2013 年天津理综

1. 下列说法正确的是（C）

   A. 原子核发生衰变时要遵守电荷守恒和质量守恒的规律

   B. α 射线、β 射线、γ 射线都是高速运动的带电粒子流

   C. 氢原子从激发态向基态跃迁只能辐射特定频率的光子

   D. 发生光电效应时光电子的动能只与入射光的强度有关

   > 原子核发生衰变过程电荷数和质量数守恒，但由于核反应时要放出能量，由质能方程可知，这一过程有质量亏损，即质量不守恒，故 A 错误；α 射线的本质是氦核流，β 射线的本质是高速运动的电子流，γ 射线的本质是波长很短的电磁波，故 B 错误；由玻尔理论能级量子化可知，氢原子从激发态向基态跃迁时，辐射的光子能量等于能级差，所以只能辐射特定频率的光子，故 C 正确；由 $E = h\nu - W_{逸}$ 可知，光电子的动能与入射光的频率有关，与入射光的强度无关，故 D 错误。

2. 我国女子短道速滑队在今年世锦赛上实现女子 3000 m 接力三连冠。观察发现，“接棒”的运动员甲提前站在“交棒”的运动员乙前面，并且开始向前滑行，待乙追上甲时，乙猛推甲一把，使甲获得更大的速度向前冲出。在乙推甲的过程中，忽略运动员与冰面间在水平方向上的相互作用，则（B）

   A. 甲对乙的冲量一定等于乙对甲的冲量

   B. 甲、乙的动量变化一定大小相等方向相反

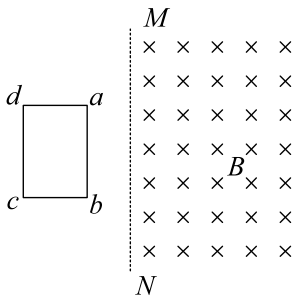
   C. 甲的动能增加量一定等于乙的动能减少量

   D. 甲对乙做多少负功，乙对甲就一定做多少正功

   > 甲、乙两运动员构成的系统受到的合外力为零，动量守恒，则甲、乙的动量变化一定大小相等方向相反，故 B 正确；冲量为矢量，由 $I = \Delta mv$ 可知，甲对乙的冲量与乙对甲的冲量等大反向，故 A 错误；甲、乙动量变化量等大，但动能变化量不一定相

> 等，故 C 错误；甲对乙做的功转化为乙动能的变化量，乙对甲做的功转化为甲动能的变化量，甲、乙动能的变化量大小不一定相等，则甲对乙做的负功和乙对甲做的正功大小不一定相等，故 D 错误。

3. 如图所示，纸面内有一矩形导体闭合线框 $abcd$，ab 边长大于 bc 边长，置于垂直纸面向里、边界为 MN 的匀强磁场外，线框两次匀速地完全进入磁场，两次速度大小相同，方向均垂直于 MN。第一次 ab 边平行 MN 进入磁场，线框上产生的热量为 Q_1，通过线框导体横截面的电荷量为 q_1；第二次 bc 边平行 MN 进入磁场。线框上产生的热量为 Q_2，通过线框导体横截面的电荷量为 q_2，则 (A)

