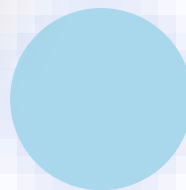




第11讲 电磁感应

Shuai Liu



课标内容要求

1. 理解楞次定律
2. 理解法拉第电磁感应定律
3. 了解自感现象。能举例说明自感现象在生产生活中的应用
4. 了解发电机和电动机工作过程中的能量转化。认识电磁学在人类生活和社会发展中的作用

目录

C O N T E N T S

01 考情分析

02 知识构建

03 考点突破

考点一 电磁感应定律及其应用

考点二 电磁感应的综合问题



01

考情分析

PART ONE

考情分析

考情分析

命题规律及方法指导

- 1.命题重点：**本专题就是高考的热点问题，在选择题中不仅会单独对法拉第**电磁感应定律**、楞次定律、安培定则、自感互感、感应电动势等基本内容结合的考察，同时会结合图像、电路等考察综合应用。
- 2.常考题型：**选择题，计算题。

命题预测

- 1.本专题属于热点内容；
- 2.高考命题考察方向
 - ①**法拉第电磁感应定律及其应用：**感应电流的产生、三定则一定律、自感、互感电磁驱动和电磁阻尼
 - ②**电磁感应的综合问题：**感应电动势的计算，电磁感应与电路问题的结合，线框穿越有界磁场的问题，电磁感应中各种图像问题。



02

网络构建

PART TWO





考点一 电磁感应定律及其应用

核心提炼

“三定则、一定律”的应用

1) “三个定则” “一个定律” 的比较

名称	基本现象	应用的定则或定律
电流的磁效应	运动电荷、电流产生磁场	安培定则
磁场对电流的作用	磁场对运动电荷、电流有作用力	左手定则
电磁感应	部分导体做切割磁感线运动	右手定则
	闭合回路磁通量变化	楞次定律

核心提炼

“三定则、一定律”的应用

2) “三个定则”和“一个定律”的因果关系

- ① 因电而生磁($I \rightarrow B$) \rightarrow 安培定则;
- ② 因动而生电(v 、 $B \rightarrow I$) \rightarrow 右手定则;
- ③ 因电而受力(I 、 $B \rightarrow F$) \rightarrow 左手定则;
- ④ 因磁而生电(S 、 $B \rightarrow I$) \rightarrow 楞次定律.

3) 解题思路

- ① 应用楞次定律时，一般要用到安培定则来分析原来磁场的分布情况.
- ② 研究感应电流受到的安培力，一般先用右手定则确定电流方向，再用左手定则确定安培力的方向，或者直接应用楞次定律的推论确定.
- ③ “三定则、一定律”中只要是涉及力的判断都用左手判断，涉及“电生磁”或“磁生电”的判断都用右手判断，即“**左力右电**”.

核心提炼

“三定则、一定律”的应用

技 巧 点 拨

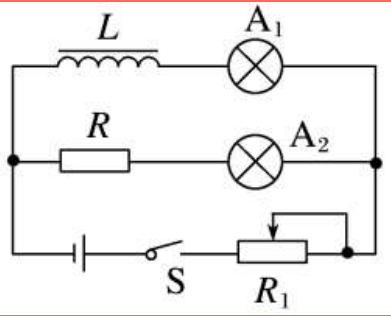
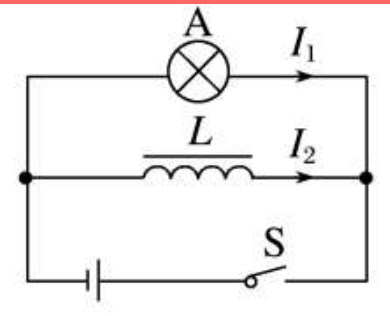
“三个效应”

- ① 电流热效应：焦耳，当电流通过电阻时，电流做功而消耗电能，产生了热量。
- ② 电流磁效应：奥斯特，任何通有电流的导线，都可以在其周围产生磁场的现象。
- ③ 电磁感应：法拉第，放在变化磁通量中的导体，会产生电动势。

