逐光知理 · 高考物理参考答案与详解

2024年天津市普通高中学业水平等级性考试物理

参考答案与详解（本站独立编撰）

天津等级考物理 · 2 单选 + 3 多选 + 2 实验 + 3 解答 · 共 10 题

本册答案与详解由逐光知理物理教研组独立编撰：本站依据卷面题干逐题推证，全部推导过程与数值回代均经本站自行核算，不采用任何外部渠道的现成答案，供学习参考；个别依据卷面图形判读的结论已在对应题目 tip 中说明，若与原卷印刷细节不符，以卷面为准。

答案速查

1 **C**	2 **A**	3 **AB**	4 **BD**	5 **AC**	

题号	主考点	答案摘要
6	探究加速度与力的关系（平衡摩擦、逐差法求加速度、力传感器）	（1）B （2）0.51 （3）40
7	电源输出功率曲线与测电动势、内阻的电路选择	（1）等于 （2） （i）C （ii）2
8	动量定理、圆周运动与完全非弹性碰撞	（1）4 m/s （2）11.2 N
9	带电粒子在电磁场中的匀速直线运动、类平抛与圆周运动	（1）$B=\frac{E}{v}$ （2）$t=\sqrt{\frac{2mR}{qE}}$ （3）$t_1=\frac{\pi mv}{qE}$
10	交流发电机原理、感应电动势表达式与能量守恒求制动距离	（1）AB 中电流由 B 到 A （2）$e_{AB}=\frac{1}{2}BL^2\omega\cos\omega t$ （3）$x=\frac{4\pi B^2L^4\omega_0}{mRa}$

一、单项选择题

1. 选择题

答案 C

详解

A. × A 项：波形相当于 $t=1s$ 波形沿波传播方向平移 $1m$（$x=0$ 处质点过平衡位置向上，$x=1m$ 处为波峰），对应 $t=2s$ 时刻，不是 $t=11s$，排除。

由图 1 知波长 $\lambda=4m$，由图 2 知周期 $T=4s$，波速 $v=\frac{\lambda}{T}=1m/s$。从 $t=1s$ 到 $t=2s$ 波只前进 $1m$，而题问的是 $t=11s$，故 A 不符。

B. × B 项：波形与 $t=1s$ 时完全相同，对应经过整数个周期，排除。

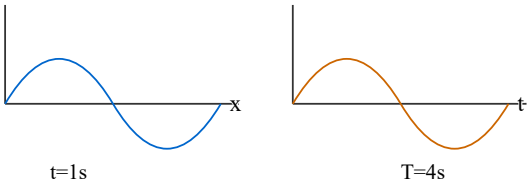
从 $t=1s$ 起 $\Delta t=10s=2.5T$，不是 T 的整数倍，波形不可能复原，故 B 不符。

C. √ C 项：$t=11s$ 时 $x=0$ 处为波谷、$x=2m$ 处为波峰、$x=4m$ 处为波谷，与 $t=1s$ 波形关于 x 轴上下翻转，选 C。

$\Delta t=10s$ 内波前移 $\Delta x=v\Delta t=10m=2.5\lambda$，即波形平移半个波长；平移 0.5λ 后各质点位移反号：$t=1s$ 时 $x=0$ 为波峰，$t=11s$ 时 $x=0$ 变为波谷，$x=2m$ 处由波谷变波峰，C 图正是这一形状。

D. × D 项：波形相当于 $t=1s$ 波形逆平移 $1m$（$x=0$ 处质点过平衡位置向下），对应 $t=0$ 时刻，排除。

$\Delta t=10s$ 对应平移 $10m$ 而非 $\pm1m$，D 图的形状与 $\Delta x=10m$ 的平移结果不符。



Left: waveform at t=1s (lambda=4m); right: vibration of the particle at x=0 (T=4s)

关键是由 $\Delta x=v\Delta t=2.5\lambda$ 判出波形相当于平移半波长、各点位移反号；本题波形平移方向不影响最终形状（2.5λ 为半波长奇数倍）。选项图形以卷面为准。

2. 选择题

答案 A

详解

A. √ A 项：$F-t$ 图为增函数且斜率逐渐减小、趋近稳定值，可能正确。

感应电动势 $E=BLv$，电流 $I=\dfrac{BLv}{R}$，安培力 $F=BIL=\dfrac{B^2L^2v}{R}$。棒由静止下滑，v 从零增大，F 从零增大；随着 v 趋于稳定，F 也趋于稳定，曲线增而趋缓、上凸，A 图符合。