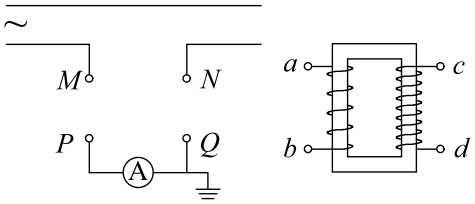


A. $Q_1 > Q_2$，$q_1 = q_2$　　B. $Q_1 > Q_2$，$q_1 > q_2$

C. $Q_1 = Q_2$，$q_1 = q_2$　　D. $Q_1 = Q_2$，$q_1 > q_2$

> 设线框的总阻值为 R，ab 长为 L_1，bc 长为 L_2，匀速运动时速度为 v。若 ab 边平行 MN 进入磁场，由法拉第电磁感应定律得 $E = BL_1v$，$I = \frac{E}{R}$，则 ab 边受到的安培力 $F = BIL_1$，联立可得 $F = \frac{B^2L_1^2v}{R}$。克服安培力做的功即为产生的热量，则 $Q_1 = FL_2 = \frac{B^2L_1^2vL_2}{R} = \frac{B^2L_1L_2v}{R}L_1$；同理可得若 bc 边平行 MN 进入磁场，则 $Q_2 = \frac{B^2L_1L_2v}{R}L_2$，可得 $Q_1 > Q_2$。线框进入磁场过程产生的感应电流 $I = \frac{\Delta\Phi}{\Delta tR}$，由 $q = I\Delta t$ 可得 $q = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{BL_1L_2}{R}$，可知两次进入磁场通过导体横截面的电荷量相同，故 A 正确。

4. 普通的交流电流表不能直接接在高压输电线路上测量电流，通常要通过电流互感器来连接，图中电流互感器 ab 一侧线圈的匝数较少，工作时电流为 I_{ab}，cd 一侧线圈的匝数较多，工作时电流为 I_{cd}，为了使电流表能正常工作，则 (B)

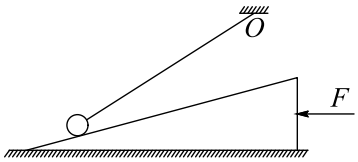


A. ab 接 MN、cd 接 PQ，$I_{ab} < I_{cd}$　　B. ab 接 MN、cd 接 PQ，$I_{ab} > I_{cd}$

C. ab 接 PQ、cd 接 MN，$I_{ab} < I_{cd}$　　D. ab 接 PQ、cd 接 MN，$I_{ab} > I_{cd}$

> 由于输电线路上的电流很大，不能直接测量，应用变压器变流原理 $\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$ 可知，原线圈一侧线圈匝数应较少，副线圈一侧即测量端匝数应较多，由此可知 ab 接 MN、cd 接 PQ；原线圈电流大于副线圈电流，即 $I_{ab}>I_{cd}$，故 B 正确。

5. 如图所示，小球用细绳系住，绳的另一端固定于 O 点。现用水平力 F 缓慢推动斜面体，小球在斜面上无摩擦地滑动，细绳始终处于直线状态，当小球升到接近斜面顶端时细绳接近水平，此过程中斜面对小球的支持力 F_N 以及绳对小球的拉力 F_T 的变化情况是 (D)

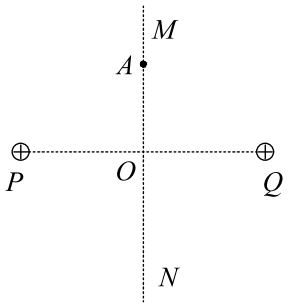


A. F_N 保持不变，F_T 不断增大　　B. F_N 不断增大，F_T 不断减小

C. F_N 保持不变，F_T 先增大后减小　　D. F_N 不断增大，F_T 先减小后增大

> 小球受重力 G、细绳的拉力 F_T 及斜面的支持力 F_N 三个力作用而平衡，构成一个首尾相接的三角形。随着斜面体的滑动，细绳拉力的方向逐渐向下转动，可知 F_N 不断增大，F_T 先减小后增大，故 D 正确。

6. 两个带等量正电的点电荷，固定在图中 P、Q 两点，MN 为 PQ 连线的中垂线，交 PQ 于 O 点，A 点为 MN 上的一点。一带负电的试探电荷 q，从 A 点由静止释放，只在静电力作用下运动。取无限远处的电势为零，则 (BC)



