

# 电磁感应和力学规律

## 综合应用

四川省西充中学

李树林



# 电磁感应和力学规律综合应用

一. 复习精要 ※

二. 收尾速度问题 例1 动态分析

例2 例3 例4 P163/1.(89年高考)

三. 滑轨问题※ 例5

四. 其它问题 P163/例3 例6 例7

例8 例9 练习1 练习2

高考题选 04年上海22 04年北京理综 23

04年广东 15 02年江苏、河南综合 30

02年上海 22

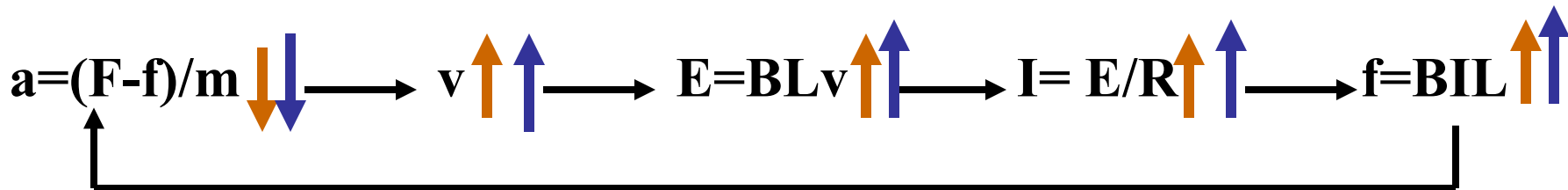
电磁感应中产生感应电流在磁场中将受到安培力作用，所以，电磁感应问题往往跟力学问题联络在一起，处理这类电磁感应中力学问题，不但要应用电磁学中相关规律，如楞次定律、法拉第电磁感应定律、左右手定则、安培力计算公式等，还要应用力学中相关规律，如牛顿运动定律、动量定理、动能定理、动量守恒定律、机械能守恒定律等。要将电磁学和力学知识综合起来应用。

