2021 年湖南

1. 核废料具有很强的放射性，需要妥善处理。下列说法正确的是（　）

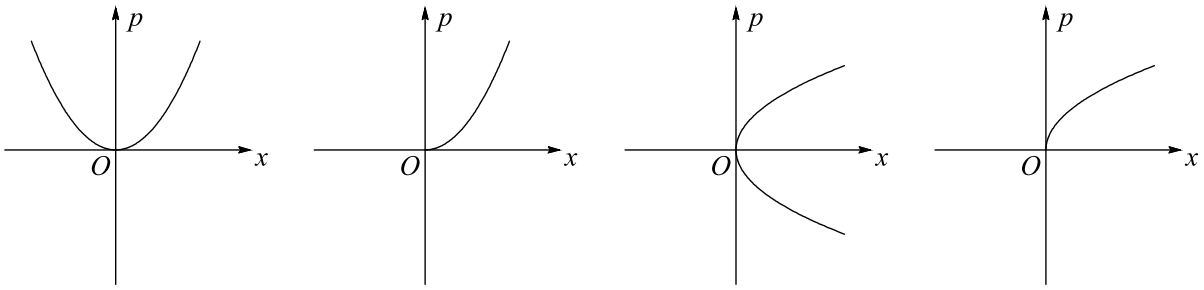
   A. 放射性元素经过两个完整的半衰期后，将完全衰变殆尽

   B. 原子核衰变时电荷数守恒，质量数不守恒

   C. 改变压力、温度或浓度，将改变放射性元素的半衰期

   D. 过量放射性辐射对人体组织有破坏作用，但辐射强度在安全剂量内则没有伤害

2. 物体的运动状态可用位置 x 和动量 p 描述，称为相，对应 $p-x$ 图像中的一个点。物体运动状态的变化可用 $p-x$ 图像中的一条曲线来描述，称为相轨迹。假如一质点沿 x 轴正方向做初速度为零的匀加速直线运动，则对应的相轨迹可能是（　）



   A.　　B.　　C.　　D.

3. “复兴号”动车组用多节车厢提供动力，从而达到提速的目的。总质量为 m 的动车组在平直的轨道上行驶。该动车组有四节动力车厢，每节车厢发动机的额定功率均为 P，若动车组所受的阻力与其速率成正比（$F_{阻}=kv$，k 为常量），动车组能达到的最大速度为 v_m。下列说法正确的是（　）

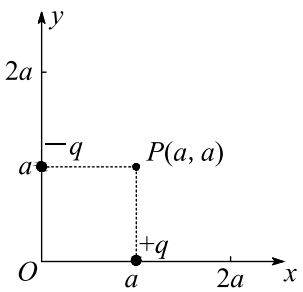
   A. 动车组在匀加速启动过程中，牵引力恒定不变

   B. 若四节动力车厢输出功率均为额定值，则动车组从静止开始做匀加速运动

   C. 若四节动力车厢输出的总功率为 $2.25P$，则动车组匀速行驶的速度为 $\frac{3}{4}v_m$

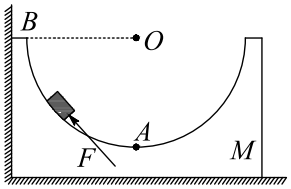
   D. 若四节动力车厢输出功率均为额定值，动车组从静止启动，经过时间 t 达到最大速度 v_m，则这一过程中该动车组克服阻力做的功为 $\frac{1}{2}mv_m^2-Pt$

4. 如图，在 $(a,0)$ 位置放置电荷量为 q 的正点电荷，在 $(0,a)$ 位置放置电荷量为 q 的负点电荷，在距 $P(a,a)$ 为 $\sqrt{2}a$ 的某点处放置正点电荷 Q，使得 P 点的电场强度为零。则 Q 的位置及电荷量分别为（　）



