2024 年天津

1. 下列关于光的说法正确的是 (C)

A. 光电效应揭示了光具有波动性　　B. 光从真空进入介质，波长不变

C. 光纤通信利用了光的全反射现象　　D. 油膜呈现彩色条纹是光的偏振现象

> A．光电效应揭示了光具有粒子性，故 A 错误；
>
> B．光从真空进入介质，频率不变，波速减小，根据 $v=\lambda f$，可知波长变短，故 B 错误；
>
> C．光纤通信利用了光的全反射现象，故 C 正确；
>
> D．油膜呈现彩色条纹是光的薄膜干涉现象，故 D 错误。
>
> 故选 C。

2. 压缩空气储能是一种新型储能技术，其中涉及了空气的绝热膨胀和等温压缩过程，对一定质量的理想气体，下列说法正确的是 (D)

A. 绝热膨胀过程，气体的内能增大　　B. 绝热膨胀过程，外界对气体做功

C. 等温压缩过程，气体的压强不变　　D. 等温压缩过程，气体的内能不变

> AB．绝热膨胀过程，理想气体与外界没有热量的交换，即 $Q=0$，理想气体对外界做功，即 $W<0$，由热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$，可知 $\Delta U<0$，即气体的内能减小，故 AB 错误；
>
> C．等温压缩过程，由玻意耳定律 $pV=C$，可知气体的压强变大，故 C 错误；
>
> D．等温压缩过程，气体的温度保持不变，则内能不变，故 D 正确。
>
> 故选 D。

3. 一列简谐横波在均匀介质中沿 x 轴传播，如图 1 所示是 $t=1\,\mathrm{s}$ 时该波的波形图，如图 2 所示是 $x=0$ 处质点的振动图像。则 $t=11\,\mathrm{s}$ 时该波的波形图为 (C)

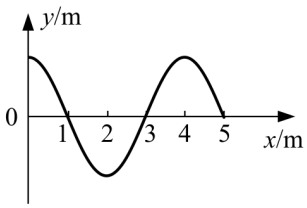


图 1

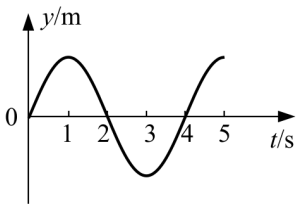
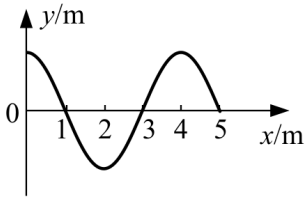
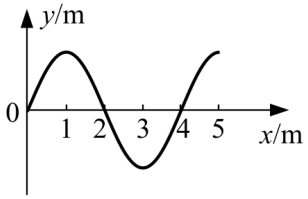


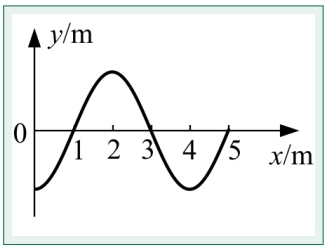
图 2



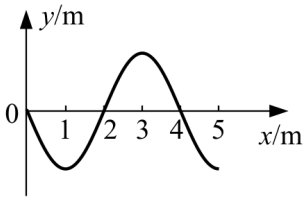
A.



B.



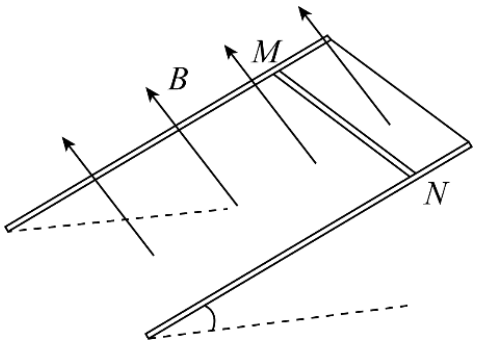
C.

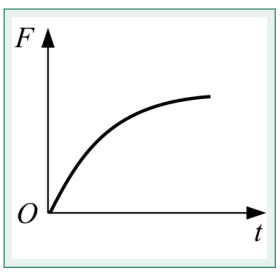


D.