因为安培力和导体中电流、运动速度均相关，所以对磁场中运动导体进行动态分析十分必要。



**例1.** 水平放置于匀强磁场中光滑导轨上，有一根导体棒ab，用恒力F作用在ab上，由静止开始运动，回路总电阻为R，分析ab运动情况，并求ab最大速度。

分析：ab 在F作用下向右加速运动，切割磁感应线，产生感应电流，感应电流又受到磁场作用力f，画出受力图：



最终，当 $f=F$ 时， $a=0$ ，速度到达最大，

$$F = f = BIL = B^2 L^2 v_m / R$$

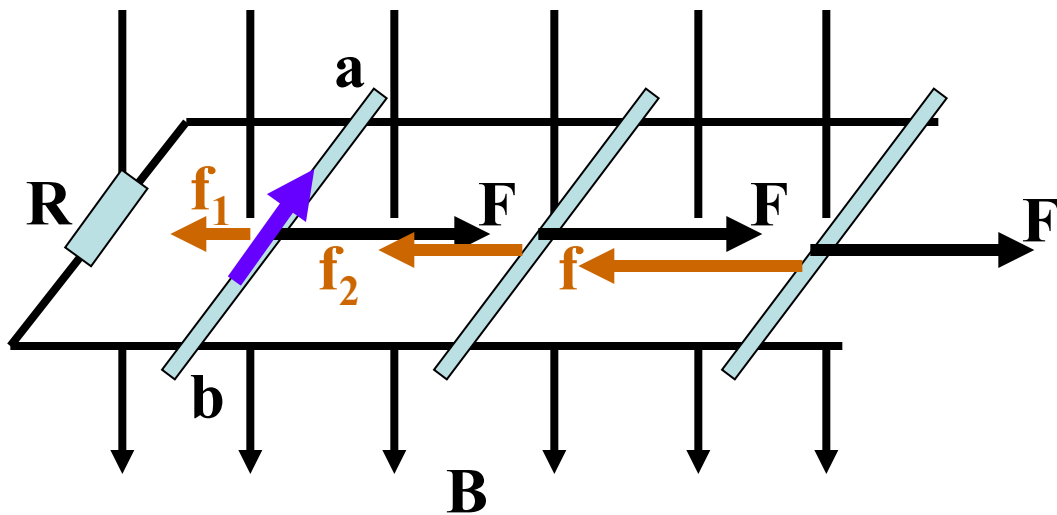
$$v_m = FR / B^2 L^2$$

$v_m$  称为收尾速度。

又解：匀速运动时，拉力所做功使机械能转化为电阻R上内能。

$$F v_m = I^2 R = B^2 L^2 v_m^2 / R$$

$$v_m = FR / B^2 L^2$$



**例2.** 在磁感应强度为 $B$ 水平均强磁场中，竖直放置一个冂形金属框 $ABCD$ ，框面垂直于磁场，宽度 $BC=L$ ，质量 $m$ 金属杆 $PQ$ 用光滑金属套连接在框架 $AB$ 和 $CD$ 上如图.金属杆 $PQ$ 电阻为 $R$ ，当杆自**静止**开始沿框架下滑时：

- (1)开始下滑加速度为多少？
- (2)框内感应电流方向怎样？
- (3)金属杆下滑最大速度是多少？
- (4)从开始下滑到抵达最大速度过程中重力势能转化为何能量

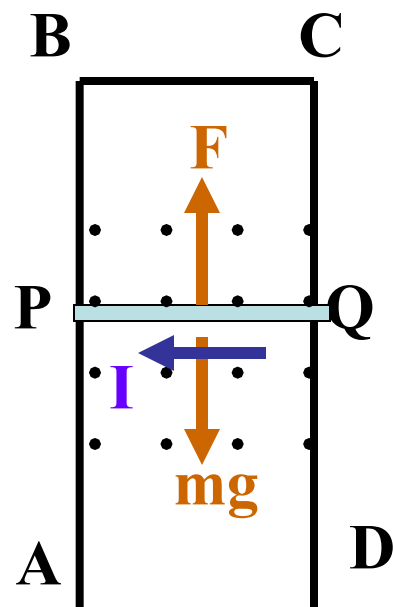
**解：** 开始 $PQ$ 受力为 $mg$ ， 所以  $a=g$

$PQ$ 向下加速运动,产生感应电流,方向顺时针,受到向上磁场力 $F$ 作用。

达最大速度时,  $F=BIL=B^2 L^2 v_m /R =mg$

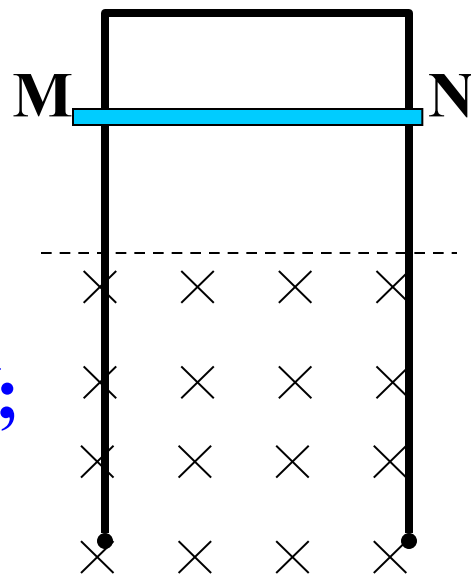
$$\therefore v_m = mgR / B^2 L^2$$

由能量守恒定律,重力做功减小重力势能转化为使 $PQ$ 加速增大动能和热能



**例3.** 竖直放置门形金属框架，宽1m，足够长，一根质量是0.1kg，电阻0.1Ω金属杆可沿框架无摩擦地滑动.框架下部有一垂直框架平面匀强磁场，磁感应强度是0.1T，金属杆MN自磁场边界上方0.8m处由静止释放(如图).求：

- (1)金属杆刚进入磁场时感应电动势；
- (2)金属杆刚进入磁场时加速度；
- (3)金属杆运动最大速度及此时能量转化情况.