B. × B 项：a 随 t 不变的水平线，不可能。

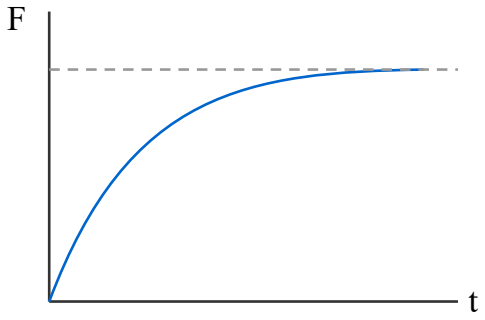
沿斜面方向 $mg\sin\theta-F=ma$，F 随 v 增大而增大，故 $a=\dfrac{mg\sin\theta-\dfrac{B^2L^2v}{R}}{m}$ 逐渐减小，最后趋于零，不是恒量。

C. × C 项：$v-t$ 图为下凹的增函数（斜率增大），不可能。

由 $a=\dfrac{mg\sin\theta-\dfrac{B^2L^2v}{R}}{m}$ 知加速度随 v 增大而减小，$v-t$ 图线斜率应逐渐减小、趋于最大速度，是上凸曲线，C 图斜率越来越大，不符。

D. × D 项：$I-t$ 图为过原点的直线，不可能。

$I=\dfrac{BLv}{R}$ 与 v 成正比，而 v 随时间非线性增大并趋于稳定，故 $I-t$ 图应与 $v-t$ 形状相同（增而趋缓），不是直线。



Ampere force F vs t: increasing, concave, approaching a stable value

抓住 $F \propto v$、$I \propto v$、$a = \dfrac{mg\sin\theta - F}{m}$ 三条链即可一次判完。

二、多项选择题

3. 选择题

> **答案** AB

详解

A. √ A 项：正确。

方程① $X + {}^{232}_{90}\mathrm{Th} \to {}^{233}_{90}\mathrm{Th}$，由质量数守恒 $A_X + 232 = 233$ 得 $A_X = 1$；由电荷数守恒 $Z_X + 90 = 90$ 得 $Z_X = 0$，故 X 为中子 ${}^{1}_{0}\mathrm{n}$。

B. √ B 项：正确。

方程② ${}^{233}_{90}\mathrm{Th} \to {}^{233}_{91}\mathrm{Pa} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$，放出电子、电荷数增加 1 而质量数不变，是 β 衰变。

C. × C 项：错误。

半衰期由原子核自身性质决定，不受温度、压强、化学状态等外界因素影响，高温不会使 ${}^{233}_{90}\mathrm{Th}$ 半衰期变短。

D. × D 项：错误。

β 衰变中放出的电子是核内中子转化为质子时产生的（${}^{1}_{0}\mathrm{n} \to {}^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$），并不说明电子原本就是原子核的组成部分。

β 电子来自核内中子的转化，不是核外电子。

4. 选择题

> **答案** BD

详解

A. × A 项：错误。

负电荷电势能 $E_p = q\varphi$，$q < 0$，φ 越高电势能越小。由图知 a 点电势最高（$\varphi_a > 0$），c 点电势最低（$\varphi_{\min}$），故电势能最小处是 a 点而不是 b 点（$\varphi_b = 0$，$E_p(b) > E_p(a)$）。

B. √ B 项：正确。

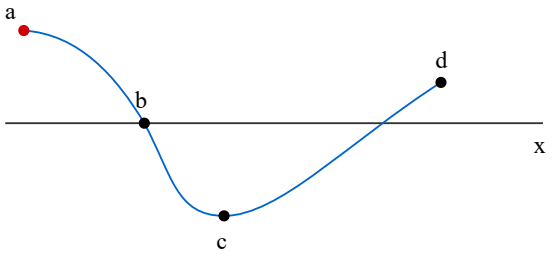
仅静电力做功，动能与电势能之和守恒。从 d 到 c，φ 降低，负电荷电势能增大，动能减小；c 点 φ 最小、电势能最大，故 c 点速度最小。

C. × C 项：错误。

从 c 向 a 运动过程中 φ 升高，负电荷电势能减小，静电力做正功；只有 $d \to c$ 段静电力做负功，并非始终做负功。

D. √ D 项：正确。

场强 $E = -\dfrac{\Delta\varphi}{\Delta x}$，在 a 点附近 φ 随 x 增大而减小，图线斜率为负，故 E 沿 $+x$ 方向；负电荷所受静电力方向与场强相反，沿 x 轴负方向。