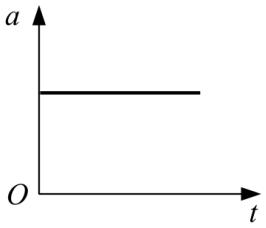
> 波的周期 $T=4\,\mathrm{s}$，因 $t=11\,\mathrm{s}$ 时，即在 $t=1\,\mathrm{s}$ 后再经过 $10\,\mathrm{s}=2.5T$，此时原点处的质点振动到波谷位置，即该波的波形图为 C。
>
> 故选 C。

4. 如图所示，两根不计电阻的光滑金属导轨平行放置，导轨及其构成的平面均与水平面成某一角度，导轨上端用直导线连接，整个装置处在垂直于导轨平面向上的匀强磁场中。具有一定阻值的金属棒 MN 从某高度由静止开始下滑，下滑过程中 MN 始终与导轨垂直并接触良好，则 MN 所受的安培力 F 及其加速度 a、速度 v、电流 I，随时间 t 变化的关系图像可能正确的是（A）

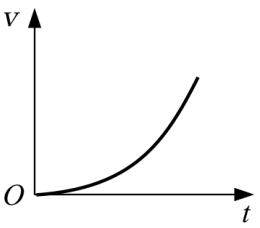




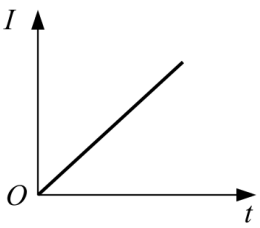
A.



B.



C.



D.

ABC．根据题意，设导体棒的电阻为 R，导轨间距为 L，磁感应强度为 B，导体棒速度为 v 时，受到的安培力为

$F=BIL=\frac{B^2L^2v}{R}$

可知 $F\propto v$

由牛顿第二定律可得，导体棒的加速度为

$a=\frac{mg\sin\theta-F}{m}=g\sin\theta-\frac{B^2L^2v}{mR}$

可知，随着速度的增大，导体棒的加速度逐渐减小，当加速度为零时，导体棒开始做匀速直线运动，则 $v-t$ 图像的斜率逐渐减小直至为零时，速度保持不变；由于安培力 F 与速度 v 成正比，则 $F-t$ 图像的斜率逐渐减小直至为零时，F 保持不变，故 A 正确，BC 错误；

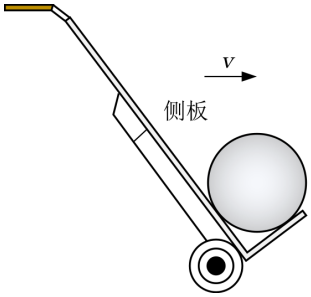
D．根据题意，由公式可得，感应电流为 $I=\frac{BLv}{R}$

由数学知识可得 $\frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{BL}{R}\cdot\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{BLa}{R}$

由于加速度逐渐减小，则 $I-t$ 图像的斜率逐渐减小，故 D 错误。

故选 A。

5. 生活中人们经常使用如图所示的小车搬运重物，小车的底板和侧板垂直，底板和侧板对重物的弹力分别为 $F_{底}$、$F_{侧}$，忽略重物与两板之间的摩擦力。保持底板与水平面之间的夹角不变，重物始终与小车相对静止，小车水平向右运动，由匀速变为加速时（B）



A. $F_{底}$ 增大，$F_{侧}$ 增大　　B. $F_{底}$ 减小，$F_{侧}$ 增大

C. $F_{底}$ 增大，$F_{侧}$ 减小　　D. $F_{底}$ 减小，$F_{侧}$ 减小

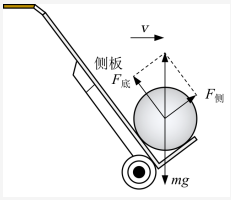
对重物受力分析，设底板与水平面之间的夹角为 θ，如图所示

小车匀速时，有 $F_{底}\sin\theta=F_{侧}\cos\theta$；小车加速时，有

$F_{侧}\cos\theta-F_{底}\sin\theta=ma$

其中 $a>0$，则 $F_{底}$ 减小，$F_{侧}$ 增大。

故选 B。



6. 中国钍基熔盐堆即将建成小型实验堆，为我国能源安全和可持续发展提供有力支持。反应堆中涉及的核反应方程有：① $X+{}^{232}_{90}\mathrm{Th}\longrightarrow{}^{233}_{90}\mathrm{Th}$，② ${}^{233}_{90}\mathrm{Th}\longrightarrow{}^{233}_{91}\mathrm{Pa}+{}^{0}_{-1}\mathrm{e}$，下列说法正确的是（AB）

