2021 年广东

1. 科学家发现银河系中存在大量的放射性同位素铝 26，铝 26 的半衰期为 72 万年，其衰变方程为 $^{26}_{13}\mathrm{Al}\longrightarrow{}^{26}_{12}\mathrm{Mg}+\mathrm{Y}$，下列说法正确的是（C）

   A. Y 是氦核

   B. Y 是质子

   C. 再经过 72 万年，现有的铝 26 衰变一半

   D. 再经过 144 万年，现有的铝 26 全部衰变

   > AB．根据核反应的质量数和电荷数守恒可知，该核反应是
   >
   > $^{26}_{13}\mathrm{Al}\longrightarrow{}^{26}_{12}\mathrm{Mg}+{}^{0}_{1}\mathrm{e}$
   >
   > 即 Y 是正电子，选项 AB 错误；
   >
   > CD．因 72 万年是一个半衰期，可知再过 72 万年，现有的铝 26 衰变一半；再过 144 万年，即两个半衰期，现有的铝 26 衰变四分之三，选项 C 正确，D 错误；
   >
   > 故选 C。

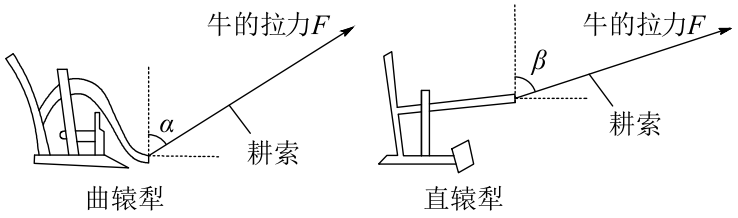
2. 2021 年 4 月，我国自主研发的空间站“天和”核心舱成功发射并入轨运行，若核心舱绕地球的运行可视为匀速圆周运动，已知引力常量，由下列物理量能计算出地球质量的是（D）

   A. 核心舱的质量和绕地半径　　B. 核心舱的质量和绕地周期

   C. 核心舱的绕地角速度和绕地周期　　D. 核心舱的绕地线速度和绕地半径

   > 根据核心舱做圆周运动的向心力由地球的万有引力提供，可得
   >
   > $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}=m\omega^2r=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$
   >
   > 可得
   >
   > $M=\frac{v^2r}{G}=\frac{\omega^2r^3}{G}=\frac{4\pi^2r^3}{GT^2}$
   >
   > 可知已知核心舱的质量和绕地半径、已知核心舱的质量和绕地周期以及已知核心舱的角速度和绕地周期，都不能求解地球的质量；若已知核心舱的绕地线速度和绕地半径可求解地球的质量。
   >
   > 故选 D。

3. 唐代《耒耜经》记载了曲辕犁相对直辕犁的优势之一是起土省力，设牛用大小相等的拉力 F 通过耕索分别拉两种犁，F 与竖直方向的夹角分别为 α 和 β，$\alpha<\beta$，如图所示，忽略耕索质量，耕地过程中，下列说法正确的是（B）