A. $(0,2a)$，$\sqrt{2}q$　　B. $(0,2a)$，$2\sqrt{2}q$　　C. $(2a,0)$，$\sqrt{2}q$　　D. $(2a,0)$，$2\sqrt{2}q$

5. 质量为 M 的凹槽静止在水平地面上，内壁为半圆柱面，截面如图所示，A 为半圆的最低点，B 为半圆水平直径的端点。凹槽恰好与竖直墙面接触，内有一质量为 m 的小滑块。用推力 F 推动小滑块由 A 点向 B 点缓慢移动，力 F 的方向始终沿圆弧的切线方向，在此过程中所有摩擦均可忽略，下列说法正确的是（　）



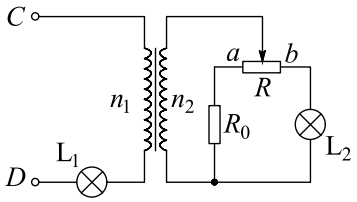
A. 推力 F 先增大后减小

B. 凹槽对滑块的支持力先减小后增大

C. 墙面对凹槽的压力先增大后减小

D. 水平地面对凹槽的支持力先减小后增大

6. 如图，理想变压器原、副线圈匝数比为 $n_1:n_2$，输入端 C、D 接入电压有效值恒定的交变电源，灯泡 L_1、L_2 的阻值始终与定值电阻 R_0 的阻值相同。在滑动变阻器 R 的滑片从 a 端滑动到 b 端的过程中，两个灯泡始终发光且工作在额定电压以内，下列说法正确的是（　）



A. L_1 先变暗后变亮，L_2 一直变亮　　B. L_1 先变亮后变暗，L_2 一直变亮

C. L_1 先变暗后变亮，L_2 先变亮后变暗　　D. L_1 先变亮后变暗，L_2 先变亮后变暗

7. 2021 年 4 月 29 日，中国空间站天和核心舱发射升空，准确进入预定轨道。根据任务安排，后续将发射问天实验舱和梦天实验舱，计划 2022 年完成空间站在轨建造。核心舱绕地球飞行的轨道可视为圆轨道，轨道离地面的高度约为地球半径的 $\frac{1}{16}$。下列说法正确的是（　）

A. 核心舱进入轨道后所受地球的万有引力大小约为它在地面时的 $\left(\frac{16}{17}\right)^2$ 倍

B. 核心舱在轨道上飞行的速度大于 $7.9\,\mathrm{km/s}$

C. 核心舱在轨道上飞行的周期小于 $24\,\mathrm{h}$

D. 后续加挂实验舱后，空间站由于质量增大，轨道半径将变小

8. 如图 a，质量分别为 m_A、m_B 的 A、B 两物体用轻弹簧连接构成一个系统，外力 F 作用在 A 上，系统静止在光滑水平面上（B 靠墙面），此时弹簧形变量为 x。撤去外力并开始计时，A、B 两物体运动的 $a-t$ 图像如图 b 所示，S_1 表示 0 到 t_1 时间内 A 的 $a-t$ 图线与坐标轴所围面积大小，S_2、S_3 分别表示 t_1 到 t_2 时间内 A、B 的 $a-t$ 图线与坐标轴所围面积大小。A 在 t_1 时刻的速度为 v_0。下列说法正确的是（　）

