

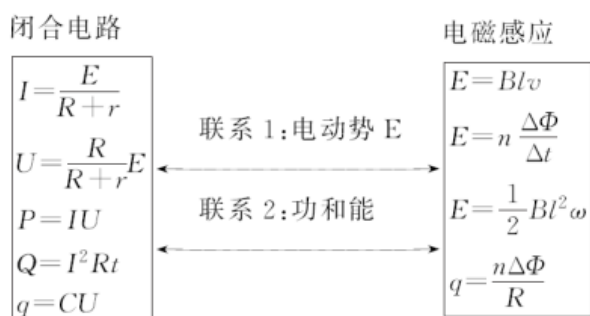
专题 19 电磁感应的电路、图像及动力学问题

目录

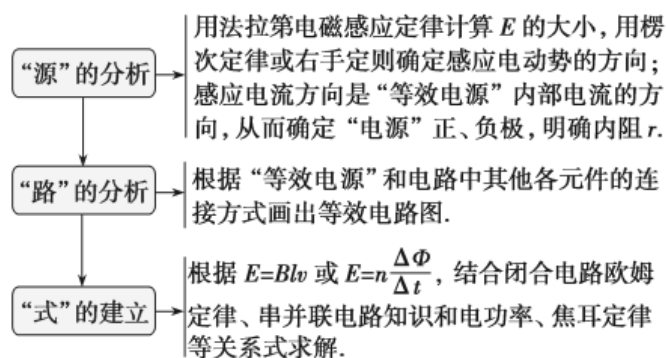
专题 14 电磁感应的电路、图像及动力学问题	1
考向一 电磁感应中的电路问题	1
考查方式一 动生电动势的电路分析	1
考查方式二 感生电动势的电路分析	6
考向二 电磁感应中的图象问题	9
考查方式一 磁感应强度变化的图象问题	10
考查方式二 导体切割磁感线的图象问题	11
考查方式三 电磁感应中双电源问题与图象的综合	12
考向三 电磁感应中的平衡、动力学问题	13
考查方式一 电磁感应中的动力学问题	14
考查方式二 电磁感应中平衡问题	18
考查方式三 电磁感应中含电容器的动力学问题	20
【题型演练】	23

考向一 电磁感应中的电路问题

1. 电磁感应中电路知识的关系图



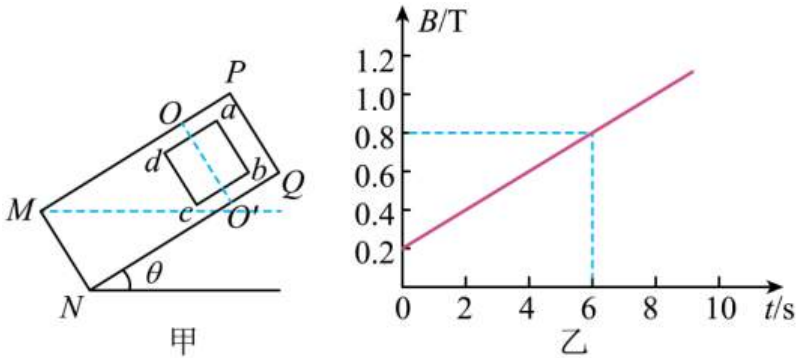
2. 解决电磁感应中的电路问题三部曲



考查方式一 动生电动势的电路分析

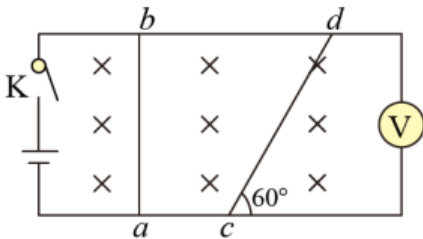
【例 1】如图甲所示, $PQNM$ 是倾角 $\theta = 37^\circ$ 、表面粗糙的绝缘斜面, $abcd$ 是匝数 $n = 20$ 、质量 $m = 1\text{kg}$ 、总电阻 $R = 2\Omega$ 、边长 $L = 1\text{m}$ 的正方形金属线框。线框与斜面间的动摩擦因数 $\mu = 0.8$, 在 $OO'NM$