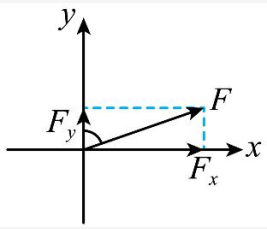
A. 耕索对曲辕犁拉力的水平分力比对直辕犁的大

B. 耕索对曲辕犁拉力的竖直分力比对直辕犁的大

C. 曲辕犁匀速前进时，耕索对犁的拉力小于犁对耕索的拉力

D. 直辕犁加速前进时，耕索对犁的拉力大于犁对耕索的拉力

A．将拉力 F 正交分解如图所示



则在 x 方向可得出：$F_{x曲}=F\sin\alpha$，$F_{x直}=F\sin\beta$

在 y 方向可得出：$F_{y曲}=F\cos\alpha$，$F_{y直}=F\cos\beta$

由题知 $\alpha<\beta$，则 $\sin\alpha<\sin\beta$，$\cos\alpha>\cos\beta$

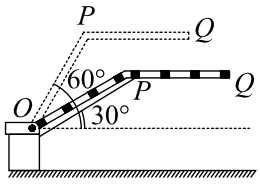
则可得到：$F_{x曲}<F_{x直}$，$F_{y曲}>F_{y直}$

A 错误、B 正确；

CD．耕索对犁的拉力与犁对耕索的拉力是一对相互作用力，它们大小相等，方向相反，无论是加速还是匀速，则 CD 错误。

故选 B。

4. 由于高度限制，车库出入口采用图所示的曲杆道闸，道闸由转动杆 OP 与横杆 PQ 链接而成，P、Q 为横杆的两个端点。在道闸抬起过程中，杆 PQ 始终保持水平。杆 OP 绕 O 点从与水平方向成 30° 匀速转动到 60° 的过程中，下列说法正确的是 (A)



A. P 点的线速度大小不变

B. P 点的加速度方向不变

C. Q 点在竖直方向做匀速运动　　D. Q 点在水平方向做匀速运动

A．由题知杆 OP 绕 O 点从与水平方向成 30° 匀速转动到 60°，则 P 点绕 O 点做匀速圆周运动，则 P 点的线速度大小不变，A 正确；

B．由题知杆 OP 绕 O 点从与水平方向成 30° 匀速转动到 60°，则 P 点绕 O 点做匀速圆周运动，P 点的加速度方向时刻指向 O 点，B 错误；

C．Q 点在竖直方向的运动与 P 点相同，位移 y 关于时间 t 的关系为：$y = l_{OP}\sin\left(\frac{\pi}{6}+\omega t\right)$

则可看出 Q 点在竖直方向不是匀速运动，C 错误；

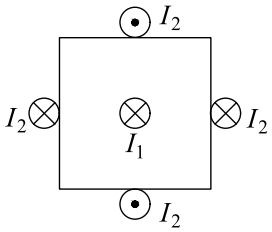
D．Q 点在水平方向的位移 x 关于时间 t 的关系为

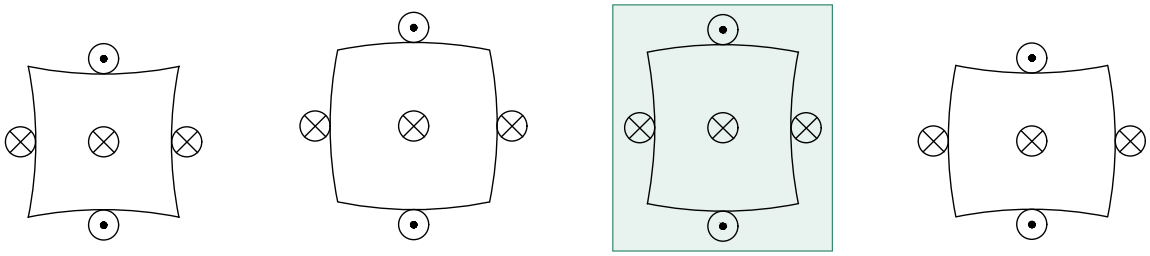
$x = l_{OP}\cos\left(\frac{\pi}{6}+\omega t\right)+l_{PQ}$

则可看出 Q 点在水平方向也不是匀速运动，D 错误。

故选 A。

5. 截面为正方形的绝缘弹性长管中心有一固定长直导线，长管外表面固定着对称分布的四根平行长直导线，若中心直导线通入电流 I_1，四根平行直导线均通入电流 I_2，$I_1 \gg I_2$，电流方向如图所示，下列截面图中可能正确表示通电后长管发生形变的是 (C)





A.　　B.　　C.　　D.

因 $I_1 \gg I_2$，则可不考虑四个边上的直导线之间的相互作用；根据两通电直导线间的安培力作用满足“同向电流相互吸引，异向电流相互排斥”，则正方形左右两侧的直导线 I_2 要受到 I_1 吸引的安培力，形成凹形，正方形上下两边的直导线 I_2 要受到 I_1 排斥的安培力，形成凸形，故变形后的形状如选项 C。

