

## 2017 年普通高等学校招生全国统一考试(北京卷)物理

一、本部分共 8 小题，每小题 6 分，共 120 分。在每小题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. (6 分) 以下关于热运动的说法正确的是( )

- A. 水流速度越大，水分子的热运动越剧烈
- B. 水凝结成冰后，水分子的热运动停止
- C. 水的温度越高，水分子的热运动越剧烈
- D. 水的温度升高，每一个水分子的运动速率都会增大

解析：A、分子的热运动是内部分子的运动，只与温度有关，与水流速度无关，故 A 错误；

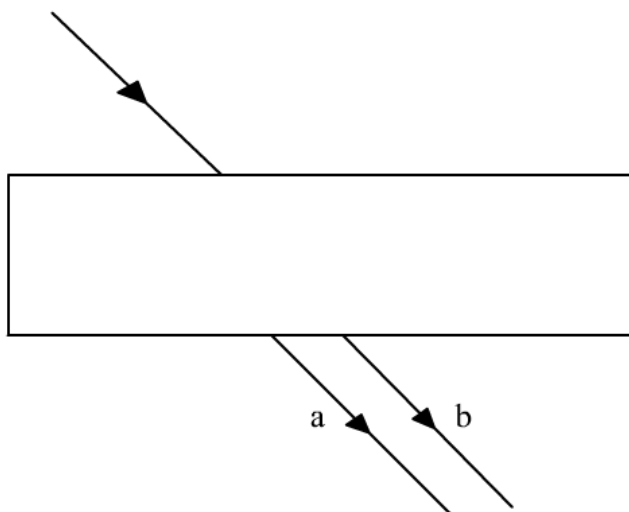
B、水凝结成冰后，水分子仍然在进行无规则运动，故 B 错误；

C、分子热运动与温度有关，水的温度越高，水分子的热运动越剧烈，故 C 正确；

D、水的温度升高，分子的平均动能增大，但是并不是每个分子的运动速率都增大，可能有些分子运动速率减小，故 D 错误。

答案：C

2. (6 分) 如图所示，一束可见光穿过平行玻璃砖后，变为 a、b 两束单色光。如果光束 b 是蓝光，则光束 a 可能是( )

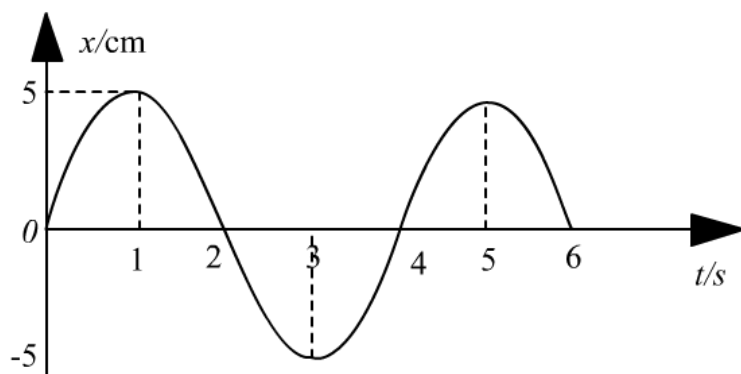


- A. 红光
- B. 黄光
- C. 绿光
- D. 紫光

解析：光从空气斜射到玻璃，因为玻璃上下表面平行，当第二次折射时折射光线与第一次折射入射光线平行。由于折射率不同，a 光偏折较大，b 光偏折较小。所以此玻璃对 a 光的折射率大于对 b 光的折射率，所以 a 的频率大于 b 的频率，给出的各色光中频率大于蓝光的只有紫光，故 D 正确，ABC 错误。

答案：D

3. (6 分) 某弹簧振子沿 x 轴的简谐振动图像如图所示，下列描述正确的是( )



- A.  $t=1\text{s}$  时，振子的速度为零，加速度为负的最大值  
 B.  $t=2\text{s}$  时，振子的速度为负，加速度为正的最大值  
 C.  $t=3\text{s}$  时，振子的速度为负的最大值，加速度为零  
 D.  $t=4\text{s}$  时，振子的速度为正，加速度为负的最大值

