参考答案

1. （1） $\sqrt{2g(h\_{2}−h\_{1})}$

【解析】设外壳上升高度 $h\_{1}$ 时速度为 $v\_{1}$，外壳与内芯碰撞后瞬间的共同速度大小为 $v\_{2}$。

对外壳和内芯，从撞后达到共同速度到上升至 $h\_{2}$ 处，应用动能定理有

 $(4m+m)g(h\_{2}−h\_{1})=\frac{1}{2}(4m+m)v\_{2}^{2}$

解得 $v\_{2}=\sqrt{2g(h\_{2}−h\_{1})}$

      （2） $\frac{25h\_{2}−9h\_{1}}{4}mg$

【解析】外壳和内芯，碰撞过程瞬间动量守恒，有

 $4mv\_{1}=(4m+m)v\_{2}$

解得 $v\_{1}=\frac{5}{4}\sqrt{2g(h\_{2}−h\_{1})}$

设从外壳离开桌面到碰撞前瞬间弹簧做功为 $W$，在此过程中，对外壳应用动能定理有

 $W−4mgh\_{1}=\frac{1}{2}(4m)v\_{1}^{2}$

解得 $W=\frac{25h\_{2}−9h\_{1}}{4}mg$

      （3） $\frac{5}{4}mg(h\_{2}−h\_{1})$

【解析】由于外壳和内芯达到共同速度后上升高度 $h\_{2}$ 的过程中，机械能守恒，只是在外壳和内芯碰撞过程有能量损失，损失的能量为

 $E\_{损}=\frac{1}{2}(4m)v\_{1}^{2}−\frac{1}{2}(4m+m)v\_{2}^{2}$

联立解得 $E\_{损}=\frac{5}{4}mg(h\_{2}−h\_{1})$

2. （1） $\sqrt{\frac{gR}{k}}$

【解析】设地球质量为 $M$，飞船质量为 $m$，探测器质量为 $mʹ$，当飞船与探测器一起绕地球做圆周运动时的速度为 $v\_{0}$

根据万有引力定律和牛顿第二定律有

$$\frac{GM\left(m+mʹ\right)}{\left(kR\right)^{2}}=\left(m+mʹ\right)\frac{v\_{0}^{2}}{kR}$$

对于地面附近的质量为 $m\_{0}$ 的物体有

$$m\_{0}g=\frac{GMm\_{0}}{R^{2}}$$

解得

$$v\_{0}=\sqrt{\frac{gR}{k}}$$

      （2） ① $\sqrt{\frac{2gR}{k}}$

【解析】设探测器被发射出时的速度为 $vʹ$，因其运动过程中动能和引力势能之和保持不变，所以探测器刚好脱离地球引力应满足

$$\frac{1}{2}mʹvʹ^{2}−\frac{GMmʹ}{kR}=0$$

解得

$$vʹ=\sqrt{\frac{2GM}{kR}}=\sqrt{2}v\_{0}=\sqrt{\frac{2gR}{k}}$$

            ② 见解析

【解析】设发射探测器后飞船在 $A$ 点的速度为 $v\_{A}$，运动到 $B$ 点的速度为 $v\_{B}$，因其运动过程中动能和引力势能之和保持不变，所以有

$$\frac{1}{2}mv\_{B}^{2}−\frac{GMm}{R}=\frac{1}{2}mv\_{A}^{2}−\frac{GMm}{kR}$$

对于飞船发射探测器的过程，根据动量守恒定律有

$$\left(m+mʹ\right)v\_{0}=mv\_{A}+mʹvʹ$$

因飞船通过 $A$ 点与 $B$ 点的速度大小与这两点到地心的距离成反比，即

$$Rv\_{B}=kRv\_{A}$$

解得：

$$\frac{m}{mʹ}=\frac{\sqrt{2}−1}{1−\sqrt{\frac{2}{k+1} }}$$

3. （1） $I=2mv$；$p=\frac{1}{3}nmv^{2}$；分子的平均动能 $E\_{k}$ 与热力学温度 $T$ 成正比，故温度是分子平均动能的标志。