A. q 由 A 向 O 的运动是匀加速直线运动

B. q 由 A 向 O 运动的过程电势能逐渐减小

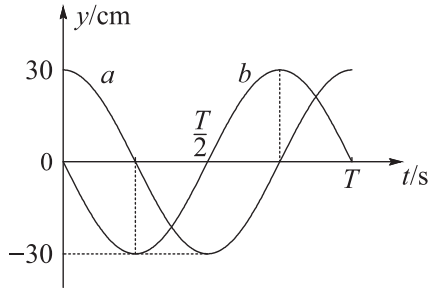
C. q 运动到 O 点时的动能最大

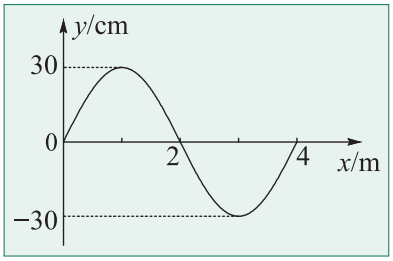
D. q 运动到 O 点时电势能为零

> P、Q 两点在 O 点的合场强为零，在线段 OA 上电场线方向由 $O\to A$，又射线 OA 上无穷远处场强为零，所以沿 OA 方向电场强度先增大后减小，q 由 A 向 O 的运动不是匀加速直线运动，故 A 错误；q 带负电，从 $A\to O$ 逆着电场线方向运动，电场

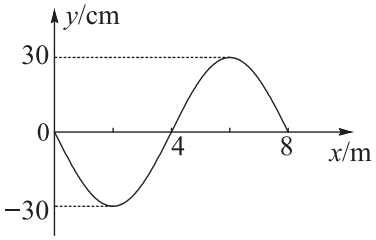
力对 q 做正功，电势能逐渐减小，动能始终在增大，在 O 点 q 具有最大动能，故 BC 正确；从 O 点沿 OA 方向运动，q 克服电场力做功，电势能增大，q 在无穷远处电势能为零，则其在 O 点电势能小于零，故 D 错误。

7. 一列简谐横波沿直线传播，该直线上平衡位置相距 9 m 的 a、b 两质点的振动图象如右图所示。下列描述该波的图象可能正确的是（AC）

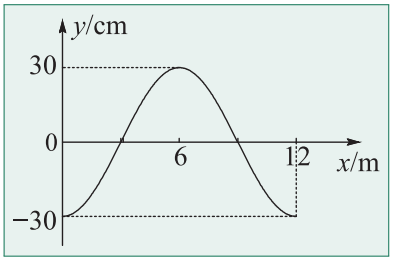




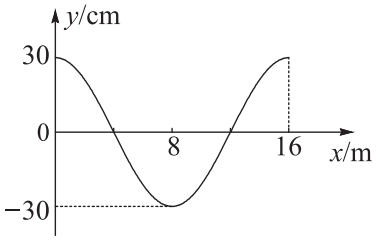
A.



B.



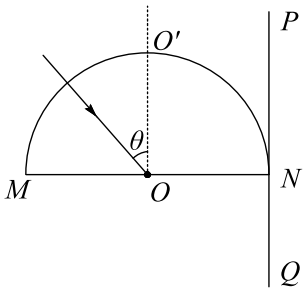
C.



D.

若波的传播方向由 a 到 b，则 b 比 a 滞后 $\left(n+\frac{3}{4}\right)T$，则 $\left(n+\frac{3}{4}\right)\lambda=9\,\mathrm{m}$，当 $n=0$ 时 $\lambda=12\,\mathrm{m}$，当 $n=1$ 时 $\lambda=\frac{36}{7}\,\mathrm{m}$，当 $n=2$ 时 $\lambda=\frac{36}{11}\,\mathrm{m}$，故 C 正确；若波的传播方向由 b 到 a，则 a 比 b 滞后 $\left(n+\frac{1}{4}\right)T$，则 $\left(n+\frac{1}{4}\right)\lambda=9\,\mathrm{m}$，当 $n=0$ 时 $\lambda=36\,\mathrm{m}$，当 $n=1$ 时 $\lambda=\frac{36}{5}\,\mathrm{m}$，当 $n=2$ 时 $\lambda=4\,\mathrm{m}$，故 A 正确。

