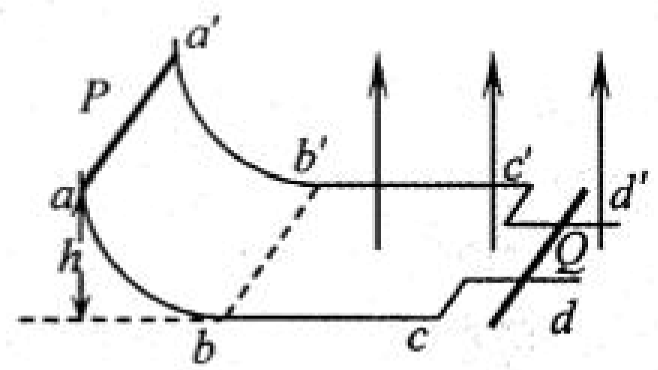
高考物理《电磁感应》常用模型最新模拟题精练

专题 29. 电磁感应+动量定理

一．选择题

1．(2021郑州三模)光滑平行异型导轨abcd 与 a'b'c'd'如图所示，轨道的水平部分 bcd、b'c'd'处于竖直向上的匀强磁场中，bc段轨道宽度为cd段轨道宽度的2倍，bc段和cd段轨道都足够长，但abcd 与 a'b'c'd'轨道部分的电阻都不计。现将质量相同的金属棒P和Q(P和Q 都有电阻，但具体阻值未知）分别置于轨道上的ab段和cd段，将P棒置于距水平轨道高为h处由静止释放，使其自由下滑，重力加速度为g.则



A.当P 棒进人轨道的水平部分后，P 棒先做加速度逐渐减小的减速直线运动

B.当P 棒进入轨道的水平部分后，Q 棒先做匀加速直线运动

C.Q 棒的最终速度和P棒最终速度相等

D.P 棒的最终速度 $v_P=\frac{1}{5}\sqrt{2gh}$，,Q 棒的最终速度 $v_Q=\frac{2}{5}\sqrt{2gh}$

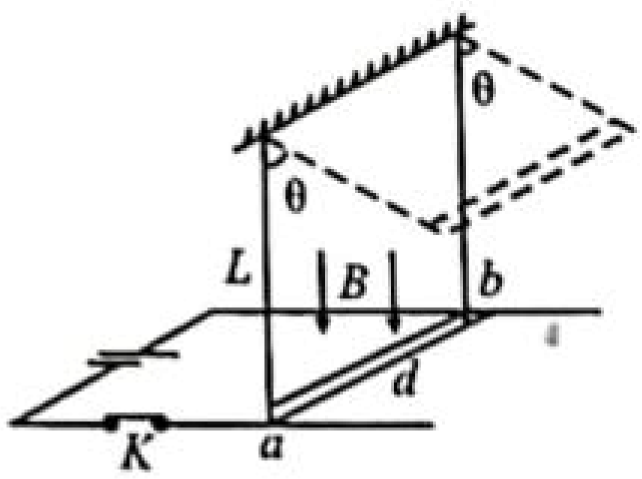
21【参考答案】AD

【命题意图】本题以光滑平行异型导轨为情景，考查电磁感应、法拉第电磁感应定律、闭合电路欧姆定律、安培力和牛顿运动定律、机械能守恒定律和动量守恒定律及其相关知识点，考查的学科核心素养是运动和力的观念、功和能的观念、动量观念和科学思维能力。。

【解题思路】由机械能守恒定律，$mgh=\frac{1}{2}mv_0^2$，解得 $v_0=\sqrt{2gh}$ 。当P 棒进人轨道的水平部分后，切割磁感线，产生感应电动势和感应电流，受到安培力作用。设bc段轨道宽度为L，由法拉第电磁感应定律，$E=BLv_0$，设金属棒Q 在轨道内部分的电阻为r，则金属棒P在轨道内部分的电阻为2r，由闭合电路欧姆定律，$I=E/3r$，所受安培力 $F=BIL$，由牛顿第二定律，$F=ma$，联立解得，$a=\frac{B^2L^2v}{3rm}$，所以P棒先做加速度逐渐减小的减速直线运动，选项A 正确；金属棒Q 受到安培力作用，做加速度逐渐减小的加速运动，选项B 错误；最终回路内产生的感应电流为零，回路内磁通量不变，Q 棒的最终速度是P棒最终速度的2倍，选项C 错误；设P棒的最终速度为 v_p，Q 棒的最终速度为 v_Q，从进入磁场切割磁感线运动到最终金属棒P所受安培力为Q的2倍，设金属棒P受到的安培力为F，则Q 受到的安培力为F/2，对金属棒P，由动量定理，$Ft=mv_0-mv_p$，对金属棒Q，由动量定理，$Ft/2=mv_Q$，又 $v_Q=2v_p$，联立解得 $v_P=\frac{1}{5}\sqrt{2gh}$，$v_Q=\frac{2}{5}\sqrt{2gh}$，选项D正确。

