2016 年四川理综

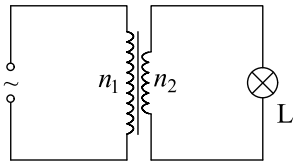
1. 韩晓鹏是我国首位在冬奥会雪上项目夺冠的运动员。他在一次自由式滑雪空中技巧比赛中沿“助滑区”保持同一姿态下滑了一段距离，重力对他做功 1900 J，他克服阻力做功 100 J。韩晓鹏在此过程中（C）

A. 动能增加了 1900 J　　B. 动能增加了 2000 J

C. 重力势能减小了 1900 J　　D. 重力势能减小了 2000 J

> 运动员在运动过程中受到重力和阻力的作用，合力做的功等于动能的增加量，故动能增加了 $\Delta E_k = 1900\,\mathrm{J} - 100\,\mathrm{J} = 1800\,\mathrm{J}$，故 A、B 错误；重力做多少正功，重力势能就减小多少，故重力势能减小了 1900 J，故 C 正确，D 错误。

2. 如图所示，接在家庭电路上的理想降压变压器给小灯泡 L 供电，如果将原、副线圈减少相同匝数，其它条件不变，则（B）



A. 小灯泡变亮　　B. 小灯泡变暗

C. 原、副线圈两端电压的比值不变　　D. 通过原、副线圈电流的比值不变

> 根据变压器电压与匝数关系，$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$，因为是降压变压器，则 $n_1 > n_2$，则当原、副线圈减少相同匝数时，由数学知识可知 $\frac{n_1}{n_2}$ 变大，则 U_2 减小，故灯泡变暗，选项 AC 错误，B 正确；根据 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ 可知通过原、副线圈电流的比值变小，选项 D 错误。

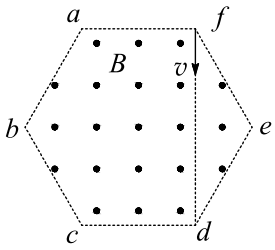
3. 国务院批复，自 2016 年起将 4 月 24 日设立为“中国航天日”。1970 年 4 月 24 日我国首次成功发射的人造卫星东方红一号，目前仍然在椭圆轨道上运行，其轨道近地点高度约为 440 km，远地点高度约为 2060 km；1984 年 4 月 8 日成功发射的东方红二号卫星运行在赤道上空 35786 km 的地球同步轨道上。设东方红一号在远地点的加速度为 a_1，东方红二号的加速度为 a_2，固定在地球赤道上的物体随地球自转的加速度为 a_3，则 a_1、a_2、a_3 的大小关系为（D）



A. $a_2 > a_1 > a_3$　　B. $a_3 > a_2 > a_1$　　C. $a_3 > a_1 > a_2$　　D. $a_1 > a_2 > a_3$

地球赤道上的物体和东方红二号同步卫星做圆周运动的周期相同，两者的角速度相同，即 $\omega_3=\omega_2$，由 $a=\omega^2R$ 得半径大的向心加速度大，即 $a_3<a_2$；东方红二号和东方红一号的远地点相比，二者都是由万有引力提供向心力，由 $\frac{GMm}{R^2}=ma$ 得 $a=\frac{GM}{R^2}$，即轨道半径越小，加速度越大，即 $a_2<a_1$，故 D 正确。

4. 如图所示，正六边形 abcdef 区域内有垂直于纸面的匀强磁场。一带正电的粒子从 f 点沿 fd 方向射入磁场区域，当速度大小为 v_b 时，从 b 点离开磁场，在磁场中运动的时间为 t_b，当速度大小为 v_c 时，从 c 点离开磁场，在磁场中运动的时间为 t_c，不计粒子重力。则 (A)

