2000 年天津

1. 最近几年，原子核科学家在超重元素岛的探测方面取得重大进展。1996 年科学家们在研究某两个重离子结合成超重元素的反应时，发现生成的超重元素的核 ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ 经过 6 次 α 衰变后的产物是 ${}^{253}_{100}\mathrm{Fm}$。由此，可以判定生成的超重元素的原子序数和质量数分别是 (D)

   A. 124、259　　B. 124、265　　C. 112、265　　D. 112、277

   > 核反应方程满足质量数和核电荷数守恒。每经过一次 α 衰变质量数减少 4，有 $A = 253 + 4 \times 6 = 277$；又每经过一次 α 衰变核电荷数减少 2，有 $Z = 100 + 6 \times 2 = 112$。超重元素的原子序数为 112，质量数为 277，故 D 正确。

2. 对于一定量的理想气体，下列四个论述中正确的是 (B)

   A. 当分子热运动变剧烈时，压强必变大

   B. 当分子热运动变剧烈时，压强可以不变

   C. 当分子间的平均距离变大时，压强必变小

   D. 当分子间的平均距离变大时，压强必变大

   > 影响理想气体压强的因素有温度、体积。分子热运动变剧烈，温度升高，但无法确定气体体积的变化，压强的变化就不一定，故 A 错误，B 正确；C、D 两项说明气体体积变大，但温度的变化不确定，压强的变化也就不确定，故 C、D 错误。

3. 在高速公路的拐弯处，路面造得外高内低，即当车向右拐弯时，司机左侧的路面比右侧的要高一些，路面与水平面间的夹角为 θ。设拐弯路段是半径为 R 的圆弧，要使车速为 v 时车轮与路面之间的横向（即垂直于前进方向）摩擦力等于零，θ 应等于 (B)

   A. $\arcsin \frac{v^2}{Rg}$　　B. $\arctan \frac{v^2}{Rg}$　　C. $\frac{1}{2}\arcsin \frac{2v^2}{Rg}$　　D. $\operatorname{arccot} \frac{v^2}{Rg}$

   > 本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

4. 对于水平放置的平行板电容器，下列说法正确的是 (BCD)

   A. 将两极板的间距加大，电容将增大

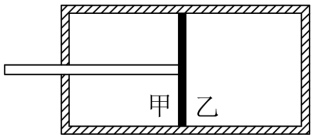
   B. 将两极板平行错开，使正对面积减小，电容将减小

   C. 在下板的内表面上放置一面积和极板相等、厚度小于极板间距的陶瓷板，电容将增大

   D. 在下板的内表面上放置一面积和极板相等、厚度小于极板间距的铝板，电容将增大

对于平行板电容器有 $C=\frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$，可知 A 错误，B、C 正确；当插入金属板时，由静电感应，相当于电容器的两板距离变小，故 D 正确。

5. 图中活塞将气缸分成甲、乙两气室，气缸、活塞（连同拉杆）是绝热的，且不漏气。以 $E_{甲}$、$E_{乙}$ 分别表示甲、乙两气室中气体的内能，则在将拉杆缓慢向外拉的过程中 (C)

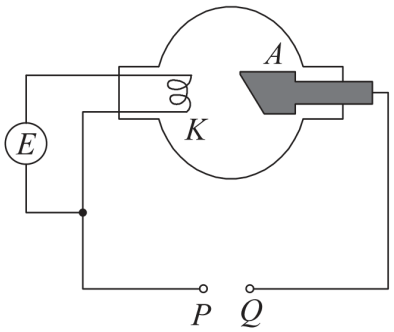


A. $E_{甲}$ 不变，$E_{乙}$ 减小　　B. $E_{甲}$ 增大，$E_{乙}$ 不变

C. $E_{甲}$ 增大，$E_{乙}$ 减小　　D. $E_{甲}$ 不变，$E_{乙}$ 不变

因气缸绝热，当活塞缓慢向外拉时，甲、乙两团气体与外界不发生热量交换；对甲气体，活塞对它做功，内能增大，而对乙气体，气体对外做功，内能减小，故 C 正确。

6. 图为 X 射线管的结构示意图，E 为灯丝电源。要使射线管发出 X 射线，须在 K、A 两电极间加上几万伏的直流高压。(D)