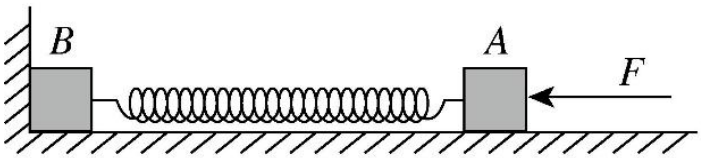


图 a

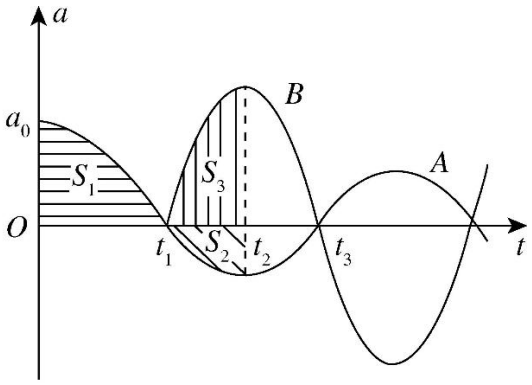


图 b

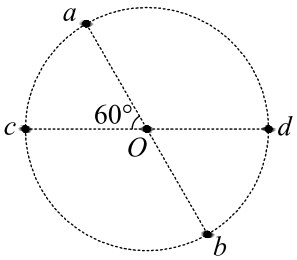
A. 0 到 t_1 时间内，墙对 B 的冲量等于 m_Av_0

B. $m_A > m_B$

C. B 运动后，弹簧的最大形变量等于 x

D. $S_1 - S_2 = S_3$

9. 如图，圆心为 O 的圆处于匀强电场中，电场方向与圆平面平行，ab 和 cd 为该圆直径。将电荷量为 $q(q>0)$ 的粒子从 a 点移动到 b 点，电场力做功为 $2W(W>0)$；若将该粒子从 c 点移动到 d 点，电场力做功为 W。下列说法正确的是（　）



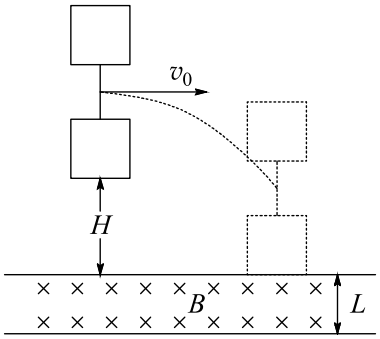
A. 该匀强电场的场强方向与 ab 平行

B. 将该粒子从 d 点移动到 b 点，电场力做功为 $0.5W$

C. a 点电势低于 c 点电势

D. 若只受电场力，从 d 点射入圆形电场区域的所有带电粒子都做曲线运动

10. 两个完全相同的正方形匀质金属框，边长为 L，通过长为 L 的绝缘轻质杆相连，构成如图所示的组合体。距离组合体下底边 H 处有一方向水平、垂直纸面向里的匀强磁场。磁场区域上下边界水平，高度为 L，左右宽度足够大。把该组合体在垂直磁场的平面内以初速度 v_0 水平无旋转抛出，设置合适的磁感应强度大小 B 使其匀速通过磁场，不计空气阻力。下列说法正确的是（　）