解析：A、 $t=1\text{s}$  时，振子位于正向最大位移处，振子的速度为零，加速度的方向指向平衡位置，所以加速度为负的最大值，故 A 正确；

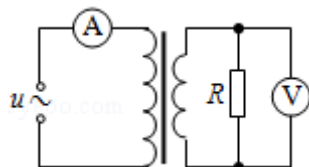
B、 $t=2\text{s}$  时，振子位于平衡位置正在向下运动，振子的速度最大，方向向下，加速度为 0，故 B 错误；

C、 $t=3\text{s}$  时，振子位于负向最大位移处，振子的速度为零，加速度最大，故 C 错误；

D、 $t=4\text{s}$  时，振子位于平衡位置正在向上运动，振子的速度为正，加速度为 0，故 D 错误。

答案：A

4. (6 分) 如图所示，理想变压器的原线圈接在  $u=220\sqrt{2}\sin \pi t(\text{V})$  的交流电源上，副线圈接有  $R=55\ \Omega$  的负载电阻，原、副线圈匝数之比为 2:1，电流表、电压表均为理想电表。下列说法正确的是( )



- A. 原线圈的输入功率为  $220\sqrt{2}\text{W}$   
 B. 电流表的读数为 1A  
 C. 电压表的读数为  $110\sqrt{2}\text{V}$   
 D. 副线圈输出交流电的周期为 50s

解析：A、由题意知，原线圈电压有效值为 220V，原、副线圈匝数之比为 2:1，由  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$

可得， $U_2=110\text{V}$ ，输入功率和输出功率相等可得原线圈中的输入功率为  $P_{\text{入}}=P_{\text{出}}=\frac{110^2}{55}=220\text{W}$ ，

故 A 错误；

B、副线圈的电流为  $I_2=\frac{U_2}{R}=\frac{110}{55}=2\text{A}$ ，由  $n_1I_1=n_2I_2$  可得， $I_1=1\text{A}$ ，即电流表的读数为 1A，故 B 正确；

C、电压表的读数为有效值，即  $U=110\text{V}$ ，故 C 错误；

D、由  $u=220\sqrt{2}\sin \pi t(\text{V})$  可知， $\omega=\pi$ ，又由  $\omega=\frac{2\pi}{T}$ ，解得： $T=2\text{s}$ ，理想变压器不改变周期，故 D 错误。

答案：B

5. (6 分) 利用引力常量  $G$  和下列某一组数据，不能计算出地球质量的是( )

- A. 地球的半径及重力加速度(不考虑地球自转)
- B. 人造卫星在地面附近绕地球做圆周运动的速度及周期
- C. 月球绕地球做圆周运动的周期及月球与地球间的距离
- D. 地球绕太阳做圆周运动的周期及地球与太阳间的距离

解析：A、根据万有引力等于重力  $\frac{GMm}{r^2} = mg$ ，可以计算出地球的质量，A 正确；

B、根据  $v = \frac{2\pi r}{T}$  可计算出卫星的轨道半径  $r$ ，万有引力提供向心力，则  $\frac{GMm}{r^2} = \frac{m4\pi^2 r}{T^2}$  可求出地球质量，B 正确；

C、根据  $\frac{GMm}{r^2} = \frac{m4\pi^2 r}{T^2}$  可求出地球的质量，C 正确；

D、可根据  $\frac{GMm}{r^2} = \frac{m4\pi^2 r}{T^2}$  计算出太阳的质量，但无法计算地球的质量，D 错误。

本题问的是不能计算出地球质量的是，所以选 D。

答案：D

6. (6 分) 2017 年年初，我国研制的“大连光源”——极紫外自由电子激光装置，发出了波长在 100nm ( $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ ) 附近连续可调的世界上首个最强的极紫外激光脉冲，大连光源因其光子的能量大、密度高，可在能源利用、光刻技术、雾霾治理等领域的研究中发挥重要作用。一个处于极紫外波段的光子所具有的能量可以电离一个分子，但又不会把分子打碎。据此判断，能够电离一个分子的能量约为(取普朗克常量  $h = 6.6 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ ，真空光速  $c = 3 \times 10^8\text{m/s}$ ) ( )

- A.  $10^{-21}\text{J}$
- B.  $10^{-18}\text{J}$
- C.  $10^{-15}\text{J}$
- D.  $10^{-12}\text{J}$

解析：能够电离一个分子的能量为  $E = h\frac{c}{\lambda} = 6.6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{100 \times 10^{-9}}\text{J} = 1.98 \times 10^{-18}\text{J}$ ，