【解析】a．对与器壁碰撞的一个氦气分子，由动量定理可得：$I=2mv \cdots \cdots ①$

b．设正方体容器某一侧壁面积为 $S$，则 $Δt$ 时间内碰壁的氦气分子数为：

 $N=\frac{1}{6}n⋅SvΔt \cdots \cdots ②$

 由动量定理得：$FΔt=N⋅I \cdots \cdots ③$

由牛顿第三定律可得：器壁受到的压力 $Fʹ=F \cdots \cdots ④$

由压强的定义式得：$p=\frac{Fʹ}{S} \cdots \cdots ⑤$

 联立 $①②③④⑤$ 得：$p=\frac{1}{3}nmv^{2} \cdots \cdots ⑥$

c．由于压强 $p$ 和温度 $T$ 的关系式为 $p=nkT \cdots \cdots ⑦$

联立 $⑥⑦$ 得 $E\_{k}=\frac{1}{2}mv^{2}=\frac{3}{2}kT \cdots \cdots ⑧$

由 $⑧$ 可得：分子的平均动能 $E\_{k}$ 与热力学温度 $T$ 成正比，故温度是分子平均动能的标志。

      （2） 氦气温度升高，升高的温度为 $ΔT=\frac{mu^{2}}{3k}$

【解析】设正方体容器中有 $N$ 个氦气分子，当氦气随容器匀速运动时，整个气体机械运动的动能为 $\frac{1}{2}(Nm)u^{2}$，设此时氦气温度为 $T\_{1}$，容器内氦气的内能等于分子热运动的动能之和即 $N⋅\frac{3}{2}kT\_{1}$。

当氦气随容器突然停止时，气体机械运动的动能为零，设此时氦气温度为 $T\_{2}$，则该容器内氦气的内能为 $N⋅\frac{3}{2}kT\_{2}$。

根据能量转化与守恒定律有：$\frac{1}{2}(Nm)u^{2}+\frac{3}{2}NkT\_{1}=\frac{3}{2}NkT\_{2} \cdots \cdots ⑨$

解得：$ΔT=T\_{2}−T\_{1}=\frac{mu^{2}}{3k} \cdots \cdots ⑩$

所以氦气温度升高，升高的温度为 $ΔT=\frac{mu^{2}}{3k}$。

4. （1） ① $B$ 球做加速度先增大后减小的加速运动，最后匀速。

            ② $\frac{2m\_{1}}{m\_{1}+m\_{2}}v\_{0}$

【解析】以 $A$ 、 $B$ 球为研究对象，系统所受的合外力为零

根据动量守恒定律 $m\_{1}v\_{0}=m\_{1}v\_{A}+m\_{2}v\_{B}$

由于只有系统内的电场力做功，所以系统的动能和电势能的总和保持不变，初始状态和最后状态两球的距离都很大，可以认为系统的初、末电势能为零。

由能量守恒 $\frac{1}{2}m\_{1}v\_{0}^{2}=\frac{1}{2}m\_{1}v\_{A}^{2}+\frac{1}{2}m\_{2}v\_{B}^{2}$

联立以上两式解得 $v\_{B}=\frac{2m\_{1}}{m\_{1}+m\_{2}}v\_{0}$。

      （2） ① $\frac{1}{8}mv\_{0}^{2}$

【解析】以两根金属棒为研究对象，系统所受的合外力为零，最后以共同的速度 $v$ 向前运动，根据动量守恒定律 $mv\_{0}=2mv$

 $cd$ 棒最终获得的动能 $E\_{k}=\frac{1}{2}mv^{2}=\frac{1}{8}mv\_{0}^{2}$。

            ② 两根棒内自由电子所受洛伦兹力如图所示：



方法一：

设自由电子的电荷量为 $e$，在两棒达到最终状态之前某时刻，$ab$ 棒的速度为 $v\_{1}$，$cd$ 棒的速度为 $v\_{2}$，自由电子沿两根棒定向移动的速率为 $u$，在很短的时间 $Δt$ 内，$ab$ 棒中自由电子受到的垂直于棒方向的洛伦兹力 $f\_{2}$，$f\_{2}$ 对电子做负功 $W\_{2}=−f\_{2}⋅v\_{1}Δt=−euBv\_{1}Δt$