Electric potential phi vs x: highest at a, zero at b, lowest at c

φ-x 图线的斜率反映场强：斜率绝对值越大场强越大；负电荷在电势高处电势能低。

5. 选择题

> **答案** AC

详解

A. √ A 项：正确。

同步卫星的角速度与地球自转角速度相同，赤道上随地球转动的物体角速度也是地球自转角速度，故 $\omega_1 : \omega_2 = 1 : 1$。

B. × B 项：错误。

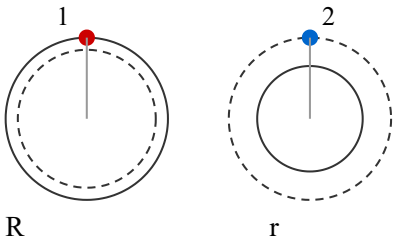
两者角速度相同，线速度 $v = \omega r_{转}$，未发射时转动半径为 R，轨道半径为 r，故 $v_1 : v_2 = R : r$，不是 $\sqrt{r} : \sqrt{R}$。

C. √ C 项：正确。

向心加速度 $a=\omega^2 r_{转}$，角速度相同，故 $a_1:a_2=R:r$。

D. × D 项：错误。

轨道上万有引力全部提供向心力 $F_2=m\omega^2 r$；未发射时物体随地球自转的向心力只是万有引力的一个分力，且由 $F_{引}=\dfrac{GMm}{r_{距}^2}$ 知两处万有引力之比为 $r^2:R^2$（轨道上距离远、引力小），不是 $R^2:r^2$。



同轴转动：角速度相同，线量按半径比换算

同步卫星与地面物体“同轴转动”模型：角速度、周期相同，再由 $v=\omega r$、$a=\omega^2 r$ 比较其余量。注意 D 项中“未发射时”的万有引力 $\dfrac{GMm}{R^2}$ 并不全部用来提供向心力，其中一小部分是向心力、其余与地面支持力平衡；而轨道上万有引力全部充当向心力。两类“引力之比”与“向心力之比”不可混为一谈。

三、实验题

6. 实验题

答案 （1）B （2）0.51 （3）40

详解

(1) 第（1）空：B 补偿（平衡）阻力恰当的标志是：不挂槽码时小车做匀速直线运动，纸带上相邻计数点间距相等。A、C、D 图中间距明显不均匀，只有 B 图点迹等间距，故选 B。

(2) 第（2）空：$a=0.51\ m/s^2$ 电源频率 $50Hz$，每相邻两计数点间还有 4 个点，故计数点间时间间隔 $T=5\times 0.02s=0.1s$。用逐差法充分利用四段数据：

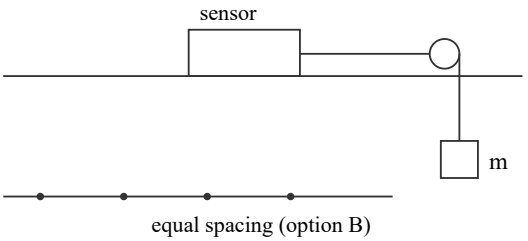
$$a=\frac{(s_3+s_4)-(s_1+s_2)}{4T^2}=\frac{(7.21+7.73-6.20-6.70)\times 10^{-2}}{4\times 0.1^2}\ m/s^2=\frac{2.04\times 10^{-2}}{0.04}\ m/s^2=0.51\ m/s^2$$

回代：$s_3+s_4=14.94cm$，$s_1+s_2=12.90cm$，差 $2.04cm$，除以 $0.04s^2$ 得 $51cm/s^2$，保留两位有效数字为 $0.51\ m/s^2$。

(3) 第（3）空：40 g 设小车和传感器总质量 $M=210g$，槽码质量 m。对整体：$mg=(M+m)a$，得 $a=\dfrac{mg}{M+m}$；传感器示数（绳的拉力）$T=Ma=\dfrac{Mmg}{M+m}$。两种方式得到的合力之差

$$\Delta=mg-T=mg-\frac{Mmg}{M+m}=\frac{m^2g}{M+m}$$

Δ 随 m 增大而单调增大，故槽码质量最大时差异最大，即 $m=40g$。回代 $m=40g$：$\Delta=\dfrac{40^2\times g}{250}\approx 6.4g\cdot\ g$（以重力加速度为单位折算），为四次实验中最大。



