2023 年全国新课标

1. 船上的人和水下的潜水员都能听见轮船的鸣笛声。声波在空气中和在水中传播时的 (A)

A. 波速和波长均不同　　B. 频率和波速均不同

C. 波长和周期均不同　　D. 周期和频率均不同

> 声波的周期和频率由振源决定，故声波在空气中和在水中传播的周期和频率均相同，但声波在空气和水中传播的波速不同，根据波速与波长关系 $v=\lambda f$ 可知，波长也不同。故 A 正确，BCD 错误。
>
> 故选 A。

2. 无风时，雨滴受空气阻力的作用在地面附近会以恒定的速率竖直下落。一质量为 m 的雨滴在地面附近以速率 v 下落高度 h 的过程中，克服空气阻力做的功为（重力加速度大小为 g）(B)

A. 0　　B. mgh　　C. $\frac{1}{2}mv^2-mgh$　　D. $\frac{1}{2}mv^2+mgh$

> 在地面附近雨滴做匀速运动，根据动能定理得
>
> $mgh-W_f=0$
>
> 故雨滴克服空气阻力做功为 mgh。
>
> 故选 B。

3. 铯原子基态的两个超精细能级之间跃迁发射的光子具有稳定的频率，铯原子钟利用的两能级的能量差量级为 $10^{-5}\,\mathrm{eV}$，跃迁发射的光子的频率量级为（普朗克常量 $h=6.63\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$，元电荷 $e=1.60\times10^{-19}\,\mathrm{C}$）(C)

A. $10^3\,\mathrm{Hz}$　　B. $10^6\,\mathrm{Hz}$　　C. $10^9\,\mathrm{Hz}$　　D. $10^{12}\,\mathrm{Hz}$

> 铯原子利用的两能极的能量差量级对应的能量为
>
> $\varepsilon=10^{-5}\,\mathrm{eV}=10^{-5}\times1.6\times10^{-19}\,\mathrm{J}=1.6\times10^{-24}\,\mathrm{J}$
>
> 由光子能量的表达式 $E=h\nu$ 可得，跃迁发射的光子的频率量级为
>
> $\nu=\frac{\varepsilon}{h}=\frac{1.6\times10^{-24}}{6.63\times10^{-34}}\,\mathrm{Hz}\approx2.4\times10^9\,\mathrm{Hz}$
>
> 跃迁发射的光子的频率量级为 $10^9\,\mathrm{Hz}$。故选 C。

4. 2023 年 5 月，世界现役运输能力最大的货运飞船天舟六号，携带约 $5\,800\,\mathrm{kg}$ 的物资进入距离地面约 $400\,\mathrm{km}$（小于地球同步卫星与地面的距离）的轨道，顺利对接中国空间

站后近似做匀速圆周运动。对接后，这批物资 (D)

A. 质量比静止在地面上时小

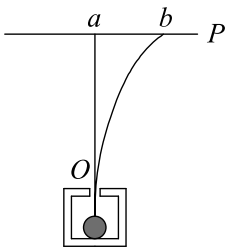
B. 所受合力比静止在地面上时小

C. 所受地球引力比静止在地面上时大

D. 做圆周运动的角速度大小比地球自转角速度大

> A．物体在低速（速度远小于光速）宏观条件下质量保持不变，即在空间站和地面质量相同，故 A 错误；
>
> BC．设空间站离地面的高度为 h，这批物质在地面上静止合力为零，在空间站所受合力为万有引力即
>
> $F=\frac{GMm}{(R+h)^2}$
>
> 在地面受地球引力为
>
> $F_1=\frac{GMm}{R^2}$
>
> 因此有 $F_1>F$，故 BC 错误；
>
> D．物体绕地球做匀速圆周运动万有引力提供向心力
>
> $\frac{GMm}{r^2}=m\omega^2 r$
>
> 解得
>
> $\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$
>
> 这批物质在空间站内的轨道半径小于同步卫星的轨道半径，因此这批物质的角速度大于同步卫星的角速度，同步卫星的角速度等于地球自转的角速度，即这批物质的角速度大于地球自转的角速度，故 D 正确。
>
> 故选 D。