答：(1)  $v = \sqrt{2gh} = 4\text{m/s}$      $E = BLv = 0.4\text{V}$ ;

(2)  $I = E/R = 4\text{A}$      $F = BIL = 0.4\text{N}$

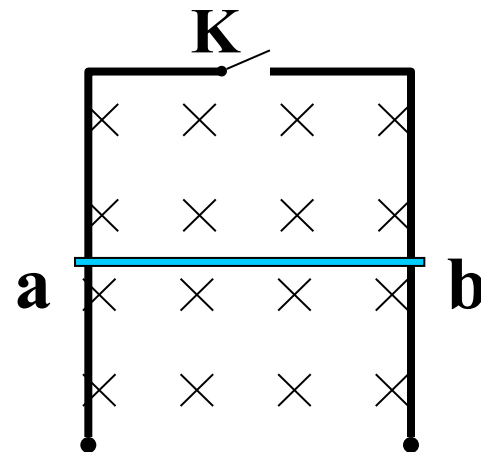
$a = (mg - F)/m = 6\text{m/s}^2$ ;

(3)  $F = BIL = B^2 L^2 v_m / R = mg$      $v_m = mgR / B^2 L^2 = 10\text{m/s}$ ,

此时金属杆重力势能降低转化为杆电阻释放热量



**例4.**如图所表示，竖直平行导轨间距 $l=20\text{cm}$ ，导轨顶端接有一电键K。导体棒ab与导轨接触良好且无摩擦，ab电阻 $R=0.4\Omega$ ，质量 $m=10\text{g}$ ，导轨电阻不计，整个装置处于与轨道平面垂直匀强磁场中，磁感强度 $B=1\text{T}$ 。当ab棒由静止释放0.8s后，突然接通电键，不计空气阻力，设导轨足够长。求ab棒最大速度和最终速度大小。（g取 $10\text{m/s}^2$ ）



解: ab 棒由静止开始自由下落0.8s时速度大小为  
 $v=gt=8\text{m/s}$

则闭合K瞬间, 导体棒中产生感应电流大小  
 $I=Bv/R=4\text{A}$

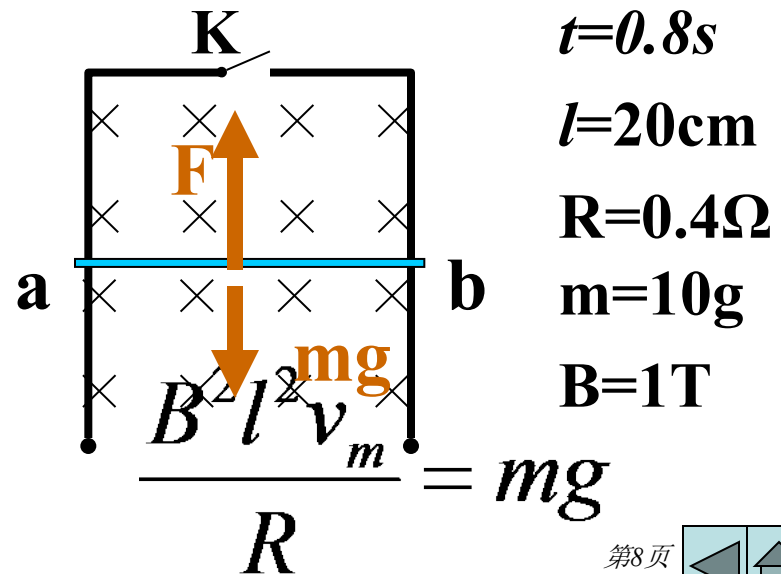
ab棒受重力 $mg=0.1\text{N}$ , 安培力 $F=BIL=0.8\text{N}$ .  
 因为 $F > mg$ , ab棒加速度向上, 开始做减速运动,  
 产生感应电流和受到安培力逐步减小,  
 当安培力  $F'=mg$ 时, 开始做匀速直线运动。