A. 高压电源正极应接在 P 点，X 射线从 K 极发出

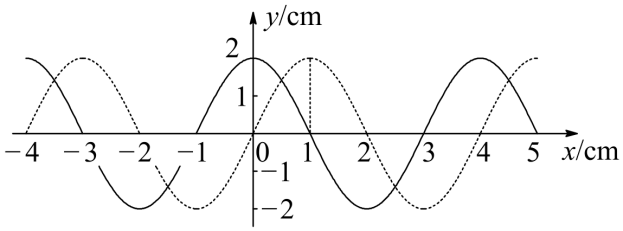
B. 高压电源正极应接在 P 点，X 射线从 A 极发出

C. 高压电源正极应接在 Q 点，X 射线从 K 极发出

D. 高压电源正极应接在 Q 点，X 射线从 A 极发出

伦琴射线是高速电子流撞到固体表面而形成的。题图中 K 为阴极，其作用是发射电子，A 是阳极，也叫对阴极。在 A、K 间加上高电压，将电子从 K 加速到 A，高速电子撞到 A 后辐射出 X 射线，故 D 正确。

7. 一列横波在 $t=0$ 时刻的波形如图中实线所示，在 $t=1\,\mathrm{s}$ 时刻的波形如图中虚线所示。由此可以判定此波的 (AC)



A. 波长一定是 4 cm

B. 周期一定是 4 s

C. 振幅一定是 2 cm

D. 传播速度一定是 1 cm/s

> 从图中可直接确定波长为 4 cm、振幅为 2 cm，故 A、C 正确；由于不知波的传播方向，所以周期和波速不能确定。由图可知 $\lambda = 4\,\mathrm{cm}$，$A = 2\,\mathrm{cm}$，但其周期和波速有多组解。
>
> 若横波向 x 正方向传播，则 $\left(n + \frac{1}{4}\right) T = 1\,\mathrm{s}$，解得 $T = \frac{4}{4n+1}\,\mathrm{s}$（$n = 0, 1, 2, 3, \ldots$），有 $v = \frac{\lambda}{T} = (4n+1)\,\mathrm{cm/s}$（$n = 0, 1, 2, 3, \ldots$）；若横波向 x 负方向传播，则 $\left(n + \frac{3}{4}\right) T = 1\,\mathrm{s}$，解得 $T = \frac{4}{4n+3}\,\mathrm{s}$（$n = 0, 1, 2, 3, \ldots$），有 $v = \frac{\lambda}{T} = (4n+3)\,\mathrm{cm/s}$（$n = 0, 1, 2, 3, \ldots$），故 B、D 错误。

8. A 与 B 是两束平行的单色光，它们从空气射入水中的折射角分别为 r_A、r_B，若 $r_A > r_B$，则 (AB)

A. 在空气中 A 的波长大于 B 的波长

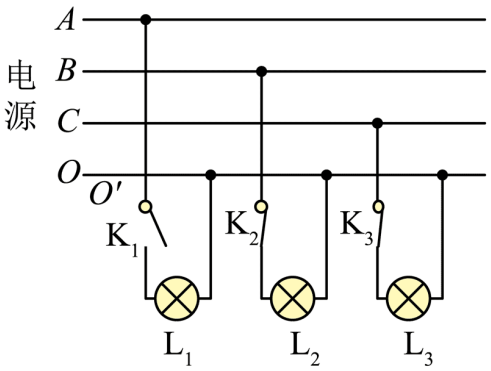
B. 在水中 A 的传播速度大于 B 的传播速度

C. A 的频率大于 B 的频率

D. 在水中 A 的波长小于 B 的波长

> 因 $r_A > r_B$，所以 $n_A < n_B$，$f_A < f_B$。在空气中光速相同，由 $\lambda = \frac{c}{f}$ 知 $\lambda_A > \lambda_B$，故 A 正确；又因为 $v = \frac{c}{n}$，在水中 A 光的传播速度大于 B 光的传播速度，故 B 正确，C、D 错误。

9. 如图 9 所示，A、B、C 是三相交流电源的三根相线，O 是中线，电源的相电压为 220 V，L_1、L_2、L_3 是三个“220 V 60 W”的灯泡，开关 K_1 断开，K_2、K_3 闭合，由于某种原因，电源中线在图中 O' 处断了，那么 L_2 和 L_3 两灯泡将 (C)