【易错警示】解答此题常见错误主要有：一是对金属棒做切割磁感线运动受到的安培力相关因素理解掌握不到位，导致错选 B；二是受到等宽导轨思维定势影响，把两导体棒做切割磁感线运动等效为完全非弹性碰撞，认为 Q 棒的最终速度和 P 棒最终速度相等，导致错选 C；三是把金属棒 PQ 看作系统，按照动量守恒定律列方程得出 $v_P=\frac{1}{3}\sqrt{2gh}$，$v_Q=\frac{2}{3}\sqrt{2gh}$，导致漏选 D。

8. （2021 陕西安康期末）如图所示，长为 d、质量为 m 的细金属杆 ab，用长为 L 的绝缘细线悬挂后，恰好与水平光滑的平行金属导轨接触，平行金属导轨间距为 d，导轨平面处于竖直向下、磁感应强度为 B 的匀强磁场中。闭合电键 K 后，细金属杆 ab 向右摆起，悬线的最大偏角为 θ。重力加速度为 g，则闭合电键的短时间内通过细金属杆 ab 的电量为



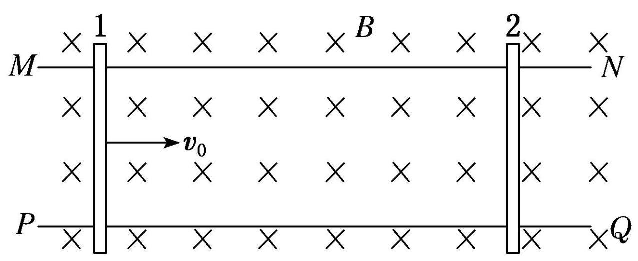
A. $\frac{m}{BL}\sqrt{2gL(1-\cos\theta)}$　　B. $\frac{m}{Bd}\sqrt{gL(1-\cos\theta)}$

C. $\frac{m}{Bd}\sqrt{2gL(1-\cos\theta)}$　　D. $\frac{m}{Bd}\sqrt{gL\sin\theta}$

8. C

解析:金属杆 ab 离开导轨向右摆起的过程，由机械能守恒定律可知:$\frac{1}{2}mv^2=mgL(1-\cos\theta)$，金属杆在通电瞬间受到安培力作用，根据动量定理可得:$F_安\cdot t=mv$，则有 $B\bar{I}d\Delta t=mv$，整理得:Bqd=mv，联立解得:$q=\frac{m}{Bd}\sqrt{2gL(1-\cos\theta)}$，故 C 正确。

2. 如图所示，在水平面上有两条导电导轨 MN 、PQ ，导轨间距为 L，匀强磁场垂直于导轨所在的平面向里，磁感应强度的大小为 B，两根完全相同的金属杆 1、2 间隔一定的距离摆开放在导轨上，且与导轨垂直。它们的电阻均为 R，两杆与导轨接触良好，导轨电阻不计，金属杆的摩擦不计。杆 1 以初速度 v_0 滑向杆 2，为使两杆不相碰，则杆 2 固定与不固定两种情况下，最初摆放两杆时的最小距离之比为(　　)

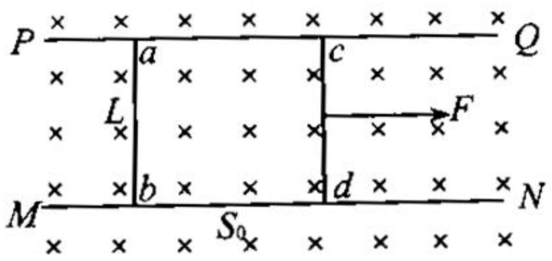


A．1∶1　　B．1∶2

C．2∶1　　　　　　　　　　　　　　　　D．3∶1

[技法领悟] 选 C　杆 2 固定，不相撞的临界条件是杆 1 速度为零时刚好接触杆 2，采用微元法，对杆 1 由动量定理：$BIL\Delta t=\frac{B^2L^2\Delta v}{2R}\Delta t=\frac{B^2L^2x_1}{2R}=mv_0$，杆 2 不固定，不相撞的临界条件是两杆的速度相等，根据动量守恒定律，$mv_0=2mv'$，解得共同速度 $v'=\frac{v_0}{2}$，对杆 1 采用微元法由动量定理得：$BIL\Delta t=\frac{B^2L^2\Delta(v_1-v_2)}{2R}\Delta t=\frac{B^2L^2x_2}{2R}=m\frac{v_0}{2}$，故 C 正确。