故 B 正确，A、C、D 错误。

答案：B

7. (6 分) 图 1 和图 2 是教材中演示自感现象的两个电路图， $L_1$  和  $L_2$  为电感线圈。实验时，断开开关  $S_1$  瞬间，灯  $A_1$  突然闪亮，随后逐渐变暗；闭合开关  $S_2$ ，灯  $A_2$  逐渐变亮，而另一个相同的灯  $A_3$  立即变亮，最终  $A_2$  与  $A_3$  的亮度相同。下列说法正确的是 ( )

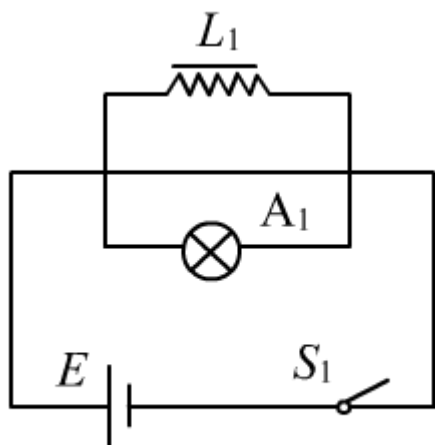


图1

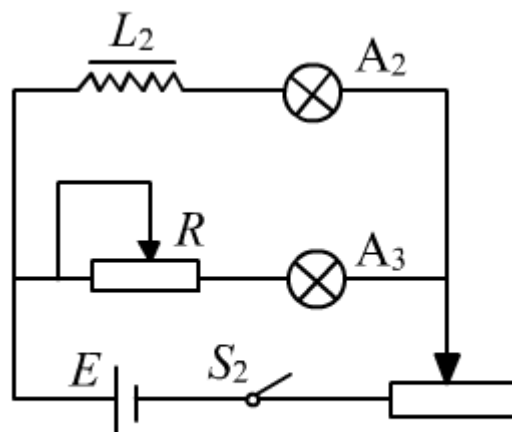


图2

- A. 图 1 中,  $A_1$  与  $L_1$  的电阻值相同
- B. 图 1 中, 闭合  $S_1$ , 电路稳定后,  $A_1$  中电流大于  $L_1$  中电流
- C. 图 2 中, 变阻器  $R$  与  $L_2$  的电阻值相同
- D. 图 2 中, 闭合  $S_2$  瞬间,  $L_2$  中电流与变阻器  $R$  中电流相等

解析: A、图 1 中, 灯泡  $A_1$  有电阻,  $L_1$  的为自感系数很大的自感线圈, 电路正常工作后, 不考虑电阻, 故 A 错误;

B、图 1 中, 闭合  $S_1$ , 电路稳定后, 灯泡  $A_1$  短路, 无电流, 故 B 错误;

C、图 2 中, 因为要观察两只灯泡发光的亮度变化, 两个支路的总电阻相同, 因两个灯泡电阻相同, 所以变阻器  $R$  与  $L_2$  的电阻值相同, 故 C 正确;

D、图 2 中, 闭合  $S_2$  瞬间,  $L_2$  对电流有阻碍作用, 所以  $L_2$  中电流与变阻器  $R$  中电流不相等, 故 D 错误。

答案: C

8. (6 分) 物理学原理在现代科技中有许多重要应用。例如, 利用波的干涉, 可将无线电波的干涉信号用于飞机降落的导航。

如图所示, 两个可发射无线电波的天线对称地固定于飞机跑道两侧, 它们类似于杨氏干涉实验中的双缝。两天线同时都发出波长为  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  的无线电波。飞机降落过程中, 当接收到  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  的信号都保持最强时, 表明飞机已对准跑道。下列说法正确的是( )



- A. 天线发出的两种无线电波必须一样强
- B. 导航利用了  $\lambda_1$  与  $\lambda_2$  两种无线电波之间的干涉
- C. 两种无线电波在空间的强弱分布稳定
- D. 两种无线电波各自在空间的强弱分布完全重合

解析: A、干涉要求两波源的频率相同, 而强度没有要求, 故 A 错误。

B、由于无线电波以光速传播, 根据  $v = \frac{c}{\lambda}$  知, 波长不同, 频率不同, 所以两种无线电波之间不会发生干涉, 故 B 错误。