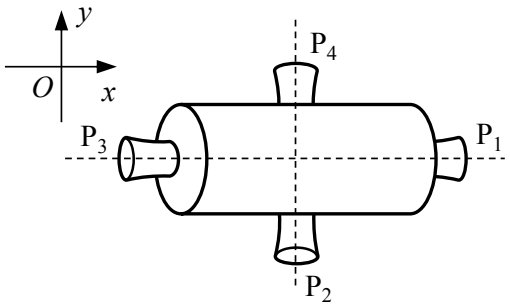


A. 立刻熄灭　　B. 变得比原来亮一些

C. 变得比原来暗一些　　D. 保持亮度不变

本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

10. 图为一空间探测器的示意图，P_1、P_2、P_3、P_4 是四个喷气发动机，P_1、P_3 的连线与空间一固定坐标系的 x 轴平行，P_2、P_4 的连线与 y 轴平行。每台发动机开动时，都能向探测器提供推力，但不会使探测器转动。开始时，探测器以恒定的速率 v_0 向正 x 方向平动。要使探测器改为向正 x 偏负 y 60° 的方向以原来的速率 v_0 平动，则可 (A)



A. 先开动 P_1 适当时间，再开动 P_4 适当时间

B. 先开动 P_3 适当时间，再开动 P_2 适当时间

C. 开动 P_4 适当时间

D. 先开动 P_3 适当时间，再开动 P_4 适当时间

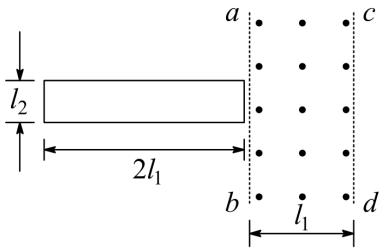
P_1 发动时，使探测器得到 $-x$ 方向的速度；P_4 发动时，使探测器得到 $-y$ 方向的速度。要使探测器沿 $+x$ 偏 $-y$ 60° 方向以原来的速率 v_0 平动，就必须使 $+x$ 方向速度减小、$-y$ 方向速度增加，所以要开动 P_1 适当时间，再开动 P_4 适当时间，故 A 正确。

11. 已知金属铯的逸出功为 1.9 eV，在光电效应实验中，要使铯表面发出的光电子的最大动能为 1.0 eV，入射光的波长应为 4.3×10^{-7} m。

$4.3\times10^{-7}\,\mathrm{m}$

本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

12. 空间存在以 ab、cd 为边界的匀强磁场区域，磁感强度大小为 B，方向垂直纸面向外，区域宽为 l_1。现有一矩形线框处在图中纸面内，它的短边与 ab 重合，长度为 l_2，长边的长度为 $2l_1$，如图所示。某时刻线框以初速 v 沿与 ab 垂直的方向进入磁场区域，同时某人对线框施以作用力，使它的速度大小和方向保持不变。设该线框的电阻为 R。从线框开始进入磁场到完全离开磁场的过程中，人对线框作用力所做的功等于 $\frac{2v(l_2B)^2}{R}l_1$。



$\frac{2v(l_2B)^2}{R}l_1$

由题意知，只有线框右边进入磁场和左边离开磁场的过程中，线框中才有感应电流，外力才做功；当左右两边都不在磁场中时，线框中无感应电流，外力不做功。由功能关系得 $W = 2BIl_2 \cdot l_1 = 2Bl_1l_2 \cdot \frac{Bl_2v}{R} = \frac{2B^2l_1l_2^2v}{R}$。

13. 假设在 NaCl 蒸气中存在由钠离子 Na^+ 和氯离子 Cl^- 靠静电相互作用构成的单个氯化钠 NaCl 分子。若取 Na^+ 与 Cl^- 相距无限远时其电势能为零，一个 NaCl 分子的电势能为 $-6.1\,eV$。已知使一个中性钠原子 Na 最外层的电子脱离钠原子而形成钠离子所需的能量（电离能）为 $5.1\,eV$，使一个中性氯原子 Cl 结合一个电子形成氯离子所放出的能量（亲和能）为 $3.8\,eV$。由此可算出，在将一个 NaCl 分子分解成彼此远离的中性钠原子 Na 和中性氯原子 Cl 的过程中，外界供给的总能量等于 4.8 eV。