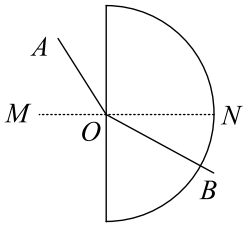


A. $v_b:v_c=1:2$，$t_b:t_c=2:1$　　B. $v_b:v_c=2:1$，$t_b:t_c=1:2$

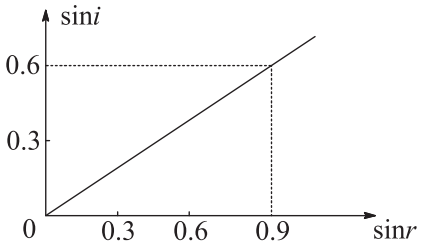
C. $v_b:v_c=2:1$，$t_b:t_c=2:1$　　D. $v_b:v_c=1:2$，$t_b:t_c=1:2$

粒子在磁场中做匀速圆周运动，设六边形的边长为 L，粒子从 f 点沿 fd 方向射入磁场，由几何关系得从 b 点离开的粒子做圆周运动轨迹的圆心在 a 点，半径 $r_1=L$，偏转的圆心角为 $\alpha=120°$；从 c 点离开的粒子做圆周运动的轨迹半径 $r_2=2L$，偏转的圆心角为 $\beta=60°$。由洛伦兹力提供向心力得 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，所以 $r=\frac{mv}{Bq}$，则 $v_b:v_c=1:2$；由 $T=\frac{2\pi r}{v}$ 得圆周运动的周期 $T=\frac{2\pi m}{qB}$，粒子在磁场中运动的时间 $t=\frac{\theta}{360°}T$，则 $t_b:t_c=2:1$，故 A 正确。

5. 某同学通过实验测定半圆形玻璃砖的折射率 n。如图 甲 所示，O 是圆心，MN 是法线，AO、BO 分别表示某次测量时光线在空气和玻璃砖中的传播路径。该同学测得多组入射角 i 和折射角 r，做出 $\sin i-\sin r$ 图像如图 乙 所示。则 (B)



图甲



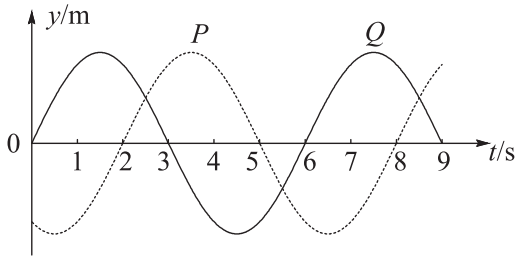
图乙

A. 光由 A 经 O 到 B，$n=1.5$　　B. 光由 B 经 O 到 A，$n=1.5$

C. 光由 A 经 O 到 B，$n=0.67$　　D. 光由 B 经 O 到 A，$n=0.67$

由图线可知 $\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{0.6}{0.9}=\frac{2}{3}=\frac{1}{n}$，可得 $n=1.5$；因 i 是入射角，r 是折射角，折射角大于入射角，故光由 B 经 O 到 A，故选 B。

6. 简谐横波在均匀介质中沿直线传播，P、Q 是传播方向上相距 10 m 的两质点，波先传到 P，当波传到 Q 开始计时，P、Q 两质点的振动图像如图所示。则 (AD)

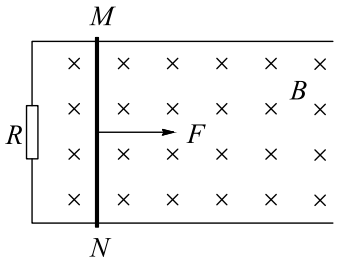


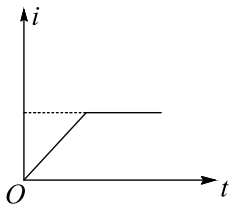
A. 质点 Q 开始振动的方向沿 y 轴正方向　　B. 该波从 P 传到 Q 的时间可能为 7 s

C. 该波的传播速度可能为 2 m/s　　D. 该波的波长可能为 6 m

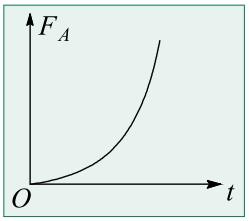
由振动图象得 $t=0$ 时质点 Q 的位移开始正向增大，故起振方向为 y 轴正方向，故 A 正确；由振动图象得质点振动的周期 $T=6\,\mathrm{s}$，质点 Q 比质点 P 振动滞后的时间为 $\Delta t=nT+4=(6n+4)\,\mathrm{s}$（$n=0,1,2,3,\ldots$），故 B 错误；波速为 $v=\frac{L_{PQ}}{\Delta t}=\frac{10}{6n+4}\,\mathrm{m/s}$（$n=0,1,2,3,\ldots$），波速不可能为 2 m/s，故 C 错误；波长满足 $\lambda=vT=\frac{60}{6n+4}\,\mathrm{m}$（$n=0,1,2,3,\ldots$），波长可能为 6 m，故 D 正确。