5. 一电子和一 α 粒子从铅盒上的小孔 O 竖直向上射出后，打到铅盒上方水平放置的屏幕 P 上的 a 和 b 两点，a 点在小孔 O 的正上方，b 点在 a 点的右侧，如图所示。已知 α 粒子的速度约为电子速度的 $\frac{1}{10}$，铅盒与屏幕之间存在匀强电场和匀强磁场，则电场和磁场方向可能为 (C)



A. 电场方向水平向左、磁场方向垂直纸面向里

B. 电场方向水平向左、磁场方向垂直纸面向外

C. 电场方向水平向右、磁场方向垂直纸面向里

D. 电场方向水平向右、磁场方向垂直纸面向外

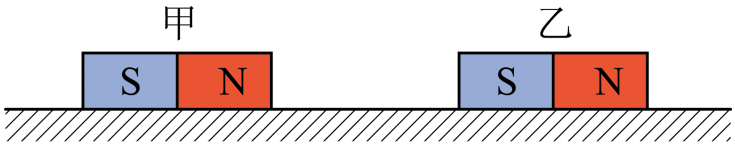
A．带电粒子在电场和磁场中运动，打到 a 点的粒子电场力和洛伦兹力平衡，当电场向左磁场垂直直面向里时，α 粒子受到向左的电场力和洛伦兹力，电子受到向右的电场力和洛伦兹力均不能满足受力平衡打到 a 点，A 错误；

B．电场方向向左，磁场方向向外，此时如果 α 粒子打在 a 点则受到向左的电场力和向右的洛伦兹力平衡 $qE = qvB$，则电子向左的洛伦兹力大于向右的电场力向左偏转，同理如果电子打在 a 点，则 α 粒子向左的电场力大于向右的洛伦兹力向左偏转，均不会打在 b 点，B 错误；

CD．电场方向向右，磁场垂直纸面向里，如果 α 粒子打在 a 点，即向右的电场力和向左的洛伦兹力平衡 $qE = qvB$，电子向右的洛伦兹力大于向左的电场力向右偏转，同理如果电子打在 a，则 α 粒子向右的电场力大于向左的洛伦兹力向右偏转，均会打在 b 点；同理电场向右磁场垂直纸面向外时，α 粒子受到向右的电场力和洛伦兹力，电子受到向左的电场力和洛伦兹力不能受力平衡打到 a 点，故 C 正确 D 错误；

故选 C。

6. 使甲、乙两条形磁铁隔开一段距离，静止于水平桌面上，甲的 N 极正对着乙的 S 极，甲的质量大于乙的质量，两者与桌面之间的动摩擦因数相等。现同时释放甲和乙，在它们相互接近过程中的任一时刻 (BD)



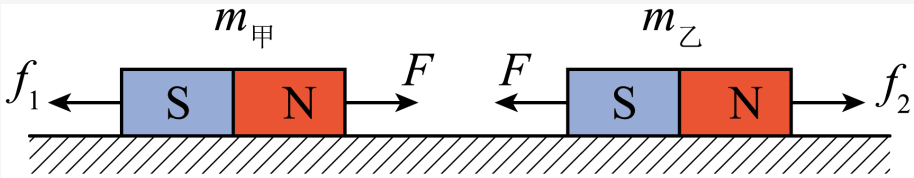
A. 甲的速度大小比乙的大

B. 甲的动量大小比乙的小

C. 甲的动量大小与乙的相等

D. 甲和乙的动量之和不为零

对甲、乙两条形磁铁分别做受力分析，如图所示



A．根据牛顿第二定律有 $a_{甲} = \frac{F-\mu m_{甲} g}{m_{甲}}$，$a_{乙} = \frac{F-\mu m_{乙} g}{m_{乙}}$