核心提炼

自感问题归类

1) 通电自感和断电自感的比较

电路图		
器材要求	A_1 、 A_2 同规格, L 较大	L 很大(有铁芯)
通电时	在 S 闭合瞬间, 灯 A_2 立即亮起来, 灯 A_1 逐渐变亮	灯 A 立即亮, 然后逐渐变暗达到稳定
断电时	回路电流减小, 灯泡逐渐变暗, A_1 电 流方向不变, A_2 电流反向	①若 $I_2 \leq I_1$, 灯泡逐渐变暗; ②若 $I_2 > I_1$, 灯泡闪亮后逐渐变暗. 两种情况下灯泡中电流方向均改变

核心提炼

自感问题归类

技巧点拨

分析自感问题的三个技巧

- ①通电自感：通电时自感线圈相当于一个变化的电阻，阻值由无穷大逐渐减小。
- ②断电自感：断电时自感线圈相当于电源，电动势由某值逐渐减小到零。
- ③电流稳定时，自感线圈相当于导体，是否需要考虑其电阻根据题目而定。

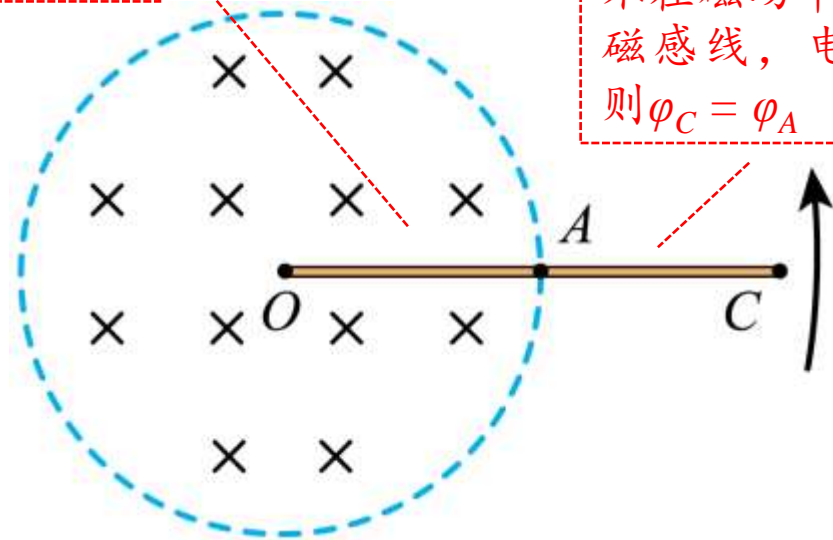
真(模拟)题研析

—【考向】法拉第电磁感应定律的应用

1. (2023·江苏·高考真题) 如图所示, 圆形区域内有垂直纸面向里的匀强磁场, OC 导体棒的 O 端位于圆心, 棒的中点 A 位于磁场区域的边缘。现使导体棒绕 O 点在纸面内逆时针转动。 O 、 A 、 C 点电势分别为 φ_O 、 φ_A 、 φ_C , 则 (A)

右手定则, $\varphi_O > \varphi_A$

不在磁场中, 不切割磁感线, 电流为0, 则 $\varphi_C = \varphi_A$



A. $\varphi_O > \varphi_C$

B. $\varphi_C > \varphi_A$

C. $\varphi_O = \varphi_A$

D. $\varphi_O - \varphi_A = \varphi_A - \varphi_C$

真(模拟)题研析

—【考向】法拉第电磁感应定律的应用

2. (2022•河北•高考真题) 将一根绝缘硬质细导线顺次绕成如图所示的线圈, 其中大圆面积为 S_1 , 小圆面积均为 S_2 , 垂直线圈平面方向有一随时间 t 变化的磁场, 磁感应强度大小 $B=B_0+kt$, B_0 和 k 均为常量, 则线圈中总的感应电动势大小为 (**D**)