7. 如图所示，电阻不计、间距为 l 的光滑平行金属导轨水平放置于磁感应强度为 B、方向竖直向下的匀强磁场中，导轨左端接一定值电阻 R。质量为 m、电阻为 r 的金属棒 MN 置于导轨上，受到垂直于金属棒的水平外力 F 的作用由静止开始运动，外力 F 与金属棒速度 v 的关系是 $F=F_0+kv$（F_0、k 是常量），金属棒与导轨始终垂直且接触良好。金属棒中感应电流为 i，受到的安培力大小为 F_A，电阻 R 两端的电压为 U_R，感应电流的功率为 P，它们随时间 t 变化图像可能正确的有 (BC)

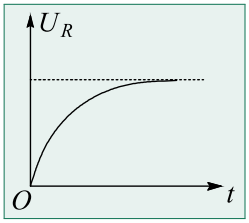




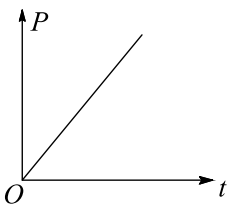
A.



B.



C.



D.

根据牛顿定理可知，某时刻金属棒的加速度为 $a=\frac{F-F_A}{m}=\frac{F_0+kv-\frac{B^2L^2v}{R+r}}{m}$。

若 $k>\frac{B^2L^2}{R+r}$，则金属棒做加速度增加的加速运动，其 $v-t$ 图象如图 1 所示；导体的电流 $I=\frac{BLv}{R+r}$ 可知 I 与 v 成正比，则 $I-t$ 图线应该与 $v-t$ 图线形状相同。根据 $F_A=\frac{B^2L^2v}{R+r}$ 可知，F_A 与 v 成正比，则 F_A-t 图线应该和 $v-t$ 图线形状相同，选项 B 正确。

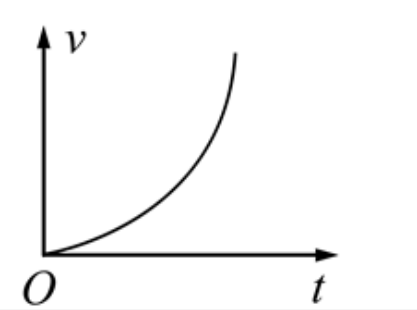


图 1

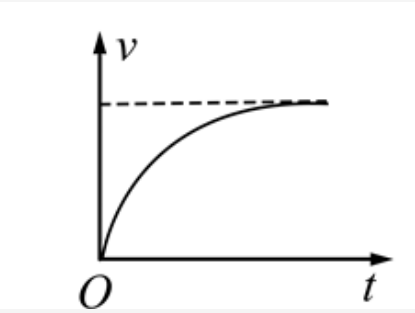


图 2

根据 $P=\frac{E^2}{R+r}=\frac{B^2L^2v^2}{R+r}$ 可知 P 与 v^2 成正比，则 $P-t$ 图线不应该是直线，选项 D 错误。

同理，若 $k<\frac{B^2L^2}{R+r}$，金属棒做加速度减小的加速运动，其 $v-t$ 图像如图 2 所示，$I-t$ 图线应该和 $v-t$ 图线形状相同；若 $k=\frac{B^2L^2}{R+r}$，金属棒做匀加速直线运动，$I-t$ 为过原点的倾斜直线，不会保持不变。选项 A 错误。