4.8

由题意可知，将 NaCl 变成 Na^+ 和 Cl^- 吸收能量 $6.1\,eV$，再将 Na^+ 变成 Na 放出能量 $5.1\,eV$，Cl^- 离子变成氯原子 Cl 吸收 $3.8\,eV$，所以将 NaCl 分解成中性的钠 Na 和中性的氯原子 Cl 的过程中，外界供给的能量等于 $6.1 + 3.8 - 5.1 = 4.8\,eV$。

正负电荷之间相对位置的变化，引起两个电荷电势能的变化。当距离变大时，电场力做负功，需要吸收能量：先把 NaCl 变成 Na^+ 和 Cl^- 吸收能量 $6.1\,eV$，再将 Na^+ 变成 Na 的过程放出能量 $5.1\,eV$，同时将 Cl^- 变成 Cl，电场力做负功、电势能增大，也就是吸收能量。整个过程可以看成由两个吸收能量和一个放出能量的过程组成。

评分标准：本题 5 分，答案正确给 5 分，答错或不答给 0 分。

14. 某同学用图 1 所示装置通过半径相同的 A、B 两球的碰撞来验证动量守恒定律。图 1 中 PQ 是斜槽，QR 为水平槽。实验时先使 A 球从斜槽上某一固定位置 G 由静止开始滚下，落到位于水平地面的记录纸上，留下痕迹。重复上述操作 10 次，得到 10 个落点痕迹。再把 B 球放在水平槽上靠近槽末端的地方，让 A 球仍从位置 G 由静止开始滚下，和 B 球碰撞后，A、B 球分别在记录纸上留下各自的落点痕迹。重复这种操作 10 次。图 1 中 O 点是水平槽末端 R 在记录纸上的垂直投影点。B 球落点痕迹如图 2 所示，其中米尺水平放置，且平行于 G、R、O 所在的平面，米尺的零点与 O 点对齐。

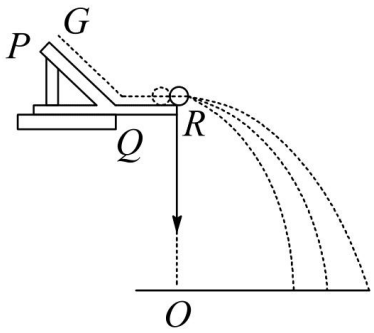


图 1

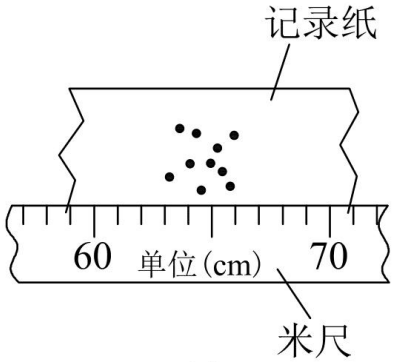


图 2

(1) 碰撞后 B 球的水平射程应取为 64.7 cm。

(2) 在以下选项中，哪些是本次实验必须进行的测量？答：ABD（填选项号）。

A. 水平槽上未放 B 球时，测量 A 球落点位置到 O 点的距离

B. A 球与 B 球碰撞后，测量 A 球落点位置到 O 点的距离

C. 测量 A 球或 B 球的直径

D. 测量 A 球和 B 球的质量（或两球质量之比）

E. 测量 G 点相对于水平槽面的高度

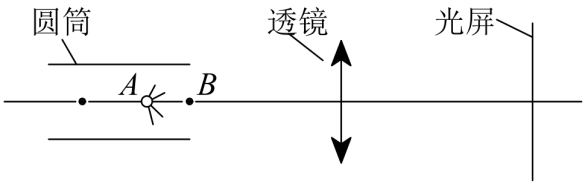
(1) 64.7　(2) ABD

（1）图中画出了 B 球的 10 个落点，实验中应取平均位置。方法是用最小的圆将所有点圈在里面，圆心位置即为落点平均位置；找准平均位置后，读数时应在刻度尺的最小刻度后面再估读一位。答案 64.7（3 分，答数在 64.2 到 65.2 范围内的都给分。）