8. 固定的半圆形玻璃砖的横截面如图，O 点为圆心，OO' 为直径 MN 的垂线。足够大的光屏 PQ 紧靠玻璃砖右侧且垂直于 MN，由 A、B 两种单色光组成的一束光沿半径方向射向 O 点，入射光线与 OO' 夹角 θ 较小时，光屏 NQ 区域出现两个光斑，逐渐增大 θ 角，当 $\theta=\alpha$ 时，光屏 NQ 区域 A 光的光斑消失，继续增大 θ 角，当 $\theta=\beta$ 时，光屏 NQ 区域 B 光的光斑消失，则（AD）



A. 玻璃砖对 A 光的折射率比对 B 光的大

B. A 光在玻璃砖中传播速度比 B 光的大

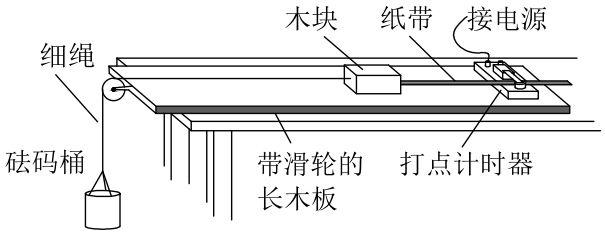
C. $\alpha<\theta<\beta$ 时，光屏上只有 1 个光斑

D. $\beta<\theta<\pi/2$ 时，光屏上只有 1 个光斑

> 当 $\theta=\alpha$ 时 NQ 区域 A 光的光斑消失，说明 A 光此时在 MN 界面上发生全反射，而此时 B 光没有发生全反射，由 $\sin C=\frac{1}{n}$ 知玻璃砖对 A 光的折射率比对 B 光的大，由 $v=\frac{c}{n}$ 知，A 光在玻璃砖中的传播速度比 B 光的小，故 A 正确，B 错误；当 $\alpha<\theta<\beta$ 时，A 光发生全反射，B 光能折射出 MN 界面在 NQ 上有光斑，而 NP 区域始终有一个由于反射形成的光斑，所以此时光屏上有两个光斑，故 C 错误；当 $\beta<\theta<\frac{\pi}{2}$ 时，A、B 两光线都在 MN 界面上发生全反射，所以只在 NP 区域有一个由于反射而形成的光斑，故 D 正确。

9. (1) “嫦娥一号”和“嫦娥二号”卫星相继完成了对月球的环月飞行，标志着我国探月工程的第一阶段已经完成。设“嫦娥二号”卫星环绕月球的运动为匀速圆周运动，它距月球表面的高度为 h，已知月球的质量为 M、半径为 R，引力常量为 G，则卫星绕月球运动的向心加速度 $a=\frac{GM}{(R+h)^2}$，线速度 $v=\sqrt{\frac{GM}{R+h}}$。