故选 C。

6. 图是某种静电推进装置的原理图，发射极与吸极接在高压电源两端，两极间产生强电场，

虚线为等势面，在强电场作用下，一带电液滴从发射极加速飞向吸极，a、b 是其路径上的两点，不计液滴重力，下列说法正确的是 (D)

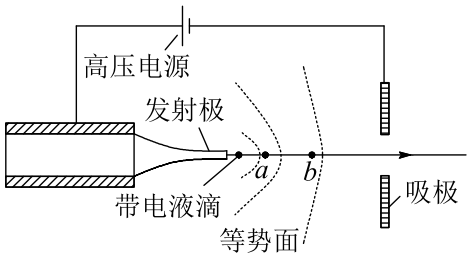


图4

A. a 点的电势比 b 点的低　　B. a 点的电场强度比 b 点的小

C. 液滴在 a 点的加速度比在 b 点的小　　D. 液滴在 a 点的电势能比在 b 点的大

A．高压电源左为正极，则所加强电场的场强向右，而沿着电场线电势逐渐降低，可知 $\varphi_a > \varphi_b$，故 A 错误；

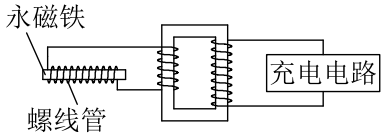
B．等差等势线的疏密反映场强的大小，由图可知 a 处的等势线较密，则 $E_a > E_b$，故 B 错误；

C．液滴的重力不计，根据牛顿第二定律可知，液滴的加速度为 $a = \frac{qE}{m}$；因 $E_a > E_b$，可得 $a_a > a_b$，故 C 错误；

D．液滴在电场力作用下向右加速，则电场力做正功，动能增大，电势能减少，即 $E_{pa} > E_{pb}$，故 D 正确；

故选 D。

7. 某同学设计了一个充电装置，如图所示，假设永磁铁的往复运动在螺线管中产生近似正弦式交流电，周期为 0.2 s，电压最大值为 0.05 V，理想变压器原线圈接螺线管，副线圈接充电电路，原、副线圈匝数比为 1 : 60，下列说法正确的是 (B)



A. 交流电的频率为 10 Hz

B. 副线圈两端电压最大值为 3 V

C. 变压器输入电压与永磁铁磁场强弱无关

D. 充电电路的输入功率大于变压器的输入功率

A．周期是 $T = 0.2\,\mathrm{s}$，频率是

$f = \frac{1}{T} = 5\,\mathrm{Hz}$

故 A 错误；

B．由理想变压器原理可知

$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$

解得，副线圈两端的最大电压为

$U_2=\frac{n_2}{n_1}U_1=3\,\mathrm{V}$

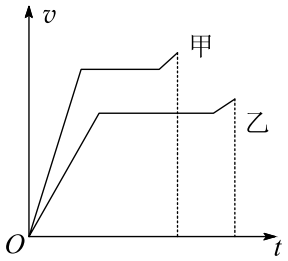
故 B 正确；

C．根据法拉第电磁感应定律可知，永磁铁磁场强，线圈中产生的感应电动势越大，变压器的输入电压会越大，故 C 错误；

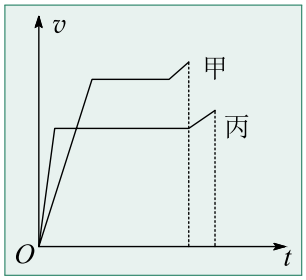
D．由理想变压器原理可知，充电电路的输入功率等于变压器的输入功率，故 D 错误。

故选 B。

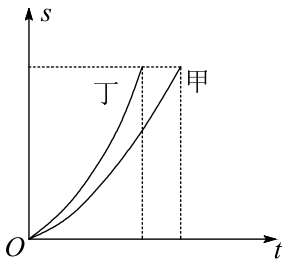
8. 赛龙舟是端午节的传统活动。下列 $v-t$ 和 $s-t$ 图像描述了五条相同的龙舟从同一起点线同时出发、沿长直河道划向同一终点线的运动全过程，其中能反映龙舟甲与其它龙舟在途中出现船头并齐的有（BD）



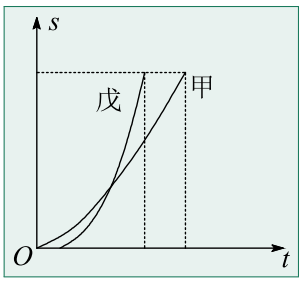
A.