A. B 与 v_0 无关，与 $\sqrt{H}$ 成反比

B. 通过磁场的过程中，金属框中电流的大小和方向保持不变

C. 通过磁场的过程中，组合体克服安培力做功的功率与重力做功的功率相等

D. 调节 H、v_0 和 B，只要组合体仍能匀速通过磁场，则其通过磁场的过程中产生的热量不变

11. 某实验小组利用图 a 所示装置探究加速度与物体所受合外力的关系。主要实验步骤如下：

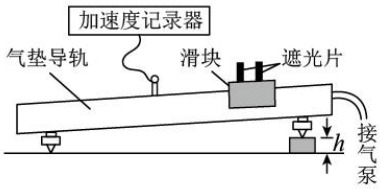


图 a

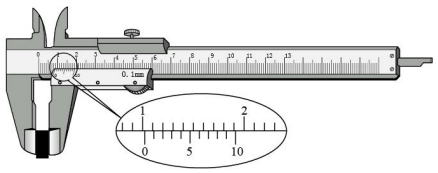


图 b

① 用游标卡尺测量垫块厚度 h，示数如图 b 所示，$h=$ ____ cm；

② 接通气泵，将滑块轻放在气垫导轨上，调节导轨至水平；

③ 在右支点下放一垫块，改变气垫导轨的倾斜角度；

④ 在气垫导轨合适位置释放滑块，记录垫块个数 n 和滑块对应的加速度 a；

⑤ 在右支点下增加垫块个数（垫块完全相同），重复步骤（4），记录数据如下表：

n	1	2	3	4	5	6
$a/(\mathrm{m/s^2})$	0.087	0.180	0.260		0.425	0.519

根据表中数据在图 c 上描点，绘制图线。

如果表中缺少的第 4 组数据是正确的，其应该是 _____ m/s^2（保留三位有效数字）。

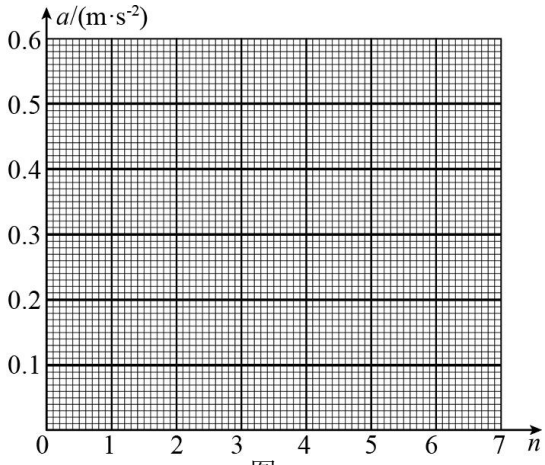


图 c

12. 某实验小组需测定电池的电动势和内阻，器材有：一节待测电池、一个单刀双掷开关、一个定值电阻（阻值为 R_0）、一个电流表（内阻为 R_A）、一根均匀电阻丝（电阻丝总阻值大于 R_0，并配有可在电阻丝上移动的金属夹）、导线若干。由于缺少刻度尺，无法测量电阻丝长度，但发现桌上有一个圆形时钟表盘。某同学提出将电阻丝绕在该表盘上，利用圆心角来表示接入电路的电阻丝长度。主要实验步骤如下：

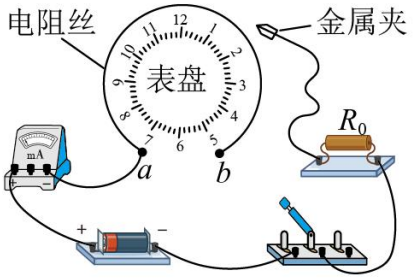


图 a

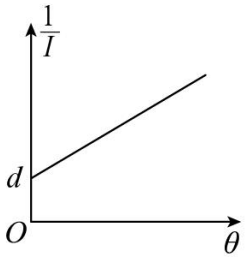


图 b

① 将器材如图 a 连接；

② 开关闭合前，金属夹应夹在电阻丝的 ____ 端（填“a”或“b”）；

③ 改变金属夹的位置，闭合开关，记录每次接入电路的电阻丝对应的圆心角 θ 和电流表示数 I，得到多组数据；

④ 整理数据并在坐标纸上描点绘图，所得图像如图 b 所示，图线斜率为 k，与纵轴截距为 d，设单位角度对应电阻丝的阻值为 r_0，该电池电动势和内阻可表示为 $E=$ ____，$r=$ _____（用 R_0、R_A、k、d、r_0 表示）；

⑤ 为进一步确定结果，还需要测量单位角度对应电阻丝的阻值 r_0。利用现有器材设计实验，在图 c 方框中画出实验电路图；

⑥ 利用测出的 r_0，可得该电池的电动势和内阻。



图 c

13. 带电粒子流的磁聚焦和磁控束是薄膜材料制备的关键技术之一、带电粒子流（每个粒子的质量为 m、电荷量为 $+q$）以初速度 v 垂直进入磁场，不计重力及带电粒子之间的相互作用。对处在 xOy 平面内的粒子，求解以下问题。

(1) 如图 a，宽度为 $2r_1$ 的带电粒子流沿 x 轴正方向射入圆心为 $A(0,r_1)$、半径为 r_1 的圆形匀强磁场中，若带电粒子流经过磁场后都汇聚到坐标原点 O，求该磁场磁感应强度 B_1 的大小；

(2) 如图 a，虚线框为边长等于 $2r_2$ 的正方形，其几何中心位于 $C(0,-r_2)$。在虚线框内设计一个区域面积最小的匀强磁场，使汇聚到 O 点的带电粒子流经过该区域后宽度变为 $2r_2$，并沿 x 轴正方向射出。求该磁场磁感应强度 B_2 的大小和方向，以及该磁场区域的面积（无需写出面积最小的证明过程）；

(3) 如图 b，虚线框 Ⅰ 和 Ⅱ 均为边长等于 r_3 的正方形，虚线框Ⅲ和Ⅳ均为边长等于 r_4 的正方形。在 Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ中分别设计一个区域面积最小的匀强磁场，使宽度为 $2r_3$ 的带电粒子流沿 x 轴正方向射入 Ⅰ 和 Ⅱ 后汇聚到坐标原点 O，再经过Ⅲ和Ⅳ后宽度变为 $2r_4$，并沿 x 轴正方向射出，从而实现带电粒子流的同轴控束。求 Ⅰ 和 Ⅲ中磁场磁感应强度的大小，以及 Ⅱ 和Ⅳ中匀强磁场区域的面积（无需写出面积最小的证明过程）。

