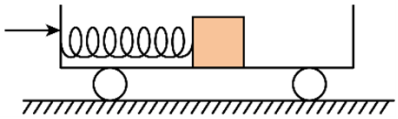
2021 年全国乙卷

1. 如图，光滑水平地面上有一小车，一轻弹簧的一端与车厢的挡板相连，另一端与滑块相连，滑块与车厢的水平底板间有摩擦。用力向右推动车厢使弹簧压缩，撤去推力时滑块在车厢底板上有相对滑动。在地面参考系（可视为惯性系）中，从撤去推力开始，小车、弹簧和滑块组成的系统（　）



A. 动量守恒，机械能守恒　　B. 动量守恒，机械能不守恒

C. 动量不守恒，机械能守恒　　D. 动量不守恒，机械能不守恒

2. 如图 a，在一块很大的接地金属平板的上方固定一负电荷。由于静电感应，在金属平板上表面产生感应电荷，金属板上方电场的等势面如图 b 中虚线所示，相邻等势面间的电势差都相等。若将一正试探电荷先后放于 M 和 N 处，该试探电荷受到的电场力大小分别为 F_M 和 F_N，相应的电势能分别为 E_{pM} 和 E_{pN}，则（　）

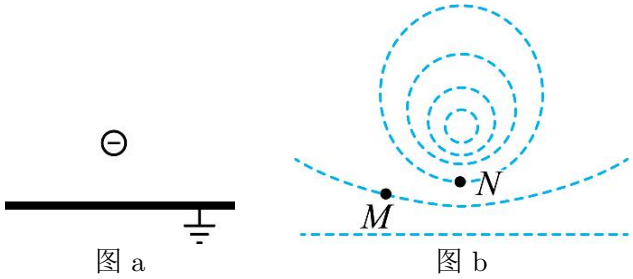
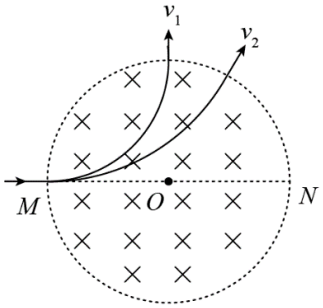


图 a　　图 b

A. $F_M < F_N$，$E_{pM} > E_{pN}$　　B. $F_M > F_N$，$E_{pM} > E_{pN}$

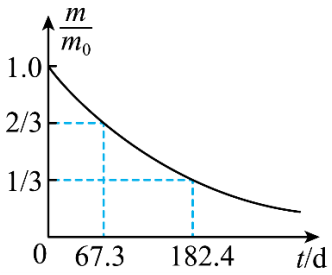
C. $F_M < F_N$，$E_{pM} < E_{pN}$　　D. $F_M > F_N$，$E_{pM} < E_{pN}$

3. 如图，圆形区域内有垂直纸面向里的匀强磁场，质量为 m、电荷量为 q（$q > 0$）的带电粒子从圆周上的 M 点沿直径 MON 方向射入磁场。若粒子射入磁场时的速度大小为 v_1，离开磁场时速度方向偏转 90°；若射入磁场时的速度大小为 v_2，离开磁场时速度方向偏转 60°，不计重力，则 $\frac{v_1}{v_2}$ 为（　）



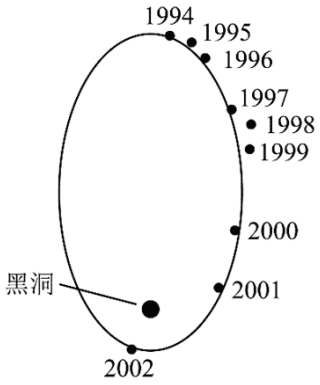
A. $\frac{1}{2}$　　B. $\frac{\sqrt{3}}{3}$　　C. $\frac{\sqrt{3}}{2}$　　D. $\sqrt{3}$

4. 医学治疗中常用放射性核素 $^{113}\mathrm{In}$ 产生 γ 射线，而 $^{113}\mathrm{In}$ 是由半衰期相对较长的 $^{113}\mathrm{Sn}$ 衰变产生的。对于质量为 m_0 的 $^{113}\mathrm{Sn}$，经过时间 t 后剩余的 $^{113}\mathrm{Sn}$ 质量为 m，其 $\frac{m}{m_0}-t$ 图线如图所示。从图中可以得到 $^{113}\mathrm{Sn}$ 的半衰期为（　）