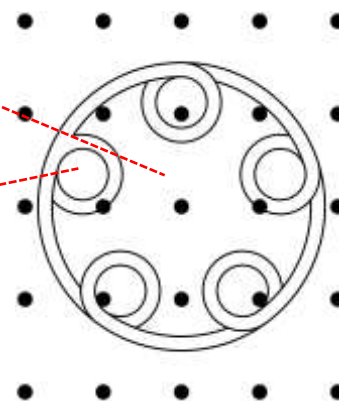
A. kS_1

B. $5kS_2$

C. $k(S_1-5S_2)$ D. $k(S_1+5S_2)$

大圆线圈产生的感应电动势 $E_1=kS_1$

每个小圆线圈产生的感应电动 $E_2=kS_2$



楞次定律可得大、小圆线圈产生的感应电动势方向相同

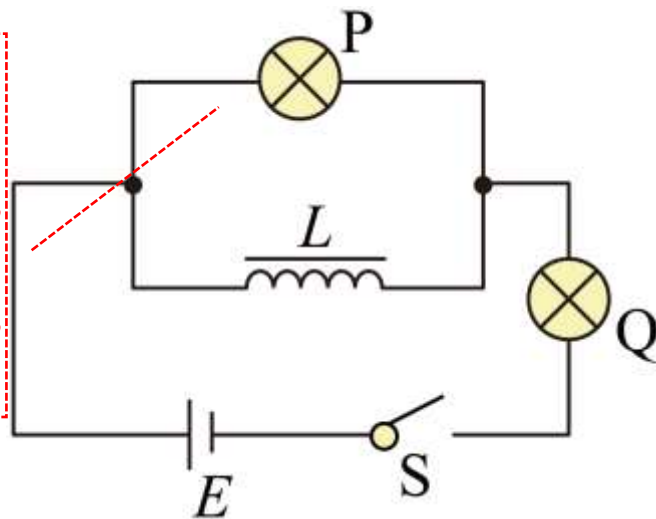
真(模拟)题研析

【考向】自感

3. (2023•北京•高考真题) 如图所示, L 是自感系数很大、电阻很小的线圈, P 、 Q 是两个相同的小灯泡, 开始时, 开关 S 处于闭合状态, P 灯微亮, Q 灯正常发光, 断开开关 (D)

- A. P 与 Q 同时熄灭
- B. P 比 Q 先熄灭
- C. Q 闪亮后再熄灭
- D. P 闪亮后再熄灭

开关 S 闭合稳定后, 通过 Q 灯的电流远大于通过 P 灯的电流。断开开关时, Q 所在电路未闭合, 立即熄灭。由于自感, L 中产生感应电动势, 与 P 组成闭合回路, 故 P 灯闪亮后再熄灭





考点二 电磁感应的综合问题

核心提炼

电磁感应中的图像问题

1) 解题关键：弄清初始条件、正负方向的对应变化范围、所研究物理量的函数表达式、进出磁场的转折点等是解决此类问题的关键。

另外，要正确解决图像问题，必须能根据图像的意义把图像反映的规律对应到实际过程中去，又能根据实际过程的抽象规律对应到图像中去，最终根据实际过程的物理规律进行判断。

2) 解题步骤

①明确图象的种类，即是 $B-t$ 图还是 $\Phi-t$ 图，或者 $E-t$ 图、 $I-t$ 图等；对切割磁感线产生感应电动势和感应电流的情况，还常涉及 $E-x$ 图象和 $i-x$ 图象；