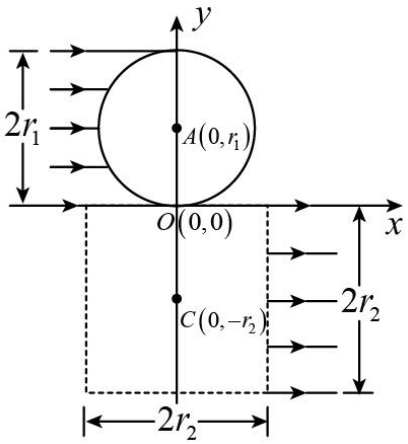


图 a

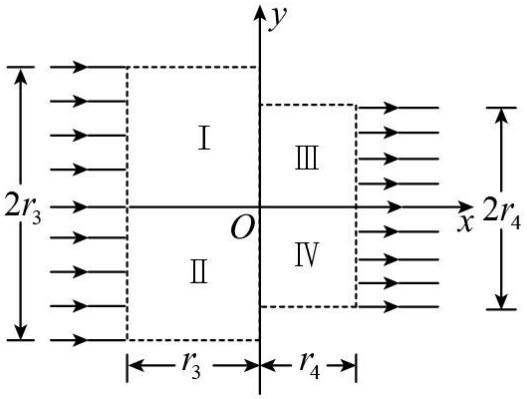


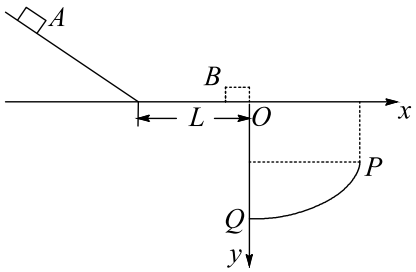
图 b

14. 如图，竖直平面内一足够长的光滑倾斜轨道与一长为 L 的水平轨道通过一小段光滑圆弧平滑连接，水平轨道右下方有一段弧形轨道 PQ。质量为 m 的小物块 A 与水平轨道间的动摩擦因数为 μ。以水平轨道末端 O 点为坐标原点建立平面直角坐标系 xOy，x 轴的正方向水平向右，y 轴的正方向竖直向下，弧形轨道 P 端坐标为 $(2\mu L, \mu L)$，Q 端在 y 轴上。重力加速度为 g。

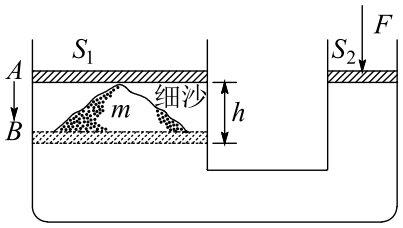
(1) 若 A 从倾斜轨道上距 x 轴高度为 $2\mu L$ 的位置由静止开始下滑，求 A 经过 O 点时的速度大小；

(2) 若 A 从倾斜轨道上不同位置由静止开始下滑，经过 O 点落在弧形轨道 PQ 上的动能均相同，求 PQ 的曲线方程；

(3) 将质量为 λm（λ 为常数且 $\lambda \geq 5$）的小物块 B 置于 O 点，A 沿倾斜轨道由静止开始下滑，与 B 发生弹性碰撞（碰撞时间极短），要使 A 和 B 均能落在弧形轨道上，且 A 落在 B 落点的右侧，求 A 下滑的初始位置距 x 轴高度的取值范围。



15. 如图，两端开口、下端连通的导热汽缸，用两个轻质绝热活塞（截面积分别为 S_1 和 S_2）封闭一定质量的理想气体，活塞与汽缸壁间无摩擦。在左端活塞上缓慢加细沙，活塞从 A 下降 h 高度到 B 位置时，活塞上细沙的总质量为 m。在此过程中，用外力 F 作用在右端活塞上，使活塞位置始终不变。整个过程环境温度和大气压强 p_0 保持不变，系统始终处于平衡状态，重力加速度为 g。下列说法正确的是（　）