A. 67.3 d　　B. 101.0 d　　C. 115.1 d　　D. 124.9 d

5. 科学家对银河系中心附近的恒星 S2 进行了多年的持续观测，给出 1994 年到 2002 年间 S2 的位置如图所示。科学家认为 S2 的运动轨迹是半长轴约为 1000 AU（太阳到地球的距离为 1 AU）的椭圆，银河系中心可能存在超大质量黑洞。这项研究工作获得了 2020 年诺贝尔物理学奖。若认为 S2 所受的作用力主要为该大质量黑洞的引力，设太阳的质量为 M，可以推测出该黑洞质量约为（　）



A. 4×10^4M　　B. 4×10^6M　　C. 4×10^8M　　D. $4\times10^{10}M$

6. 水平桌面上，一质量为 m 的物体在水平恒力 F 拉动下从静止开始运动，物体通过的路程等于 s_0 时，速度的大小为 v_0，此时撤去 F，物体继续滑行 $2s_0$ 的路程后停止运动，重力加速度大小为 g，则（　）

A. 在此过程中 F 所做的功为 $\frac{1}{2}mv_0^2$

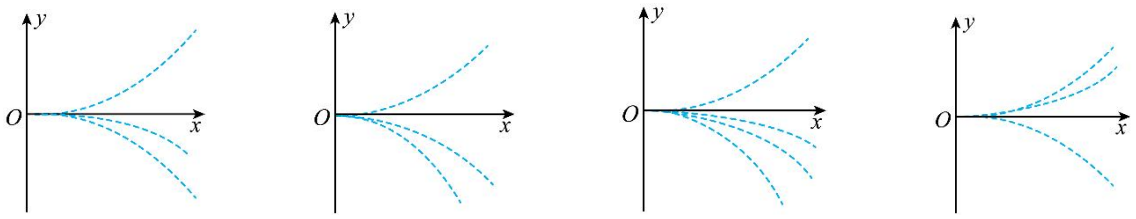
B. 在此过程中 F 的冲量大小等于 $\frac{3}{2}mv_0$

C. 物体与桌面间的动摩擦因数等于 $\frac{v_0^2}{4s_0g}$

D. F 的大小等于物体所受滑动摩擦力大小的 2 倍

7. 四个带电粒子的电荷量和质量分别（$+q$，m）、（$+q$，$2m$）、（$+3q$，$3m$）、（$-q$，m），它们先后以相同的速度从坐标原点沿 x 轴正方向射入一匀强电场中，电场方向与 y 轴平

行，不计重力，下列描绘这四个粒子运动轨迹的图像中，可能正确的是（　）



A.　　B.　　C.　　D.

8. 水平地面上有一质量为 m_1 的长木板，木板的左端上有一质量为 m_2 的物块，如图 a 所示。用水平向右的拉力 F 作用在物块上，F 随时间 t 的变化关系如图 b 所示，其中 F_1、F_2 分别为 t_1、t_2 时刻 F 的大小。木板的加速度 a_1 随时间 t 的变化关系如图 c 所示。已知木板与地面间的动摩擦因数为 μ_1，物块与木板间的动摩擦因数为 μ_2，假设最大静摩擦力均与相应的滑动摩擦力相等，重力加速度大小为 g。则（　）