C、空间中某点加强与减弱取决于到两波源的距离差为半波长的奇、偶数倍。所以两种电波的干涉强弱分布是固定的, 而且  $\lambda_1 \neq \lambda_2$ , 所以两种干涉分布不重合, 不过中垂线都是加强点, 故 C 正确, D 错误。

答案: C

## 二、解答题(共 4 小题, 满分 72 分)

9. (18 分) 如图 1 所示, 用质量为  $m$  的重物通过滑轮牵引小车, 使它在长木板上运动, 打点计时器在纸带上记录小车的运动情况。利用该装置可以完成“探究动能定理”的实验。

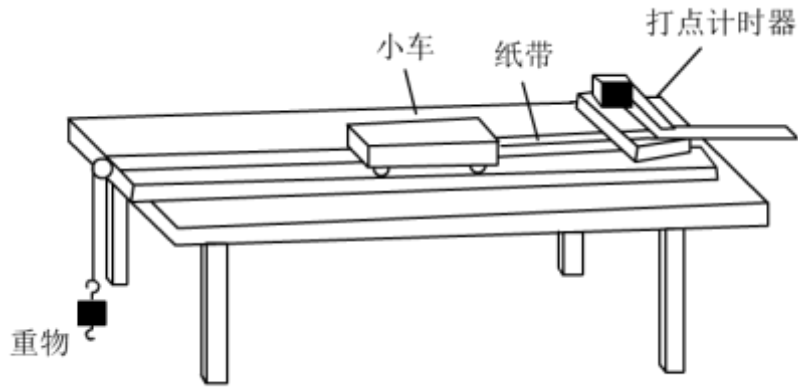


图1

(1) 打点计时器使用的电源是\_\_\_\_\_ (选填选项前的字母)。

- A. 直流电源
- B. 交流电源

解析：打点计时器使用的是交流电。

答案：B

(2) 实验中，需要平衡摩擦力和其他阻力。正确操作方法是\_\_\_\_\_ (选填选项前的字母)。

- A. 把长木板右端垫高
- B. 改变小车的质量

在不挂重物且\_\_\_\_\_ (选填选项前的字母) 的情况下，轻推一下小车，若小车拖着纸带做匀速运动，表明已经消除了摩擦力和其他阻力的影响。

- A. 计时器不打点
- B. 计时器打点

解析：平衡摩擦力的方法是：把木板一段垫高，让小车滑下，当小车匀速运动时，就意味着摩擦力抵消了；

此时应当让打点计时器打点，因为打点计时器也会有摩擦力。

答案：A, B

(3) 接通电源，释放小车，打点计时器在纸带上打下一系列点，将打下的第一个点标为O。在纸带上依次取A、B、C…若干个计数点，已知相邻计数点间的时间间隔为T。测得A、B、C…各点到O点的距离为 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ …，如图2所示。

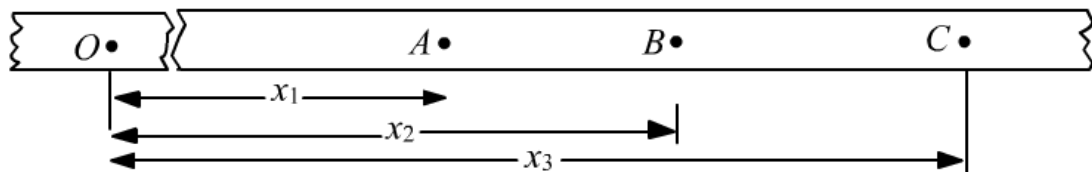


图2

实验中，重物质量远小于小车质量，可认为小车所受的拉力大小为 $mg$ ，从打O点打B点的过程中，拉力对小车做的功 $W=_____$ ，打B点时小车的速度 $v=_____$ 。