（2020 年 5 月重庆调研测试）如图所示，水平面(纸面)内有两条足够长的平行光滑金属导轨 PQ 、MN，导轨电阻不计，间距为 L;导轨之间有方向竖直向下(垂直于纸面向里)、大小为 B 的匀强磁场;金属杆 ab、cd 质量均为 m ,电阻均为 R ,两杆静止在水平导轨上，间距为 S_0。t=0 时刻开始金属杆 cd 受到方向水平向右、大小为 F 的恒定外力作用。$t=t_0$ 时刻，金属杆 cd 的速度大小为 o，此时撤去外力 F.下列说法正确的是（　　）



A. $t=t_0$时刻， 金属杆 ab 的速度大小为 $\frac{Ft_0}{m}-v$

B.从 t=0 到 $t=t_0$时间内，流过金属杆 ab 的电荷量为 $\frac{Ft_0}{BL}$

C.最终两金属杆的间距为 $s_0+\frac{2FRt_0}{B^2L^2}$

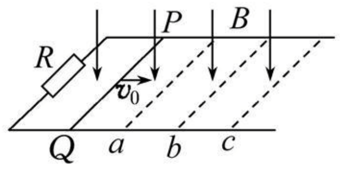
D.最终两金属杆的间距为 $s_0+\frac{FRt_0}{B^2L^2}$

【参考答案】AD

【名师解析】$t=t_0$ 时刻，设金属杆 ab 的速度大小为 v'，对两杆整体，由动量定理得：$Ft_0=mv+mv'$，解得：$v'=\frac{Ft_0}{m}-v$，选项 A 正确；从 t=0 到 $t=t_0$ 时间内，对于金属杆 ab，由动量定理得：$B\bar{I}Lt=mv'$，$BLq=mv'$，则流过金属杆 ab 的电荷量为 q，$q=\frac{mv'}{BL}=\frac{Ft_0-mv}{BL}$，选项 B 错误；最终两金属杆达到共同速度 $v_{共}$，由动量守恒定律得：$Ft_0=2mv_{共}$，通过回路的电量为 q'，有 $BLq'=mv_{共}$，设最终两金属杆的间距为 S，有 $q'=\frac{B\Delta S}{2R}=\frac{BL(S-S_0)}{2R}$，联立解得：$S=S_0+\frac{FRt_0}{B^2L^2}$，选项 C 错误；D 正确。

2.如图所示，水平光滑的平行金属导轨，左端接有电阻 R，匀强磁场 B 竖直向下分布在导轨所在的空间内，质量一定的金属棒 PQ 垂直导轨放置。今使棒以一定的初速度 v_0 向右运动，当其通过位置 a、b 时，速率分

别为 v_a、v_b，到位置 c 时棒刚好静止。设导轨与棒的电阻均不计，a 到 b 与 b 到 c 的间距相等。则金属棒在由 a 到 b 和由 b 到 c 的两个过程中 （　　）