的区域加上垂直斜面向上的匀强磁场，使线框的一半处于磁场中，磁场的磁感应强度 B 随时间 t 变化的图像如图乙所示。 g 取 10m/s^2 ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ 。下列说法正确的是（ ）



- A. 0~6s 内，线框中的感应电流大小为 1A
- B. 0~6s 内，线框产生的焦耳热为 6J
- C. $t = 6\text{s}$ 时，线框受到的安培力大小为 8N
- D. $t = 10\text{s}$ 时，线框即将开始运动

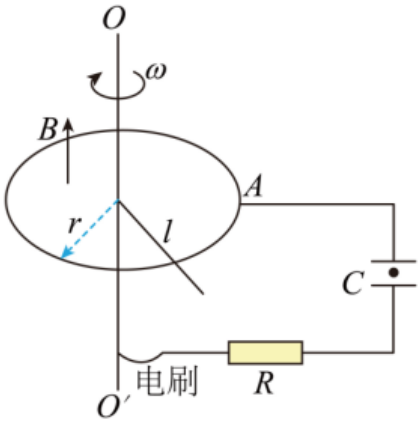
[变式 1] (多选) 如图所示，水平放置的平行光滑导轨左端连接开关 K 和电源，右端接有理想电压表。匀强磁场垂直于导轨所在的平面。 ab 、 cd 两根导体棒单位长度电阻相同、单位长度质量也相同， ab 垂直于导轨， cd 与导轨成 60° 角。两棒的端点恰在导轨上，且与导轨接触良好，除导体棒外，其余电阻不计。下列说法正确的是（ ）



- A. 闭合开关 K 瞬间，两棒所受安培力大小相等
- B. 闭合开关 K 瞬间，两棒加速度大小相等
- C. 断开开关 K ，让两棒以相同的速度水平向右切割磁感线，电压表无示数
- D. 断开开关 K ，固定 ab ，让 cd 棒以速度 v 沿导轨向右运动时电压表示数为 U_1 ；固定 cd ，让 ab 棒以速度 v 沿导轨向右运动时电压表示数为 U_2 ，则 $U_1 = U_2$

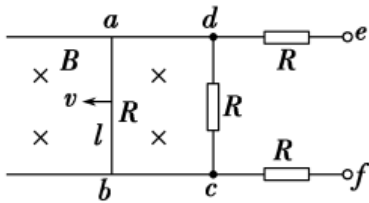
[变式 2] (多选) 如图所示，固定在水平面上的半径为 r 的金属圆环内存在方向竖直向上、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。长为 l 的金属棒，一端与圆环接触良好，另一端固定在竖直导电转轴 OO' 上，随轴以角速度 ω 匀速转动。在电刷和圆环的 A 点间接有阻值为 R 的电阻和电容为 C 、板间距为 d 的平行板电容器，有一带电微粒在电容器极板间处于静止状态。已知重力加速度为 g ，金属棒接入电路的电阻为 R

，不计其他电阻和摩擦，下列说法正确的是（ ）



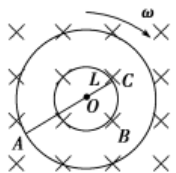
- A. 金属棒产生的电动势为 $\frac{1}{2}Bl^2\omega$ B. 电阻 R 两端的电压为 $\frac{1}{4}Br^2\omega$
- C. 电容器所带的电荷量为 $\frac{1}{2}CBr^2\omega$ D. 微粒的电荷量与质量之比为 $\frac{2gd}{Br^2\omega}$