A. 整个过程，外力 F 做功大于 0，小于 mgh

B. 整个过程，理想气体的分子平均动能保持不变

C. 整个过程，理想气体的内能增大

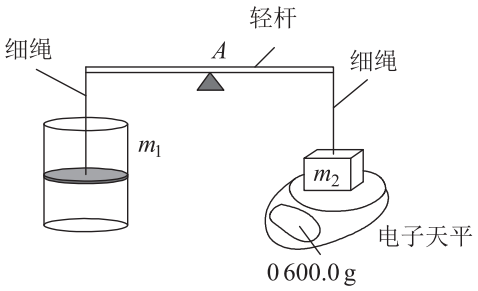
D. 整个过程，理想气体向外界释放的热量小于 $(p_0 S_1 h + mgh)$

E. 左端活塞到达 B 位置时，外力 F 等于 $\frac{mgS_2}{S_1}$

16. 小赞同学设计了一个用电子天平测量环境温度的实验装置，如图所示。导热汽缸开口向上并固定在桌面上，用质量 $m_1 = 600\,\mathrm{g}$、截面积 $S = 20\,\mathrm{cm}^2$ 的活塞封闭一定质量的理想气体，活塞与汽缸壁间无摩擦。一轻质直杆中心置于固定支点 A 上，左端用不可伸长的细绳竖直悬挂活塞，右端用相同细绳竖直悬挂一个质量 $m_2 = 1200\,\mathrm{g}$ 的铁块，并将铁块放置到电子天平上。当电子天平示数为 600.0 g 时，测得环境温度 $T_1 = 300\,\mathrm{K}$。设外界大气压强 $p_0 = 1.0 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$，重力加速度 $g = 10\,\mathrm{m/s}^2$。

(1) 当电子天平示数为 400.0 g 时，环境温度 T_2 为多少？

(2) 该装置可测量的最高环境温度 $T_{\max}$ 为多少？



17. 均匀介质中，波源位于 O 点的简谐横波在 xOy 水平面内传播，波面为圆。$t = 0$ 时刻，波面分布如图 a 所示，其中实线表示波峰，虚线表示相邻的波谷。A 处质点的振动图像如图 b 所示，z 轴正方向竖直向上。下列说法正确的是（　）

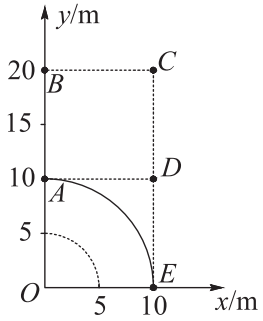


图 a

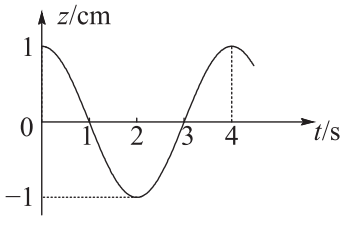


图 b

A. 该波从 A 点传播到 B 点，所需时间为 4 s

B. $t = 6\,\mathrm{s}$ 时，B 处质点位于波峰

C. $t = 8\,\mathrm{s}$ 时，C 处质点振动速度方向竖直向上

D. $t = 10\,\mathrm{s}$ 时，D 处质点所受回复力方向竖直向上

E. E 处质点起振后，12 s 内经过的路程为 12 cm

18. 我国古代著作《墨经》中记载了小孔成倒像的实验，认识到光沿直线传播。身高 1.6 m 的人站在水平地面上，其正前方 0.6 m 处的竖直木板墙上有一个圆柱形孔洞，直径为 1.0 cm、深度为 1.4 cm，孔洞距水平地面的高度是人身高的一半。此时，由于孔洞深度过大，使得成像不完整，如图所示。现在孔洞中填充厚度等于洞深的某种均匀透明介质，不考虑光在透明介质中的反射。

(1) 若该人通过小孔能成完整的像，透明介质的折射率最小为多少？

(2) 若让掠射进入孔洞的光能成功出射，透明介质的折射率最小为多少？