A. 通过棒横截面积的电荷量相等

B. 棒动能变化量相等

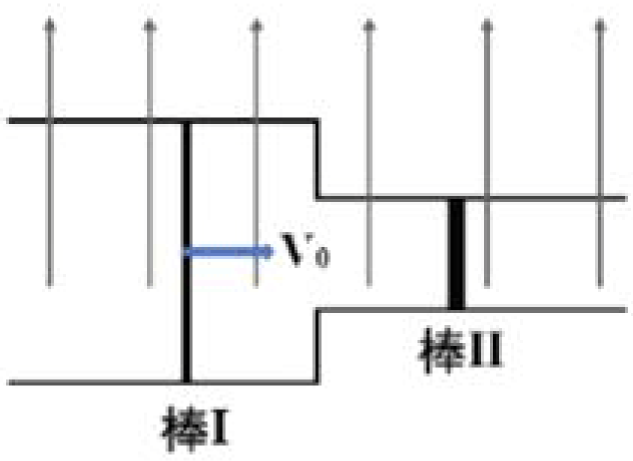
C. 回路中产生的内能相等

D. 安培力冲量相等

【参考答案】A、D

【名师解析】金属棒运动过程中，电路产生的感应电荷量 $Q=I\Delta t=\frac{E}{R}\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{\Delta tR}\cdot\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{R}=\frac{B\Delta S}{R}$，从 a 到 b 的过程中与从 b 到 c 的过程中，回路面积的变化量 ΔS 相等，B、R 相等，因此，通过棒横截面积的电荷量相等，故 A 正确；金属棒受到的安培力大小为：$F_A=BIL=\frac{B^2L^2v}{R}$，方向水平向左。金属棒在安培力作用下做减速运动，由于 ab 间距离与 bc 间距离相等，安培力 F_A 逐渐减小，由 W=Fs 定性分析可知，从 a 到 b 克服安培力做的功比从 b 到 c 克服安培力做的功多，由动能定理可知，棒的动能变化量不相等；导体棒克服安培力做功，把金属棒的动能转化为内能，因此在 a 到 b 的过程产生的内能多，故 B、C 错误；对每一段过程中安培力的冲量：$I=B\bar{I}L\Delta t$，因 $Q=\bar{I}\Delta t$ 相等，则两过程中安培力的冲量相等，选项 D 正确。

3.（6 分）（2019 湖北鄂东南省级示范性高中教学联盟模拟）如图所示，水平面内足够长的光滑“凸”形电阻可忽略的金属导轨左侧宽度为 L_1，右侧宽度为 L_2，且 $L_1=2L_2$，有两个材料相同，质量均为 m 导体棒静止在导轨上，垂直于导轨所在平面向上的磁场磁感应强度大小为 B，现给导体棒 I 一初速度 v_0 使其沿水平方向开始运动直至达到稳定状态，整个过程导体棒 I 一直在左侧导轨部分，下面说法正确的是（　　）



A．导体棒 I 达到稳定状态时速度为 $\frac{v_0}{5}$

B．导体棒Ⅰ达到稳定状态时速度为$\frac{v_0}{3}$

C．整个过程中通过导体棒Ⅱ的电荷量为$\frac{4mv_0}{5BL_1}$

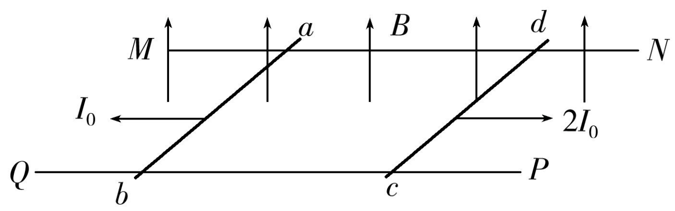
D．整个过程中导体棒Ⅱ上产生的焦耳热为$\frac{2}{25}mv_0^2$

【参考答案】ACD 。

【名师解析】对Ⅰ根据动量定理、Ⅱ根据动量定理列方程求解速度大小；对Ⅱ根据动量定理结合电荷量的计算公式求解电荷量；根据功能关系求解此时的焦耳热。

达到稳定状态时电流为零，此时Ⅰ的速度为v_1，Ⅱ的速度为v_2，则有：$BL_1v_1=BL_2v_2$，解得$v_2=2v_1$；对Ⅰ根据动量定理可得：$-BIL_1t=mv_1-mv_0$，对Ⅱ根据动量定理可得：$BIL_2t=mv_2-0$，则$mv_0-mv_1=2mv_2$，解得：$v_1=\frac{v_0}{5}$，$v_2=\frac{2v_0}{5}$，所以导体棒Ⅰ达到稳定状态时速度为$\frac{v_0}{5}$，故A 正确、B 错误；对Ⅱ根据动量定理可得：$BIL_2t=mv_2-0$，其中$q=It$，则整个过程中通过导体棒Ⅱ的电荷量为$q=\frac{mv_2}{BL_2}=\frac{2mv_0}{5BL_2}=\frac{4mv_0}{5BL_1}$，故C 正确；整个过程中系统产生的焦耳热$Q=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_2^2$，两个导体棒材料相同，则电阻之比等于长度之比，导体棒Ⅱ上产生的焦耳热为$Q_Ⅱ=\frac{1}{3}Q=\frac{2}{25}mv_0^2$，故D 正确。

4．（多选)如图所示，足够长的光滑平行金属导轨MN、PQ固定在水平面上，间距为L，空间存在着方向竖直向上的磁感应强度大小为B的匀强磁场．在导轨上放有两根质量分别为m和2m的金属棒ab、cd，两棒和导轨垂直且接触良好，有效电阻均为R，导轨电阻不计．现给金属棒ab水平向左的瞬时冲量I_0，同时给cd棒水平向右的瞬时冲量$2I_0$．则在以后的运动过程中(　　)