B.



C.



D.

A．此图是速度图像，由图可知，甲的速度一直大于乙的速度，所以中途不可能出现甲乙船头并齐，故 A 错误；

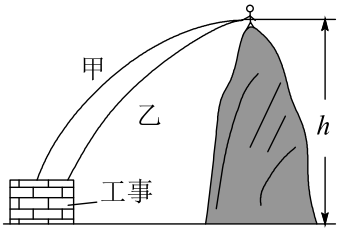
B．此图是速度图像，由图可知，开始丙的速度大，后来甲的速度大，速度图像中图像与横轴围成的面积表示位移，由图可以判断在中途甲、丙位移会相同，所以在中途甲丙船头会并齐，故 B 正确；

C．此图是位移图像，由图可知，丁一直运动在甲的前面，所以中途不可能出现甲丁船头并齐，故 C 错误；

D．此图是位移图像，交点表示相遇，所以甲戊在中途船头会齐，故 D 正确。

故选 BD。

9. 长征途中，为了突破敌方关隘，战士爬上陡峭的山头，居高临下向敌方工事内投掷手榴弹，战士在同一位置先后投出甲、乙两颗质量均为 m 的手榴弹，手榴弹从投出的位置到落地点的高度差为 h，在空中的运动可视为平抛运动，轨迹如图所示，重力加速度为 g，下列说法正确的有（BC）



A. 甲在空中的运动时间比乙的长

B. 两手榴弹在落地前瞬间，重力的功率相等

C. 从投出到落地，每颗手榴弹的重力势能减少 mgh

D. 从投出到落地，每颗手榴弹的机械能变化量为 mgh

A．由平抛运动规律可知，做平抛运动的时间

$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$

因为两手榴弹运动的高度差相同，所以在空中运动时间相等，故 A 错误；

B．做平抛运动的物体落地前瞬间重力的功率

$P=mgv\cos\theta=mgv_y=mg\sqrt{2gh}$

因为两手榴弹运动的高度差相同，质量相同，所以落地前瞬间，两手榴弹重力功率相同，故 B 正确；

C．从投出到落地，手榴弹下降的高度为 h，所以手榴弹重力势能减小量

$\Delta E_p=mgh$

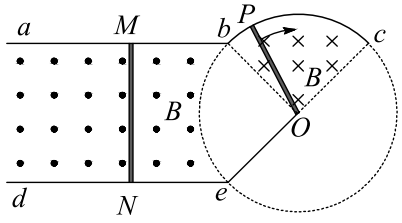
故 C 正确；

D．从投出到落地，手榴弹做平抛运动，只有重力做功，机械能守恒，故 D 错误。

故选 BC。

10. 如图所示，水平放置足够长光滑金属导轨 abc 和 de，ab 与 de 平行，bc 是以 O 为圆心

的圆弧导轨，圆弧 be 左侧和扇形 Obc 内有方向如图的匀强磁场，金属杆 OP 的 O 端与 e 点用导线相接，P 端与圆弧 bc 接触良好，初始时，可滑动的金属杆 MN 静止在平行导轨上，若杆 OP 绕 O 点在匀强磁场区内从 b 到 c 匀速转动时，回路中始终有电流，则此过程中，下列说法正确的有 (AD)



A. 杆 OP 产生的感应电动势恒定　　B. 杆 OP 受到的安培力不变

C. 杆 MN 做匀加速直线运动　　D. 杆 MN 中的电流逐渐减小

A．OP 转动切割磁感线产生的感应电动势为

$E=\frac{1}{2}Br^2\omega$

因为 OP 匀速转动，所以杆 OP 产生的感应电动势恒定，故 A 正确；

BCD．杆 OP 匀速转动产生的感应电动势产生的感应电流由 M 到 N 通过 MN 棒，由左手定则可知，MN 棒会向左运动，MN 棒运动会切割磁感线，产生电动势与原来电流方向相反，让回路电流减小，MN 棒所受合力为安培力，电流减小，安培力会减小，加速度减小，故 D 正确，BC 错误。