(2) 某实验小组利用图示的装置探究加速度与力、质量的关系。



i. 下列做法正确的是 AD（填字母代号）

（A）调节滑轮的高度，使牵引木块的细绳与长木板保持平行

（B）在调节木板倾斜度平衡木块受到的滑动摩擦力时，将装有砝码的砝码桶通过定滑轮拴在木块上

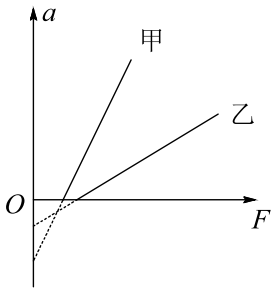
（C）实验时，先放开木块再接通打点计时器的电源

（D）通过增减木块上的砝码改变质量时，不需要重新调节木板倾斜度

ii. 为使砝码桶及桶内砝码的总重力在数值上近似等于木块运动时受到的拉力，应满足的条件是砝码桶及桶内砝码的总质量远小于木块和木块上砝码的总质量

（填远大于，远小于，或近似于）。

iii. 甲、乙两同学在同一实验室，各取一套图示的装置放在水平桌面上，木块上均不放砝码，在没有平衡摩擦力的情况下，研究加速度 a 与拉力 F 的关系，分别得到图中甲、乙两条直线。设甲、乙用的木块质量分别为 $m_{甲}$、$m_{乙}$，甲、乙用的木块与木板间的动摩擦因数分别为 $\mu_{甲}$、$\mu_{乙}$，由图可知，$m_{甲}$小于$m_{乙}$，$\mu_{甲}$大于$\mu_{乙}$（填“大于”、“小于”或“等于”）。



(3) 要测绘一个标有“3 V 0.6 W”小灯泡的伏安特性曲线，灯泡两端的电压需要由零逐渐增加到 3 V，并便于操作。已选用的器材有：

电池组（电动势为 4.5 V，内阻约 1 Ω）；

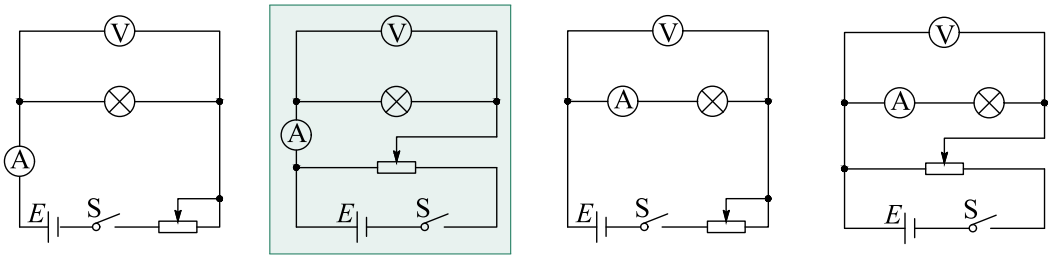
电流表（量程为 0 ～ 250 mA，内阻约 5 Ω）；

电压表（量程为 0 ～ 3 V，内阻约 3 kΩ）；

电键一个、导线若干。

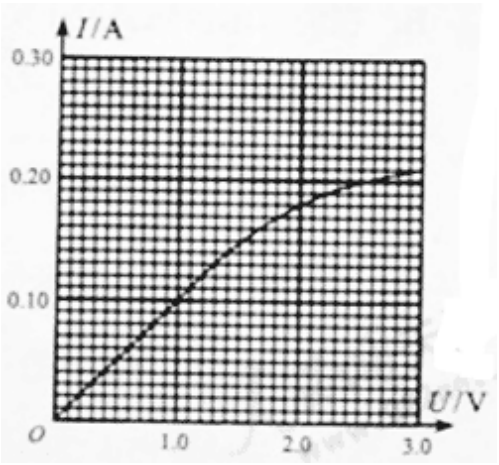
i. 实验中所用的滑动变阻器应选下列中的 A（填字母代号）。
（A）滑动变阻器（最大阻值 20 Ω，额定电流 1 A）
（B）滑动变阻器（最大阻值 1750 Ω，额定电流 0.3 A）

ii. 实验的电路图应选用下列的图 B（填字母代号）。



A. B. C. D.

iii. 实验得到小灯泡的伏安特性曲线如图所示。如果将这个小灯泡接到电动势为 1.5 V，内阻为 5 Ω 的电源两端，小灯泡消耗的功率是 0.1 W。



(1) $a=\frac{GM}{(R+h)^2}$，$v=\sqrt{\frac{GM}{R+h}}$　(2) ① AD；②远小于；③小于，大于　(3) ① A；② B；③ 0.1 W