A. 方程①中 X 是中子

B. 方程②中 ${}^{233}_{90}\mathrm{Th}$ 发生了 β 衰变

C. 受反应堆高温影响，${}^{233}_{90}\mathrm{Th}$ 的半衰期会变短

D. 方程②释放电子，说明电子是原子核的组成部分

A．根据核反应的质量数和电荷数守恒可知，方程①中 X 质量数为 1，电荷数为零，则是中子，选项 A 正确；

B．方程②中 ${}^{233}_{90}\mathrm{Th}$ 放出负电子，则发生了 β 衰变，选项 B 正确；

C．放射性元素的半衰期与外界因素无关，选项 C 错误；

D．方程②释放的电子是原子核内的中子转化为质子时放出的，不能说明电子是原子核的组成部分，选项 D 错误。

故选 AB。

7. 卫星未发射时静置在赤道上随地球转动，地球半径为 R。卫星发射后在地球同步轨道上做匀速圆周运动，轨道半径为 r。则卫星未发射时和在轨道上运行时（AC）

A. 角速度之比为 1 : 1

B. 线速度之比为 $\sqrt{r}:\sqrt{R}$

C. 向心加速度之比为 $R:r$

D. 受到地球的万有引力之比为 $R^2:r^2$

A．卫星未发射时静置在赤道上随地球转动，角速度与地球自转角速度相等，卫星发射后在地球同步轨道上做匀速圆周运动，角速度与地球自转角速度相等，则卫星未发射时和在轨道上运行时角速度之比为 1 : 1，故 A 正确；

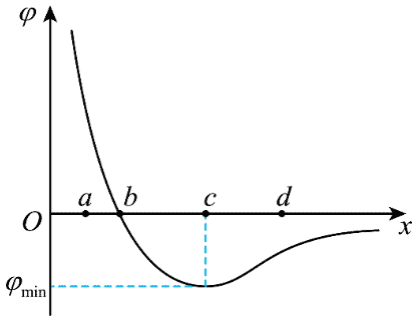
B．根据题意，由公式 $v=\omega r$ 可知，卫星未发射时和在轨道上运行时，由于角速度相等，则线速度之比为轨道半径之比 $R:r$，故 B 错误；

C．根据题意，由公式 $a_n=\omega^2 r$ 可知，卫星未发射时和在轨道上运行时，由于角速度相等，则向心加速度之比为轨道半径之比 $R:r$，故 C 正确；

D．根据题意，由万有引力定律可知，卫星未发射时和在轨道上运行时，受到地球的

> 万有引力之比与轨道半径的平方成反比，即 $r^2 : R^2$，故 D 错误。
>
> 故选 AC。

8. 某静电场在 x 轴正半轴的电势 φ 随 x 变化的图像如图所示，a、b、c、d 为 x 轴上四个点。一负电荷仅在静电力作用下，以一定初速度从 d 点开始沿 x 轴负方向运动到 a 点，则该电荷 (BD)



A. 在 b 点电势能最小　　B. 在 c 点时速度最小

C. 所受静电力始终做负功　　D. 在 a 点受静电力沿 x 轴负方向

> AB．根据题意，由公式 $E_p = q\varphi$ 可知，负电荷在高电势位置的电势能较小，由图可知，a 点的电势最大，则在 a 点电势能最小，同理可知，c 点的电势最小，则在 c 点时电势能最大，电荷仅在电场力作用下，电荷的电势能和动能之和不变，可知，电势能最大时，动能最小，则在 c 点时，电荷的动能最小，即速度最小，故 A 错误，B 正确；
>
> CD．根据沿电场线方向电势逐渐降低，结合题图可知，c 点左侧电场方向沿 x 轴正方向，c 点右侧电场方向沿 x 轴负方向，可知，c 点右侧负电荷受沿 x 轴正方向的电场力，c 点左侧负电荷受沿 x 轴负方向的电场力，可知，在 a 点受静电力沿 x 轴负方向，从 d 点开始沿 x 轴负方向运动到 a 点，电场力先做负功再做正功，故 C 错误，D 正确。
>
> 故选 BD。