根据 $U_R=\frac{BLvR}{R+r}$ 可知 U_R 与 v 成正比，则 U_R-t 图线应该和 $v-t$ 图线形状相同，选项 C 正确。

此题的正确选项为 BC。

8. Ⅰ.（6 分）用如图所示的装置测量弹簧的弹性势能。将弹簧放置在水平气垫导轨上，左端固定，右端在 O 点；在 O 点右侧的 B、C 位置各安装一个光电门，计时器（图中未画出）与两个光电门相连。先用米尺测得 B、C 两点间距离 s，再用带有遮光片的滑块压缩弹簧到某位置 A，静止释放，计时器显示遮光片从 B 到 C 所用的时间 t，用米尺测量 A、O 之间的距离 x。

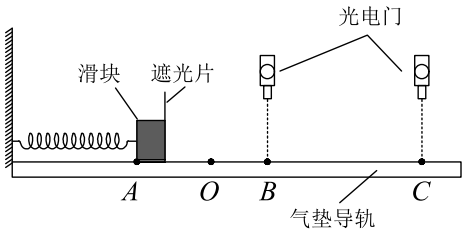
(1) 计算滑块离开弹簧时速度大小的表达式是 $v=\frac{s}{t}$。

(2) 为求出弹簧的弹性势能，还需要测量 C。

A．弹簧原长　B．当地重力加速度　C．滑块（含遮光片）的质量

(3) 增大 A、O 之间的距离 x，计时器显示时间 t 将 B。

A．增大　B．减小　C．不变



Ⅱ．（11 分）用如图所示电路测量电源的电动势和内阻。实验器材：待测电源（电动势约 3 V，内阻约 2 Ω），保护电阻 R_1（阻值 10 Ω）和 R_2（阻值 5 Ω），滑动变阻器 R，电流表 A，电压表 V，开关 S，导线若干。

实验主要步骤：

① 将滑动变阻器接入电路的阻值调到最大，闭合开关；

② 逐渐减小滑动变阻器接入电路的阻值，记下电压表的示数 U 和相应电流表的示数 I；

③ 以 U 为纵坐标，I 为横坐标，作 $U-I$ 图线（U、I 都用国际单位）；

④ 求出 $U-I$ 图线斜率的绝对值 k 和在横轴上的截距 a。

回答下列问题：

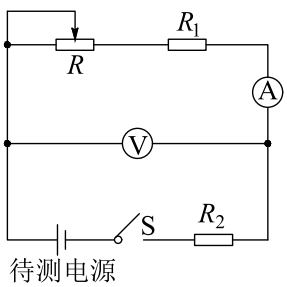
(1) 电压表最好选用 A；电流表最好选用 C。

A．电压表（0 ～ 3 V，内阻约 15 kΩ）　B．电压表（0 ～ 3 V，内阻约 3 kΩ）C．电流表（0 ～ 200 mA，内阻约 2 Ω）　D．电流表（0 ～ 30 mA，内阻约 2 Ω）

(2) 滑动变阻器的滑片从左向右滑动，发现电压表示数增大。两导线与滑动变阻器接线柱连接情况是 C。

A．两导线接在滑动变阻器电阻丝两端接线柱 B．两导线接在滑动变阻器金属杆两端接线柱 C．一条导线接在滑动变阻器金属杆左端接线柱，另一条导线接在电阻丝左端的接线柱 D．一条导线接在滑动变阻器金属杆右端接线柱，另一条导线接在电阻丝右端的接线柱

(3) 选用 k、a、R_1 和 R_2 表示待测电源的电动势 E 和内阻 r 的表达式 $E=ka$，$r=k-R_2$，代入数值可得 E 和 r 的测量值。



(1) Ⅰ．（1）$v=\frac{s}{t}$；（2）C；（3）B。 (2) Ⅱ．（1）A、C；（2）C；（3）ka；$k-R_2$。

Ⅰ.（1）滑块离开弹簧后做匀速直线运动，滑块运动到 O 点离开弹簧，在 O、B、C 之间做匀速直线运动，则滑块离开弹簧时速度为 $v=\frac{s}{t}$。

（2）弹簧的弹性势能转化为滑块的动能，即 $E_p=\frac{1}{2}mv^2=\frac{ms^2}{2t^2}$，为求出弹簧的弹性势能，还需要测量滑块（含遮光片）的质量，故 C 正确。