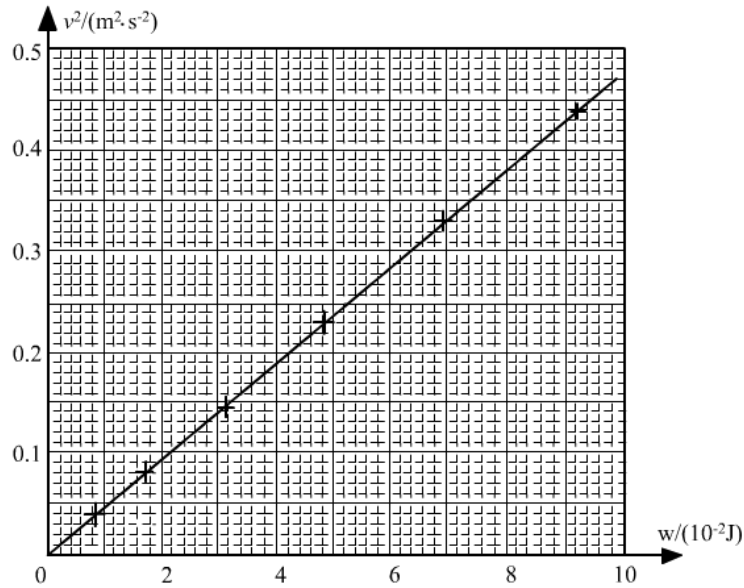
解析：由于近似认为拉力等于重力，所以根据 $W=FS$ 可知，拉力做功为 $W=mgx_2$ ；

中点时刻的速度等于该段时间内的平均速度，所以B点的速度等于AC段的平均速度，即 $v=_____$

$$\frac{s_{AC}}{2T} = \frac{x_3 - x_1}{2T}$$

答案： $mgx_2$ ； $\frac{x_3 - x_1}{2T}$

(4) 以  $v^2$  为纵坐标， $W$  为横坐标，利用实验数据做如图 3 所示的  $v^2 - W$  图像。由此图像可得  $v^2$  随  $W$  变化的表达式为\_\_\_\_\_。根据功与能的关系，动能的表达式中可能包含  $v^2$  这个因子；分析实验结果的单位关系，与图线斜率有关的物理量应是\_\_\_\_\_。



解析：根据图像上的点，可以得出  $v^2$  随  $W$  变化的表达式为： $v^2=0.008+4.69W$ ；

功是能量转化的量度，所以功和能的单位是相同的，斜率设为  $k$ ，则  $k=\frac{v^2}{W}$ ，代入单位后，

$k$  的单位为  $\text{kg}^{-1}$ ，所以与该斜率有关的物理量为质量。

答案： $0.008+4.69W$ ；质量。

(5) 假设已经完全消除了摩擦力和其他阻力的影响，若重物质量不满足远小于小车质量的条件，则从理论上分析，图 4 中正确反映  $v^2 - W$  关系的是\_\_\_\_\_。

