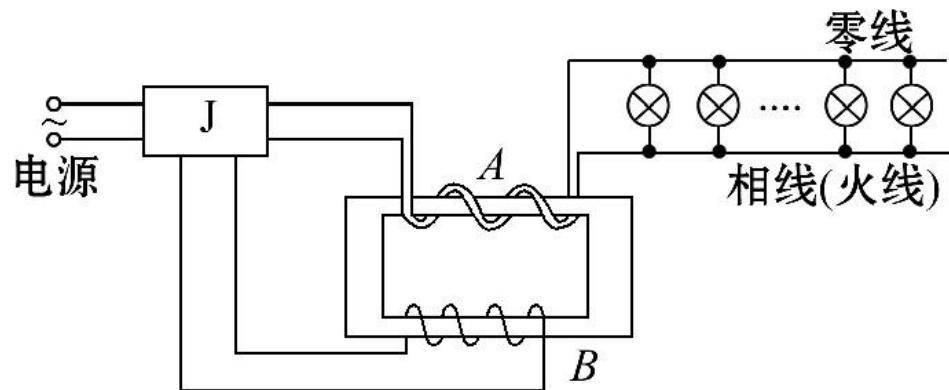
即 $0.2 = \frac{E}{2.5 + 7.5 + r}$

电路稳定后， R_2 被短路，则 $I_2 = \frac{E}{R_1 + r}$ ，即 $0.4 = \frac{E}{2.5 + r}$

由以上式子解得： $E=3\text{ V}$ $r=5\ \Omega$

答案： 3 V $5\ \Omega$

6. 如图所示是一种触电保护器，变压器 A 处用双股相线（火线）和零线平行绕制成线圈，然后接到用电器上，B 处有一个输出线圈，一旦有电流，经放大后便能立即推动继电器 J 切断电源，下列情况中能起保护作用的是哪一种？说明理由。



- (1) 增加开灯的盏数，能否切断电源？
- (2) 双手分别接触相线和零线，能否切断电源？
- (3) 单手接触相线，脚与地相接触而触电，能否切断电源？

【解析】（1）不能。因 A 处线圈采用的是双线绕法，增加开灯的盏数只会使电路中电流增大，但 A 中两线中电流始终大小相等方向相反，磁通量相互抵消，B 中磁通量不发生改变，故不能推动 J 切断电源。

（2）不能。双手接触相线和零线，相当于增加了用电器，理由同（1）。

（3）能。因为有电流通过人体而流入地下，使 A 中两导线中电流不再大小相等，B 中磁通量发生改变，B 中产生感应电流，从而推动 J 切断电源。

答案：见解析



课时提升卷



点击进入
Word版可编辑套题