（3）增大 A、O 之间的距离 x，弹簧的弹性势能增大，滑块获得的动能增大，速度增大，计时器显示时间 $t=\frac{s}{v}$ 将减小，故 B 正确。

Ⅱ.（1）电压表的内阻越大，越接近理想电压表，实验时误差就越小，故电压表选（$0\sim3\,\mathrm{V}$，内阻约 $15\,\mathrm{k\Omega}$）；通过电源的最大电流约为 $I=\frac{E}{R_1+R_2+r}=\frac{3}{10+5+2}\,\mathrm{A}\approx0.18\,\mathrm{A}=180\,\mathrm{mA}$，故电流表选 C。

（2）两导线接在滑动变阻器电阻丝两端接线柱，电压表读数不变，故 A 错误；两导线接在滑动变阻器金属杆两端接线柱，滑动变阻器的电阻为零，移动滑片电压表读数不变，故 B 错误；一条导线接在滑动变阻器金属杆左端接线柱，另一条导线接在电阻丝左端接线柱，变阻器的滑片从左向右滑动，连入电路的总电阻增大，总电流 I 减小，电源内阻不变，由 $U=E-I(r+R_2)$ 可知电压表示数增大，故 C 正确，D 错误。

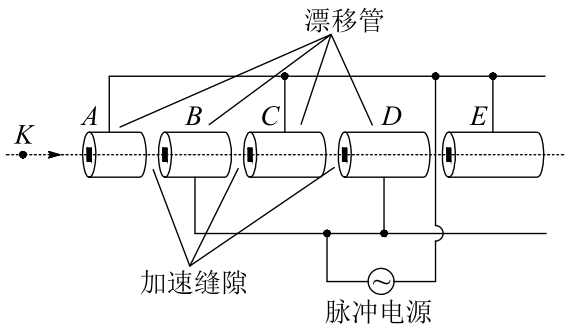
（3）因 $U=E-I(r+R_2)$，所以 $U-I$ 图线斜率的绝对值 $k=r+R_2$，横轴上的截距 $a=\frac{E}{r+R_2}$，解得电源内阻 $r=k-R_2$，电动势 $E=ak$。

9. 中国科学院 2015 年 10 月宣布中国将在 2020 年开始建造世界上最大的粒子加速器。加速器是人类揭示物质本源的关键设备，在放射治疗、食品安全、材料科学等方面有广泛应用。

如图所示，某直线加速器由沿轴线分布的一系列金属圆管（漂移管）组成，相邻漂移管分别接在高频脉冲电源的两极。质子从 K 点沿轴线进入加速器并依次向右穿过各漂移管，在漂移管内做匀速直线运动，在漂移管间被电场加速，加速电压视为不变。设质子进入漂移管 B 时速度为 $8\times10^6\,\mathrm{m/s}$，进入漂移管 E 时速度为 $1\times10^7\,\mathrm{m/s}$，电源频率为 $1\times10^7\,\mathrm{Hz}$，漂移管间缝隙很小，质子在每个管内运动时间视为电源周期的 $\frac{1}{2}$。质子的荷质比取 $1\times10^8\,\mathrm{C/kg}$。求：

(1) 漂移管 B 的长度；

(2) 相邻漂移管间的加速电压。



(1) 0.4 m　(2) 6×10^4 V

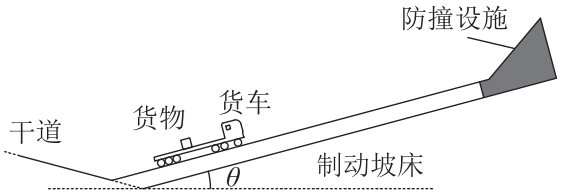
（1）设质子进入漂移管 B 的速度为 v_B，电源频率、周期分别为 f、T，漂移管 B 的长度为 L，则 $T=\frac{1}{f}$ ①，$L=v_B\cdot\frac{T}{2}$ ②，联立①②式并代入数据得 $L=0.4\,\mathrm{m}$ ③。