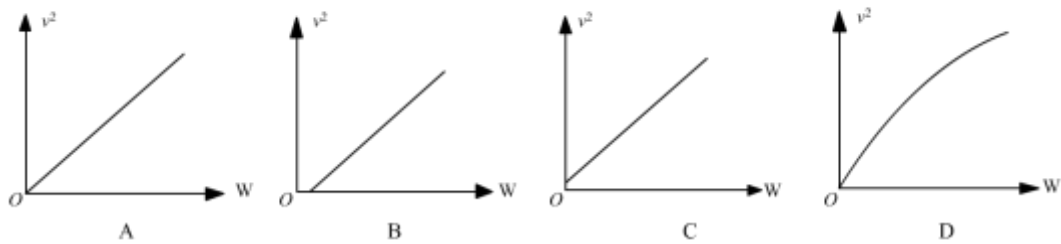


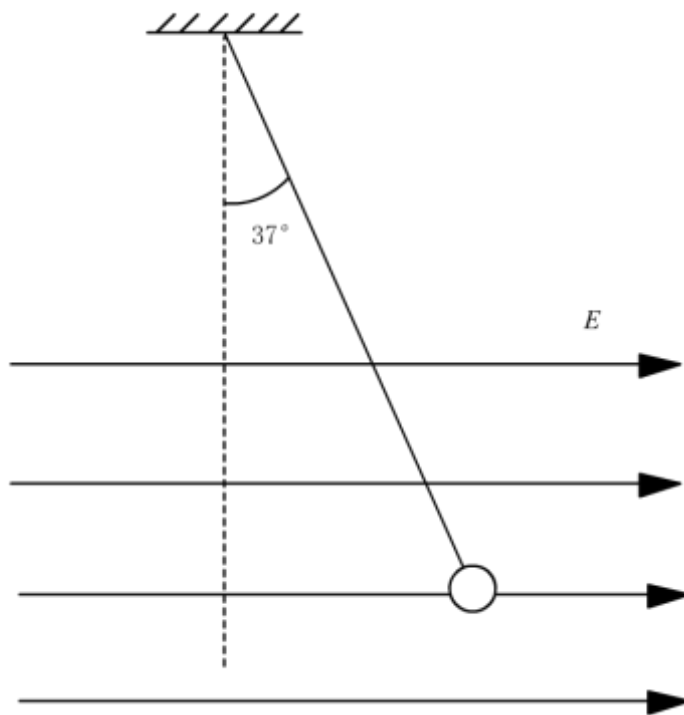
图4

解析：如果实验中完全消除了摩擦力和其它阻力，那么重物重力做的功就等于重锤和小车动能的增加量；

即： $W=\frac{1}{2}(M+m)v^2$ ，期中  $W=mgh$ ，质量都是定值，所以  $v^2$  与  $W$  成正比，A 图正确。

答案：A

10. (16 分) 如图所示，长  $l=1\text{m}$  的轻质细绳上端固定，下端连接一个可视为质点的带电小球，小球静止在水平向右的匀强电场中，绳与竖直方向的夹角  $\theta=37^\circ$ 。已知小球所带电荷量  $q=1.0\times 10^{-6}\text{C}$ ，匀强电场的场强  $E=3.0\times 10^3\text{N/C}$ ，取重力加速度  $g=10\text{m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ=0.6$ ， $\cos 37^\circ=0.8$ 。求：



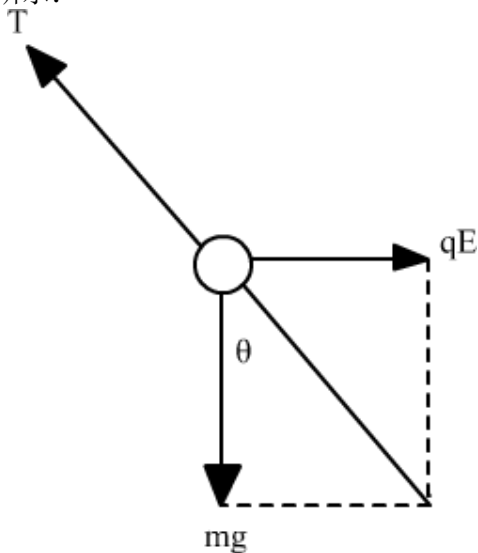
(1) 小球所受电场力  $F$  的大小。

解析：根据电场力的计算公式可得电场力  $F=qE=1.0 \times 10^{-6} \times 3.0 \times 10^3 \text{ N}=3.0 \times 10^{-3} \text{ N}$ 。

答案：小球所受电场力  $F$  的大小为  $3.0 \times 10^{-3} \text{ N}$ 。

(2) 小球的质量  $m$ 。

解析：小球受力情况如图所示：



根据几何关系可得  $mg = \frac{qE}{\tan \theta}$ ，

所以  $m = \frac{qE}{g \tan \theta} = \frac{3 \times 10^{-3}}{10 \times \tan 37^\circ} \text{ kg} = 4 \times 10^{-4} \text{ kg}$ 。

答案：小球的质量为  $4 \times 10^{-4} \text{ kg}$ 。

(3) 将电场撤去，小球回到最低点时速度  $v$  的大小。

解析：电场撤去后小球运动过程中机械能守恒，则  $mg l (1 - \cos 37^\circ) = \frac{1}{2} m v^2$ ,

解得：  $v = 2 \text{ m/s}$ 。

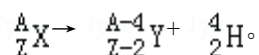
答案：将电场撤去，小球回到最低点时速度  $v$  的大小为  $2 \text{ m/s}$ 。

11. (18分) 在磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中，一个静止的放射性原子核发生了一次  $\alpha$  衰变。放射出  $\alpha$  粒子 ( ${}^4_2\text{H}$ ) 在与磁场垂直的平面内做圆周运动，其轨道半径为  $R$ 。以  $m$ 、 $q$  分别表示  $\alpha$  粒子的质量和电荷量。

(1) 放射性原子核用  ${}^A_Z\text{X}$  表示，新核的元素符号用  $Y$  表示，写出该  $\alpha$  衰变的核反应方程。

解析：由质量守恒及电荷守恒可得该  $\alpha$  衰变的核反应方程为  ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + {}^4_2\text{H}$ 。