（2）A、B 两球都从 O 点开始做平抛运动，且两球平抛时间相同；以平抛时间作为时间单位，则平抛的水平距离在数值上等于平抛初速度。设 A 未碰 B 时平抛水平位移为 s_A，A、B 相碰后，A、B 两球的水平位移分别为 s'_A、s'_B，A、B 质量分别为 m_A、m_B，则碰前 A 的动量可写成 $m_A s_A$，碰后 A、B 总动量为 $m_A s'_A + m_B s'_B$。要验证动量是否守恒，即验证以上两动量是否相等，所以该实验应测量的物理量有 m_A、m_B、s'_A、s'_B，故 A、B、D 正确。答案 ABD（3 分，不是 ABD 的均给零分。）

15. 如图，一光源位于金属圆筒内部轴线上 A 点，与筒 B 端的距离为 d，d 无法直接测量。另有凸透镜、光屏、米尺及带支架的光具座。现用这些器材测量 d。为此，先将圆筒、凸透镜、光屏依次放在光具座支架上，令圆筒轴线与透镜主光轴重合，屏与光源的距离足够远，使得移动透镜时，可在屏上两次出现光源的像。将圆筒及光屏位置固定。由光路的可逆性可知，第一次成像的像距等于第二次成像的物距。然后进行以下的测量：移动透镜，当屏上得到光源清晰的像时，测量像距 v；继续移动透镜，当屏上得到光源的另一个清晰的像时，测量端面 B 与透镜的距离 l。

    用测得的物理量可得 $d = v - l$。（应说明各符号所代表的物理量）



> (1) 移动透镜，当屏上得到光源清晰的像时，测量像距 v；继续移动透镜，当屏上得到光源的另一个清晰的像时，测量端面 B 与透镜的距离 l。 (2) $d = v - l$

> 移动透镜，当屏上得到光源清晰的像时，测量像距 v；继续移动透镜，当屏上得到光源的另一个清晰的像时，测量端面 B 与透镜的距离 l。
>
> $d = v - l$（6 分。完全答对给 6 分，否则不给分。如果测量方法与参考答案不同，但结果正确，同样给分。）

16. 图 1 为示波器面板，图 2 为一信号源。

    (1) 若要观测此信号源发出的正弦交流信号的波形，应将信号源的 a 端与示波器面板上的 Y 输入 接线柱相连，b 端与 地 接线柱相连。

    (2) 若示波器所显示的输入波形如图 3 所示，要将波形上移，应调节面板上的 6（填写 ↓↑ 的也可） 旋钮；要使此波形横向展宽，应调节 X 增益 旋钮；要使屏上能够显示 3 个完整的波形，应调节 扫描范围和扫描微调 旋钮。

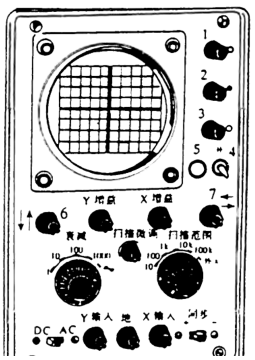


图 1

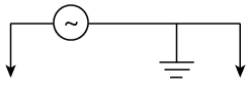


图 2

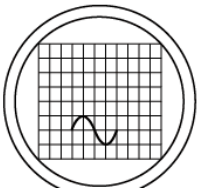


图 3

（1）Y 输入，地；

（2）6（填写 ↓↑ 的也可），X 增益，扫描范围和扫描微调

本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

17. 有一医用氧气钢瓶，瓶内氧气的压强 $p=5.0\times10^{6}\,\mathrm{Pa}$，温度 $t=27\,^{\circ}\mathrm{C}$，求氧气的密度。氧的摩尔质量 $\mu=3.2\times10^{-2}\,\mathrm{kg/mol}$。结果取两位数字。

