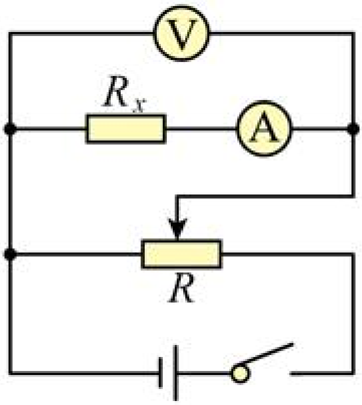
参考答案及评分标准

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	D	A	B	D	C	D	AC	BC	BD	AD

11.（8 分）　（1）0.1　　（2）9.79　　（3）能　　墨线 A 对应的速度不为零

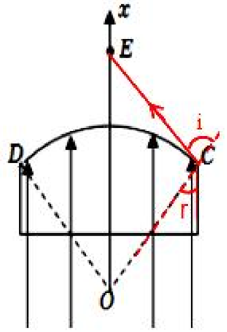
12.（10 分）（1）×1k　　　（2）V_1、　A_1

（3）如下图所示　　　（4）20.8（±0.5 均正确）



13.（10 分）

解：（1）（5 分）最外侧的光线射到 x 轴上的 E 点，光路如图所示。已知圆弧半径为 d，∠COD＝60°，OE＝$\sqrt{3}$d，



由几何关系得 r＝30°，∠OCE＝120°，则 i＝60°，

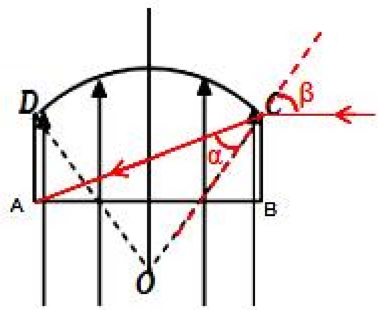
根据折射定律得

$$n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ}=\sqrt{3};$$

（2）（5 分）房间里的人通过移动位置刚好能看到门外全部的景象，则沿平行门方向射向 C 处的光线能够折射经过 A 点即可。光路如图所示。

由几何关系知：β＝60°，根据光的折射定律有可得

$$n=\frac{\sin\beta}{\sin\alpha},$$



解得：α＝30°，

由几何关系知：∠CAB＝30°，AB＝d，则门的厚度

$$BC=AB\tan 30^\circ=\frac{\sqrt{3}}{3}d。$$

14.　（12 分）

解：（1）（4 分）若物块在 C 点恰好不脱轨，则

$$mg=m\frac{v_C^2}{R}$$

$$v_C=\sqrt{gR}$$

从 C 点到 D 点，由动能定理得：$mgR=\frac{1}{2}mv_D^2-\frac{1}{2}mv_C^2$

D 点轨道对物块的弹力：

$$F_{\mathrm{N}}=m\frac{v_D^2}{R}$$

解得：$F_N=12\mathrm{N}$

由牛顿第三定律得，物块到达半圆轨道最左端 D 点时对轨道的压力

$$F_N{}'=12\mathrm{N}$$

方向水平向左

（2）（4 分）若物块从出发至 C 点一直加速，由牛顿第二定律得

$$\mu_1 mg=ma_1$$

得：$a_1=\mu_1 g=7.5\mathrm{m/s^2}$

到达 C 点的最大速度 $v_{C\max}$，则

$$v^2_{C\max}=2\mu_1 gL_1$$

得：$v_{C\max}=\sqrt{30}\mathrm{m/s}$

故从 C 点的速度范围为：$2\mathrm{m/s}\le v_C\le\sqrt{30}\mathrm{m/s}$

从 C 点到最终停下来，在水平粗糙地面 EF 通过的路程为S，由动能定理得

$$mg\cdot 2R-\mu_2 mg\cdot S=0-\frac{1}{2}mv_C^2$$

可得：$\frac{5}{4}\mathrm{m}\le S\le\frac{23}{8}\mathrm{m}$

物块最终可能在 EF 上停留的区域长度：$d=\frac{23}{8}\mathrm{m}-\frac{15}{8}\mathrm{m}=1\mathrm{m}$