（1）万有引力提供卫星做圆周运动所需要的向心力，有 $\frac{GMm}{(R+h)^2}=ma$，可得 $a=\frac{GM}{(R+h)^2}$；又 $\frac{GMm}{(R+h)^2}=m\frac{v^2}{R+h}$，整理可得 $v=\sqrt{\frac{GM}{R+h}}$。

（2）①砝码桶及桶内砝码的重力作为木块受到的合外力，所以应保证细线与长木板保持平行，故 A 正确；平衡摩擦力，是木块重力沿斜面方向的分力与滑动摩擦力平衡，此过程不能悬挂砝码桶和砝码，故 B 错误；应先接通打点计时器再释放木块，故 C 错误；平衡摩擦力即 $mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$，变形可得 $\mu=\tan\theta$，即增减木块上砝码的质量不需要再重新调节木板的倾斜度，故 D 正确。

②由于砝码桶及桶内砝码并非做匀速直线运动，所以砝码桶及桶内砝码的重力不等于细线的拉力，若要把砝码桶及桶内砝码的重力作为木块受到的合外力，须保证砝码桶及桶内砝码的总质量远小于木块和木块上砝码的质量。

③由牛顿第二定律可得 $F-\mu mg=ma$，整理可得 $a=\frac{1}{m}F-\mu g$，$a-F$ 图线的斜率越大木块的质量越小，可得 $m_{甲}<m_{乙}$；图线的纵轴截距越大，动摩擦因数越大，则 $\mu_{甲}>\mu_{乙}$。

（3）①描绘小灯泡伏安特性曲线，要求灯泡两端电压由零开始增加，故用分压式接法。滑动变阻器选择阻值小的便于调节，故 A 正确。

②小灯泡电阻 $R=\frac{U^2}{P}=15\,\Omega$，因为 $R_L^2<R_AR_V$，此为小电阻，用电流表外接法。又结合分压式接法，则原理图为 B。

③在题中 $I-U$ 图象上作出电动势为 1.5 V、内阻为 5 Ω 的电源的电流随路端电压变化的图线，与小灯泡的特性曲线交于一点。由图知，交点约为 $U=1\,\mathrm{V}$、$I=0.1\,\mathrm{A}$，由 $P=UI$ 得 $P=0.1\,\mathrm{W}$。

10. 质量为 $m=4\,\mathrm{kg}$ 的小物块静止于水平地面上的 A 点，现用 $F=10\,\mathrm{N}$ 的水平恒力拉动

物块一段时间后撤去，物块继续滑动一段位移停在 B 点，A、B 两点相距 $x=20\,\mathrm{m}$，物块与地面间的动摩擦因数 $\mu=0.2$，g 取 $10\,\mathrm{m/s^2}$，求：