9. 某同学研究闭合电路的规律。

(1) 根据闭合电路的欧姆定律得出了电源输出功率 P 与外电路电阻关系图像，如图所示，则 P 的峰值对应的外电路电阻值 R 应等于电源内阻 r（填“大于”、“小于”或“等于”）；

(2) 测定电源的电动势和内阻，可供选用的器材有：

A．电压表：（量程 0 ～ 3 V，内阻约为 3 kΩ）

B．电流表：（量程 0 ～ 0.6 A，内阻约为 1 Ω）

C．滑动变阻器：（最大阻值 30 Ω，额定电流 1 A）

D．滑动变阻器：（最大阻值 1000 Ω，额定电流 0.5 A）

E．待测电源：（电动势约为 3 V，内阻约为 1 Ω）

F．开关、导线若干

（i）实验中所用的滑动变阻器应选 C（填器材前字母代号）；

（ii）实物电路如图所示，单刀双掷开关 S_2 可分别与 1、2 端闭合，为使电源内阻的测量结果更接近真实值，S_2 应与 2 端闭合。

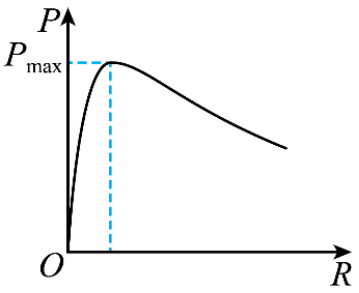


图 a

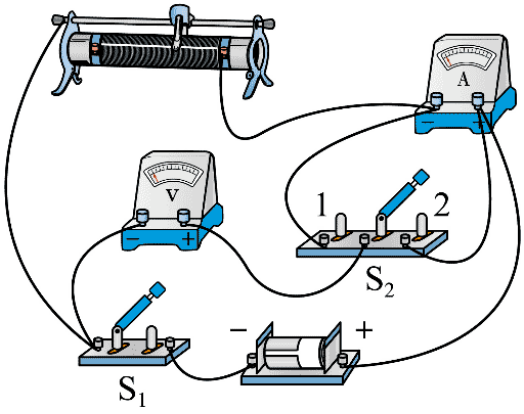


图 b

(1) 等于　(2) C，2

（1）电源输出功率

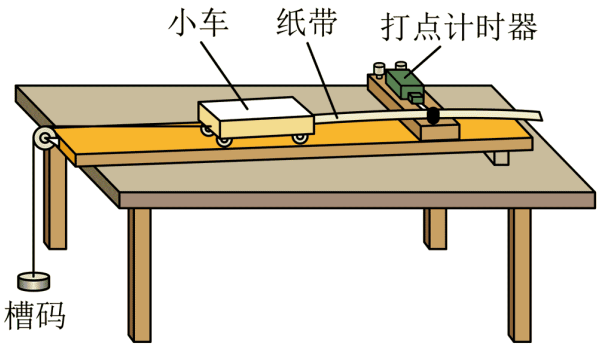
$$P=\frac{E^2R}{(R+r)^2}=\frac{E^2}{\frac{(R-r)^2}{R}-4r}$$