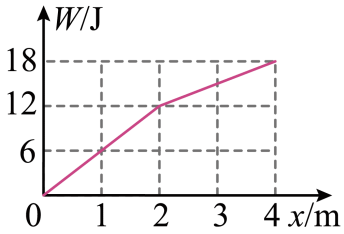
由于 $m_{甲} > m_{乙}$，所以 $a_{甲} < a_{乙}$，由于两物体运动时间相同，且同时由静止释放，可得 $v_{甲} < v_{乙}$

A 错误；

BCD．对于整个系统而言，由于 $\mu m_{甲} g > \mu m_{乙} g$，合力方向向左，合冲量方向向左，所以合动量方向向左，显然甲的动量大小比乙的小，BD 正确、C 错误。

故选 BD。

7. 一质量为 1 kg 的物体在水平拉力的作用下，由静止开始在水平地面上沿 x 轴运动，出发点为 x 轴零点，拉力做的功 W 与物体坐标 x 的关系如图所示。物体与水平地面间的动摩擦因数为 0.4，重力加速度大小取 $10\,\mathrm{m/s^2}$。下列说法正确的是（BC）



A. 在 $x = 1\,\mathrm{m}$ 时，拉力的功率为 6 W

B. 在 $x = 4\,\mathrm{m}$ 时，物体的动能为 2 J

C. 从 $x = 0$ 运动到 $x = 2\,\mathrm{m}$，物体克服摩擦力做的功为 8 J

D. 从 $x = 0$ 运动到 $x = 4\,\mathrm{m}$ 的过程中，物体的动量最大为 $2\,\mathrm{kg \cdot m/s}$

由于拉力在水平方向，则拉力做的功为 $W = Fx$

可看出 $W - x$ 图像的斜率代表拉力 F。

AB．在物体运动的过程中根据动能定理有

$W - \mu mgx = \frac{1}{2}mv^2$

则 $x = 1\,\mathrm{m}$ 时物体的速度为 $v_1 = 2\,\mathrm{m/s}$

$x = 1\,\mathrm{m}$ 时，拉力为 $F = \frac{\Delta W}{\Delta x} = 6\,\mathrm{N}$

则此时拉力的功率 $P = Fv_1 = 12\,\mathrm{W}$

$x = 4\,\mathrm{m}$ 时物体的动能为 $E_k = 2\,\mathrm{J}$

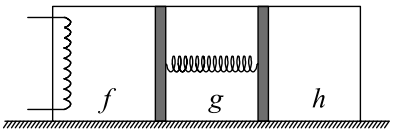
A 错误、B 正确；

C．从 $x = 0$ 运动到 $x = 2\,\mathrm{m}$，物体克服摩擦力做的功为 $W_f = \mu mgx = 8\,\mathrm{J}$。C 正确；

D．根据 $W - x$ 图像可知在 $0 \sim 2\,\mathrm{m}$ 的过程中 $F_1 = 6\,\mathrm{N}$，$2 \sim 4\,\mathrm{m}$ 的过程中 $F_2 = 3\,\mathrm{N}$，由于物体受到的摩擦力恒为 $f = 4\,\mathrm{N}$，则物体在 $x = 2\,\mathrm{m}$ 处速度最大，且根据选项 AB 分析可知此时的速度 $v_2 = \sqrt{8}\,\mathrm{m/s}$。则从 $x = 0$ 运动到 $x = 4\,\mathrm{m}$ 的过程中，物体的动量最大为 $p = mv = 2\sqrt{2}\,\mathrm{kg \cdot m/s}$。D 错误。

故选 BC。

8. 如图，一封闭着理想气体的绝热汽缸置于水平地面上，用轻弹簧连接的两绝热活塞将汽缸分为 f、g、h 三部分，活塞与汽缸壁间没有摩擦。初始时弹簧处于原长，三部分中气体的温度、体积、压强均相等。现通过电阻丝对 f 中的气体缓慢加热，停止加热并达到稳定后（AD）