设质子进入漂移管 E 的速度为 v_E，相邻漂移管间的加速电压为 U，电场对质子所做的功为 W，质子从漂移管 B 运动到 E 电场力做功 W'，质子的电荷量为 q、质量为 m，则 $W=qU$ ④，$W'=3W$ ⑤，$W'=\frac{1}{2}mv_E^2-\frac{1}{2}mv_B^2$ ⑥，联立④⑤⑥式并代入数据得 $U=6\times10^4\,\mathrm{V}$ ⑦。

10. 避险车道是避免恶性交通事故的重要设施，由制动坡床和防撞设施等组成，如图竖直平面内，制动坡床视为与水平面夹角为 θ 的斜面。一辆长 12 m 的载有货物的货车因刹车失灵从干道驶入制动坡床，当车速为 23 m/s 时，车尾位于制动坡床的底端，货物开始在车厢内向车头滑动，当货物在车厢内滑动了 4 m 时，车头距制动坡床顶端 38 m，再过一段时间，货车停止。已知货车质量是货物质量的 4 倍，货物与车厢间的动摩擦因数为 0.4；货车在制动坡床上运动受到的坡床阻力大小为货车和货物总重的 0.44 倍。货物与货车分别视为小滑块和平板，取 $\cos\theta=1$，$\sin\theta=0.1$，$g=10\,\mathrm{m/s^2}$。求：

(1) 货物在车厢内滑动时加速度的大小和方向；

(2) 制动坡床的长度。



(1) 5 m/s^2，方向沿斜面向下　(2) 98 m

（1）设货物的质量为 m，货物在车厢内滑动过程中，货物与车厢间的动摩擦因数 $\mu=0.4$，受摩擦力大小为 f，加速度大小为 a_1，则 $f+mg\sin\theta=ma_1$ ①，$f=\mu mg\cos\theta$ ②，联立①②式并代入数据得 $a_1=5\,\mathrm{m/s^2}$ ③，a_1 的方向沿制动坡床向下。

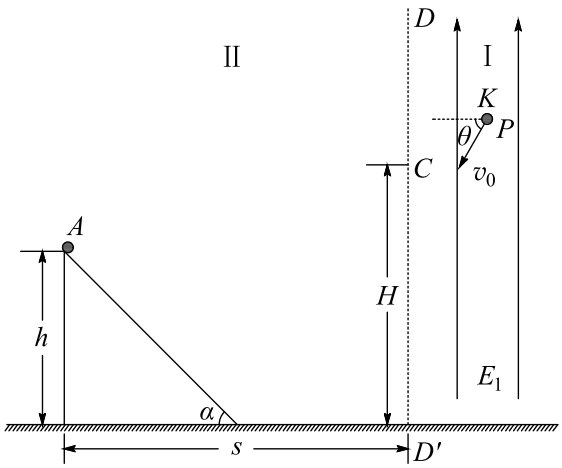
（2）设货车的质量为 M，车尾位于制动坡床底端时的车速为 $v=23\,\mathrm{m/s}$，货物在车厢内开始滑动到车头距制动坡床顶端 $s_0=38\,\mathrm{m}$ 的过程中，用时为 t，货物相对制动坡床的运动距离为 s_1，在车厢内滑动的距离 $s=4\,\mathrm{m}$，货车的加速度大小为 a_2，货车相对制动坡床的运动距离为 s_2，货车受到制动坡床的阻力大小为 F，F 是货车和货物总重的 k 倍，$k=0.44$，货车长度 $l_0=12\,\mathrm{m}$，制动坡床的长度为 l，则 $Mg\sin\theta+F-f=Ma_2$ ④，$F=k(m+M)g$ ⑤，$s_1=vt-\frac{1}{2}a_1t^2$ ⑥，$s_2=vt-\frac{1}{2}a_2t^2$ ⑦，$s=s_1-s_2$ ⑧，$l=l_0+s_0+s_2$ ⑨，联立①②④～⑨并代入数据得 $l=98\,\mathrm{m}$ ⑩。