则当 $R=r$ 时电源输出功率 P 最大；

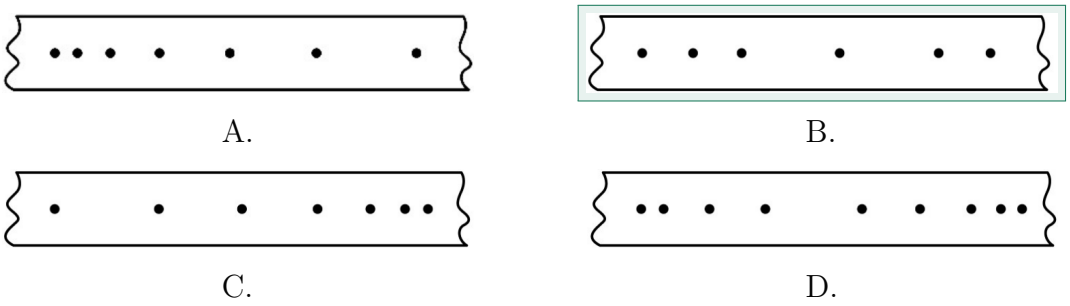
（2）（i）实验中所用的滑动变阻器应选阻值较小的 C 即可；

（ii）电压表内阻远大于电源内阻，应采用相对电源的电流表外接法，使电源内阻的测量结果更接近真实值，S_2 应与 2 端闭合。

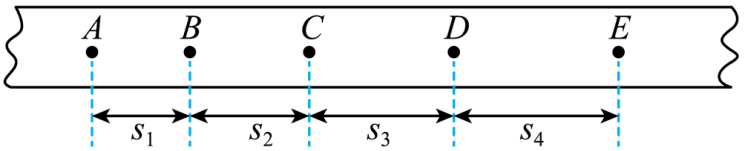
10. 某同学用图示装置探究加速度与力的关系。



(1) 为补偿打点计时器对小车的阻力及其他阻力，调节木板倾角，使小车在不挂槽码时运动，并打出纸带进行检验，下图中能表明补偿阻力恰当的是 B；



(2) 某次实验得到一条纸带，部分计数点如下图所示（每相邻两个计数点间还有 4 个点，图中未画出），测得 $s_1 = 6.20\,\text{cm}$，$s_2 = 6.70\,\text{cm}$，$s_3 = 7.21\,\text{cm}$，$s_4 = 7.73\,\text{cm}$。已知打点计时器所接交流电源频率为 $50\,\text{Hz}$，则小车的加速度 a =0.51 m/s^2（要求充分利用测量数据，结果保留两位有效数字）；



(3) 该同学将一个可以直接测出绳子拉力的传感器安装在小车上，小车和传感器总质量为 $210\,\text{g}$。按要求补偿阻力后，该同学共进行了四次实验，悬挂的槽码质量依次为 $5\,\text{g}$、$10\,\text{g}$、$20\,\text{g}$、$40\,\text{g}$。处理数据时，用两种方式得到小车（含传感器）受到的合力，一种将槽码所受重力当作合力、另一种将传感器示数当作合力，则这两种方式得到的合力差异最大时，槽码质量为 40 g。

(1) B (2) 0.51 (3) 40

（1）若补偿摩擦力恰当，则小车应该匀速运动，打出的纸带应该点迹均匀分布，故选 B。

（2）每相邻两个计数点间还有 4 个点未画出，可知 $T = 0.1\,\text{s}$；小车的加速度

$a = \frac{s_4+s_3-s_2-s_1}{4T^2} = \frac{(7.73+7.21-6.70-6.20)\times10^{-2}}{4\times0.1^2}\,\text{m/s}^2 = 0.51\,\text{m/s}^2$

（3）根据牛顿第二定律，对砝码 $mg - T = ma$

对小车 $T = Ma$

可得 $T = \frac{Mmg}{M+m} = \frac{1}{1+\frac{m}{M}}mg$

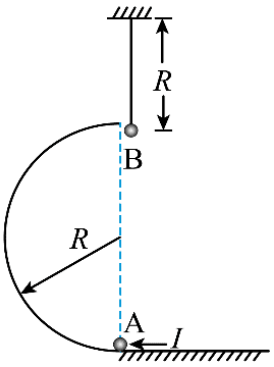
则当 m 较小时传感器的示数越接近砝码的重力 mg；m 越大，则传感器的示数与砝码重力的差异越大，即这两种方式得到的合力差异最大时，槽码质量为 $40\,\text{g}$。

11. 如图所示，光滑半圆轨道直径沿竖直方向，最低点与水平面相切。对静置于轨道最低点的小球 A 施加水平向左的瞬时冲量 I，A 沿轨道运动到最高点时，与用轻绳悬挂的

静止小球 B 正碰并粘在一起。已知 $I = 1.8\,\mathrm{N\cdot s}$，A、B 的质量分别为 $m_A = 0.3\,\mathrm{kg}$、$m_B = 0.1\,\mathrm{kg}$，轨道半径和绳长均为 $R = 0.5\,\mathrm{m}$，两球均视为质点，轻绳不可伸长，重力加速度 g 取 $10\,\mathrm{m/s^2}$，不计空气阻力。求：