（3）（4 分）由动能定理：$mg\cdot 2R-\mu_2 mgL_2=\frac{1}{2}mv_F^2-\frac{1}{2}mv_C^2$

可得：$v_F=4\mathrm{m/s}$

物块在 A 上滑行时，推动 A、B 一起运动，设物块到达 A 末端时 A、B 的速度为 v_{A}，由动量守恒和能量守恒得：$mv_F=mv_1+2Mv_{\mathrm{A}}$

$$\mu_3 mgL_3=\frac{1}{2}mv_F^2-\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}\cdot 2Mv_{\mathrm{A}}^2$$

可得：$v_1 = 3\text{m/s}$ ， $v_A = 1\text{m/s}$

此后物块在 B 上滑行时，推动 B 继续加速，设物块与 B 共速时的速度为 v_B，物块与 B 的相对位移为 ΔL，由动量守恒和能量守恒得：

$$mv_1 + Mv_A = (m+M)v_B$$

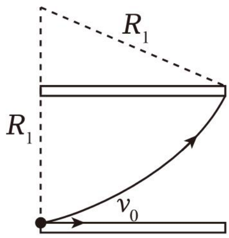
$$\mu_3 mg\cdot\Delta L = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_A^2 - \frac{1}{2}(m+M)v_B^2$$

可得：$\Delta L = \frac{4}{9}\text{m}$

物块在摆渡车上滑行时产生的热量：$Q = \mu_3 mg(L_3 + \Delta L) = \frac{22}{15}\text{J}$

15. （16 分）

解：（1）（6 分）当电压 U＝0 时，恰好没有粒子进入磁场 II，则从下极板边缘进入的粒子恰好打到上极板右边缘，如图所示



根据几何关系有 $R_1^2 = (\sqrt{3}d)^2 + (R_1 - d)^2$

解得 $R_1 = 2d$

粒子在磁场中做匀速圆周运动 $qv_0B_1 = m\frac{v_0^2}{R_1}$

解得 $v_0 = \frac{2qdB_1}{m}$

若要使所有的粒子都进入磁场 II，则粒子必定在极板间做匀速直线运动，则有 $qv_0B_1 = \frac{U_0}{d}q$

解得 $U_0 = \frac{2qB_1^2d^2}{m}$

（2）（4 分）对于恰好做类平抛到达下极板右边缘的粒子有

$\sqrt{3}d = v_0t_1$

$y_1 = \frac{1}{2}\cdot\frac{kU_0q}{md}\cdot t_1^2$

进入磁场 II 的带电粒子数目占总带电粒子数目的比例至少为 $\eta = \frac{d-y_1}{d}$

解得 $\eta = 1 - \frac{3}{4}k$

（3）（6 分）带电粒子在极板间的运动可以近似看成类平抛运动，则粒子射出偏转电场时

的速度偏转角的余弦值为$\cos\theta=\frac{v_0}{v}$

粒子在偏转磁场中有$qvB_2=m\frac{v^2}{R_2}$

粒子在磁场中运动沿 x 轴正方向上移动的距离$\Delta x=2R_2\cos\theta$

解得$\Delta x=\frac{2mv_0}{qB_2}$

可见，此值与偏转电压无关，则射出的粒子能够全部被吞噬的条件是$d\leqslant\Delta x\leqslant 2d$

解得$2B_1\leqslant B_2\leqslant 4B_1$

当偏转磁场的磁感应强度取最大值$4B_1$时，吞噬板上时间 T 内接受到的最大数密度为$\lambda_0=\frac{NT}{2d}$

由于电压与时间是线性关系，而在电磁场中的偏转距离和电压也是线性关系，所以数密度和 x 轴的关系也是线性关系

当$0\leqslant x\leqslant\frac{3}{4}kd$时，有$\lambda=\frac{x}{\frac{3kd}{4}}\cdot\frac{\lambda_0}{2}+\frac{\lambda_0}{2}=\frac{xNT}{3kd^2}+\frac{NT}{4d}$

当$\frac{3}{4}kd<x\leqslant\left(1-\frac{3}{4}k\right)d$时，有$\lambda=\lambda_0=\frac{NT}{2d}$

当$\left(1-\frac{3}{4}k\right)d<x\leqslant d$时，有$\lambda=\frac{(d-x)}{\frac{3kd}{4}}\cdot\frac{\lambda_0}{2}+\frac{\lambda_0}{2}=\frac{(d-x)NT}{3kd^2}+\frac{NT}{4d}$

当$d<x\leqslant 2d$时，有$\lambda=0$