 $cd$ 棒中自由电子受到的垂直于棒方向的洛伦兹力 $f\_{2}ʹ⋅v\_{2}Δt=euBv\_{2}Δt$

 $f\_{2}ʹ$ 对电子做正功 $W\_{2}ʹ=f\_{2}ʹ$

因为 $v\_{1}>v\_{2}$，所以 $W\_{1}+W\_{2}ʹ<0$，宏观上表现为安培力对两棒组成的系统做负功，使系统总动能减小，即 $ab$ 棒减少的动能大于 $cd$ 棒增加的动能。

方法二：

设自由电子的电荷量为 $e$，在两棒达到最终状态之前某时刻，自由电子沿 $ab$ 棒定向移动的速率为。在很短的时间 $Δt$ 内，电子在棒中定向运动，与金属离子发生碰撞，受到阻力。设电子受到的平均阻力为 $\overline{f}$，在很短的时间 内 $Δt$，阻力对电子做负功 $W=−\overline{f}⋅uΔt$，宏观上表现为电路产生了焦耳热。根据能量守恒定律，两棒组成的系统总动能减小，即 $ab$ 棒减少的动能大于 $cd$ 棒增加的动能。

5.5. （1） ① $\frac{3cR}{4}$

【解析】在赖曼系中，氢原子由 $n=2$ 跃迁到 $k=1$，对应光的波长最长，波长为 $λ\_{1}$。则有 $\frac{1}{λ\_{1}}=R\left(\frac{1}{1^{2}}−\frac{1}{2^{2}}\right)$

 所以 $λ\_{1}=\frac{4}{3R}$

 所以 $ν\_{1}=\frac{c}{λ\_{1}}=\frac{3cR}{4}$

            ② $\frac{16e(U\_{1}−U\_{2})}{9cR}$；$\frac{1}{3}e(U\_{1}−3U\_{2})$

【解析】在巴耳末系中，氢原子由 $n=4$ 跃迁到 $k=2$，对应光的波长为 $λ\_{2}$，频率为 $ν\_{2}$。则有

 $\frac{1}{λ\_{2}}=R(\frac{1}{2^{2}}−\frac{1}{4^{2}})$

 $ν\_{2}=\frac{c}{λ\_{2}}$

 设 $λ\_{1}$ 、 $λ\_{2}$ 对应的最大初动能分别为 $E\_{km1}$ 、 $E\_{km2}$。根据光电效应方程有

 $E\_{km1}=hν\_{1}−W\_{0}$

 $E\_{km2}=hν\_{2}−W\_{0}$

根据动能定理有

 $−eU\_{1}=0−E\_{km1}$

 $−eU\_{2}=0−E\_{km2}$

 联立解得 $h=\frac{16e(U\_{1}−U\_{2})}{9cR}$；$W\_{0}=\frac{1}{3}e(U\_{1}−3U\_{2})$

      （2） ① 根据质能方程有

 $E=mc^{2}$

又因为 $E=hν=\frac{hc}{λ}$

 $p=mc$

所以 $p=\frac{h}{λ}$

            ② $v\_{0}+\frac{3hR}{4M}$

【解析】光子的动量

 $p=\frac{h}{λ}=\frac{3hR}{4}$

根据动量守恒定律有

 $Mv\_{0}=Mv−p$

 解得 $v=v\_{0}+\frac{3hR}{4M}$

6．（18分）

（1） a. 加速运动； 〖2分〗

 b. 由动能定理得*E*k=*eU*  〖3分〗

（2）爱因斯坦光电效应方程 *E*k = *hν－W* 〖2分〗

遏止电压对应为具有最大初动能的光电子由K极板运动

到A极板动能减为0，根据动能定理有：

 *E*k=*eU*c 〖2分〗

 联立以上各式得 。

可见，对于确定的金属来说，一定频率的光，无论光

的强弱如何，遏止电压都是一样的。 〖3分〗

 （3）斜率为普朗克常量与元电荷常量之比

 由图像求得斜率*k* = 4×10-15 V·s 〖2分〗

得普朗克常量：*h* = *ke* 〖2分〗

代入数据得： *h* = 6×10-34J·s 〖2分〗