此时满足  $B^2 l^2 v_m / R = mg$

解得最终速度,

$$v_m = mgR/B^2 l^2 = 1\text{m/s}.$$

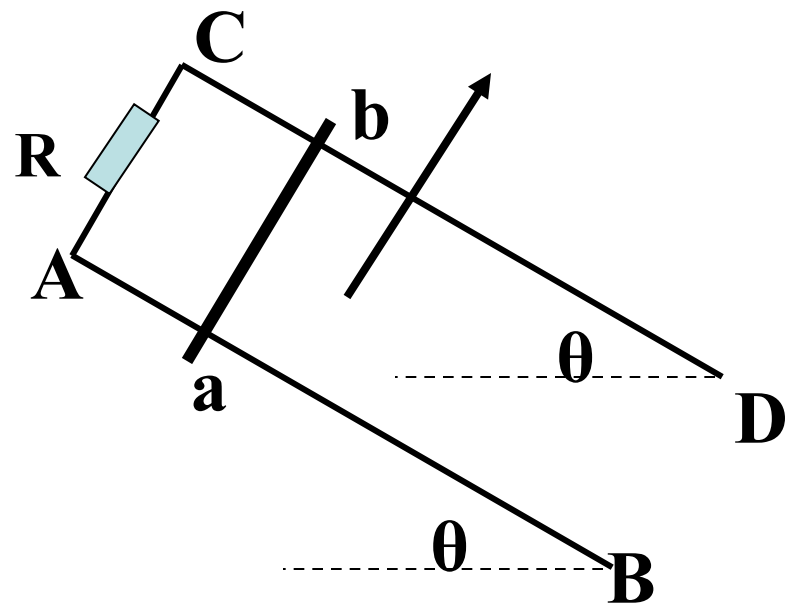
闭合电键时速度最大为 $8\text{m/s}$ 。





(P163/例1) 如图所示表示,AB、CD是两根足够长固定平行金属导轨,两导轨间距离为 $L$ ,导轨平面与水平面夹角是 $\theta$ .在整个导轨平面内都有垂直于导轨平面斜向上方匀强磁场,磁感应强度为 $B$ .在导轨AC端连接一个阻值为 $R$ 电阻.一根垂直于导轨放置金属棒 $ab$ ,质量为 $m$ ,从静止开始沿导轨下滑,求 $ab$ 棒

最大速度. 要求画出 $ab$ 棒受力图.已知 $ab$ 与导轨间滑动摩擦系数 $\mu$ ,导轨和金属棒电阻都不计.



解： 画出ab棒截面受力图：

$$N = mg \cos \theta \quad f = \mu N = \mu mg \cos \theta$$

开始时，ab在 $mg$ 和 $f$ 作用下加速运动， $v$ 增大，

切割磁感应线产生感应电流 $I$ ，

感应电流 $I$ 又受到磁场作用力 $F$ ，

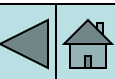
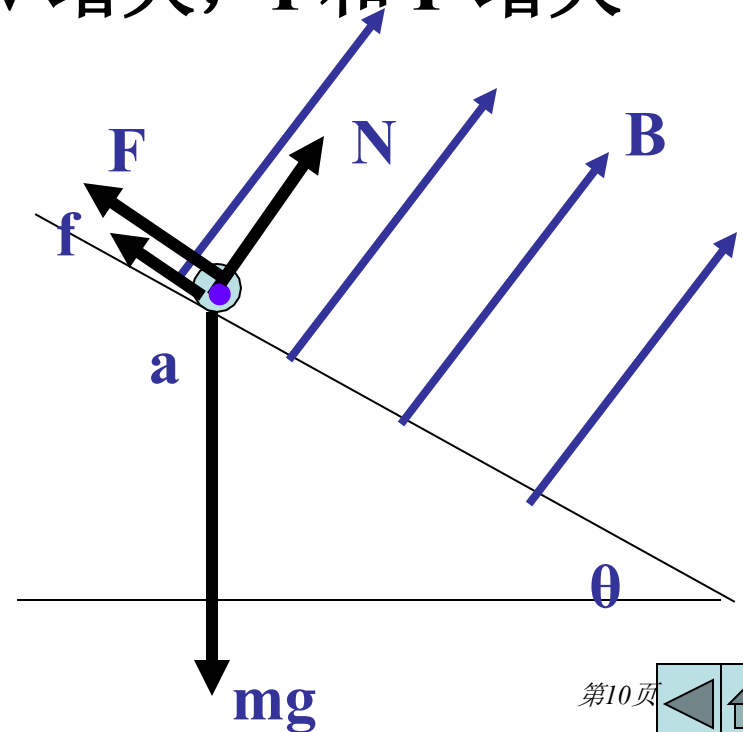
协力减小，加速度 $a$ 减小，速度 $v$ 增大， $I$ 和 $F$ 增大

