物理试题参考答案

一、选择题（第1-7题，每题4分. 第8-10题，每题6分. 共46分）

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	B	A	A	B	C	C	AD	AB	AC

二 非选择题（共54分）

11.（1）81.88　　（2）小于　　（3）$\frac{\pi^2(n-1)^2(L+\frac{d}{2})}{t^2}$　（每空2分，共6分）

12.（1）A　　（2）3.00　　2.67×10^3　　（3）3.00　　3.00×10^3　（每空2分，共10分）

13. **（1）发射全过程箭船在竖直方向上的平均速度**$\bar{v}=\frac{h}{t}=\frac{4\times10^5\text{m}}{600\text{s}}\approx 666.67\text{m/s}$

（2）对火箭整体由牛顿第二定律有 $F-Mg=Ma$：代入数据$a=1.96\text{m/s}^2$

对宇航员隔离受力分析，由牛顿第二定律有 $F_N-mg=ma$：代入数据得：$F_N=705.6\text{N}$

根据牛顿第三定律，宇航员对座舱的作用力 $F_N^{'}$ 与座舱对宇航员的支持力大小相等，$F_N^{'}=705.6\text{N}$　方向竖直向下

14.【答案】（1）$E=\frac{mv_0^2}{2qd}$；（2）$B=\frac{mv_0}{2qd}$；（3） $y=2d$ 或 $y=\frac{5}{3}d$

（1）粒子在电场中受到竖直向上的电场力，水平方向做匀速直线运动，竖直方向做匀加速直线运动。

由于初速度水平，则：$v_x=v_0$

到达 $y=d$ 时，速度方向与水平方向成 $45°$ 角，说明竖直分速度大小等于水平分速度：$v_y=v_x=v_0$

根据匀变速直线运动规律：$v_y^2-0=2ay=2\frac{qE}{m}d$

代入 $v_y=v_0$ 得：$v_0^2=\frac{2qEd}{m}$　　解得匀强电场大小为：$E=\frac{mv_0^2}{2qd}$

（2）粒子在电场中运动的时间为 $t_1=\frac{v_y}{a}=\frac{v_0}{v_0^2/2d}=\frac{2d}{v_0}$。

粒子到达 $y=d$ 时的水平位移 $x_1=v_xt_1=v_0\cdot\frac{2d}{v_0}=2d$。

所以粒子从 $(2d,d)$ 进入磁场，进入时速度大小为 $v_1=\sqrt{2}v_0$，方向斜向右上方。

根据时间反演对称性，粒子要完美回到原点，其穿出磁场时的水平坐标必须是 $x_2=-2d$。

所以粒子在磁场中的弦长 $L=2d-(-2d)=4d$。

设圆周运动半径为 R。由几何关系，弦长 L 与半径的关系为：$L=2R\sin45°$

$$4d=2R\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\Longrightarrow R=2\sqrt{2}d$$

根据洛伦兹力提供向心力 $qv_1B=m\frac{v_1^2}{R}$，可得：$B=\frac{mv_1}{qR}=\frac{m(\sqrt{2}v_0)}{q(2\sqrt{2}d)}=\frac{mv_0}{2qd}$

（3）磁场调整为 $B'=\frac{12}{5}B$ 后，粒子做圆周运动的半径变为：$R'=\frac{5}{12}R=\frac{5\sqrt{2}}{6}d$

粒子进入磁场的位置 $(2d,d)$ 和速度方向（与 x 轴正方向成 $45°$）均不变。

设圆心为 $C'(x_c,y_c)$。因为是逆时针旋转，圆心在入射点左上方：

$$x_c=2d-R'\sin45°=2d-\frac{5\sqrt{2}}{6}d\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}=2d-\frac{5}{6}d=\frac{7}{6}d$$

$$y_c=d+R'\cos45°=d+\frac{5\sqrt{2}}{6}d\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}=d+\frac{5}{6}d=\frac{11}{6}d$$