A．通过ab棒的最大电流为$\frac{BLI_0}{2mR}$

B．cd棒的最大加速度为$\frac{B^2L^2I_0}{2m^2R}$

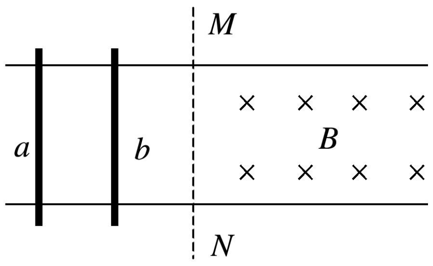
C．最终两金属棒将静止在导轨上

D．整个过程中该系统产生的焦耳热为$\frac{4I_0^2}{3m}$

【参考答案】　BD

【名师解析】　开始时，由$I=mv$可得两棒的初速度$v_0=\frac{I_0}{m}$，此时回路中的电流最大为$I=\frac{2BLv_0}{2R}=\frac{BLI_0}{mR}$， cd 棒受到的安培力最大 $F_{安}=BIL=\frac{B^2L^2I_0}{mR}$，则加速度最大 $a=\frac{B^2L^2I_0}{2m^2R}$，此后两棒均做减速运动，由于两棒构成的系统在水平方向上不受外力，系统动量守恒，则有 $2I_0-I_0=3mv$，解得 $v=\frac{I_0}{3m}$，一起向右匀速运动则无感应电流，选项 B 正确，A、C 错误；由能量守恒定律可知，该系统产生热量 $Q=\frac{1}{2}\cdot 3mv_0^2-\frac{1}{2}\cdot 3mv^2=\frac{4I_0^2}{3m}$，选项 D 正确.

5.如图所示，水平面上有相距为 L 的两光滑平行金属导轨，导轨上静止放有金属杆 a 和 b(杆 a、b 均与导轨垂直)，两杆均位于匀强磁场的左侧，让杆 a 以速度 v 向右运动，当杆 a 与杆 b 发生弹性碰撞后，两杆先后进入右侧的磁场中，当杆 a 刚进入磁场时，杆 b 的速度刚好为 a 的一半.已知杆 a、b 的质量分别为 2m 和 m，接入电路的电阻均为 R，其他电阻忽略不计，设导轨足够长，磁场区域足够大，则(　　)



A.杆 a 与杆 b 碰撞后，杆 a 的速度为 $\frac{v}{3}$，方向向右

B.杆 b 刚进入磁场时，通过 b 的电流为 $\frac{2BLv}{3R}$

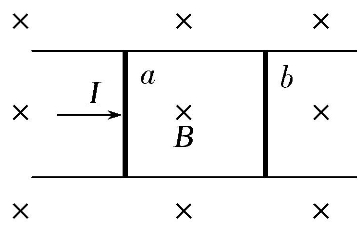
C.从 b 进入磁场至 a 刚进入磁场时，该过程产生的焦耳热为 $\frac{7}{8}mv^2$

D.杆 a、b 最终具有相同的速度，大小为 $\frac{2v}{3}$

【参考答案】　ABC

【名师解析】　以向右为正方向，杆 a 与杆 b 发生弹性碰撞，由动量守恒和机械能守恒得 $2mv=2mv_1+mv_2$，$\frac{1}{2}\times 2mv^2=\frac{1}{2}\times 2mv_1^2+\frac{1}{2}mv_2^2$，解得 $v_1=\frac{v}{3}$，$v_2=\frac{4}{3}v$，即杆 a 的速度为 $\frac{v}{3}$，方向向右，故 A 正确；杆 b 刚进入磁场时，通过 b 的电流为 $I=\frac{BLv_2}{2R}=\frac{2BLv}{3}$，故 B 正确；从 b 进入磁场至 a 刚进入磁场时，由能量守恒得该过程产生的焦耳热为 $Q=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}m\left(\frac{1}{2}v_1\right)^2=\frac{7}{8}mv^2$，故 C 正确；a 进入磁场后，a、b 组成的系统，动量守恒，则有 $2mv_1+m\cdot\frac{1}{2}v_1=(2m+m)v_3$，解得 $v_3=\frac{5}{18}v$，即杆 a、b 最终具有相同的速度，大小为 $\frac{5}{18}v$，故 D 错误.

6.(2017 江西省名校联盟教学质量检测)如图 6 所示，水平面上固定着两根相距 L 且电阻不计的足够长的光滑金属导轨，导轨处于方向竖直向下、磁感应强度为B 的匀强磁场中，铜棒 a、b 的长度均等于两导轨的间距、电阻均为 R、质量均为 m，铜棒平行地静止在导轨上且与导轨接触良好。现给铜棒 a 一个平行导轨向右的瞬时冲量 I，关于此后的过程，下列说法正确的是(　　)