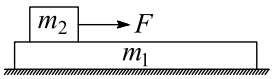


图 a

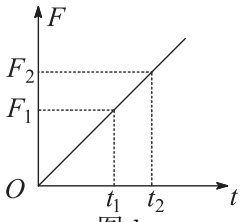


图 b

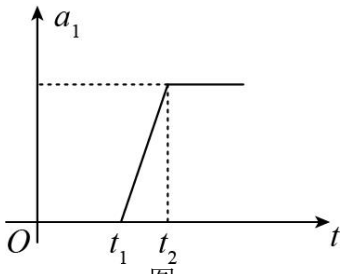


图 c

A. $F_1 = \mu_1 m_1 g$

B. $F_2 = \frac{m_2(m_1+m_2)}{m_1}(\mu_2 - \mu_1)g$

C. $\mu_2 > \frac{m_1+m_2}{m_2}\mu_1$

D. 在 $0 \sim t_2$ 时间段物块与木板加速度相等

9. 某同学利用图 a 所示装置研究平抛运动的规律。实验时该同学使用频闪仪和照相机对做平抛运动的小球进行拍摄，频闪仪每隔 0.05 s 发出一次闪光，某次拍摄后得到的照片如图 b 所示（图中未包括小球刚离开轨道的影像）。图中的背景是放在竖直平面内的带有方格的纸板，纸板与小球轨迹所在平面平行，其上每个方格的边长为 5 cm。该同学在实验中测得的小球影像的高度差已经在图 b 中标出。

完成下列填空：（结果均保留 2 位有效数字）

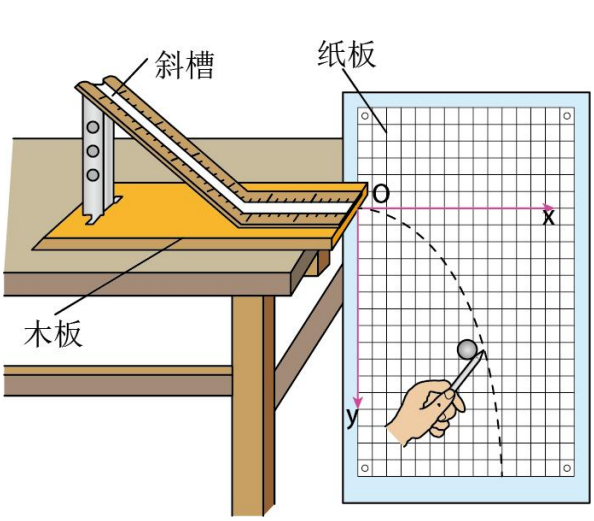


图 a

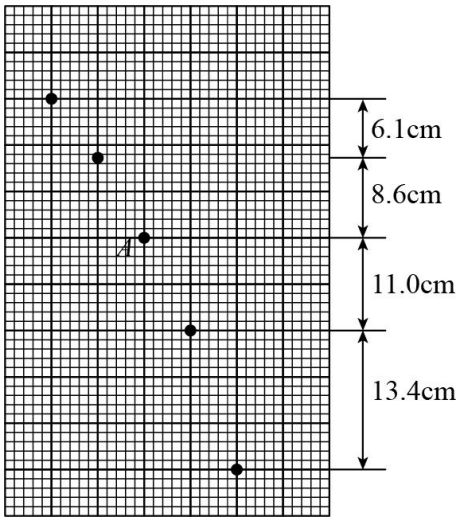


图 b

(1) 小球运动到图 b 中位置 A 时，其速度的水平分量大小为 ____ m/s，竖直分量大小为 ____ m/s；

(2) 根据图 b 中数据可得，当地重力加速度的大小为 ____ m/s^2。

10. 一实验小组利用图 a 所示的电路测量一电池的电动势 E（约 1.5 V）和内阻 r（小于 2 Ω）。图中电压表量程为 1 V，内阻 $R_V = 380.0\,\Omega$；定值电阻 $R_0 = 20.0\,\Omega$；电阻箱 R，最大阻值为 999.9 Ω；S 为开关。按电路图连接电路。完成下列填空：