(1) 物块在力 F 作用过程发生位移 x_1 的大小；

(2) 撤去力 F 后物块继续滑动的时间 t。

(1) $16\,\mathrm{m}$ (2) $2\,\mathrm{s}$

（1）设物块受到的滑动摩擦力为 F_f，则

$F_f=\mu mg$ ①

根据动能定理，对物块由 A 到 B 整个过程，有

$Fx_1-F_fx=0$ ②

代入数据，解得：$x_1=16\,\mathrm{m}$ ③

（2）设撤去力 F 时物块的速度为 v，此后物块的加速度为 a，滑动的位移为 x_2，则 $x_2=x-x_1$ ④

由牛顿第二定律得

$a=\frac{F_f}{m}$ ⑤

由匀变速直线运动公式得

$v^2=2ax_2$ ⑥

以物块运动的方向为正方向，由动量定理，得

$-F_ft=0-mv$ ⑦

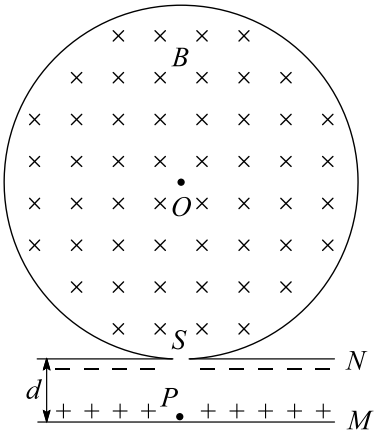
代入数据，解得：$t=2\,\mathrm{s}$ ⑧

11. 一圆筒的横截面如图所示，其圆心为 O。筒内有垂直于纸面向里的匀强磁场，磁感应强度为 B。圆筒下面有相距为 d 的平行金属板 M、N，其中 M 板带正电荷，N 板带等量负电荷。质量为 m、电荷量为 q 的带正电粒子自 M 板边缘的 P 处由静止释放，经 N 板的小孔 S 以速度 v 沿半径 SO 方向射入磁场中，粒子与圆筒发生两次碰撞后仍从 S 孔射出，设粒子与圆筒碰撞过程中没有动能损失，且电荷量保持不变，在不计重力的情况下，求：

(1) M、N 间电场强度 E 的大小；

(2) 圆筒的半径 R；

(3) 保持 M、N 间电场强度 E 不变，仅将 M 板向上平移 $\frac{2}{3}d$，粒子仍从 M 板边缘的 P 处由静止释放，粒子自进入圆筒至从 S 孔射出期间，与圆筒的碰撞次数 n。



(1) $E=\frac{mv^2}{2qd}$ (2) $R=\frac{\sqrt{3}mv}{3qB}$ (3) $n=3$

（1）设两极板间的电压为 U，由动能定理得

$qU=\frac{1}{2}mv^2$ ①

由匀强电场中电势差与电场强度的关系得

$U=Ed$ ②

联立上式可得 $E=\frac{mv^2}{2qd}$ ③

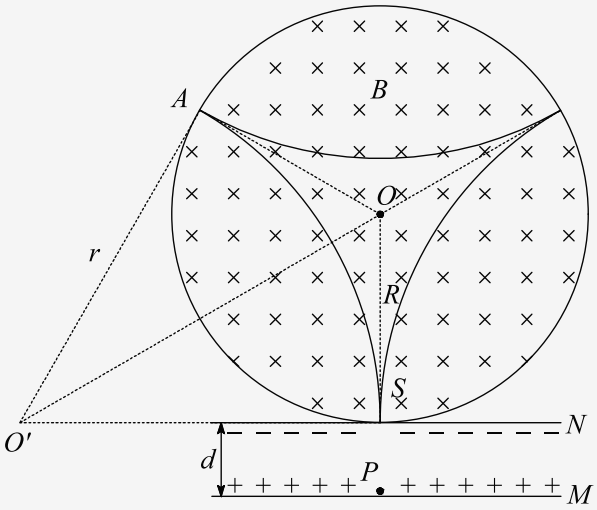
（2）粒子进入磁场后做匀速圆周运动，运用几何关系做出圆心 O'，圆半径为 r，设第一次碰撞点为 A，由于粒子与圆筒发生两次碰撞又从 S 孔射出，因此 SA 弧所对圆心角 $\angle AO'S=\frac{\pi}{3}$。

由几何关系得 $r=R\tan\frac{\pi}{3}$ ④

粒子运动过程中洛伦兹力充当向心力，由牛顿第二定律，得

$qvB=m\frac{v^2}{r}$ ⑤

联立④⑤式得 $R=\frac{\sqrt{3}mv}{3qB}$ ⑥



（3）保持 M、N 间电场强度 E 不变，M 板向上平移 $\frac{2}{3}d$ 后，设板间电压为 U'，则 $U'=\frac{Ed}{3}=\frac{U}{3}$ ⑦