A. 回路中的最大电流为$\frac{BLI}{mR}$

B. 铜棒 b 的最大加速度为$\frac{B^2L^2I}{2m^2R}$

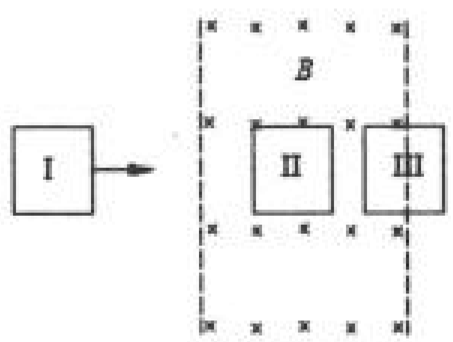
C. 铜棒 b 获得的最大速度为$\frac{I}{m}$

D. 回路中产生的总焦耳热为$\frac{I^2}{2m}$

【参考答案】B

【名师解析】 给铜棒 a 一个平行导轨的瞬时冲量 I，此时铜棒 a 的速度最大，产生的感应电动势最大，回路中电流最大，每个棒受到的安培力最大，其加速度最大，$I=mv_0$，$v_0=\frac{I}{m}$，铜棒 a 电动势 $E=BLv_0$，回路电流 $I_0=\frac{E}{2R}=\frac{BLI}{2mR}$，选项 A 错误；此时铜棒 b 受到安培力 $F=BI_0L$，其加速度 $a=\frac{F}{m}=\frac{IB^2L^2}{2Rm^2}$，选项 B 正确；此后铜棒 a 做变减速运动，铜棒 b 做变加速运动，当二者达到共同速度时，铜棒 b 速度最大，据动量守恒，$mv_0=2mv$，铜棒 b 最大速度 $v=\frac{I}{2m}$，选项 C 错误；回路中产生的焦耳热 $Q=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}\cdot 2mv^2=\frac{I^2}{4m}$，选项 D 错误。

7.（2018 安徽合肥三模）如图所示，在垂直纸面向里的有界匀强磁场区域的左侧，一正方形线框以 3. 0m/s 的初速度沿垂直于磁场边界由位置 I 水平向右运动，线框经过位置 II，当运动到位置III时速度恰为零，此时线框刚好有一半离开磁场区域。线框的边长小于磁场区域的宽度。若线框进、出磁场的过程中通过线框横截面的电荷量分别为 q_1、q_2，线框经过位置 II 的速度为 v，则下列说法正确的是



A. $q_1=q_2$　　B. $q_1=2q_2$

C. v=1. 0m/s　　D. v=1. 5m/s

【参考答案】. BC

【命题意图】 本题考查电磁感应、法拉第电磁感应定律、闭合电路欧姆定律、电荷量计算及其相关的知识点。

【解题思路】设线框电阻为 R，线框进入磁场过程中磁通量变化为$\triangle\Phi_1$=BS，设进入磁场过程的时间为△t1，由法拉第电磁感应定律，进入磁场过程中产生的感应电动势平均值为 $E_1=\triangle\Phi_1/\triangle t_1$，根据闭合电路欧姆定律，

感应电流 I1=E1/R，通过线框横截面的电荷量为 $q_1=I_1\triangle t_1$，联立解得 $q_1=BS/R$。线框出磁场过程中磁通量变化为 $\triangle\Phi_2=\frac{1}{2}BS$，设出磁场过程的时间为 $\triangle t_2$，由法拉第电磁感应定律，出磁场过程中产生的感应电动势平均值为 $E2=\triangle\Phi_2/\triangle t_2$，根据闭合电路欧姆定律，感应电流 I2=E2/R，通过线框横截面的电荷量为 $q_2=I_2\triangle t_2$，联立解得 $q_2=BS/2R$。因此可得，$q_1=2q_2$，选项 B 正确 A 错误；设线框质量为 m，线框进入磁场过程中的△t时间内，线框速度变化△v，由动量定理，$-BI_1L\triangle t=m\triangle v$，对这个线框进入磁场区域的过程所有△t时间，求和得出 $\Sigma(-BI_1L\triangle t)=\Sigma m\triangle v$，即 $-BL\Sigma(I_1\triangle t)=-BLq_1=m(v-v_0)$。同理可得出磁场过程中，$-BL\Sigma(I_2\triangle t)=-BLq_2=-mv$。联立解得 v=1.0m/s，选项 C 正确 D 错误。

【方法归纳】对于电磁感应中的选择题，若容易得出过程的磁通量变化，可利用公式 $q=\triangle\Phi/R$ 直接得出通过线框的电荷量。线框进入或从磁场移出的过程，线框一般做变速运动，产生的感应电动势和感应电流都是变化的，所受的安培力也是变力，需要取时间微元，利用动量定理列方程解答。