故选 AD。

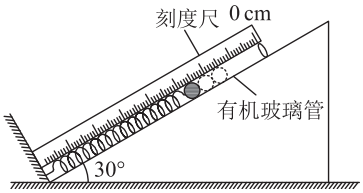
11. 某兴趣小组测量一缓冲装置中弹簧的劲度系数，缓冲装置如图所示，固定在斜面上的透明有机玻璃管与水平面夹角为 30°，弹簧固定在有机玻璃管底端。实验过程如下：先沿管轴线方向固定一毫米刻度尺，再将单个质量为 200 g 的钢球（直径略小于玻璃管内径）逐个从管口滑进，每滑进一个钢球，待弹簧静止，记录管内钢球的个数 n 和弹簧上端对应的刻度尺示数 L_n，数据如表所示。实验过程中弹簧始终处于弹性限度内。采用逐差法计算弹簧压缩量，进而计算其劲度系数。

n	1	2	3	4	5	6
L_n/cm	8.04	10.03	12.05	14.07	16.11	18.09

(1) 利用 $\Delta L_i=L_{i+3}-L_i$（$i=1$，2，3）计算弹簧的压缩量：$\Delta L_1=6.03\,\text{cm}$，$\Delta L_2=6.08\,\text{cm}$，$\Delta L_3=$6.04 cm，压缩量的平均值 $\overline{\Delta L}=\frac{\Delta L_1+\Delta L_2+\Delta L_3}{3}=$6.05 cm；

(2) 上述 $\overline{\Delta L}$ 是管中增加 3 个钢球时产生的弹簧平均压缩量；

(3) 忽略摩擦，重力加速度 g 取 $9.80\,\text{m/s}^2$，该弹簧的劲度系数为 48.6 N/m。（结果保留 3 位有效数字）



(1) 6.04，6.05　(2) 3　(3) 48.6

（1）根据压缩量的变化量为

$\Delta L_3 = L_6 - L_3 = (18.09 - 12.05)\,\text{cm} = 6.04\,\text{cm}$

压缩量的平均值为

$\overline{\Delta L} = \frac{\Delta L_1+\Delta L_2+\Delta L_3}{3} = \frac{6.03+6.08+6.04}{3}\,\text{cm} \approx 6.05\,\text{cm}$

（2）因三个 ΔL 是相差 3 个钢球的压缩量之差，则所求平均值为管中增加 3 个钢球时产生的弹簧平均压缩量；

（3）根据钢球的平衡条件有

$3mg\sin\theta = k\cdot\overline{\Delta L}$

解得

$k = \frac{3mg\sin\theta}{\overline{\Delta L}} = \frac{3\times0.2\times9.8\times\sin30^\circ}{6.05\times10^{-2}}\,\text{N/m} \approx 48.6\,\text{N/m}$

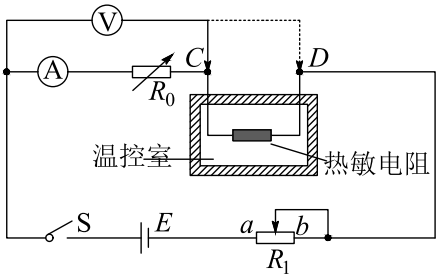
12. 某小组研究热敏电阻阻值随温度的变化规律。根据实验需要已选用了规格和量程合适的器材。

(1) 先用多用电表预判热敏电阻阻值随温度的变化趋势。选择适当倍率的欧姆挡，将两表笔短接，调节欧姆调零旋钮，使指针指向右边“0 Ω”处。测量时观察到热敏电阻温度越高，相同倍率下多用电表指针向右偏转角度越大，由此可判断热敏电阻阻值随温度的升高而减小。