【变式 1】(2019·焦作一模)如图所示，两根足够长的光滑金属导轨水平平行放置，间距为 $l=1\text{ m}$ ， cd 间、 de 间、 cf 间分别接着阻值 $R=10\ \Omega$ 的电阻。一阻值 $R=10\ \Omega$ 的导体棒 ab 以速度 $v=4\text{ m/s}$ 匀速向左运动，导体棒与导轨接触良好；导轨所在平面存在磁感应强度大小 $B=0.5\text{ T}$ 、方向竖直向下的匀强磁场。下列说法中正确的是（ ）



- A. 导体棒 ab 中电流的流向为由 b 到 a B. cd 两端的电压为 1 V
- C. de 两端的电压为 1 V D. fe 两端的电压为 1 V

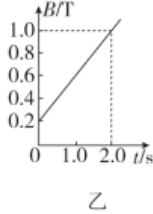
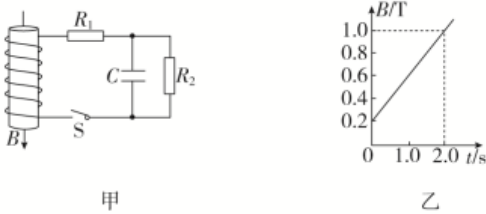
【变式 2】如图所示，一金属棒 AC 在匀强磁场中绕平行于磁感应强度方向的轴(过 O 点)匀速转动， $OA=2OC=2L$ ，磁感应强度大小为 B 、方向垂直纸面向里，金属棒转动的角速度为 ω 、电阻为 r ，内、外两金属圆环分别与 C 、 A 良好接触并各引出一接线柱与外电阻 R 相接(没画出)，两金属环圆心皆为 O 且电阻均不计，则（ ）



- A. 金属棒中有从 A 到 C 的感应电流 B. 外电阻 R 中的电流为 $I=\frac{3B\omega L^2}{2(R+r)}$
- C. 当 $r=R$ 时，外电阻消耗功率最小 D. 金属棒 AC 间电压为 $\frac{3B\omega L^2 R}{2(R+r)}$

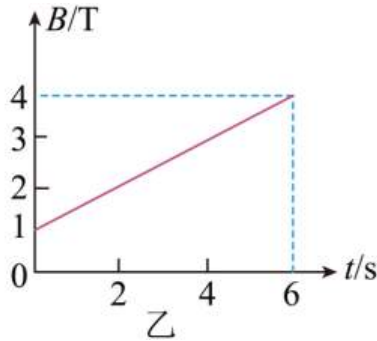
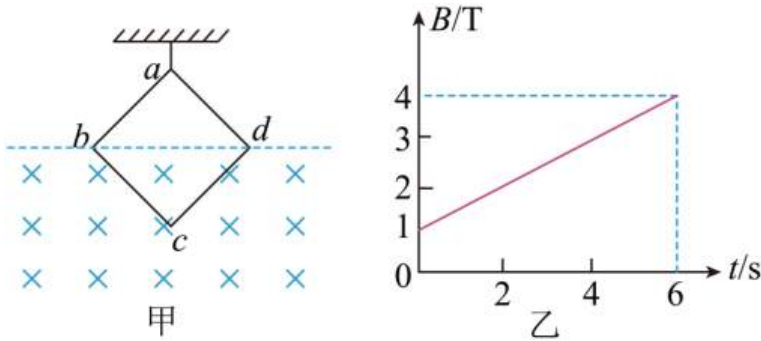
考查方式二 感生电动势的电路分析

【例 2】在如图甲所示的电路中，螺线管匝数 $n=1000$ 匝，横截面积 $S=20\text{ cm}^2$ ，螺线管导线电阻 $r=1.0\ \Omega$ ， $R_1=4.0\ \Omega$ ， $R_2=5.0\ \Omega$ ， $C=30\ \mu\text{F}$ 。在一段时间内，垂直穿过螺线管的磁场的磁感应强度 B 的方向如图甲所示，大小按如图乙所示的规律变化，则下列说法中正确的是()