$\rho=64\,\mathrm{kg/m^3}$

设钢瓶内氧气的摩尔数为 n，体积为 V，则有

$n=\frac{pV}{RT}$ ①

氧气密度

$\rho=\frac{n\mu}{V}$ ②

由①、②式联立得

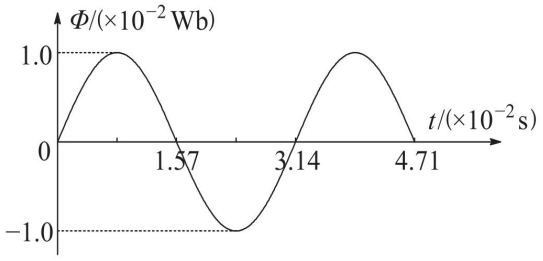
$\rho=\frac{p\mu}{RT}$ ③

以题给数据代入得

$\rho=64\,\mathrm{kg/m^3}$ ④

评分标准：本题 11 分，①、②两式各 1 分。③式 6 分（没有①、②两式而直接写出③式的给 8 分），结果④式 3 分。

18. 一小型发电机内的矩形线圈在匀强磁场中以恒定的角速度 ω 绕垂直于磁场方向的固定轴转动。线圈匝数 $n=100$。穿过每匝线圈的磁通量 Φ 随时间按正弦规律变化，如图所示。发电机内阻 $r=5.0\,\Omega$，外电路电阻 $R=95\,\Omega$。已知感应电动势的最大值 $E_{\mathrm{m}}=n\omega\Phi_{\mathrm{m}}$，其中 Φ_{m} 为穿过每匝线圈磁通量的最大值。求串联在外电路中的交流电流表（内阻不计）的读数。



$I=1.4\,\mathrm{A}$

已知感应电动势的最大值

$E_{\mathrm{m}} = n\omega\Phi_{\mathrm{m}}$ ①

设线圈在磁场中转动的周期为 T，则有

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ ②

根据欧姆定律，电路中电流的最大值为

$I_{\mathrm{m}} = \frac{E_{\mathrm{m}}}{R+r}$ ③

设交流电流表的读数为 I，它是电流的有效值，根据有效值与最大值的关系，有

$I = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{\mathrm{m}}$ ④

由题给的 $\Phi - t$ 图线可读得

$\Phi_{\mathrm{m}} = 1.0 \times 10^{-2}\,\mathrm{Wb}$ ⑤

$T = 3.14 \times 10^{-2}\,\mathrm{s}$ ⑥

解以上各式，并代入数据，得

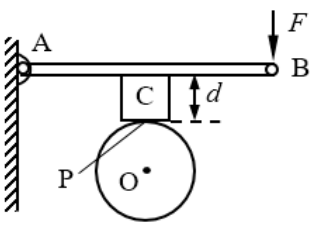
$I = 1.4\,\mathrm{A}$ ⑦

评分标准：本题 12 分，②式 1 分，③式 2 分，④式 3 分，⑤式 2 分，⑥式 2 分，⑦式 2 分。

19. 如图 19 所示是用电动砂轮打磨工件的装置，砂轮的转轴通过图中 O 点垂直于纸面，AB 是一长度 $l = 0.60\,\mathrm{m}$、质量 $m_1 = 0.50\,\mathrm{kg}$ 的均匀刚性细杆，可绕过 A 端的固定轴在竖直面（图中纸面）内无摩擦地转动，工件 C 固定在 AB 杆上，其质量 $m_2 = 1.5\,\mathrm{kg}$，工件的重心、工件与砂轮的接触点 P 以及 O 点都在过 AB 中点的竖直线上，P 到 AB 杆的垂直距离 $d = 0.1\,\mathrm{m}$，AB 杆始终处于水平位置，砂轮与工件之间的动摩擦因数 $\mu = 0.60$。