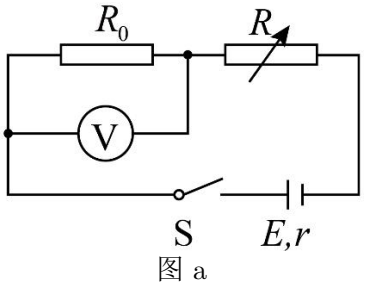


图 a

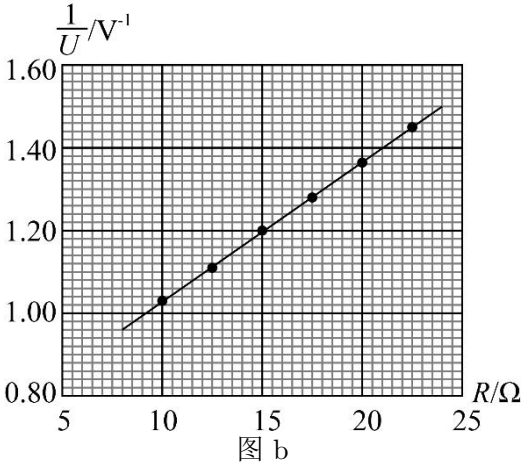


图 b

(1) 为保护电压表，闭合开关前，电阻箱接入电路的电阻值可以选 ____ Ω（填“5.0”或“15.0”）；

(2) 闭合开关，多次调节电阻箱，记录下阻值 R 和电压表的相应读数 U；

(3) 根据图 a 所示电路，用 R、R_0、R_V、E 和 r 表示 $\frac{1}{U}$，得 $\frac{1}{U} =$ _____；

(4) 利用测量数据，做 $\frac{1}{U} - R$ 图线，如图 b 所示；

(5) 通过图 b 可得 $E =$ ____ V（保留 2 位小数），$r =$ ____ Ω（保留 1 位小数）；

(6) 若将图 a 中的电压表当成理想电表，得到的电源电动势为 E'，由此产生的误差为 $\left|\frac{E'-E}{E}\right| \times 100\% =$ ____ %。

11. 一篮球质量为 $m = 0.60\,\mathrm{kg}$，一运动员使其从距地面高度为 $h_1 = 1.8\,\mathrm{m}$ 处由静止自由落下，反弹高度为 $h_2 = 1.2\,\mathrm{m}$。若使篮球从距地面 $h_3 = 1.5\,\mathrm{m}$ 的高度由静止下落，并在开始下落的同时向下拍球、球落地后反弹的高度也为 $1.5\,\mathrm{m}$。假设运动员拍球时对球的作用力为恒力，作用时间为 $t = 0.20\,\mathrm{s}$；该篮球每次与地面碰撞前后的动能的比值不变。重力加速度大小取 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$，不计空气阻力。求：

(1) 运动员拍球过程中对篮球所做的功；

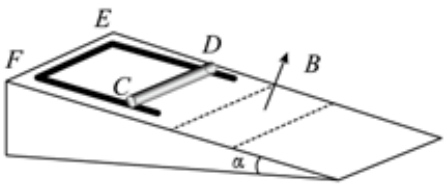
(2) 运动员拍球时对篮球的作用力的大小。

12. 如图，一倾角为 α 的光滑固定斜面的顶端放有质量 $M = 0.06\,\mathrm{kg}$ 的 U 型导体框，导体框的电阻忽略不计；一电阻 $R = 3\,\Omega$ 的金属棒 CD 的两端置于导体框上，与导体框构成矩形回路 CDEF；EF 与斜面底边平行，长度 $L = 0.6\,\mathrm{m}$。初始时 CD 与 EF 相距 $s_0 = 0.4\,\mathrm{m}$，金属棒与导体框同时由静止开始下滑，金属棒下滑距离 $s_1 = \frac{3}{16}\,\mathrm{m}$ 后进入一方向垂直于斜面的匀强磁场区域，磁场边界（图中虚线）与斜面底边平行；金属棒在磁场中做匀速运动，直至离开磁场区域。当金属棒离开磁场的瞬间，导体框的 EF 边正好进入磁场，并在匀速运动一段距离后开始加速。已知金属棒与导体框之间始终接触良好，磁场的磁感应强度大小 $B = 1\,\mathrm{T}$，重力加速度大小取 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$，$\sin\alpha = 0.6$。求：

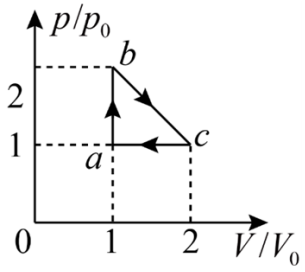
(1) 金属棒在磁场中运动时所受安培力的大小；

(2) 金属棒的质量以及金属棒与导体框之间的动摩擦因数；

(3) 导体框匀速运动的距离。



13. 如图，一定量的理想气体从状态 a（p_0，V_0，T_0）经热力学过程 ab、bc、ca 后又回到状态 a。对于 ab、bc、ca 三个过程，下列说法正确的是（　）