②分析电磁感应的具体过程；

③用右手定则或楞次定律确定方向的对应关系；

④结合法拉第电磁感应定律、闭合电路欧姆定律、牛顿运动定律等知识写出相应的函数关系式；

⑤根据函数关系式，进行数学分析，如分析斜率的变化、截距等；

⑥画图象或判断图象。

核心提炼

电磁感应中的电路问题

在电磁感应中，**切割磁感线的导体或磁通量发生变化的回路将产生感应电动势，该导体或回路就相当于电源**，将它们接上电容器，便可使电容器充电；将它们接上电阻等用电器，便可对用电器供电，在回路中形成电流。因此，电磁感应问题往往与电路问题联系在一起

1) 电源与电阻

①电源：做切割磁感线运动的导体或磁通量发生变化的回路相当于电源，

I、动生问题(棒切割磁感线)产生的电动势 $E=BLv$ ，方向由右手定则判断。

II、感生问题(磁感应强度的变化)的电动势 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ，方向由楞次定律判断。而电流方向都是由等效电源内部负极流向正极的方向。

②电阻：产生感应电动势的导体的电阻相当于电源的内阻，其余部分的电阻是外电阻

核心提炼

电磁感应中的电路问题

③路端电压： $U=IR$ 或 $E=U+Ir$

④感应电流： $I = \frac{E}{R+r}$ ， r 为电源部分内阻.

⑤通过回路截面的电荷量 q :仅与 n 、 $\Delta\Phi$ 和回路电阻 R 有关,与时间 Δt 长短无关,与 Φ 是否均匀变化无关.推导如下: $q = \bar{I}\Delta t = \frac{\bar{E}}{R} \cdot \Delta t = n \frac{\Delta\Phi}{R\Delta t} \cdot \Delta t = \frac{n\Delta\Phi}{R}$.

核心提炼

电磁感应中的电路问题

2) 解题思路

① “源”的分析：用法拉第电磁感应定律算出 E 的大小，用楞次定律或右手定则确定感应电流的方向(感应电流方向是电源内部电流的方向)，从而确定电源正负极，明确内阻 r 。