当 $F + f = mg \sin \theta$ 时

ab棒以最大速度 $v_m$ 做匀速运动

$$\begin{aligned} F &= BIL = B^2 L^2 v_m / R \\ &= mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta \end{aligned}$$

$$v_m = mg (\sin \theta - \mu \cos \theta) R / B^2 L^2$$



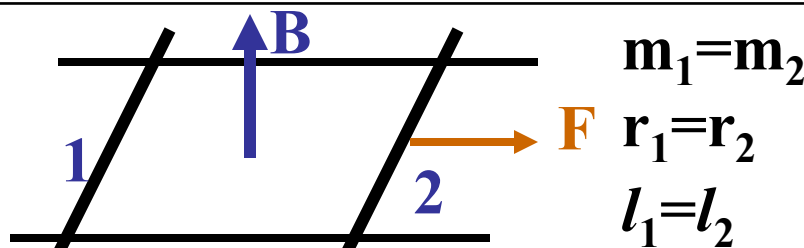
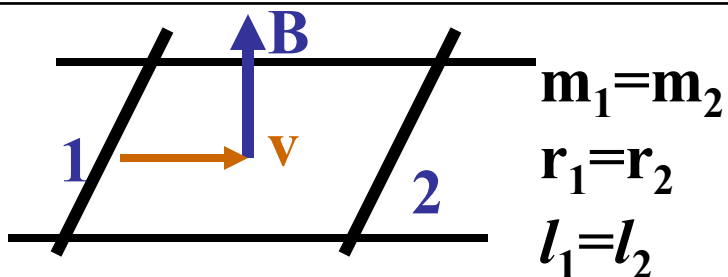
$V_1 \neq 0$   $V_2 = 0$  ,  
不受其它水平外力作用。

$V = 0$  , 2杆受到恒定水平外力作用

光滑平行导轨

光滑平行导轨

示意图

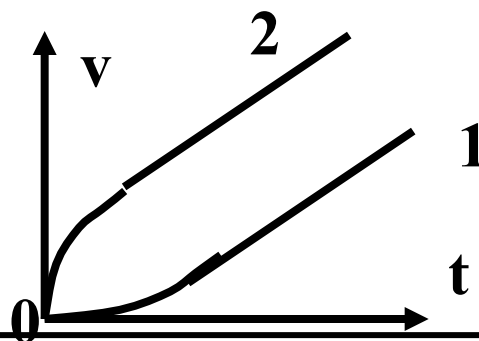
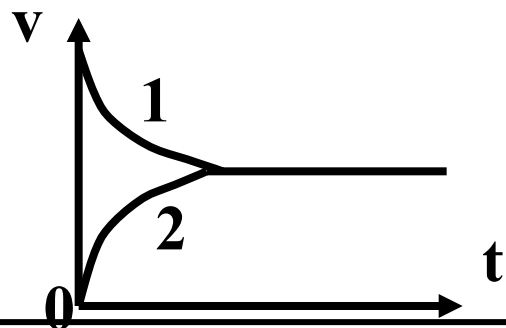