(1) 与 B 碰前瞬间 A 的速度大小；

(2) A、B 碰后瞬间轻绳的拉力大小。



(1) $4\,\mathrm{m/s}$ (2) $11.2\,\mathrm{N}$

（1）根据题意，设小球 A 从最低点开始运动时的速度为 v_0，由动量定理有 $I = m_A v_0$

设与 B 碰前瞬间 A 的速度大小 v，从最低点到最高点，由动能定理有

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

联立代入数据解得 $v = 4\,\mathrm{m/s}$

（2）A 与用轻绳悬挂的静止小球 B 正碰并粘在一起，由动量守恒定律有

$m_A v = (m_A + m_B)v_{共}$

设 A、B 碰后瞬间轻绳的拉力大小为 F，由牛顿第二定律有

$F - (m_A + m_B)g = (m_A + m_B)\frac{v_{共}^2}{R}$

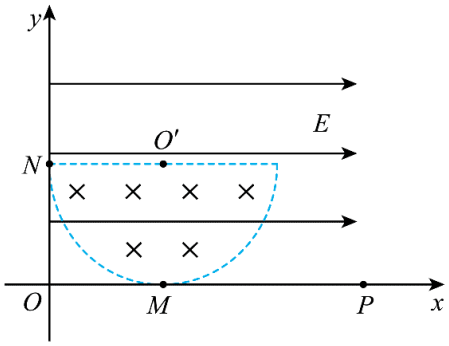
联立代入数据解得 $F = 11.2\,\mathrm{N}$

12. 如图所示，在 Oxy 平面直角坐标系的第一象限内，存在半径为 R 的半圆形匀强磁场区域，半圆与 x 轴相切于 M 点，与 y 轴相切于 N 点，直线边界与 x 轴平行，磁场方向垂直于纸面向里。在第一象限存在沿 $+x$ 方向的匀强电场，电场强度大小为 E。一带负电粒子质量为 m，电荷量为 q，从 M 点以速度 v 沿 $+y$ 方向进入第一象限，正好能沿直线匀速穿过半圆区域。不计粒子重力。

(1) 求磁感应强度 B 的大小；

(2) 若仅有电场，求粒子从 M 点到达 y 轴的时间 t；

(3) 若仅有磁场，改变粒子入射速度的大小，粒子能够到达 x 轴上 P 点，M、P 的距离为 $\sqrt{3}R$，求粒子在磁场中运动的时间 t_1。



(1) $B=\frac{E}{v}$ (2) $t=\sqrt{\frac{2mR}{qE}}$ (3) $t_1=\frac{2\pi mv}{3qE}$

（1）根据题意可知，由于一带负电粒子能沿直线匀速穿过半圆区域，由平衡条件有 $qE=qvB$

解得 $B=\frac{E}{v}$

（2）若仅有电场，带负电粒子受沿 x 轴负方向的电场力，由牛顿第二定律有 $qE=ma$

又有 $R=\frac{1}{2}at^2$

联立解得 $t=\sqrt{\frac{2mR}{qE}}$

（3）根据题意，设粒子入射速度为 v_0，则有

$qv_0B=m\frac{v_0^2}{r}$，$T=\frac{2\pi r}{v_0}$

可得 $T=\frac{2\pi m}{qB}=\frac{2\pi mv}{qE}$

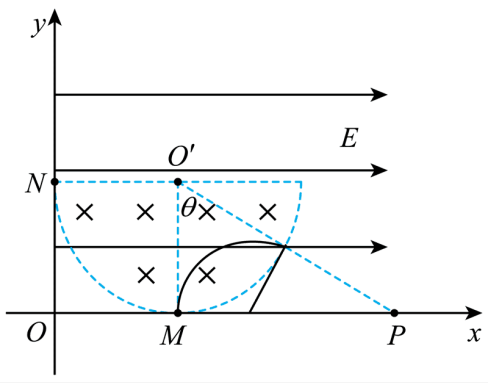
画出粒子的运动轨迹，如图所示

由几何关系可得 $\tan\theta=\frac{\sqrt{3}R}{R}=\sqrt{3}$

解得 $\theta=60°$

则轨迹所对圆心角为 120°，则粒子在磁场中运动的时间

$t_1=\frac{120°}{360°}T=\frac{2\pi mv}{3qE}$



13. 电动汽车制动过程中可以控制电机转为发电模式，在产生制动效果的同时，将汽车的部分机械能转换为电能，储存在储能装置中，实现能量回收、降低能耗。如图 1 所示，发电机可简化为处于匀强磁场中的单匝正方形线框 ABCD，线框边长为 L，电阻忽略不计，磁场磁感应强度大小为 B，线框转轴 OO′ 与磁场垂直，且与 AB、CD 距离相等。线框与储能装置连接。