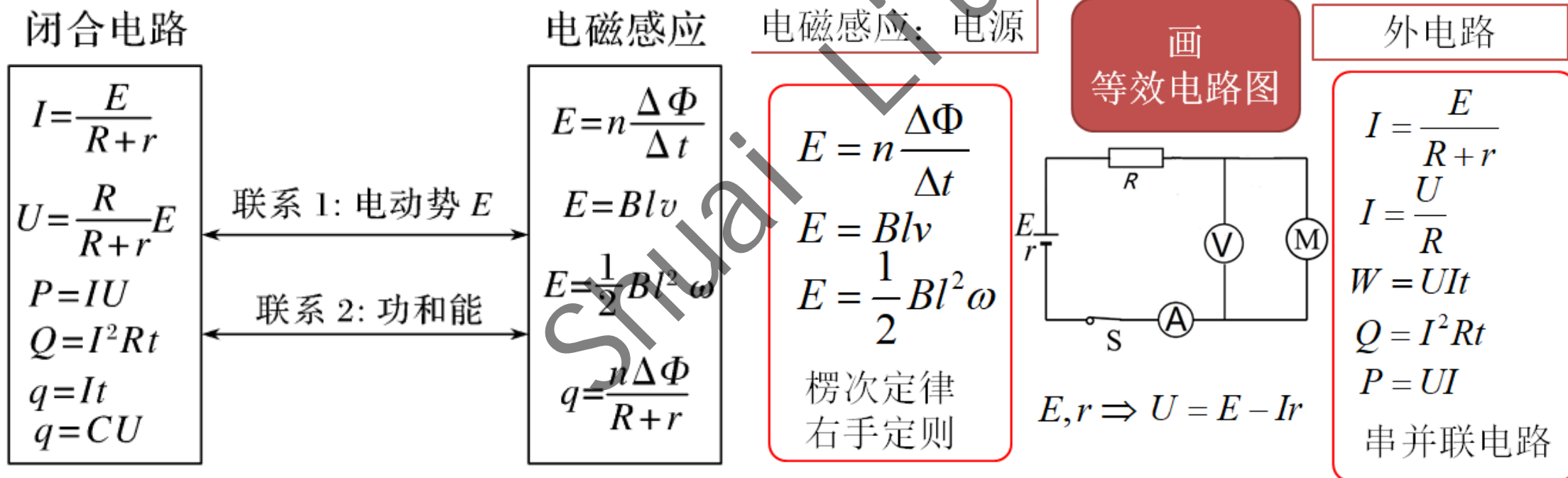
② “路”的分析：根据“等效电源”和电路中其他各元件的连接方式画出等效电路。

③ 根据 $E=BLv$ 或 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ，结合闭合电路欧姆定律、串并联电路知识、电功率、焦耳定律等相关关系式联立求解。

核心提炼

电磁感应中的电路问题

3) 电磁感应中电路知识的关系图

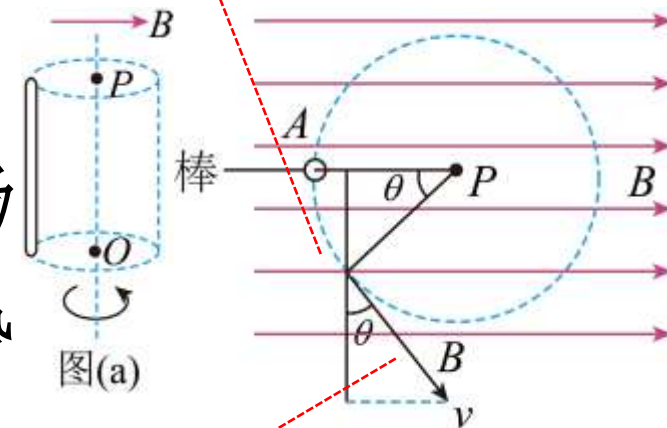


真(模拟)题研析

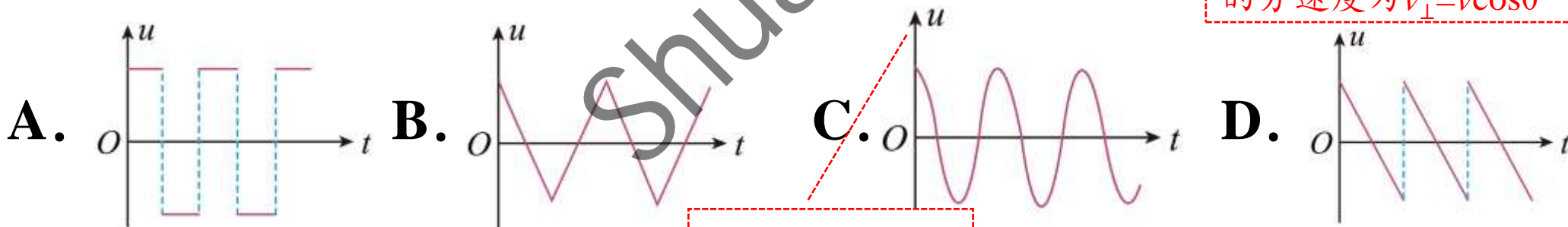
根据左手定则可知，导体棒经过B点和B点关于P点的对称点时，电流方向发生变化

【考向】电磁感应中的图像问题

1. (2023·辽宁·高考真题) 如图，空间中存在水平向右的匀强磁场，一导体棒绕固定的竖直轴OP在磁场中匀速转动，且始终平行于OP。导体棒两端的电势差 u 随时间 t 变化的图像可能正确的是 (C)