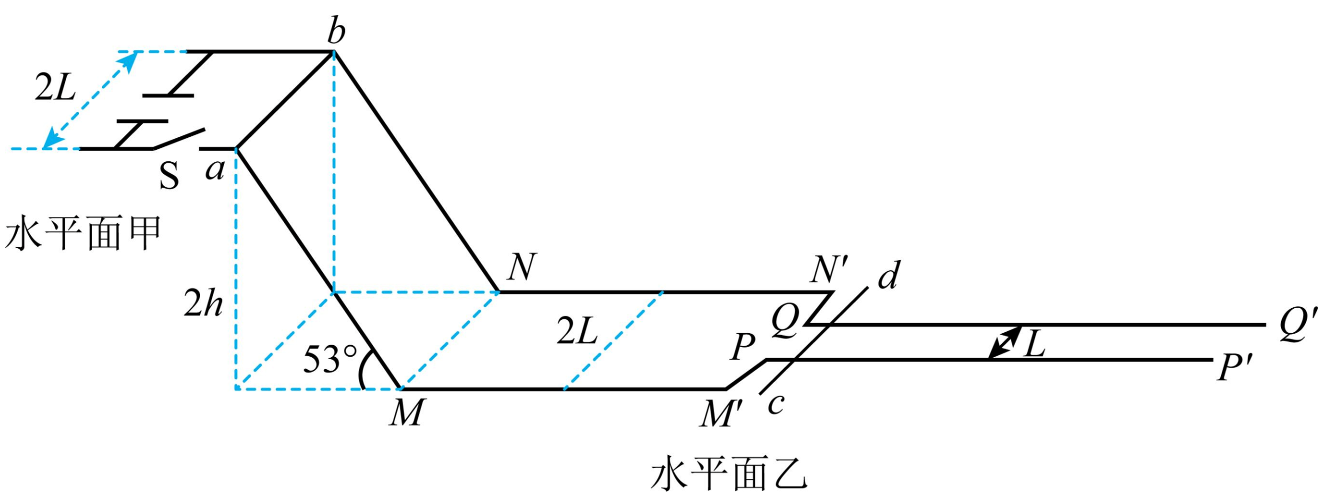
二．计算题

（2022 山东聊城二模）如图所示，甲、乙两水平面高度差为 2h，甲水平面内有间距为 2L 的两光滑金属导轨平行放置，乙水平面内有间距分别为 2L、L 的光滑金属导轨平行放置，光滑的绝缘斜导轨紧挨甲、乙两个平面内的水平轨道放置，斜轨道的倾角为 53°，斜轨道底端有一小段高度可忽略的光滑圆弧与金属导轨平滑连接。水平面甲内轨道左端连接一充满电的电容器 C，右边缘垂直轨道放置长度为 2L，质量为 m，电阻为 R 的均匀金属棒 ab，在水平面乙内垂直间距为 L 的轨道左端放置与 ab 完全相同的金属棒 cd，导轨与、与均足够长，所有导轨的电阻都不计。所有导轨的水平部分均有竖直向下的、磁感应强度为 B 的匀强磁场，斜面部分无磁杨。闭合开关 S，金属棒 ab迅速获得水平向右的速度做平抛运动，刚好落在斜面底端，没有机械能损失，之后沿着水平面乙运动。已知重力加速度为 g，sin53°=0.8，cos53°=0.6。求：

（1）金属棒 ab 做平抛运动的初速度 v_0；

（2）电容器 C 释放的电荷量 q；

（3）从金属棒 ab 开始沿水平面乙内的光滑轨道运动起，至匀速运动止，这一过程中金属棒 ab、cd 上产生的热量。



【参考答案】(1) $\frac{3\sqrt{gh}}{4}$；(2) $\frac{3m\sqrt{gh}}{8BL}$；(3) $\frac{73mgh}{60}$，$\frac{73mgh}{120}$

【名师解析】

(1) 金属棒 ab 落到斜面底端时，在竖直方向上有

$$2h = \frac{1}{2}gt^2$$

解得

$$t = 2\sqrt{\frac{h}{g}}$$

由几何关系

$$\tan 53^\circ = \frac{2h}{v_0 t}$$

解得

$$v_0 = \frac{3\sqrt{gh}}{4}$$

（2）金属棒 ab 弹出瞬间，根据动量定理得

$$BI \cdot 2L \cdot \Delta t = mv_0 - 0$$

又

$$q = I\Delta t$$

联立解得电容器 C 释放的电荷量

$$q = I\Delta t = \frac{mv_0}{2BL} = \frac{3m\sqrt{gh}}{8BL}$$

（3）金属棒 ab 落在水平轨道时，根据动能定理有

$$mg \cdot 2h = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$v = \frac{\sqrt{73gh}}{4}$$