(2) 再按图连接好电路进行测量。

① 闭合开关 S 前，将滑动变阻器 R_1 的滑片滑到 b 端（选填“a”或“b”）。
将温控室的温度设置为 T，电阻箱 R_0 调为某一阻值 R_{01}。闭合开关 S，调节滑动变阻器 R_1，使电压表和电流表的指针偏转到某一位置。记录此时电压表和电流表的示数、T 和 R_{01}。断开开关 S。
再将电压表与热敏电阻 C 端间的导线改接到 D 端，闭合开关 S。反复调节 R_0 和 R_1，使电压表和电流表的示数与上述记录的示数相同。记录此时电阻箱的阻值 R_{02}。断开开关 S。

② 实验中记录的阻值 R_{01} 大于 R_{02}（选填“大于”、“小于”或“等于”）。此时热敏电阻阻值 $R_T = R_{01} - R_{02}$。



(1) 短接，减小　(2) b，大于，$R_{01}-R_{02}$

（1）选择倍率适当的欧姆档，将两表笔短接；欧姆表指针向右偏转角度越大，则阻值越小，可判断热敏电阻的阻值随温度升高而减小。

（2）①闭合开关 S 前，应将滑动变阻器 R_1 的阻值调到最大，即将滑片滑到 b 端；

②因两次电压表和电流表的示数相同，因为

$R_{01}=R_{02}+R_T$

即

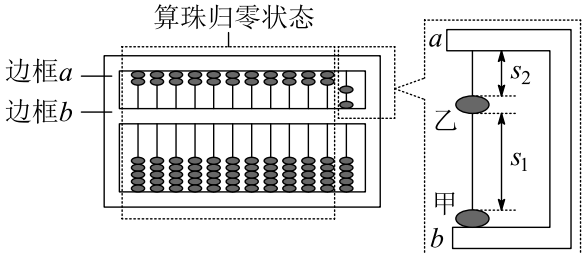
$R_T=R_{01}-R_{02}$

可知 R_{01} 大于 R_{02}。

13. 算盘是我国古老的计算工具，中心带孔的相同算珠可在算盘的固定导杆上滑动，使用前算珠需要归零，如图所示，水平放置的算盘中有甲、乙两颗算珠未在归零位置，甲靠边框 b，甲、乙相隔 $s_1=3.5\times10^{-2}\,\mathrm{m}$，乙与边框 a 相隔 $s_2=2.0\times10^{-2}\,\mathrm{m}$，算珠与导杆间的动摩擦因数 $\mu=0.1$。现用手指将甲以 $0.4\,\mathrm{m/s}$ 的初速度拨出，甲、乙碰撞后甲的速度大小为 $0.1\,\mathrm{m/s}$，方向不变，碰撞时间极短且不计，重力加速度 g 取 $10\,\mathrm{m/s^2}$。

(1) 通过计算，判断乙算珠能否滑动到边框 a；

(2) 求甲算珠从拨出到停下所需的时间。



(1) 能　(2) 0.2 s

（1）甲乙滑动时的加速度大小均为

$a = \mu g = 1\,\mathrm{m/s^2}$

甲与乙碰前的速度 v_1，则

$v_1^2 = v_0^2 - 2as_1$

解得 $v_1 = 0.3\,\mathrm{m/s}$

甲乙碰撞时由动量守恒定律

$mv_1 = mv_2 + mv_3$

解得碰后乙的速度

$v_3 = 0.2\,\mathrm{m/s}$

然后乙做减速运动，当速度减为零时则

$x = \frac{v_3^2}{2a} = \frac{0.2^2}{2\times1}\,\mathrm{m} = 0.02\,\mathrm{m} = s_2$