粒子在圆弧轨道上与水平挡板发生碰撞，为保证闭合回路的左右对称性，碰撞点必须在 y 轴上（即 $x=0$ 处）。

将 $x=0$ 代入轨迹圆方程 $(x-x_c)^2+(y-y_c)^2=R'^2$：解得：$y-\frac{11}{6}d=\pm\frac{1}{6}d$

所以水平挡板所在位置的纵坐标为 $y=2d$ 或 $y=\frac{5}{3}d$。

15. (1) $\frac{3}{8}g$　（2） $v_1=\sqrt{gL}$　$x_1=3t_0\sqrt{gL}-8L$

（3）$Q_f=(4k-4)mgL$　$Q_A=4.5mg\sqrt{gL}t_0+(7-4k-k^2)mgL$

【详解】(1) 假设初始时刻系统相对静止。对整体受力分析，根据牛顿第二定律：

$$a_0=\frac{1.5mg}{m_1+m_2+m_3}=\frac{1.5mg}{4m}=\frac{3}{8}g$$

此时，对滑板和导体棒系统（总质量为 2m）进行隔离分析，驱动力为滑块对其向左的静摩擦力 ：$f_0=2ma_0=2m\left(\frac{3}{8}g\right)=0.75mg$

滑块与滑板之间的最大静摩擦力　$f_{max}=\mu m_3g=0.5\times 2mg=mg$

因为 $f_0<f_{max}$，所以假设成立。刚开始一瞬间，系统一起向左加速，滑块的加速度大小为 $\frac{3}{8}g$。

(2)随着速度 v 的增大，导体棒切割磁感线，受到的向右的安培力 $F_A=\frac{B^2L^2v}{R}$ 逐渐增大。

系统整体加速度 a 变小，对滑板和导体棒系统隔离分析：

$$f-F_A=2ma=2m\left(\frac{1.5mg-F_A}{4m}\right)$$

解得内部静摩擦力随安培力的变化关系为：$f=0.75mg+0.5F_A$

当静摩擦力达到最大值 mg 时，滑块与滑板发生相对滑动：

$$0.75mg+0.5F_A=mg\Longrightarrow F_A=0.5mg$$

即 $\frac{mg}{2\sqrt{gL}}v_1=0.5mg$，解得发生相对滑动时滑块的速度大小：$v_1=\sqrt{gL}$

在 0 到 t_0 时间内，系统做加速度减小的变加速直线运动。对整体应用动量定理（取向左为正方向）：$Ft_0-\bar{F}_At_0=4mv_1-0$

其中，安培力的冲量等于 $\frac{B^2L^2}{R}x_1$，代入已知量：$1.5mgt_0-\frac{mg}{2\sqrt{gL}}x_1=4m\sqrt{gL}$

解得发生相对滑动时滑块的位移大小：$x_1=3t_0\sqrt{gL}-8L$

(3)在此阶段，系统初速度均为 $v_1=\sqrt{gL}$。

滑块加速度恒定：$a_3=\frac{1.5mg-mg}{2m}=0.25g$

滑块在此阶段的末速度 $v_3=3\sqrt{gL}$，经历时间：$\Delta t=\frac{v_3-v_1}{a_3}=\frac{2\sqrt{gL}}{0.25g}=8\sqrt{\frac{L}{g}}$

滑块在此阶段的位移：$\Delta x_3=\frac{v_3^2-v_1^2}{2a_3}=\frac{9gL-gL}{0.5g}=16L$

对滑板与导体棒系统（质量 2m）在 Δt 内应用动量定理，设此阶段位移为 Δx_2：

$$f\Delta t-\frac{B^2L^2}{R}\Delta x_2=2m(v_2-v_1)$$

带入解得滑板在此阶段的位移：$\Delta x_2=(20-4k)L$

滑板的长度等于此阶段两者的相对位移：$d=\Delta x_3-\Delta x_2=(4k-4)L$

全过程热量计算：

① 摩擦发热 Q_f

仅在相对滑动阶段产生摩擦热：$Q_f=f\cdot d=(4k-4)mgL$

② 导体棒发热量 Q_A

整个过程的总焦耳热 $Q_A=Q_{A1}+Q_{A2}$。

在第一阶段（$0\sim t_0$），对整体应用动能定理：$Fx_1-Q_{A1}=\frac{1}{2}(4m)v_1^2$

$$Q_{A1}=4.5mg\sqrt{gL}t_0-14mgL$$

在第二阶段（相对滑动阶段），对滑板与导体棒系统应用动能定理：

$$f\Delta x_2-Q_{A2}=\frac{1}{2}(2m)v_2^2-\frac{1}{2}(2m)v_1^2$$

$$Q_{A2}=(21-4k-k^2)mgL$$

总发热量：

$$Q_A=Q_{A1}+Q_{A2}=4.5mg\sqrt{gL}t_0+(7-4k-k^2)mgL$$