Cart with force sensor, string over pulley to hanging mass; tape with equal spacing

逐差法必须用 $(s_3+s_4)-(s_1+s_2)$ 而不是相邻差平均；传感器测的是绳的拉力，与“槽码重力当合力”的差源于槽码也有加速度。

7. 实验题

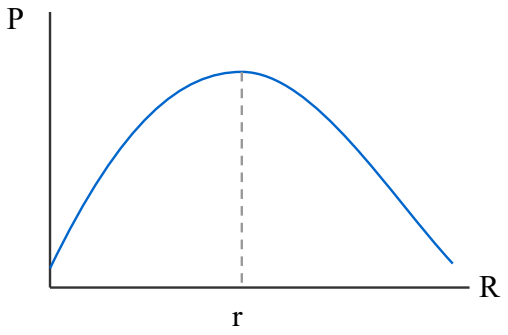
答案 （1）等于 （2） （i）C （ii）2

详解

(1) 第（1）空：等于 电源输出功率 $P=I^2R=\left(\dfrac{E}{R+r}\right)^2R=\dfrac{E^2R}{(R+r)^2}$。由数学知识（或对 R 求导）知当 $R=r$ 时 P 取最大值 $P_{\max}=\dfrac{E^2}{4r}$，故 P 的峰值对应的外电路电阻值 R 应等于电源内阻 r。

(2) 第（2） （i）空：C 待测电源电动势约 $3V$、内阻约 1Ω，电流表量程 $0.6A$，电路中最小需串联电阻约 $\dfrac{3V}{0.6A}-1\Omega=4\Omega$。滑动变阻器 C（$0\sim 20\Omega$、额定电流 $1A$）阻值范围合适、便于调节；D（1000Ω）阻值过大，有效调节范围只占很小一段，且额定电流偏小不便于操作，故选 C。

(3) 第（2） （ii）空：2 测内阻的系统误差主要来自电表：若电压表把电流表一起包在测量范围内（相当于电流表内接法），测得的内阻为 $r_{测}=r+r_A\approx 1\Omega+1\Omega=2\Omega$，误差高达 100%；若 S_2 接 2 端，电压表直接并在电源两端（电流表接在滑动变阻器支路），此时误差来自电压表的分流，因电压表内阻约 $3k\Omega$ 远大于电路中其他电阻，分流极小，测得的内阻更接近真实值。故为使内阻测量结果更接近真实值，S_2 应与 2 端闭合。



Output power P vs external resistance R: peak at R=r

本题误差比较的实质：$r_A \approx 1\Omega$ 与 r 同数量级（误差大），$R_V \approx 3k\Omega \gg r$（误差小），故应让电压表直接测路端电压。开关接线的具体编号以卷面实物图为准。

四、解答题

8. 计算题

答案 （1）4 m/s （2）11.2 N

详解

(1) 第（1）问：碰前瞬间 A 的速度大小为 4 m/s 对 A 施加瞬时冲量的过程，由动量定理：

$$I = m_A v_0 \Rightarrow v_0 = \frac{I}{m_A} = \frac{1.8}{0.3}\ m/s = 6\ m/s$$

A 沿光滑半圆轨道从最低点运动到最高点，机械能守恒（以最低点为参考面，上升高度 $2R$）：

$$\frac{1}{2}m_A v_0^2 = \frac{1}{2}m_A v^2 + m_A g \cdot \quad 2R$$

$$v^2 = v_0^2 - 4gR = 36 - 4 \times 10 \times 0.5 = 16\ (m/s)^2$$

$$v = 4\ m/s$$

检验：$v = 4\ m/s > \sqrt{gR} = \sqrt{5} \approx 2.24\ m/s$，A 能到达最高点且不脱离轨道，成立。

(2) 第（2）问：碰后瞬间轻绳拉力为 11.2 N A、B 在最高点正碰并粘在一起，动量守恒：

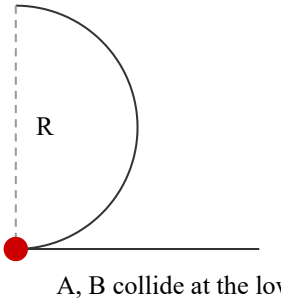
$$m_A v = (m_A + m_B)v' \Rightarrow v' = \frac{0.3 \times 4}{0.3 + 0.1}\ m/s = 3\ m/s$$