可知乙恰好能滑到边框 a；

（2）甲与乙碰前运动的时间

$t_1 = \frac{v_0 - v_1}{a} = \frac{0.4-0.3}{1}\,\mathrm{s} = 0.1\,\mathrm{s}$

碰后甲运动的时间

$t_2 = \frac{v_2}{a} = \frac{0.1}{1}\,\mathrm{s} = 0.1\,\mathrm{s}$

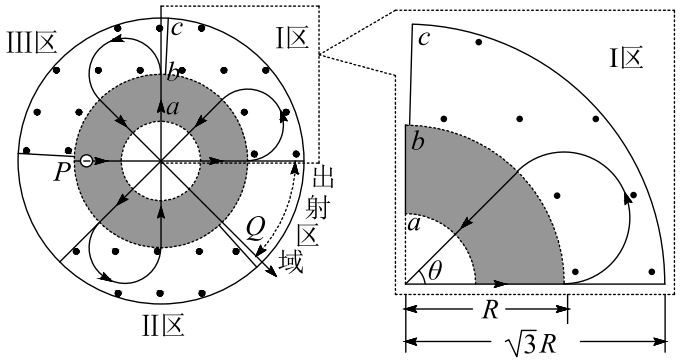
则甲运动的总时间为

$t = t_1 + t_2 = 0.2\,\mathrm{s}$

14. 如图是一种花瓣形电子加速器简化示意图，空间有三个同心圆 a、b、c 围成的区域，圆 a 内为无场区，圆 a 与圆 b 之间存在辐射状电场，圆 b 与圆 c 之间有三个圆心角均略小于 90° 的扇环形匀强磁场区 Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ。各区感应强度恒定，大小不同，方向均垂直纸面向外。电子以初动能 E_{k0} 从圆 b 上 P 点沿径向进入电场，电场可以反向，保证电子每次进入电场即被全程加速，已知圆 a 与圆 b 之间电势差为 U，圆 b 半径为 R，圆 c 半径为 $\sqrt{3}R$，电子质量为 m，电荷量为 e，忽略相对论效应，取 $\tan 22.5° = 0.4$。

(1) 当 $E_{k0} = 0$ 时，电子加速后均沿各磁场区边缘进入磁场，且在电场内相邻运动轨迹的夹角 θ 均为 45°，最终从 Q 点出射，运动轨迹如图中带箭头实线所示，求 Ⅰ 区的磁感应强度大小、电子在 Ⅰ 区磁场中的运动时间及在 Q 点出射时的动能；

(2) 已知电子只要不与 Ⅰ 区磁场外边界相碰，就能从出射区域出射。当 $E_{k0} = keU$ 时，要保证电子从出射区域出射，求 k 的最大值。



(1) $\frac{5\sqrt{eUm}}{eR}$，$\frac{\pi R\sqrt{eUm}}{4eU}$，$8eU$　(2) $\frac{13}{6}$

（1）电子在电场中加速有

$2eU=\frac{1}{2}mv^2$

在磁场 I 中，由几何关系可得

$r=R\tan 22.5^\circ=0.4R$

$B_1ev=m\frac{v^2}{r}$

联立解得

$B_1=\frac{5\sqrt{eUm}}{eR}$

在磁场 I 中的运动周期为

$T=\frac{2\pi r}{v}$

由几何关系可得，电子在磁场 I 中运动的圆心角为

$\varphi=\frac{5}{4}\pi$

在磁场 I 中的运动时间为

$t=\frac{\varphi}{2\pi}T$

联立解得

$t=\frac{\pi R\sqrt{meU}}{4eU}$

从 Q 点出来的动能为

$E_k=8eU$

（2）在磁场 I 中的做匀速圆周运动的最大半径为 r_m，此时圆周的轨迹与 I 边界相切，由几何关系可得

$\left(\sqrt{3}R-r_m\right)^2=R^2+r_m^2$

解得

$r_m = \frac{\sqrt{3}}{3}R$

由于

$B_1 e v_m = m\frac{v_m^2}{r_m}$

$2eU = \frac{1}{2}mv_m^2 - keU$

联立解得

$k = \frac{13}{6}$

15. 在高空飞行的客机上某乘客喝完一瓶矿泉水后，把瓶盖拧紧。下飞机后发现矿泉水瓶变瘪了，机场地面温度与高空客舱内温度相同。由此可判断，高空客舱内的气体压强 小于（选填“大于”、“小于”或“等于”）机场地面大气压强：从高空客舱到机场地面，矿泉水瓶内气体的分子平均动能 不变（选填“变大”、“变小”或“不变”）。

（1）机场地面温度与高空客舱温度相同，由题意知瓶内气体体积变小，以瓶内气体为研究对象，根据玻意耳定律 $pV = C$，故可知高空客舱内的气体压强小于机场地面大气压强；