分析

※ 杆1做变减速运动，杆2做变加速运动，稳定时，两杆加速度为0，以相同速度做匀速运动

开始两杆做变加速运动，稳定时，两杆以相同加速度做匀变速运动

规律



由楞次定律，感应电流效果总要妨碍产生感应

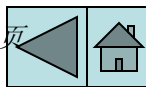
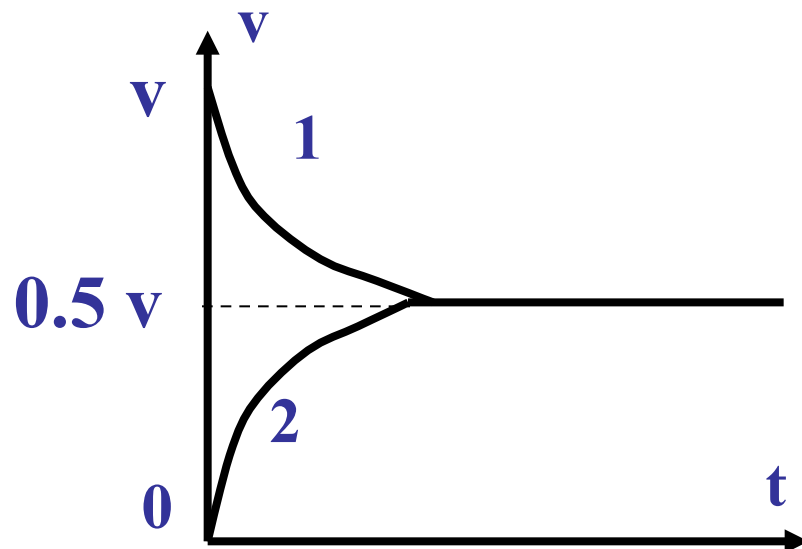
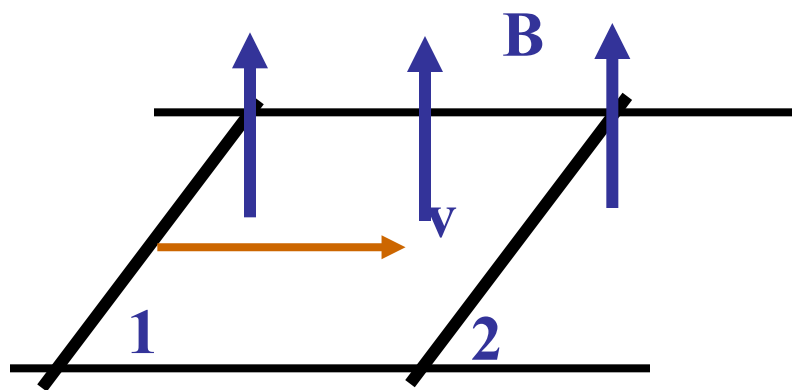
电流原因，1棒向右运动时，2棒也要向右运动。

杆1做变减速运动，杆2做变加速运动，稳定时，两杆加速度为0，当两棒相对静止时，没有感应电流，也不受磁场力作用，以共同速度匀速运动。

由动量守恒定律：

$$mv = (m+m)v_t \quad \text{共同速度为 } v_t = 1/2 v$$

它们速度图象如图示：



**例5.** 光滑平行导轨上有两根质量均为 $m$ ，电阻均为 $R$ 导体棒1、2，给导体棒1以初速度 $v$ 运动，分析它们运动情况，并求它们最终速度。 ....

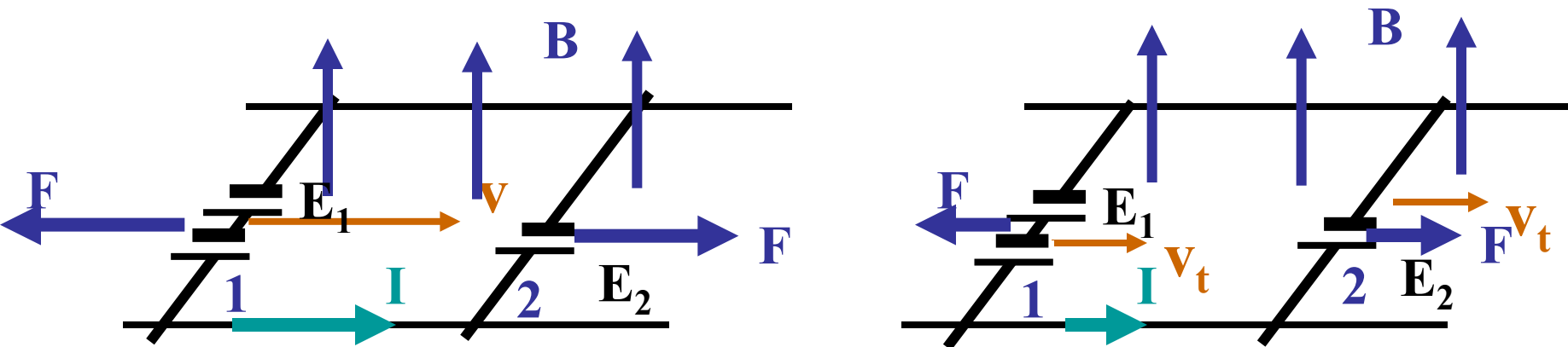
对棒1，切割磁感应线产生感应电流 $I$ ， $I$ 又受到磁场作用力 $F$

$$v_1 \downarrow \longrightarrow E_1 = BLv_1 \downarrow \longrightarrow I = (E_1 - E_2) / 2R \downarrow \longrightarrow F = BIL \downarrow \longrightarrow a_1 = F/m \downarrow$$