导体棒垂直磁感线方向的分速度为 $v_{\perp} = v \cos \theta$



$u = BLv_{\perp}$ ，余弦

真(模拟)题研析

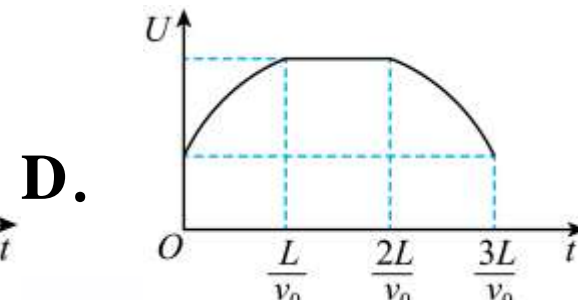
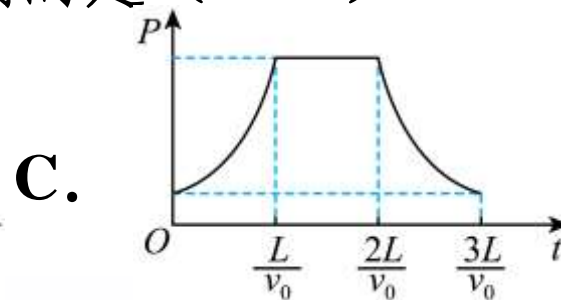
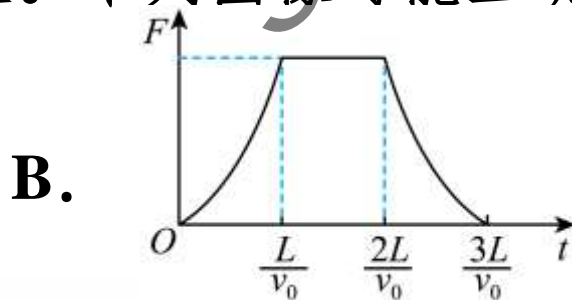
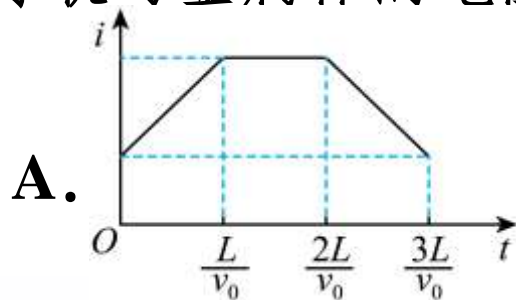
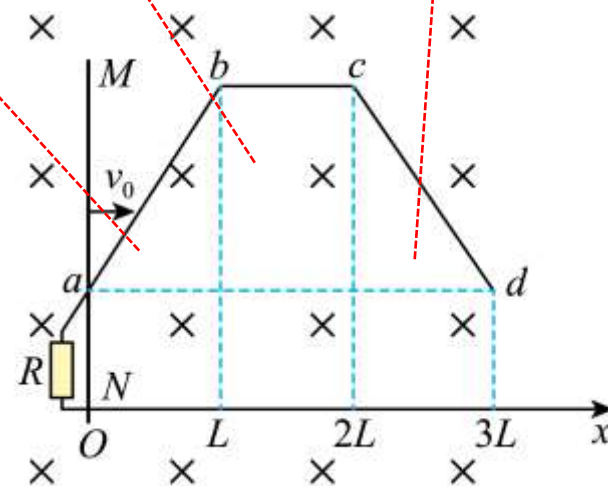
2. (2022•河北•高考真题) (多选题) 如图, 两根足够长的光滑导轨放置于竖直向下的匀强磁场中, 一根导轨位于 x 轴上, 另一根由 ab 、 bc 、 cd 三段直导轨组成, 其中 bc 段与 x 轴平行, 导轨左端接入一电阻 R 。导轨上一金属棒 MN 沿 x 轴正向以速度 v_0 保持匀速运动, $t=0$ 时刻通过坐标原点 O , 金属棒始终与 x 轴垂直。设运动过程中通过电阻的电流强度为 i , 金属棒受到安培力的大小为 F , 金属棒克服安培力做功的功率为 P , 电阻两端的电压为 U , 导轨与金属棒接触良好, 忽略导轨与金属棒的电阻。下列图像可能正确的是 (AC)