答案：放射性原子核用  ${}^A_Z\text{X}$  表示，新核的元素符号用  $Y$  表示，则该  $\alpha$  衰变的核反应方程为



(2)  $\alpha$  粒子的圆周运动可以等效成一个环形电流，求圆周运动的周期和环形电流大小。

解析： $\alpha$  粒子做圆周运动，洛伦兹力做向心力，设圆周运动的速率为  $v$ ，则有： $Bvq = \frac{mv^2}{R}$ ，

则圆周运动的周期  $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{Bq}$ ；

那么相当于环形电流在周期  $T$  内通过的电量为  $q$ ，则等效环形电流大小  $I = \frac{q}{T} = \frac{Bq^2}{2\pi m}$ 。

答案： $\alpha$  粒子的圆周运动可以等效成一个环形电流，则圆周运动的周期为  $\frac{2\pi m}{Bq}$ ，环形电流

大小为  $\frac{Bq^2}{2\pi m}$ 。

(3) 设该衰变过程释放的核能都转为为  $\alpha$  粒子和新核的动能，新核的质量为  $M$ ，求衰变过程的质量亏损  $\Delta m$ 。

解析：因为衰变时间极短，且衰变时内力远远大于外力，故认为在衰变过程中外力可忽略，则有动量守恒，设新核的速度为  $v'$ ，则有： $mv + Mv' = 0$ ；

由(2)可得： $v = \frac{BqR}{m}$ ，所以， $v' = -\frac{BqR}{M}$ ，则衰变过程使两粒子获得动能  $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Mv'^2$   
 $= \frac{(BqR)^2}{2m} + \frac{(BqR)^2}{2M} = \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M}\right) \frac{(BqR)^2}{2}$ ；

由于衰变过程，质量亏损产生的核能全部转化为粒子的动能，故衰变过程的质量亏损

$$\Delta m = \frac{E}{c^2} = \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M}\right) \frac{(BqR)^2}{2c^2}。$$

答案：设该衰变过程释放的核能都转为为  $\alpha$  粒子和新核的动能，新核的质量为  $M$ ，则衰变

过程的质量亏损  $\Delta m$  为  $\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M}\right) \frac{(BqR)^2}{2c^2}$ 。

12. (20分) 发电机和电动机具有装置上的类似性，源于它们机理上的类似性。直流发电机和直流电动机的工作原理可以简化为如图 1、图 2 所示的情景。



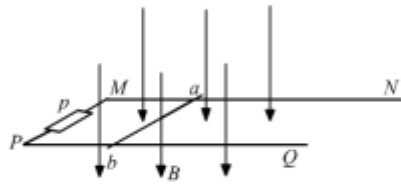


图1

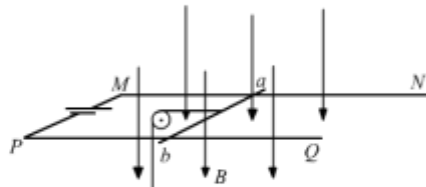


图2

在竖直向下的磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中，两根光滑平行金属轨道  $MN$ 、 $PQ$  固定在水平面内，相距为  $L$ ，电阻不计。电阻为  $R$  的金属导体棒  $ab$  垂直于  $MN$ 、 $PQ$  放在轨道上，与轨道接触良好，以速度  $v$  ( $v$  平行于  $MN$ ) 向右做匀速运动。

图 1 轨道端点  $MP$  间接有阻值为  $r$  的电阻，导体棒  $ab$  受到水平向右的外力作用。图 2 轨道端点  $MP$  间接有直流电源，导体棒  $ab$  通过滑轮匀速提升重物，电路中的电流为  $I$ 。

(1) 求在  $\Delta t$  时间内，图 1 “发电机” 产生的电能和图 2 “电动机” 输出的机械能。

解析：导体平动切割磁感应线产生的感应电动势为： $E=BLv$ ，

感应电流为： $I=\frac{BLv}{R+r}$ ，

图 1 “发电机” 产生的电能为：

$$E=EI\Delta t=\frac{B^2L^2v^2\Delta t}{R+r};$$

图 2 中，电动机输出的机械能等于重物增加的重力势能

$$\Delta E_m=mgv\Delta t$$

$$mg=F_{安}$$

$$F_{安}=BIL$$

联立解得： $\Delta E_m=BILv\Delta t$ 。

答案：在  $\Delta t$  时间内，图 1 “发电机” 产生的电能为  $=\frac{B^2L^2v^2\Delta t}{R+r}$ ；图 2 “电动机” 输出的