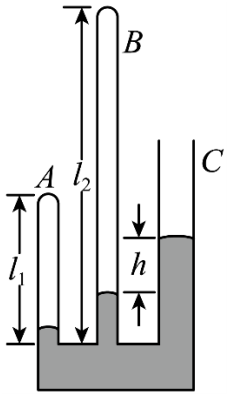


A. ab 过程中，气体始终吸热　　B. ca 过程中，气体始终放热

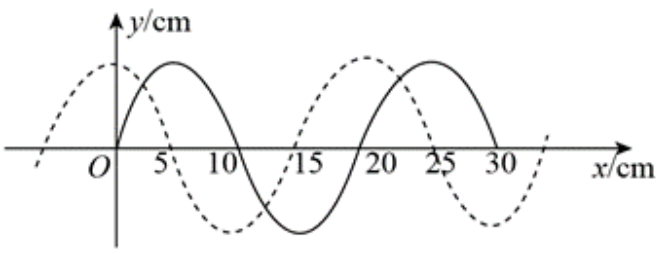
C. ca 过程中，气体对外界做功　　D. bc 过程中，气体的温度先降低后升高

E. bc 过程中，气体的温度先升高后降低

14. 如图，一玻璃装置放在水平桌面上，竖直玻璃管 A、B、C 粗细均匀，A、B 两管的上端封闭，C 管上端开口，三管的下端在同一水平面内且相互连通。A、B 两管的长度分别为 $l_1 = 13.5\,\text{cm}$，$l_2 = 32\,\text{cm}$。将水银从 C 管缓慢注入，直至 B、C 两管内水银柱的高度差 $h = 5\,\text{cm}$。已知外界大气压为 $p_0 = 75\,\text{cmHg}$。求 A、B 两管内水银柱的高度差。



15. 图中实线为一列简谐横波在某一时刻的波形曲线，经过 0.3 s 后，其波形曲线如图中虚线所示。已知该波的周期 T 大于 0.3 s，若波是沿 x 轴正方向传播的，则该波的速度大小为 ____ m/s，周期为 ____ s，若波是沿 x 轴负方向传播的，该波的周期为 ____ s。



16. 用插针法测量上、下表面平行的玻璃砖的折射率。实验中用 A、B 两个大头针确定入射光路、C、D 两个大头针确定出射光路，O 和 O′ 分别是入射点和出射点，如图 a 所示。测得玻璃砖厚度为 $h = 15.0\,\mathrm{mm}$，A 到过 O 点的法线 OM 的距离 $AM = 10.0\,\mathrm{mm}$，M 到玻璃砖的距离 $MO = 20.0\,\mathrm{mm}$，O′ 到 OM 的距离为 $s = 5.0\,\mathrm{mm}$。

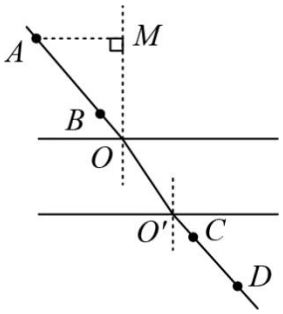


图 a

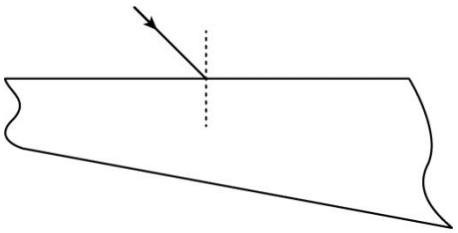


图 b

(1) 求玻璃砖的折射率；

(2) 用另一块材料相同，但上下两表面不平行的玻璃砖继续实验，玻璃砖的截面如图 b 所示。光从上表面入射，入射角从 0 逐渐增大，达到 45° 时，玻璃砖下表面的出射光线恰好消失。求此玻璃砖上下表面的夹角。