A. h 中的气体内能增加　　B. f 与 g 中的气体温度相等

C. f 与 h 中的气体温度相等　　D. f 与 h 中的气体压强相等

A．当电阻丝对 f 中的气体缓慢加热时，f 中的气体内能增大，温度升高，根据理想气体状态方程可知 f 中的气体压强增大，会缓慢推动左边活塞，则弹簧被压缩。与此同时弹簧对右边活塞有弹力作用，缓慢向右推动左边活塞。故活塞对 h 中的气体做正功，且是绝热过程，由热力学第一定律可知，h 中的气体内能增加，A 正确；

B．未加热前，三部分中气体的温度、体积、压强均相等，当系统稳定时，活塞受力平衡，可知弹簧处于压缩状态，对左边活塞分析

$$p_f S = F_{弹} + p_g S$$

则

$$p_f > p_g$$

分别对 f、g 内的气体分析，根据理想气体状态方程有

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_f V_f}{T_f}$$

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_g V_g}{T_g}$$

由题意可知，因弹簧被压缩，则 $V_f > V_g$，联立可得 $T_f > T_g$。B 错误；

C．在达到稳定过程中 h 中的气体体积变小，压强变大，f 中的气体体积变大。由于稳定时弹簧保持平衡状态，故稳定时 f、h 中的气体压强相等，根据理想气体状态方程对 h 气体分析可知

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_h V_h}{T_h}$$

联立可得 $T_f > T_h$。C 错误；

D．对弹簧、活塞及 g 中的气体组成的系统分析，根据平衡条件可知，f 与 h 中的气体压强相等，D 正确。

故选 AD。

9. 在“观察电容器的充、放电现象”实验中，所用器材如下：电池、电容器、电阻箱、定值电阻、小灯泡、多用电表、电流表、秒表、单刀双掷开关以及导线若干。

(1) 用多用电表的电压挡检测电池的电压。检测时，红表笔应该与电池的正极（填“正极”或“负极”）接触。

(2) 某同学设计的实验电路如图 a 所示。先将电阻箱的阻值调为 R_1，将单刀双掷开关 S 与“1”端相接，记录电流随时间的变化。电容器充电完成后，开关 S 再与“2”端相接，相接后小灯泡亮度变化情况可能是 C。（填正确答案标号）

A．迅速变亮，然后亮度趋于稳定

B．亮度逐渐增大，然后趋于稳定

C．迅速变亮，然后亮度逐渐减小至熄灭

(3) 将电阻箱的阻值调为 R_2（$R_2 > R_1$），再次将开关 S 与“1”端相接，再次记录电流随时间的变化情况。两次得到的电流 I 随时间 t 变化如图 b 中曲线所示，其中实线是电阻箱阻值为R_2（填“R_1”或“R_2”）时的结果，曲线与坐标轴所围面积等于该次充电完成后电容器上的电荷量（填“电压”或“电荷量”）。

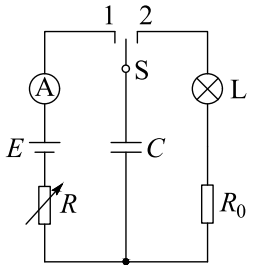


图 a

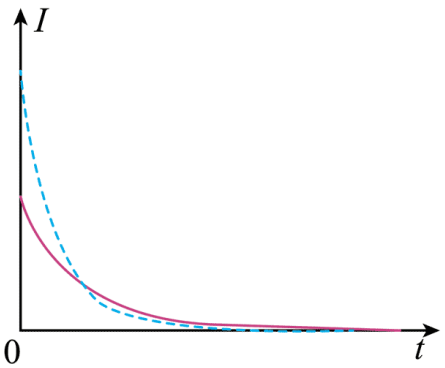


图 b

(1) 正极　(2) C　(3) R_2，电荷量

（1）多用电表红表笔流入电流，黑表笔流出电流，故电流表红表笔应该与电池的正极接触；

（2）电容器充电完成后，开始时两极板电量较多，电势差较大，当闭合“2”接入小灯泡，回路立即形成电流，灯泡的迅速变亮；随着时间的积累，两极板电量变少，电势差变小，流过灯泡的电流减小，直至两极板电荷量为零不带电，则无电流流过小灯泡即熄灭，故选 C。