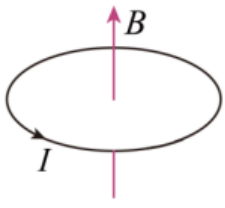
- A. 螺线管中产生的感应电动势为 1.2 V
- B. 闭合 S，电路中的电流稳定后，电容器下极板带负电
- C. 闭合 S，电路中的电流稳定后，电阻 R_1 的电功率为 $2.56 \times 10^{-2}\text{ W}$
- D. S 断开后，流经 R_2 的电量为 $1.8 \times 10^{-2}\text{ C}$

[变式 1]轻质细线吊着一质量为 $m=1\text{ kg}$ 、边长为 0.2 m 、电阻 $R=1\ \Omega$ 、匝数 $n=10$ 的正方形闭合线圈 $abcd$ ， bd 下方区域分布着磁场，如图甲所示。磁场方向垂直纸面向里，磁感应强度大小随时间变化关系如图乙所示。不考虑线圈的形变和电阻的变化，整个过程细线未断且线圈始终处于静止状态， g 取 10 m/s^2 。则下列判断正确的是 ()

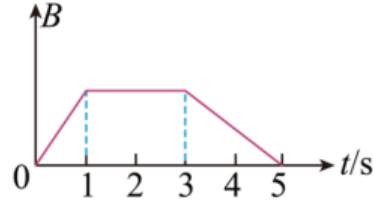


- A. 线圈中感应电流的方向为 $adcba$
- B. 线圈中的感应电流大小为 0.2A
- C. 0~2s 时间内线圈中产生的热量为 0.02J
- D. 6s 时线圈受安培力的大小为 $0.08\sqrt{2}\text{ N}$

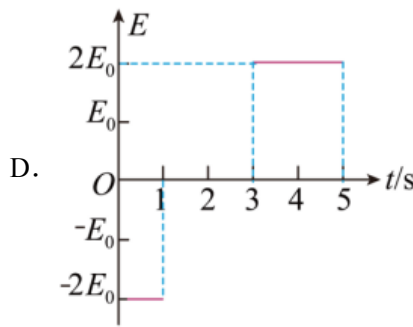
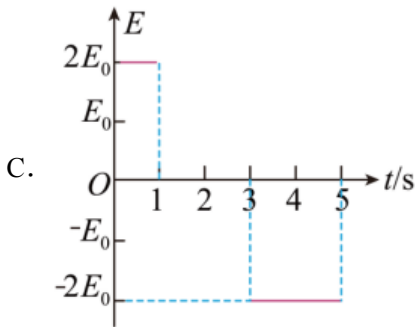
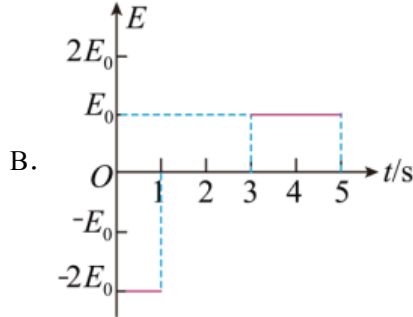
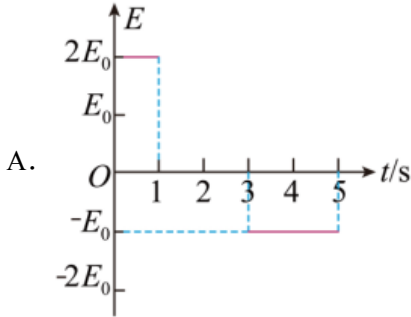
[变式 2]在竖直向上的匀强磁场中，水平放置一个不变形的单匝金属圆线圈，规定线圈中感应电流的正方向如图甲所示，当磁场的磁感应强度 B 随时间 t 按图乙所示变化时，下列选项中能正确表示线圈中感应电动势 E 变化的是 ()