$$t=0 \sim \frac{L}{v_0}, L=l_0+v_0 t \tan \theta \begin{cases} i = \frac{BLv_0}{R} = \frac{Bv_0}{R}(l_0+v_0 t \tan \theta) \\ F = \frac{B^2 L^2 v_0}{R} = \frac{B^2 v_0}{R}(l_0+v_0 t \tan \theta)^2 \\ P = Fv_0 = \frac{B^2 L^2 v_0^2}{R} = \frac{B^2 v_0^2}{R}(l_0+v_0 t \tan \theta)^2 \\ U = E = BLv_0 = Bv_0(l_0+v_0 t \tan \theta) \end{cases}$$

$$t = \frac{L}{v_0} \sim \frac{2L}{v_0}, L \text{ 不变}$$

$$t = \frac{2L}{v_0} \sim \frac{3L}{v_0}, L \text{ 减小, 与 } 0 \sim \frac{L}{v_0} \text{ 对称}$$

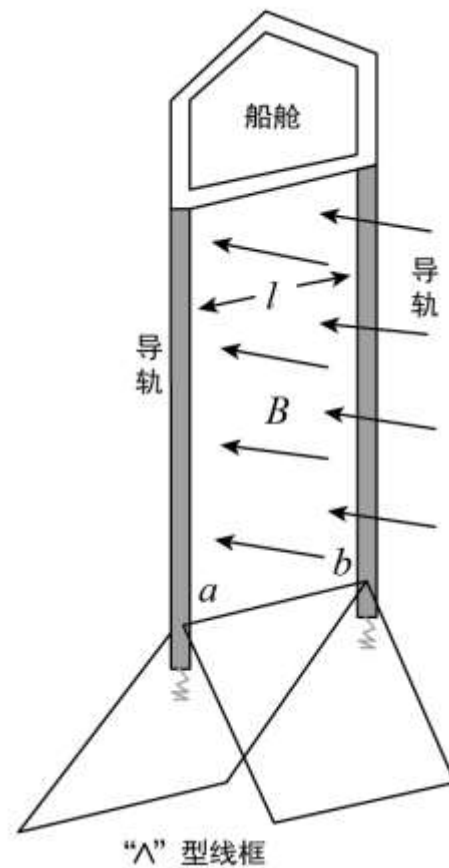
【方向】电磁感应中的图像问题



真(模拟)题研析

【考向】电磁感应中的电路问题

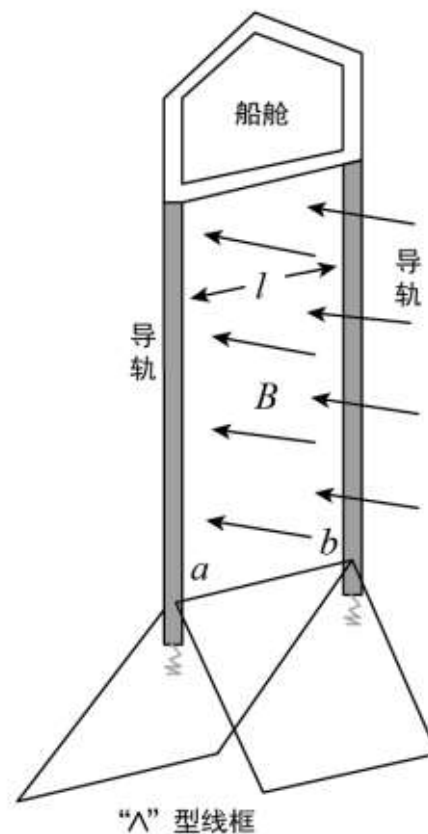
3. (2021·浙江·高考真题) 嫦娥五号成功实现月球着陆和返回, 鼓舞人心。小明知道月球上没有空气, 无法靠降落伞减速降落, 于是设计了一种新型着陆装置。如图所示, 该装置由船舱、间距为 l 的平行导轨、产生垂直船舱导轨平面的磁感应强度大小为 B 的匀强磁场的磁体和“ Λ ”型刚性线框组成, “ Λ ”型线框 ab 边可沿导轨滑动并接触良好。船舱、导轨和磁体固定在一起, 总质量为 m_1 整个装置竖直着陆到月球表面前瞬间的速度大小为 v_0 , 接触月球表面后线框速度立即变为零。经过减速, 在导轨下方缓冲弹簧接触月球表面前船舱已可视为匀速。已知船舱电阻为 $3r$, “ Λ ”型线框的质量为 m_2 , 其7条边的边长均为 l , 电阻均为 r ; 月球表面的重力加速度为 $g/6$ 。整个运动过程中只有 ab 边在磁场中, 线框与月球表面绝缘, 不计导轨电阻和摩擦阻力。