对棒2，在 $F$ 作用下，做加速运动，产生感应电动势，总电动势减小

$$a_2 = F/m \downarrow \longrightarrow v_2 \uparrow \longrightarrow E_2 = BLv_2 \uparrow \longrightarrow I = (E_1 - E_2) / 2R \downarrow \longrightarrow F = BIL \downarrow$$

当 $E_1 = E_2$ 时， $I = 0$ ， $F = 0$ ，两棒以共同速度匀速运动， $v_t = 1/2 v$



**P163/例3** 如图示,螺线管匝数 $n=4$ , 截面积 $S=0.1\text{m}^2$ , 管内匀强磁场以 $B_1/t=10\text{T/s}$  逐步增强, 螺线管两端分别与两根竖直平面内平行光滑直导轨相接, 垂直导轨水平匀强磁场 $B_2=2\text{T}$ , 现在导轨上垂直放置一根质量 $m=0.02\text{kg}$ , 长 $l=0.1\text{m}$ 铜棒, 回路总电阻为 $R=5\Omega$ , 试求铜棒从静止下落最大速度. ( $g=10\text{m/s}^2$ )

**解:** 螺线管产生感生电动势  $E_1=nS B_1/t=4\text{V}$  方向如图示

$$I_1=0.8\text{A} \quad F_1=B_2 I_1 L=0.16\text{N} \quad mg=0.2\text{N}$$

$mg > F_1$  ab做加速运动,又产生感应电动势 $E_2$ , (动生电动势)

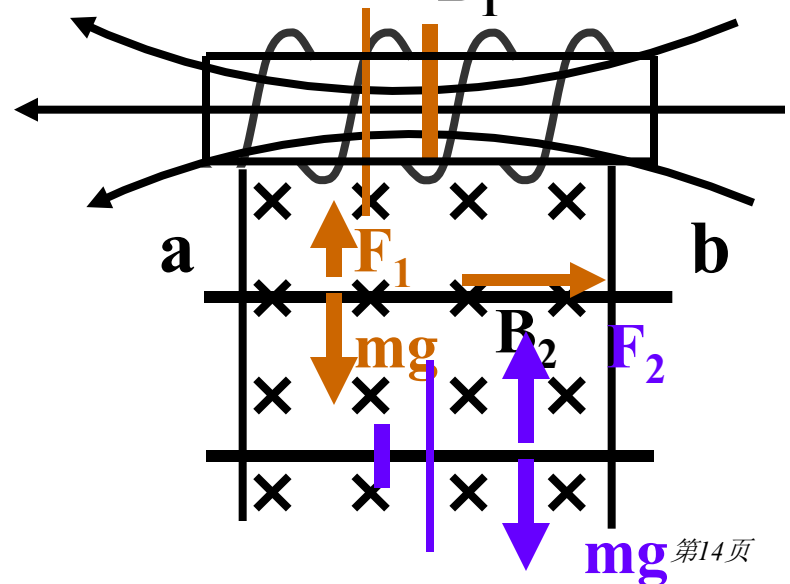
当到达稳定状态时, $F_2 = mg=0.2\text{N}$

$$F_2 = BI_2 L \quad I_2 = 1\text{A}$$

$$I_2 = (E_1 + E_2) / R = (4 + E_2) / 5 = 1\text{A}$$

$$E_2 = 1\text{V} = BLv_m$$

$$v_m = 5\text{m/s}$$



**例6.** 倾角为 $30^\circ$ 斜面上，有一导体框架，宽为1m，不计电阻，垂直斜面匀强磁场磁感应强度为0.2T，置于框架上金属杆ab，质量0.2kg，电阻 $0.1\Omega$ ，如图所表示.不计摩擦，当金属杆ab由静止下滑时，求：

- (1) 当杆速度到达2m/s时，ab两端电压；
- (2) 回路中最大电流和功率.