(1) 线框转动方向如图 1 所示，试判断图示位置 AB 中的电流方向；

(2) 若线框以角速度 ω 匀速转动，线框平面与中性面垂直瞬间开始计时，线框在 t 时刻位置如图 2 所示，求此时 AB 产生的感应电动势；

(3) 讨论电动汽车在某次制动储存电能时，为方便计算，做两点假定：①将储能装置替换为阻值为 R 的电阻，电阻消耗的电能等于储能装置储存的电能；②线框转动第一周的角速度为 ω_0，第二周的角速度为 $\frac{\omega_0}{2}$，第三周的角速度为 $\frac{\omega_0}{4}$，依次减半，直到线框停止转动。若该制动过程中汽车在水平路面上做匀减速直线运动，汽车质量为 m，加速度大小为 a，储存的电能为初动能的 50%，求制动过程中汽车行驶的最大距离 x。

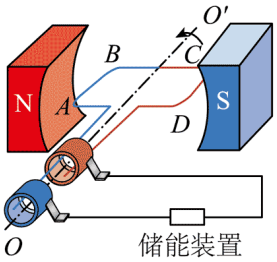


图 1

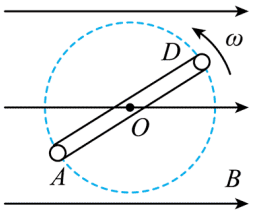


图 2

(1) 电流方向从 B 到 A (2) $e=\frac{1}{2}\omega BL^2\cos\omega t$ (3) $x=\frac{4\pi\omega_0 B^2L^4}{maR}$

（1）由右手定则可知，图示位置 AB 中的电流方向从 B 到 A。

（2）线框平面与中性面垂直瞬间开始计时，则经过时间 t 转过的角度为 $\theta=\omega t$

AB 切割磁感线的速度为 $v=\omega\frac{L}{2}\cos\theta$

则感应电动势 $e=BLv$

解得此时 AB 产生的感应电动势 $e=\frac{1}{2}\omega BL^2\cos\omega t$

（3）线框转动过程中，AB、CD 均能产生感应电动势，故线框转动产生的感应电动势为 $e_1=2e=\omega BL^2\cos\omega t$

线框转动第一周产生感应电动势最大值 $E_{m1}=B\omega_0L^2$

储存电能为 $\varepsilon_1=\frac{\left(\frac{E_{m1}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R}\cdot\frac{2\pi}{\omega_0}=\frac{\pi B^2L^4\omega_0}{R}$

同理线框转动第二周储存的电能 $\varepsilon_2=\frac{\pi B^2L^4}{R}\cdot\frac{\omega_0}{2}$

同理线框转动第三周储存的电能 $\varepsilon_3=\frac{\pi B^2L^4}{R}\cdot\frac{\omega_0}{2^2}$

……

线框转动第 n 周储存的电能 $\varepsilon_n=\frac{\pi B^2L^4}{R}\cdot\frac{\omega_0}{2^{n-1}}$

则直到停止时储存的电能为

$\varepsilon=\varepsilon_1+\varepsilon_2+\cdots+\varepsilon_n=\frac{\pi B^2L^4\omega_0}{R}\left(1+\frac{1}{2}+\cdots+\frac{1}{2^{n-1}}\right)=\frac{2\pi B^2L^4\omega_0}{R}$

储存的电能为初动能的 50%，可知初动能 $E_{k0}=\frac{4\pi B^2L^4\omega_0}{R}$

根据动能定理和牛顿第二定律可得 $fx=E_{k0}-0$，$f=ma$

解得 $x=\frac{4\pi\omega_0B^2L^4}{maR}$