（3）开始充电时两极板的不带电，两极板电势差为零，设电源内阻为 r，则开始充电时有 $E = I(R + r)$，由图像可知开始充电时实线的电流较小，故电路中的电阻较大，因此电阻箱阻值为 R_2；

图像的物理意义为充电过程中电流随时间的变化图线，故曲线与坐标轴所围面积等

于该次充电完成后电容器上的电荷量。

10. 一学生小组做“用单摆测量重力加速度的大小”实验。

(1) 用实验室提供的螺旋测微器测量摆球直径。首先，调节螺旋测微器，拧动微调旋钮使测微螺杆和测砧相触时，发现固定刻度的横线与可动刻度上的零刻度线未对齐，如图 a 所示，该示数为 0.007 mm；螺旋测微器在夹有摆球时示数如图 b 所示，该示数为 20.034 mm，则摆球的直径为 20.027 mm。

(2) 单摆实验的装置示意图如图 c 所示，其中角度盘需要固定在杆上的确定点 O 处，摆线在角度盘上所指的示数为摆角的大小。若将角度盘固定在 O 点上方，则摆线在角度盘上所指的示数为 5° 时，实际摆角大于5°（填“大于”或“小于”）。

(3) 某次实验所用单摆的摆线长度为 81.50 cm，则摆长为 82.5 cm。实验中观测到从摆球第 1 次经过最低点到第 61 次经过最低点的时间间隔为 54.60 s，则此单摆周期为 1.82 s，该小组测得的重力加速度大小为 9.83 m/s^2（结果均保留 3 位有效数字，π^2 取 9.870）

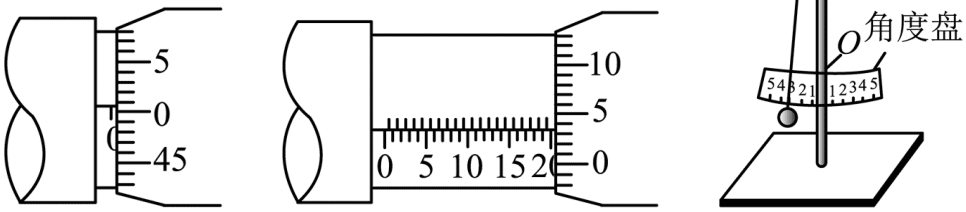


图 a　图 b　图 c

(1) 0.007，20.034，20.027　(2) 大于　(3) 82.5，1.82，9.83

（1）测量前测微螺杆与和测砧相触时，图（a）的示数为

$d_0 = 0\,\text{mm} + 0.7 \times 0.01\,\text{mm} = 0.007\,\text{mm}$

螺旋测微器读数是固定刻度读数（0.5 mm 的整数倍）加可动刻度（0.5 mm 以下的小数）读数，图中读数为

$d_1 = 20\,\text{mm} + 3.4 \times 0.01\,\text{mm} = 20.034\,\text{mm}$

则摆球的直径为

$d = d_1 - d_0 = 20.027\,\text{mm}$

（2）角度盘的大小一定，即在规定的位置安装角度盘，测量的摆角准确，但将角度盘固定在规定位置上方，即角度盘到悬挂点的距离变短，同样的角度，摆线在刻度盘上扫过的弧长变短，故摆线在角度盘上所指的示数为 5° 时，实际摆角大于 5°；

（3）单摆的摆线长度为 81.50 cm，则摆长为

$l = l_0 + \frac{d}{2} = 81.50\,\mathrm{cm} + \frac{2.0027}{2}\,\mathrm{cm} = 82.5\,\mathrm{cm}$