甲



乙



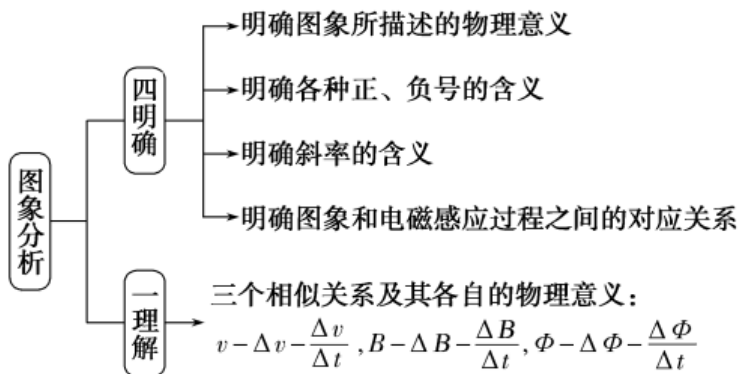
考向二 电磁感应中的图象问题

1. 电磁感应中常见的图象问题

图象类型	随时间变化的图象，如 $B-t$ 图象、 $\Phi-t$ 图象、 $E-t$ 图象、 $I-t$ 图象 随位移变化的图象，如 $E-x$ 图象、 $I-x$ 图象(所以要先看坐标轴：哪个物理量随哪个物理量变化要弄清)	
问题类型	(1)由给定的电磁感应过程选出或画出正确的图象(画图象的方法) (2)由给定的有关图象分析电磁感应过程，求解相应的物理量(用图象)	
应用知识	四个规律	左手定则、安培定则、右手定则、楞次定律
	六类公式	(1)平均电动势 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ (2)平动切割电动势 $E = Blv$ (3)转动切割电动势 $E = \frac{1}{2} B l^2 \omega$

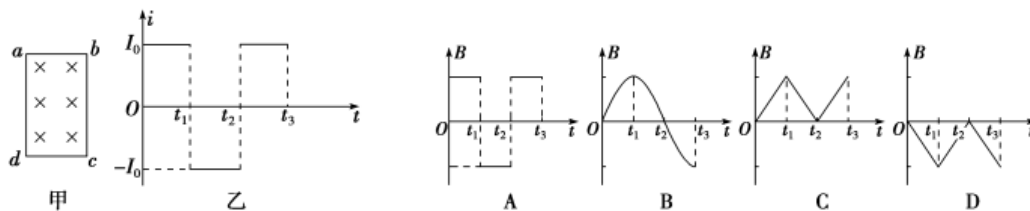
		(4) 闭合电路的欧姆定律 $I = \frac{E}{R+r}$
		(5) 安培力 $F = BIL$
		(6) 牛顿运动定律的相关公式等

2. 处理图象问题要做到“四明确、一理解”

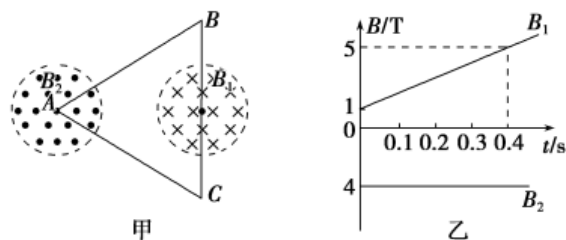


考查方式一 磁感应强度变化的图象问题

【例3】如图甲所示，矩形导线框 $abcd$ 固定在变化的磁场中，产生了如图乙所示的电流(电流方向 $abcda$ 为正方向). 若规定垂直纸面向里的方向为磁场正方向，能够产生如图乙所示电流的磁场为()



【变式】如图甲所示，在水平面上固定一个匝数为 10 匝的等边三角形金属线框，总电阻为 $3\ \Omega$ ，边长为 $0.4\ \text{m}$. 金属框处于两个半径为 $0.1\ \text{m}$ 的圆形匀强磁场中，顶点 A 恰好位于左边圆的圆心， BC 边的中点恰好与右边圆的圆心重合. 左边磁场方向垂直纸面向外，右边磁场垂直纸面向里，磁感应强度的变化规律如图乙所示，则下列说法中正确的是(π 取 3) ()