设粒子进入 S 孔时的速度为 v'，由①式看出 $\frac{U'}{U}=\frac{v'^2}{v^2}$，结合⑦式可得

$v'=\frac{\sqrt{3}}{3}v$ ⑧

设粒子做圆周运动的半径为 r'，则

$r'=\frac{\sqrt{3}mv}{3qB}$ ⑨

设粒子从 S 到第一次与圆筒碰撞期间的轨道所对圆心角为 θ，比较⑥⑨两式得到 $r'=R$，可见 $\theta=\frac{\pi}{2}$ ⑩

粒子须经过这样的圆弧才能从 S 孔射出，故

$n=3$⑪

12. 超导现象是 20 世纪人类重大发现之一，日前我国已研制出世界传输电流最大的高温超导电缆并成功示范运行。

(1) 超导体在温度特别低时电阻可以降到几乎为零，这种性质可以通过实验研究。将一个闭合超导金属圈环水平放置在匀强磁场中，磁感线垂直于圈环平面向上，逐渐降低温度使环发生由正常态到超导态的转变后突然撤去磁场，若此后环中的电流不随时间变化，则表明其电阻为零。请指出自上往下看环中电流方向，并说明理由。

(2) 为探究该圆环在超导状态的电阻率上限 ρ，研究人员测得撤去磁场后环中电流为 I，并经一年以上的时间 t 未检测出电流变化。实际上仪器只能检测出大于 ΔI 的电流变化，其中 $\Delta I\propto I$，当电流的变化小于 ΔI 时，仪器检测不出电流的变化，研究人员便认为电流没有变化。设环的横截面积为 S，环中定向移动电子的平均速率为 v，电子质量为 m、电荷量为 e。试用上述给出的各物理量，推导出 ρ 的表达式。

(3) 若仍使用上述测量仪器，实验持续时间依旧为 t，为使实验获得的该圆环在超导状

态的电阻率上限 ρ 的准确程度更高，请提出你的建议，并简要说明实现方法。

(1) 逆时针方向。撤去磁场瞬间，环所围面积的磁通量突变为零，由楞次定律可知，环中电流的磁场方向应与原磁场方向相同，即向上。由右手螺旋定则可知，环中电流的方向是沿逆时针方向。 (2) $\rho=\frac{mvS\Delta I}{etI^2}$ (3) 由 $\rho=\frac{mvS\Delta I}{etI^2}$ 看出，在题设条件限制下，适当增大超导电流，可以使实验获得 ρ 的准确程度更高，通过增大穿过该环的磁通量变化率可实现增大超导电流。

（1）逆时针方向。撤去磁场瞬间，环所围面积的磁通量突变为零，由楞次定律可知，环中电流的磁场方向应与原磁场方向相同，即向上。由右手螺旋定则可知，环中电流的方向是沿逆时针方向。

（2）设圆环周长为 l、电阻为 R，由电阻定律得

$R=\rho\frac{l}{S}$ ①

设 t 时间内环中电流释放焦耳热而损失的能量为 ΔE，由焦耳定律得

$\Delta E=I^2Rt$ ②

设环中单位体积内定向移动电子数为 n，则

$I=nevS$ ③

式中 n、e、S 不变，只有定向移动电子的平均速率的变化才会引起环中电流的变化，电流变化大小取 ΔI 时，相应定向移动电子的平均速率的变化大小为 Δv，则

$\Delta I=neS\Delta v$ ④

设环中定向移动电子减少的动能总和为 ΔE_k，则

$\Delta E_k=nlS\left[\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}m(v-\Delta v)^2\right]$ ⑤

由于 $\Delta I\ll I$，可得

$\Delta E_k=\frac{lmv}{e}\Delta I$ ⑥

根据能量守恒定律，得

$\Delta E=\Delta E_k$ ⑦

联立上述各式，得 $\rho=\frac{mvS\Delta I}{etI^2}$ ⑧

（3）由 $\rho=\frac{mvS\Delta I}{etI^2}$ 看出，在题设条件限制下，适当增大超导电流，可以使实验获得 ρ 的准确程度更高，通过增大穿过该环的磁通量变化率可实现增大超导电流。