（2）由于温度是平均动能的标志，气体的平均动能只与温度有关，机场地面温度与高空客舱温度相同，故从高空客舱到机场地面，瓶内气体的分子平均动能不变。

16. 为方便抽取密封药瓶里的药液，护士一般先用注射器注入少量气体到药瓶里后再抽取药液，如图所示，某种药瓶的容积为 0.9 mL，内装有 0.5 mL 的药液，瓶内气体压强为 1.0×10^5 Pa，护士把注射器内横截面积为 0.3 cm^2、长度为 0.4 cm、压强为 1.0×10^5 Pa 的气体注入药瓶，若瓶内外温度相同且保持不变，气体视为理想气体，求此时药瓶内气体的压强。



1.3×10^5 Pa

以注入后的所有气体为研究对象，由题意可知瓶内气体发生等温变化，设瓶内气体体积为 V_1，有

$V_1 = 0.9\,\mathrm{mL} - 0.5\,\mathrm{mL} = 0.4\,\mathrm{mL} = 0.4\,\mathrm{cm}^3$

注射器内气体体积为 V_2，有

$V_2 = 0.3 \times 0.4\,\mathrm{cm}^3 = 0.12\,\mathrm{cm}^3$

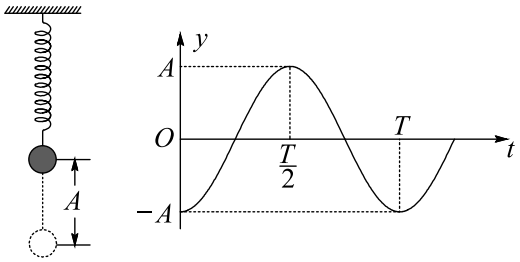
根据理想气体状态方程有

$p_0\,(V_1 + V_2) = p_1 V_1$

代入数据解得

$p_1 = 1.3 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$

17. 如图所示，一个轻质弹簧下端挂一小球，小球静止。现将小球向下拉动距离 A 后由静止释放，并开始计时，小球在竖直方向做简谐运动，周期为 T。经 $\frac{T}{8}$ 时间，小球从最低点向上运动的距离 小于 $\frac{A}{2}$（选填“大于”、“小于”或“等于”）；在 $\frac{T}{4}$ 时刻，小球的动能 最大（选填“最大”或“最小”）。



（1）根据简谐振动的位移公式

$y = -A\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$

则 $t = \frac{T}{8}$ 时有

$y = -A\sin\left(\frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{8}\right) = -\frac{\sqrt{2}}{2}A$

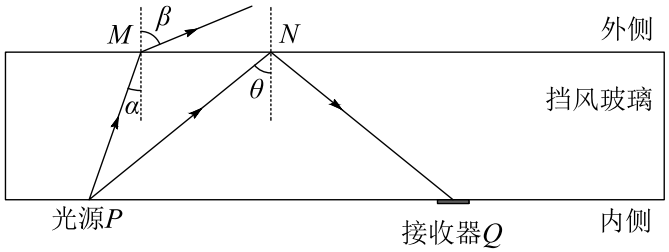
所以小球从最低点向上运动的距离为

$\Delta y = A - \frac{\sqrt{2}}{2}A = \frac{2-\sqrt{2}}{2}A < \frac{1}{2}A$

则小球从最低点向上运动的距离小于 $\frac{A}{2}$。

（2）在 $t = \frac{T}{4}$ 时，小球回到平衡位置，具有最大的振动速度，所以小球的动能最大。

18. 如图所示，一种光学传感器是通过接收器 Q 接收到光的强度变化而触发工作的。光从挡风玻璃内侧 P 点射向外侧 M 点再折射到空气中，测得入射角为 α，折射角为 β；光从 P 点射向外侧 N 点，刚好发生全反射并被 Q 接收，求光从玻璃射向空气时临界角 θ 的正弦值表达式。



$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$

根据光的折射定律有：$n=\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$

根据光的全反射规律有：$\sin\theta=\frac{1}{n}$

联立解得：$\sin\theta=\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$