结果保留三位有效数字，得摆长为 82.5 cm；

一次全振动单摆经过最低点两次，故此单摆的周期为

$T = \frac{2t}{N} = \frac{54.60}{30}\,\mathrm{s} = 1.82\,\mathrm{s}$

由单摆的周期表达式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得，重力加速度

$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = 9.83\,\mathrm{m/s^2}$

11. 将扁平的石子向水面快速抛出，石子可能会在水面上一跳一跳地飞向远方，俗称“打水漂”。要使石子从水面跳起产生“水漂”效果，石子接触水面时的速度方向与水面的夹角不能大于 θ。为了观察到“水漂”，一同学将一石子从距水面高度为 h 处水平抛出，抛出速度的最小值为多少？（不计石子在空中飞行时的空气阻力，重力加速度大小为 g）

$\frac{\sqrt{2gh}}{\tan\theta}$

石子做平抛运动，竖直方向做自由落体运动，则有

$2gh = v_y^2$

可得落到水面上时的竖直速度 $v_y = \sqrt{2gh}$

由题意可知 $\frac{v_y}{v_0} \le \tan\theta$

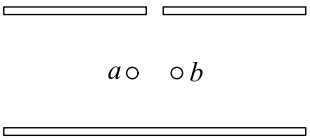
即 $v_0 \ge \frac{\sqrt{2gh}}{\tan\theta}$

石子抛出速度的最小值为 $\frac{\sqrt{2gh}}{\tan\theta}$。

12. 密立根油滴实验的示意图如图所示。两水平金属平板上下放置，间距固定，可从上板中央的小孔向两板间喷入大小不同、带电量不同、密度相同的小油滴。两板间不加电压时，油滴 a、b 在重力和空气阻力的作用下竖直向下匀速运动，速率分别为 v_0、$\frac{v_0}{4}$；两板间加上电压后（上板为正极），这两个油滴很快达到相同的速率 $\frac{v_0}{2}$，均竖直向下匀速运动。油滴可视为球形，所受空气阻力大小与油滴半径、运动速率成正比，比例系数视为常数。不计空气浮力和油滴间的相互作用。

(1) 求油滴 a 和油滴 b 的质量之比；

(2) 判断油滴 a 和油滴 b 所带电荷的正负，并求 a、b 所带电荷量的绝对值之比。



(1) 8 : 1　(2) 油滴 a 带负电，油滴 b 带正电；4 : 1

（1）设油滴半径 r，密度为 ρ，则油滴质量

$m=\frac{4}{3}\pi r^3\rho$

则速率为 v 时受阻力

$f=krv$

则当油滴匀速下落时

$mg=f$

解得

$r=\sqrt{\frac{3kv}{4\pi\rho g}}\propto\sqrt{v}$

可知

$\frac{r_a}{r_b}=\sqrt{\frac{v_0}{\frac{1}{4}v_0}}=2$

则

$\frac{m_a}{m_b}=\frac{r_a^3}{r_b^3}=\frac{8}{1}$

（2）两板间加上电压后（上板为正极），这两个油滴很快达到相同的速率 $\frac{v_0}{2}$，可知油滴 a 做减速运动，油滴 b 做加速运动，可知油滴 a 带负电，油滴 b 带正电；当再次匀速下落时，对 a 由受力平衡可得

$|q_a|E+f_a=m_ag$

其中

$f_a=\frac{\frac{v_0}{2}}{v_0}m_ag=\frac{1}{2}m_ag$

对 b 由受力平衡可得

$f_b-q_bE=m_bg$

其中

$f_b=\frac{\frac{v_0}{2}}{\frac{1}{4}v_0}m_bg=2m_bg$

联立解得

$\left|\frac{q_a}{q_b}\right|=\frac{m_a}{2m_b}=\frac{4}{1}$

13. 一边长为 L、质量为 m 的正方形金属细框，每边电阻为 R_0，置于光滑的绝缘水平桌面（纸面）上。宽度为 $2L$ 的区域内存在方向垂直于纸面的匀强磁场，磁感应强度大小为 B，两虚线为磁场边界，如图 a 所示。