机械能为  $BILv\Delta t$ 。

(2) 从微观角度看，导体棒  $ab$  中的自由电荷所受洛伦兹力在上述能量转化中起着重要作用。为了方便，可认为导体棒中的自由电荷为正电荷。

a. 请在图 3 (图 1 的导体棒  $ab$ )、图 4 (图 2 的导体棒  $ab$ ) 中，分别画出自由电荷所受洛伦兹力的示意图。

b. 我们知道，洛伦兹力对运动电荷不做功。那么，导体棒  $ab$  中的自由电荷所受洛伦兹力是如何在能量转化过程中起到作用的呢？请以图 2 “电动机” 为例，通过计算分析说明。

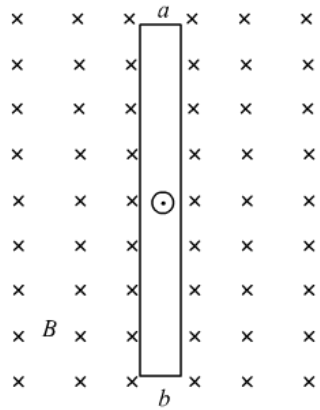


图3

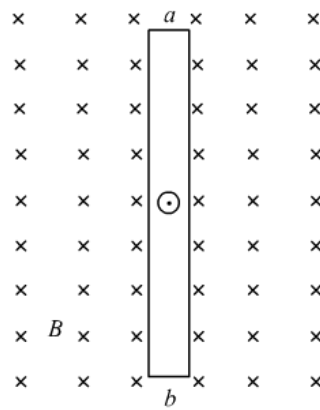


图4

解析：a、图 3 中的导体棒是由于外力作用发生移动，根据右手定则可知电流方向从 b 到 a；图 4 是由于通电使得导体棒中形成电流，所以电流方向由 a 到 b，同时电荷还要匀速向右运动，根据左手定则可知受到的洛伦兹力方向如下图所示：

b、以图 2 “电动机” 为例，所受到的洛伦兹力方向如图 4 所示，导体棒 ab 中的自由电荷所受洛伦兹力在水平向右的方向上对电荷产生向右的作用力，此分力对电荷做正功，但在沿导体棒方向上洛伦兹力的分力对导体棒做负功，总体情况洛伦兹力还是对运动电荷不做功，但通过洛伦兹力将电能转化为机械能。

答案：a. 自由电荷所受洛伦兹力的示意图见解析。

b. 图 2 “电动机” 导体棒 ab 中的自由电荷所受洛伦兹力是将电能转化为机械能。

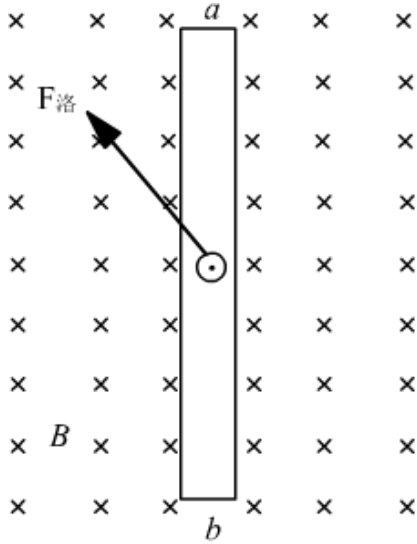


图3

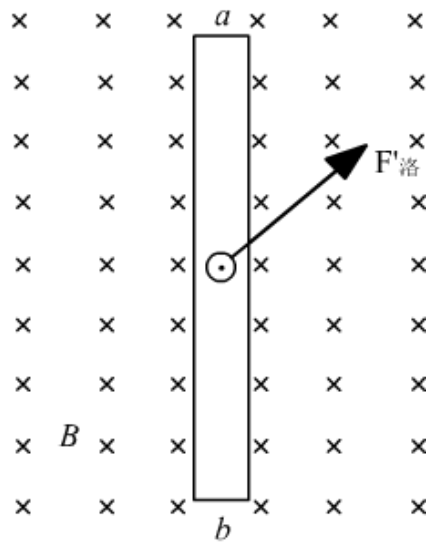


图4