11. 如图所示，图面内有竖直线 DD'，过 DD' 且垂直于图面的平面将空间分成 I 、II 两区域。区域 I 有方向竖直向上的匀强电场和方向垂直图面的匀强磁场 B（图中未画出）；区域 II 有固定在水平面上高 $h=2l$、倾角 $\alpha=\frac{\pi}{4}$ 的光滑绝缘斜面，斜面顶端与直线 DD' 距离 $s=4l$，区域 II 可加竖直方向的大小不同的匀强电场（图中未画出）；C 点在 DD' 上，距地面高 $H=3l$。零时刻，质量为 m、带电量为 q 的小球 P 在 K 点具有大小 $v_0=\sqrt{gl}$、方向与水平面夹角 $\theta=\frac{\pi}{3}$ 的速度。在区域 I 内做半径 $r=\frac{3l}{\pi}$ 的匀速圆周运动，经 C 点水平进入区域 II。某时刻，不带电的绝缘小球 A 由斜面顶端静止释放，在某处与刚运动到斜面的小球 P 相遇。小球视为质点，不计空气阻力及小球 P 所带电量对空间电磁场的影响。l 已知，g 为重力加速度。

(1) 求匀强磁场的磁感应强度 B 的大小；

(2) 若小球 A、P 在斜面底端相遇，求释放小球 A 的时刻 t_A；

(3) 若小球 A、P 在时刻 $t=\beta\sqrt{\frac{l}{g}}$（$\beta$ 为常数）相遇于斜面某处，求此情况下区域 II 的匀强电场的场强 E，并讨论场强 E 的极大值和极小值及相应的方向。



(1) $B=\frac{\pi m}{3q}\sqrt{\frac{g}{l}}$；(2) $t_A=(3-2\sqrt{2})\sqrt{\frac{l}{g}}$ (3) 场强极小值为 $E_{min}=0$；场强极大值为 $E_{max}=\frac{7mg}{8q}$，方向竖直向上。

（1）由题知，小球 P 在区域 I 内做匀速圆周运动，有 $qv_0B=m\frac{v_0^2}{r}$ ①，代入数据解得 $B=\frac{m\pi}{3lq}\sqrt{gl}$ ②。

（2）小球 P 在区域 I 做匀速圆周运动转过的圆心角为 θ，运动到 C 点的时刻为 t_C，到达斜面底端时刻为 t_1，有 $t_C=\frac{\theta r}{v_0}$，解得 $t_C=\sqrt{\frac{l}{g}}$ ③，$s-h\cot\alpha=v_0(t_1-t_C)$ ④。小球 A 释放后沿斜面运动加速度为 a_A，与小球 P 在时刻 t_1 相遇于斜面底端，有 $mg\sin\alpha=ma_A$ ⑤，$\frac{h}{\sin\alpha}=\frac{1}{2}a_A(t_1-t_A)^2$ ⑥，联立以上方程解得 $t_A=(3-2\sqrt{2})\sqrt{\frac{l}{g}}$ ⑦。

（3）设所求电场方向向下，在 t'_A 时刻释放小球 A，小球 P 在区域 II 运动的加速度为 a_P，

有 $s=v_0(t-t_C)+\frac{1}{2}a_A(t_1-t'_A)^2\cos\alpha$ ⑧，$mg+qE=ma_P$ ⑨，$H-h+\frac{1}{2}a_A(t_1-t'_A)^2\sin\alpha=\frac{1}{2}a_P(t-t_C)^2$ ⑩，联立相关方程解得 $E=\frac{(11-\beta^2)mg}{q(\beta-1)^2}$ ⑪。

对小球 P 的所有运动情形讨论：若相遇点在 A 点，则小球在区域Ⅱ运动的时间为 $t_{II}=\frac{s}{v_0}=4\sqrt{\frac{l}{g}}$，则相遇的时刻为 $t=t_C+t_{II}=5\sqrt{\frac{l}{g}}$；若相遇点在斜面底端，则小球在区域Ⅱ运动的时间为 $t'_{II}=\frac{s-2l}{v_0}=2\sqrt{\frac{l}{g}}$，则相遇的时刻为 $t=t_C+t'_{II}=3\sqrt{\frac{l}{g}}$；可得 $3\leqslant\beta\leqslant5$ ⑫，由此可得场强极小值为 $E_{\min}=0$；场强极大值为 $E_{\max}=\frac{7mg}{8q}$，方向竖直向上。