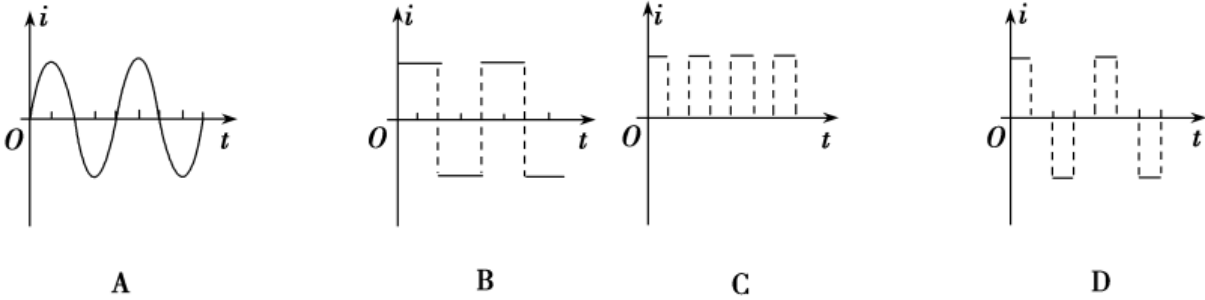


- A. 线框中感应电流的方向是顺时针方向 B. $t=0.4\ \text{s}$ 时，穿过线框的磁通量为 $0.005\ \text{Wb}$
 C. 经过 $t=0.4\ \text{s}$ ，线框中产生的热量为 $0.3\ \text{J}$ D. 前 $0.4\ \text{s}$ 内流过线框某截面的电荷量为 $0.2\ \text{C}$

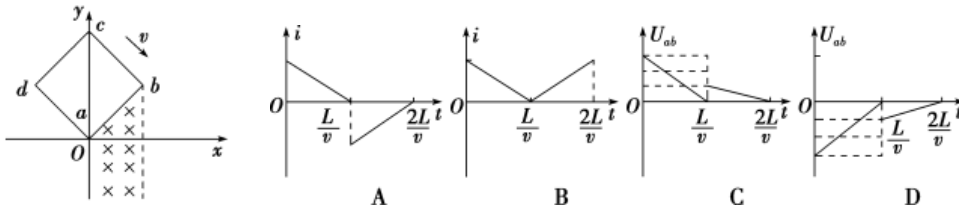
【

考查方式二 导体切割磁感线的图象问题

【例 4】如图，在同一水平面内有两根平行长导轨，导轨间存在依次相邻的矩形匀强磁场区域，区域宽度均为 l ，磁感应强度大小相等、方向交替向上向下。一边长为 $\frac{3}{2}l$ 的正方形金属线框在导轨上向左匀速运动。线框中感应电流 i 随时间 t 变化的正确图线可能是 ()