(1) 当砂轮静止时，要使工件对砂轮的压力 $F_0 = 100\,\mathrm{N}$，则施于 B 端竖直向下的力 F_B 应是多大？

(2) 当砂轮逆时针转动时，要使工件对砂轮的压力仍为 $F_0 = 100\,\mathrm{N}$，则施于 B 端竖直向下的力 F_B' 应是多大？



(1) 40 N　(2) 30 N

（1）当砂轮静止时，把 AB 杆和工件看成一个物体，它受到的外力对 A 轴的力矩有：

重力的力矩 $(m_1+m_2)g\frac{l}{2}$；砂轮对工件的支持力的力矩 $F_0\frac{l}{2}$；F_B 的力矩 F_Bl。

由力矩的平衡，得

$F_0\frac{l}{2}=(m_1+m_2)g\frac{l}{2}+F_Bl$ ①

解得

$F_B=\frac{1}{2}[F_0-(m_1+m_2)g]$ ②

代入数据得

$F_B=40\,\mathrm{N}$ ③

（2）当砂轮转动时，除重力、支持力和 F_B' 的力矩外，还有砂轮作用于工件的摩擦力的力矩 μF_0d。

由力矩的平衡，得

$F_0\frac{l}{2}=\mu F_0d+(m_1+m_2)g\frac{l}{2}+F_B'l$ ④

解得

$F_B'=\frac{1}{2}[F_0-(m_1+m_2)g]-\mu F_0\frac{d}{l}$ ⑤

代入数据得 $F_B'=30\,\mathrm{N}$ ⑥

评分标准：本题 13 分。第（1）问 5 分，其中①式 3 分，②式 1 分，③式 1 分；第（2）问 8 分，其中④式 6 分，⑤式 1 分，⑥式 1 分。

20. 2000 年 1 月 26 日我国发射了一颗同步卫星，其定点位置与东经 98° 的经线在同一平面内。若把甘肃省嘉峪关处的经度和纬度近似取为东经 98° 和北纬 $\alpha=40°$，已知地球半径 R、地球自转周期 T、地球表面重力加速度 g（视为常量）和光速 c。试求该同步卫星发出的微波信号传到嘉峪关处的接收站所需的时间（要求用题给的已知量的符号表示）。

$$t=\frac{\sqrt{\left(\frac{R^2gT^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{2}{3}}+R^2-2R\left(\frac{R^2gT^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}\cos\alpha}}{c}$$

设 m 为卫星质量，M 为地球质量，r 为卫星到地球中心的距离，ω 为卫星绕地心转动的角速度，由万有引力定律和牛顿定律有

$G\frac{mM}{r^2}=mr\omega^2$ ①

式中 G 为万有引力恒量。因同步卫星绕地心转动的角速度 ω 与地球自转的角速度相等，有

$\omega=\frac{2\pi}{T}$ ②

因 $G\frac{Mm}{R^2}=mg$，得

$GM=gR^2$ ③

设嘉峪关到同步卫星的距离为 L，如图所示，由余弦定理

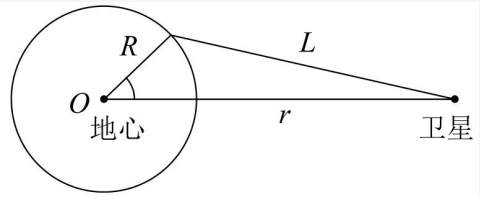
$L=\sqrt{r^2+R^2-2rR\cos\alpha}$ ④

所求时间为

$t=\frac{L}{c}$ ⑤

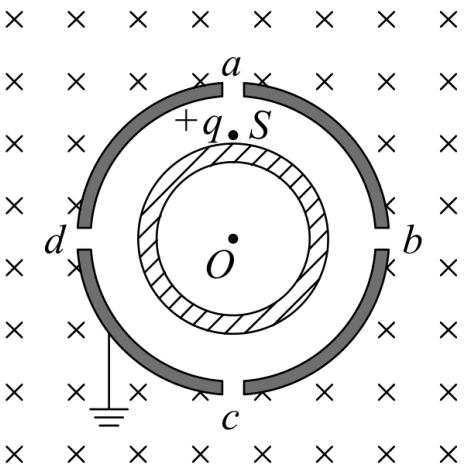
由以上各式得

$t=\frac{\sqrt{\left(\frac{R^2gT^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{2}{3}}+R^2-2R\left(\frac{R^2gT^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}\cos\alpha}}{c}$ ⑥



评分标准：本题 12 分，①式 1 分，②式 2 分，③式 1 分，④式 5 分，⑤式 1 分，⑥式 2 分。

21. 如图，两个共轴的圆筒形金属电极，外电极接地，其上均匀分布着平行于轴线的四条狭缝 a、b、c 和 d，外筒的外半径为 r_0。在圆筒之外的足够大区域中有平行于轴线方向的均匀磁场，磁感强度的大小为 B。在两极间加上电压，使两圆筒之间的区域内有沿半径向外的电场。一质量为 m、带电量为 $+q$ 的粒子，从紧靠内筒且正对狭缝 a 的 S 点出发，初速度为零。如果该粒子经过一段时间的运动之后恰好又回到出发点 S，则两极之间的电压 U 应是多少？（不计重力，整个装置在真空中。）