真(模拟)题研析

【考向】电磁感应中的电路问题

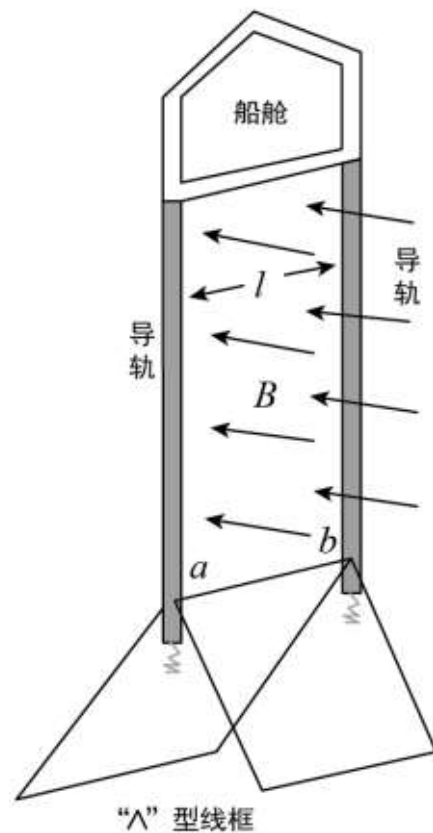
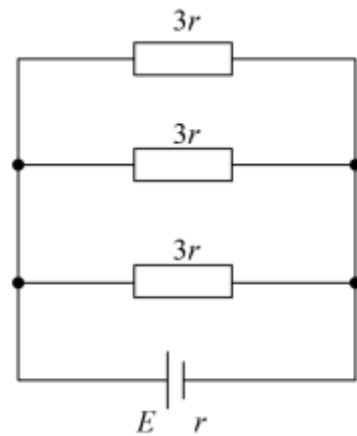
- (1)求着陆装置接触到月球表面后瞬间线框 ab 边产生的电动势 E ;
- (2)通过画等效电路图,求着陆装置接触到月球表面后瞬间流过 ab 型线框的电流 I_0 ;
- (3)求船舱匀速运动时的速度大小 v ;
- (4)同桌小张认为在磁场上方、两导轨之间连接一个电容为 C 的电容器,在着陆减速过程中还可以回收部分能量,在其他条件均不变的情况下,求船舱匀速运动时的速度大小 v' 和此时电容器所带电荷量 q 。



真(模拟)题研析

【考向】 电磁感应中的电路问题

- (1) 导体 ab 切割磁感线，电动势 $E=Blv_0$
- (2) 等效电路图，总电阻 $R=2r$ ，电流 $I_0=E_0/R=Blv_0/2r$
- (3) 匀速运动时线框受到的安培力 $F_A=BlL=B^2l^2v/(2r)$ ，根据受力平衡 $F_A=m_1g/6$ ，解得 $v=m_1gr/(3B^2l^2)$



【答案】 (1) Blv_0 (2) $\frac{Blv_0}{2r}$ (3) $\frac{m_1gr}{3B^2l^2}$ (4) $\frac{m_1gr}{3B^2l^2}, \frac{m_1grC}{6Bl}$



Liu
THANK YOU!