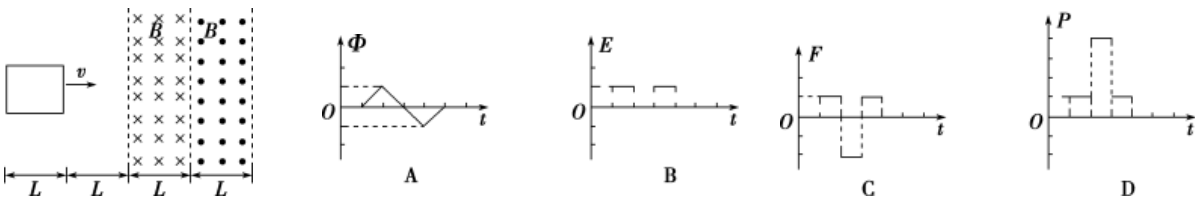


【变式】如图所示，在坐标系 xOy 中，有边长为 L 的正方形金属线框 $abcd$ ，其一条对角线 ac 和 y 轴重合、顶点 a 位于坐标原点 O 处。在 y 轴的右侧，在 I、IV 象限内有一垂直纸面向里的匀强磁场，磁场的上边界与线框的 ab 边刚好完全重合，左边界与 y 轴重合，右边界与 y 轴平行。 $t=0$ 时刻，线框以恒定的速度 v 沿垂直于磁场上边界的方向穿过磁场区域。取沿 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ 方向的感应电流为正，则在线框穿过磁场区域的过程中，感应电流 i 、 ab 间的电势差 U_{ab} 随时间 t 变化的图线是下图中的 ()

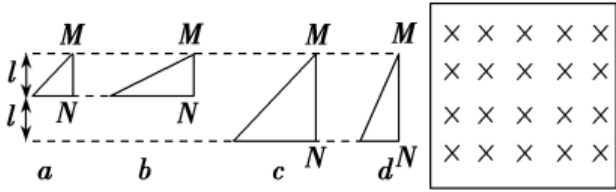


考查方式三 电磁感应中双电源问题与图象的综合

【例 5】如图所示为两个有界匀强磁场，磁感应强度大小均为 B ，方向分别垂直纸面向里和向外，磁场宽度均为 L ，距磁场区域的左侧 L 处，有一边长为 L 的正方形导体线框，总电阻为 R ，且线框平面与磁场方向垂直，现用外力 F 使线框以速度 v 匀速穿过磁场区域，以初始位置为计时起点，规定电流沿逆时针方向时的电动势 E 为正，磁感线垂直纸面向里时磁通量 Φ 的方向为正，外力 F 向右为正。则以下关于线框中的磁通量 Φ 、感应电动势 E 、外力 F 和电功率 P 随时间变化的图象正确的是 ()



[变式] 如图所示，用粗细均匀，电阻率也相同的导线绕制的直角边长为 l 或 $2l$ 的四个闭合导体线框 a 、 b 、 c 、 d ，以相同的速度匀速进入右侧匀强磁场，在每个线框刚进入磁场时， M 、 N 两点间的电压分别为 U_a 、 U_b 、 U_c 和 U_d ，下列判断正确的是 ()



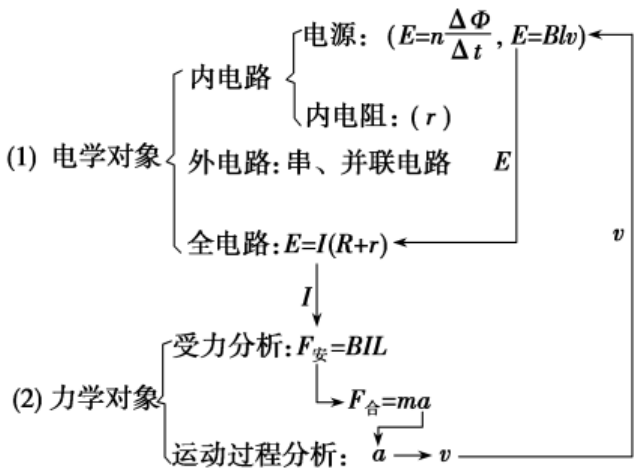
- A. $U_a < U_b < U_c < U_d$ B. $U_a < U_b < U_d < U_c$
- C. $U_a = U_b < U_c = U_d$ D. $U_b < U_a < U_d < U_c$