$U=\frac{qr_0^2B^2}{2m}$

带电粒子从 S 出发，在两筒之间的电场力作用下加速，沿径向穿出 a 而进入磁场区，在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动。粒子再回到 S 点的条件是能沿径向穿过狭缝 b。只要穿过了 b，粒子就会在电场力作用下先减速，再反向加速，经 b 重新进入磁场区。然后，粒子将以同样方式经过 c、d，再经过 a 回到 S 点。

设粒子射入磁场区的速度为 v，根据能量守恒，有

$\frac{1}{2}mv^2 = qU$ ①

设粒子在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动的半径为 R，由洛伦兹力公式和牛顿定律得

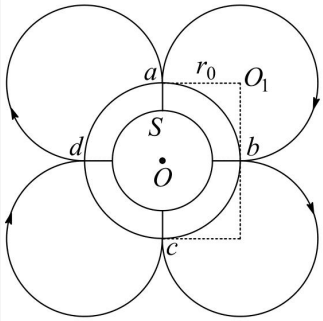
$m\frac{v^2}{R} = qBv$ ②

由前面分析可知，要回到 S 点，粒子从 a 到 b 必经过 $\frac{3}{4}$ 圆周，所以半径 R 必定等于筒的外半径 r_0，即

$R = r_0$ ③

由以上各式解得

$U = \frac{qr_0^2B^2}{2m}$ ④

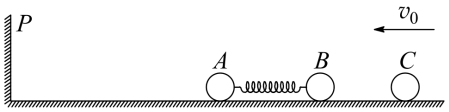


评分标准：本题 13 分。①式 2 分，②式 2 分，经分析得出③式 6 分，解得④式 3 分。

22. 在原子核物理中，研究核子与核子关联的最有效途径是“双电荷交换反应”。这类反应的前半部分过程和下述力学模型类似。两个小球 A 和 B 用轻质弹簧相连，在光滑的水平直轨道上处于静止状态。在它们左边有一垂直于轨道的固定挡板 P，右边有一小球 C 沿轨道以速度 v_0 射向 B 球，如图所示。C 与 B 发生碰撞并立即结成一个整体 D。在它们继续向左运动的过程中，当弹簧长度变到最短时，长度突然被锁定，不再改变。然后，A 球与挡板 P 发生碰撞，碰后 A、D 都静止不动，A 与 P 接触而不粘连。过一段时间，突然解除锁定（锁定及解除锁定均无机械能损失）。已知 A、B、C 三球的质量均为 m。

(1) 求弹簧长度刚被锁定后 A 球的速度。

(2) 求在 A 球离开挡板 P 之后的运动过程中，弹簧的最大弹性势能。



(1) $v_2 = \frac{1}{3}v_0$　(2) $E_p' = \frac{1}{36}mv_0^2$

（1）设 C 球与 B 球粘结成 D 时，D 的速度为 v_1，由动量守恒，有

$mv_0 = (m+m)v_1$ ①

当弹簧压至最短时，D 与 A 的速度相等，设此速度为 v_2，由动量守恒，有

$2mv_1 = 3mv_2$ ②

由①、②两式得 A 的速度

$v_2 = \frac{1}{3}v_0$ ③

（2）设弹簧长度被锁定后，贮存在弹簧中的势能为 E_p，由能量守恒，有

$\frac{1}{2}\cdot 2mv_1^2 = \frac{1}{2}\cdot 3mv_2^2 + E_p$ ④

撞击 P 后，A 与 D 的动能都为零。解除锁定后，当弹簧刚恢复到自然长度时，势能全部转变成 D 的动能，设 D 的速度为 v_3，则有

$E_p = \frac{1}{2}(2m)\cdot v_3^2$ ⑤

当弹簧伸长，A 球离开挡板 P，并获得速度。当 A、D 的速度相等时，弹簧伸至最长。设此时的速度为 v_4，由动量守恒，有

$2mv_3 = 3mv_4$ ⑥

当弹簧伸到最长时，其势能最大，设此势能为 E_p'，由能量守恒，有

$\frac{1}{2}\cdot 2mv_3^2 = \frac{1}{2}\cdot 3mv_4^2 + E_p'$ ⑦

解以上各式得

$E_p' = \frac{1}{36}mv_0^2$ ⑧

评分标准：本题 14 分。第（1）问 5 分，其中①式 2 分，②式 2 分，③式 1 分；第（2）问 9 分，其中④式 2 分，⑤式 3 分，⑥式 1 分，⑦式 2 分，⑧式 1 分。