最终匀速运动时，电路中无电流，所以金属棒 ab 和金属棒 cd 产生的感应电动势相等，即

$$B \cdot 2Lv_{ab} = B \cdot Lv_{cd}$$

此过程中，对金属棒 ab 根据动量定理得

$$-BI \cdot 2L \cdot \Delta t = mv_{ab} - mv$$

对金属棒 cd 分析，根据动量定理得

$$BI \cdot L \cdot \Delta t = mv_{cd}$$

解得

$$v_{ab} = \frac{\sqrt{73gh}}{20}$$

$$v_{cd}=\frac{\sqrt{73gh}}{10}$$

该过程中 ab、cd 产生的总热量为

$$Q=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_{ab}^2-\frac{1}{2}mv_{cd}^2$$

解得

$$Q=\frac{73mgh}{40}$$

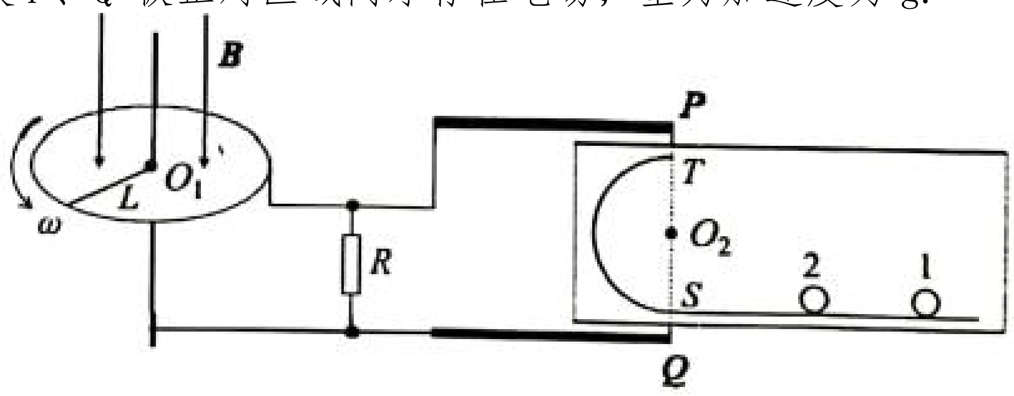
则棒 ab 上产生的热量

$$Q_{ab}=\frac{2}{3}Q=\frac{73mgh}{60}$$

棒 cd 上产生的热量

$Q_{cd}=\frac{1}{3}Q=\frac{73mgh}{120}$

25.（20 分）（2021 年 4 月江西八校联考）如图所示，水平轨道与半径为 r 的半圆弧形轨道平滑连接于 S 点，两者均光滑且绝缘，并安装在固定的竖直绝缘平板上。在平板的上下各有一块相互正对的水平金属板 P、Q,两板间的距离为 d.半圆轨道的最高点 T、最低点 S、及 P、Q 板右侧边缘点在同一竖直线上。装置左侧有一半径为 L 的水平金属圆环，圆环平面区域内有竖直向下、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场，一根长度略大于 L 的金属杆一端置于圆环上，另一端与过圆心 01 的竖直转轴连接，转轴带动金属杆逆时针转动（从上往下看），在圆环边缘和转轴处引出导线分别与 P、Q 连接。图中电阻阻值为 R,不计其他电阻。右侧水平轨道上有一带电量为＋q、质量为$\frac{1}{2}$m 的小球 1 以速度 $v_0=\sqrt{10gr}$ 向左运动，与前面静止的、质量也为$\frac{1}{2}$m 的不带电小球 2 发生碰撞，碰后粘合在一起共同向左运动。小球和粘合体均可看作质点，碰撞过程没有电荷损失，设 P、Q 板正对区域间才存在电场，重力加速度为 g.



（1）计算小球 1 与小球 2 碰后粘合体的速度大小 v;
（2）若金属杆转动的角速度为ω计算图中电阻 R 消耗的电功率 P;
（3）要使两球碰后的粘合体能从半圆轨道的最低点 S 做圆周运动到最高点 T,计算金属杆转动的角速度的范围。

25.（20 分）（1） $v=\sqrt{\frac{5gr}{2}}$ （2） $P=\frac{U^2}{R}=\frac{B^2L^4\omega^2}{4R}$ （3） $\frac{mgd}{qBL^2}\le\omega\le\frac{7mgd}{qBL^2}$

【解析】（1）两球碰撞过程动量守恒，则： $\frac{1}{2}mv_0=(\frac{1}{2}m+\frac{1}{2}m)v$ （2 分）

解得： $v=\sqrt{\frac{5gr}{2}}$ 。（2 分）