碰后整体（质量 $m_A + m_B = 0.4\ kg$）以绳长 $R = 0.5m$ 做圆周运动，碰撞位置为绳的最低点，由牛顿第二定律：

$$F_T - (m_A + m_B)g = \frac{(m_A + m_B)v'^2}{R}$$

$$F_T = (m_A + m_B)\left(g + \frac{v'^2}{R}\right) = 0.4 \times \left(10 + \frac{9}{0.5}\right)\ N = 0.4 \times 28\ N = 11.2\ N$$

回代核对：$0.4 \times 10 = 4\ N$，$0.4 \times 18 = 7.2\ N$，合计 $11.2\ N$。



Smooth semicircular track with vertical diameter, lowest point tangent to horizontal surface

碰后粘在一起属完全非弹性碰撞，动量守恒但机械能有损失；圆周最低点用 $F_T - mg = mv^2/R$。

9. 计算题

答案 （1）$B = \dfrac{E}{v}$ （2）$t = \sqrt{\dfrac{2mR}{qE}}$ （3）$t_1 = \dfrac{\pi m v}{qE}$

详解

(1) 第（1）问：$B = \dfrac{E}{v}$ 粒子带负电，从 M 点以速度 v 沿 $+y$ 方向进入。电场沿 $+x$ 方向，负电荷受电场力沿 $-x$ 方向，大小 qE。磁场垂直纸面向里，由左手定则（负电荷）判得洛伦兹力沿 $+x$ 方向，大小 qvB。粒子沿直线匀速穿过半圆区域，两力平衡：

$$qvB = qE \Rightarrow B = \frac{E}{v}$$

(2) 第（2）问： $t=\sqrt{\dfrac{2mR}{qE}}$ 仅有电场时，粒子在 $-x$ 方向受恒力 qE 做类平抛运动：$+y$ 方向以 v 匀速，$-x$ 方向初速度为零、加速度 $a=\dfrac{qE}{m}$。M 点与 y 轴的距离为 R（半圆与 x 轴切于 M、与 y 轴切于 N，圆心在 (R,R)）。到达 y 轴时 x 方向位移为 R：

$$R=\frac{1}{2}at^2=\frac{qE}{2m}t^2$$

$$t=\sqrt{\frac{2mR}{qE}}$$

(3) 第（3）问： $t_1=\dfrac{\pi mv}{qE}$ 仅有磁场时，粒子做匀速圆周运动，半径 $r'=\dfrac{mv'}{qB}$。粒子从 M 沿 $+y$ 方向进入，初时刻洛伦兹力指向 $+x$，圆心在 M 点右侧的 x 轴上，坐标为 $(R+r',0)$。该圆与 x 轴的另一交点为 M 的对径点，其到 M 的距离为 $2r'$。粒子到达 x 轴上 P 点且 $MP=\sqrt{3}R$，故

$$2r'=\sqrt{3}R\Rightarrow r'=\frac{\sqrt{3}}{2}R$$

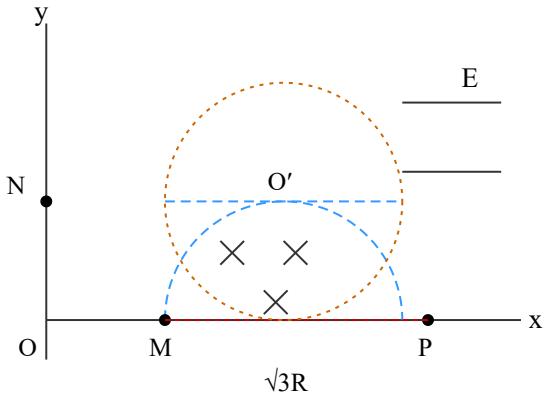
由 M 运动到 P 恰好转过半个圆周，运动时间

$$t_1=\frac{T}{2}=\frac{\pi r'}{v'}=\frac{\pi m}{qB}$$

代入第（1）问 $B=\dfrac{E}{v}$ 得

$$t_1=\frac{\pi mv}{qE}$$

（结果与入射速度 v' 无关，因 $r'=\dfrac{mv'}{qB}$ 恰好约去。）



仅有磁场时：圆心在 x 轴上，P 为对径点，MP=√3R

第（3）问抓住“入射点沿速度垂线找圆心”，圆心必在 x 轴上，P 即对径点；时间只由 $\dfrac{m}{qB}$ 决定。

10. 计算题

答案 （1）AB 中电流由 B 到 A （2）$e_{AB}=\dfrac{1}{2}BL^2\omega\cos\omega t$ （3）$x=\dfrac{4\pi B^2L^4\omega_0}{mRa}$