**解:** (1)  $E=BLv=0.4V$   $I=E/R=4A$

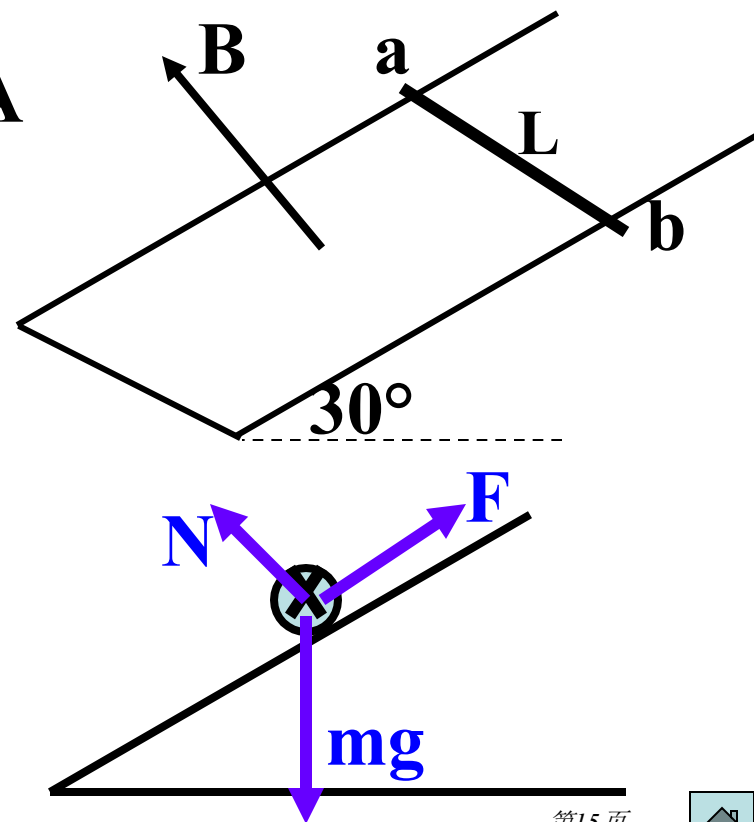
因为外电阻等于0，所以 $U=0$

(2) 到达最大速度时，

$$BI_m L = mg \sin 30^\circ$$

$$I_m = mg \sin 30^\circ / BL = 1/0.2 = 5A$$

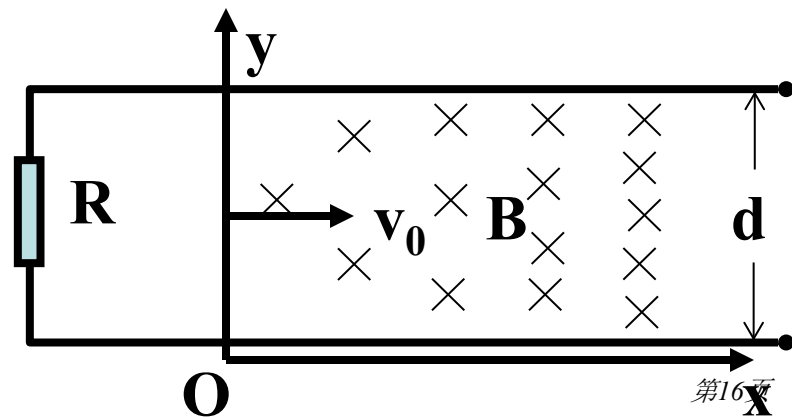
$$P_m = I_m^2 R = 25 \times 0.1 = 2.5W$$



### 例7

如图所示表示，两根相距为 $d$ 足够长平行金属导轨位于水平 $xOy$ 平面内，一端接有阻值为 $R$ 电阻。在 $x > 0$ 一侧存在沿竖直方向非均匀磁场，磁感强度 $B$ 随 $x$ 增大而增大， $B = kx$ ，式中 $k$ 是一常量。一金属直杆与金属导轨垂直，可在导轨上滑动。当 $t = 0$ 时位于 $x = 0$ 处，速度为 $v_0$ ，方向沿 $x$ 轴正方向。在运动过程中，有一大小可调整外力 $F$ 作用于金属杆以保持金属杆加速度恒定，大小为 $a$ ，方向沿 $x$ 轴负方向。设除外接电阻 $R$ 外，全部其它电阻都能够忽略。问：

- (1) 该回路中感应电流连续时间多长？
- (2) 当金属杆速度大小为 $v_0 / 2$ 时，回路中感应电动势有多大？





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/968121123017006056>