考向三 电磁感应中的平衡、动力学问题

1. 两种状态及处理方法

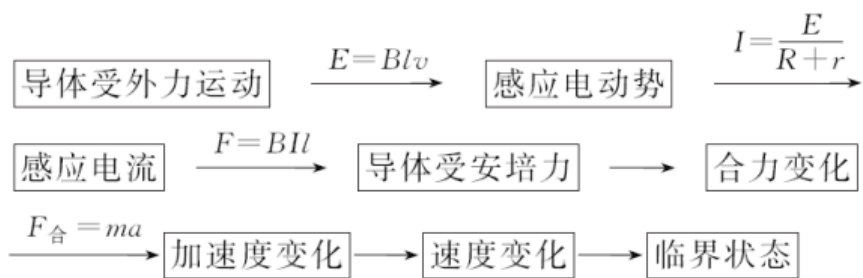
状态	特征	处理方法
平衡态	加速度为零	根据平衡条件列式分析
非平衡态	加速度不为零	根据牛顿第二定律进行动态分析或结合功能关系进行分析

2. 力学对象和电学对象的相互关系



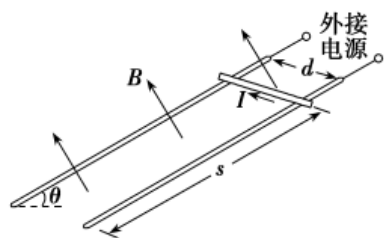
3. 动态分析的基本思路

解决这类问题的关键是通过运动状态的分析，寻找过程中的临界状态，如速度、加速度最大或最小的条件。具体思路如下：



考查方式一 电磁感应中的动力学问题

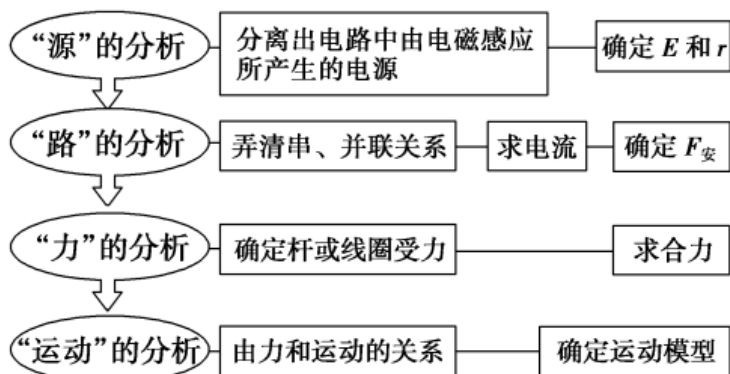
【例 6】如图所示，两条平行的光滑金属导轨所在平面与水平面的夹角为 θ ，间距为 d 。导轨处于匀强磁场中，磁感应强度大小为 B ，方向与导轨平面垂直。质量为 m 的金属棒被固定在导轨上，距底端的距离为 s ，导轨与外接电源相连，使金属棒通有电流。金属棒被松开后，以加速度 a 沿导轨匀加速下滑，金属棒中的电流始终保持恒定，重力加速度为 g 。求下滑到底端的过程中，求金属棒：



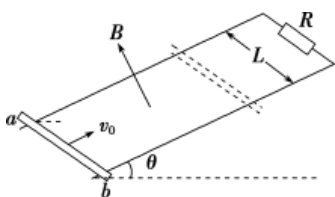
- (1) 末速度的大小 v 。
- (2) 通过的电流大小 I 。
- (3) 通过的电荷量 Q 。

【技巧总结】用“四步法”分析电磁感应中的动力学问题

解决电磁感应中的动力学问题的一般思路是“先电后力”，具体思路如下：



[变式 1] 如图，光滑平行金属导轨间距为 L ，与水平面夹角为 θ ，两导轨上端用阻值为 R 的电阻相连，该装置处于磁感应强度为 B 的匀强磁场中，磁场方向垂直于导轨平面。质量为 m 的金属杆 ab 以沿导轨平面向上的初速度 v_0 从导轨底端开始运动，然后又返回到出发位置。在运动过程中， ab 与导轨垂直且接触良好，不计 ab 和导轨的电阻及空气阻力。



- (1) 求 ab 开始运动时的加速度 a ；
- (2) 分析并说明 ab 在整个运动过程中速度、加速度的变化情况；
- (3) 分析并比较 ab 上滑时间和下滑时间的长短。

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/468123011030006127>