详解

(1) 第（1）问：图示位置 AB 中电流方向由 B 到 A 磁场由 N 极指向 S 极（图中水平向右）。由图 2 的端面视图，线框逆时针转动（ω 方向如图），AB 边（A 端靠近 O、B 端靠近 O'）此时的线速度可分解：沿磁场方向的分量不产生沿轴方向的电动势，垂直磁场方向的分量使 AB 边中的自由电荷受沿轴向的洛伦兹力分量为 $f=(\vec{v}\times\vec{B})_{\text{轴}}$。按图 2 的转向与磁场方向，用右手定则（或 $\vec{v}\times\vec{B}$）判断：AB 边中正电荷被推向 O 端一侧，即沿轴由 O' 侧指向 O 侧，故 AB 中感应电流方向由 B 指向 A（CD 中相应由 D 指向 C，构成回路）。

(2) 第（2）问：$e_{AB}=\dfrac{1}{2}BL^2\omega\cos\omega t$ AB 边到转轴距离为 $\dfrac{L}{2}$，线速度 $v=\omega\dfrac{L}{2}$。计时起点为“线框平面与中性面垂直”的位置，此时线框平面与磁场平行，AB 边速度方向与磁场垂直，切割最有效。AB 边产生的感应电动势大小

$$E_{AB}=BLv=BL\cdot\frac{\omega L}{2}=\frac{1}{2}BL^2\omega$$

从该位置计时，AB 边与磁场方向的夹角随时间按 ωt 变化，速度垂直于磁场的分量按 $\cos\omega t$ 变化，故

$$e_{AB}=\frac{1}{2}BL^2\omega\cos\omega t$$

（整个线框总电动势为 $e=BL^2\omega\cos\omega t$，AB、CD 两边各贡献一半。）

(3) 第（3）问： $x=\dfrac{4\pi B^2L^4\omega_0}{mRa}$ 角速度为 ω 的一周内，感应电动势 $e=BL^2\omega\cos\omega t$（或 sin，峰值相同），一周内消耗在 R 上的电能

$$E_{周}=\int_0^{2\pi/\omega}\frac{e^2}{R}\,dt=\frac{(BL^2\omega)^2}{R}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{2\pi}{\omega}=\frac{\pi B^2L^4\omega}{R}$$

各周角速度 $\omega_0,\dfrac{\omega_0}{2},\dfrac{\omega_0}{4},\cdots$ 成等比，储电能总和

$$W=\frac{\pi B^2L^4}{R}\left(\omega_0+\frac{\omega_0}{2}+\frac{\omega_0}{4}+\cdots\right)=\frac{2\pi B^2L^4\omega_0}{R}$$

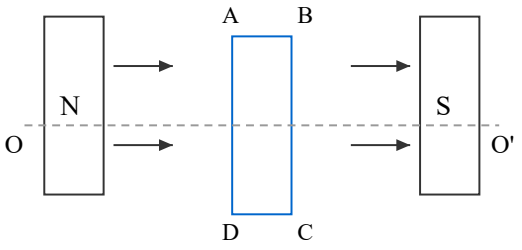
由题设 W 等于初动能的 50%：

$$\frac{2\pi B^2L^4\omega_0}{R}=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}mv_0^2\Rightarrow v_0^2=\frac{8\pi B^2L^4\omega_0}{mR}$$

汽车匀减速到停止：$x=\dfrac{v_0^2}{2a}$，代入得

$$x=\frac{v_0^2}{2a}=\frac{4\pi B^2L^4\omega_0}{mRa}$$

回代核对：$\dfrac{1}{2}mv_0^2=\dfrac{4\pi B^2L^4\omega_0}{R}$，其 50% 为 $\dfrac{2\pi B^2L^4\omega_0}{R}$，与 W 一致。



Coil ABCD rotates about axis OO' in the field from N to S

每周电能按 $E=P_{均}T=\dfrac{\varepsilon_m^2}{2R}\cdot\dfrac{2\pi}{\omega}$ 计算；等比数列求和乘 2 是本题关键，勿漏“储存电能是初动能的 50%”这一半的关系。