(1) 使金属框以一定的初速度向右运动，进入磁场。运动过程中金属框的左、右边框始终与磁场边界平行，金属框完全穿过磁场区域后，速度大小降为它初速度的一半，求金属框的初速度大小。

(2) 在桌面上固定两条光滑长直金属导轨，导轨与磁场边界垂直，左端连接电阻 $R_1=2R_0$，导轨电阻可忽略，金属框置于导轨上，如图 b 所示。让金属框以与（1）中相同的初速度向右运动，进入磁场。运动过程中金属框的上、下边框处处与导轨始终接触良好。求在金属框整个运动过程中，电阻 R_1 产生的热量。

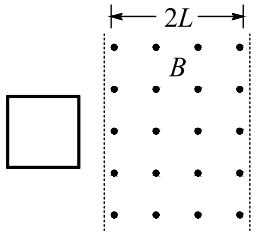


图 a

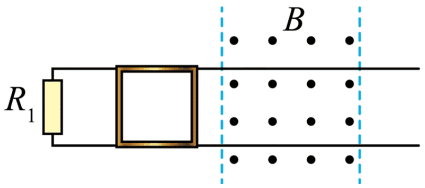


图 b

(1) $\frac{B^2L^3}{mR_0}$ (2) $\frac{3B^4L^6}{25mR_0^2}$

（1）金属框进入磁场过程中有

$\overline{E}=BL\frac{L}{t}$

则金属框进入磁场过程中流过回路的电荷量为

$q_1=\frac{\overline{E}}{4R_0}t=\frac{BL^2}{4R_0}$

则金属框完全穿过磁场区域的过程中流过回路的电荷量为

$q=\frac{BL^2}{2R_0}$

且有

$-BqL=\frac{mv_0}{2}-mv_0$

联立有 $v_0=\frac{B^2L^3}{mR_0}$

（2）设金属框的初速度为 v_0，则金属框进入磁场时的末速度为 v_1，向右为正方向。由于导轨电阻可忽略，此时金属框上下部分被短路，故电路中的总电阻

$R_{总}=R_0+\frac{2R_0\cdot R_0}{2R_0+R_0}=\frac{5R_0}{3}$

再根据动量定理有

$-\frac{B^2L^3}{R_{总}}=mv_1-mv_0$

解得

$v_1=\frac{2B^2L^3}{5mR_0}$

则在此过程中根据能量守恒有

$\frac{1}{2}mv_0^2=Q_1+\frac{1}{2}mv_1^2$

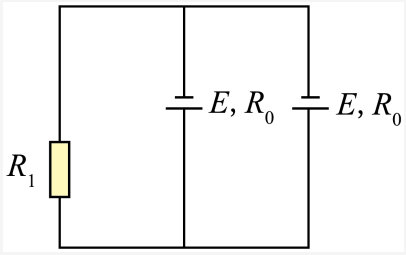
解得

$Q_1=\frac{21B^4L^6}{50mR_0^2}$

其中

$Q_{R_1}=\frac{2}{15}Q_1=\frac{7B^4L^6}{125mR_0^2}$

此后线框完全进入磁场中，则线框左右两边均作为电源，且等效电路图如下



则此时回路的总电阻

$R'_{总}=2R_0+\frac{R_0}{2}=\frac{5R_0}{2}$

设线框刚离开磁场时的速度为 v_2，再根据动量定理有

$-\frac{B^2L^3}{R'_{总}}=mv_2-mv_1$

解得 $v_2=0$

则说明线框刚离开磁场时就停止运动了，则再根据能量守恒有

$\frac{1}{2}mv_1^2=Q_2$

其中

$Q'_{R_1}=\frac{4}{5}Q_2=\frac{8B^4L^6}{125mR_0^2}$

则在金属框整个运动过程中，电阻 R_1 产生的热量

$Q_{R1总}=Q_{R1}+Q'_{R1}=\frac{3B^4L^6}{25mR_0^2}$