2021 年普通高等学校招生全国统一考试（全国乙卷）（重排版）

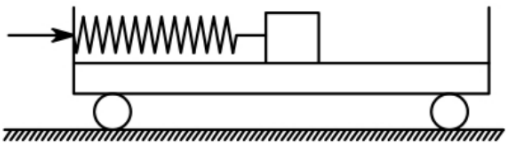
理科综合物理

16 题（含选修 3-3、3-4 各 1 题）　|　满分 110 分（选修任选一题作答）　|　建议用时 45 分钟

题干、选项与配图均按原卷重新校对排版；公式采用 *Times New Roman* 斜体，矢量插图按原图重绘或高清置入。参考答案与详解另册，为本站自编。

一、选择题

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（　　）

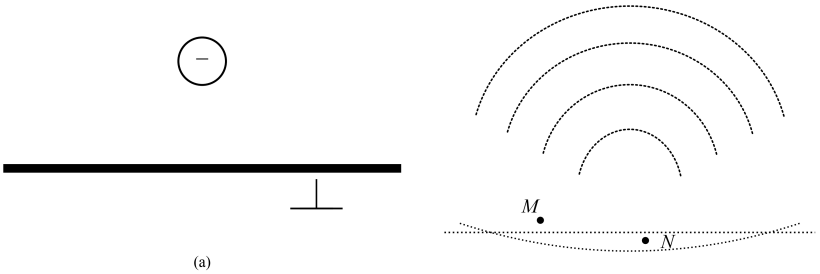


A. 动量守恒，机械能守恒　　B. 动量守恒，机械能不守恒

C. 动量不守恒，机械能守恒　　D. 动量不守恒，机械能不守恒

（6 分）

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（ ）



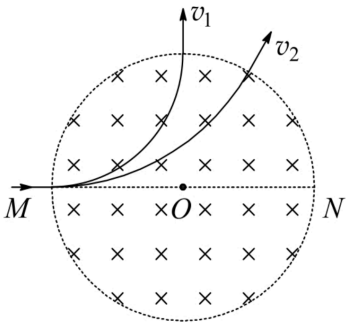
(a)　　(b)

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. $F_M > F_N$，$E_{pM} < E_{pN}$

（6 分）

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（ ）

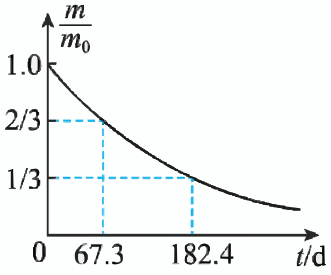


A. $\frac{1}{2}$　　B. $\frac{\sqrt{3}}{3}$

C. $\frac{\sqrt{3}}{2}$　　D. $\sqrt{3}$

（6 分）

4. 医学治疗中常用放射性核素 ^{113}In 产生 γ 射线，而 ^{113}In 是由半衰期相对较长的 ^{113}Sn 衰变产生的。对于质量为 m_0 的 ^{113}Sn，经过时间 t 后剩余的 ^{113}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}Sn 的半衰期为（　　）

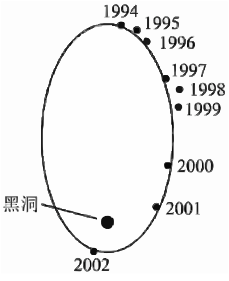


A. 67.3 d　　B. 101.0 d

C. 115.1 d　　D. 124.9 d

（6 分）

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 分）

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 $\frac{3}{2}mv_0$

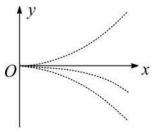
C. 物体与桌面间的动摩擦因数等于 $\frac{v_0^2}{4s_0g}$

D. F 的大小等于物体所受滑动摩擦力大小的 2 倍

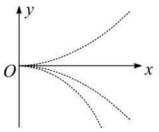
（6 分）

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（ ）

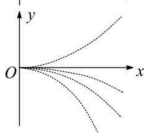
A.



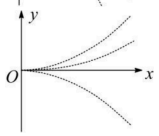
B.



C.

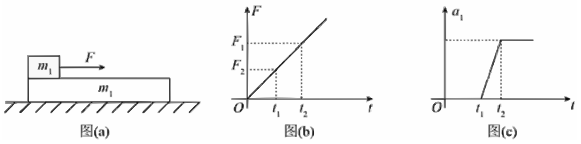


D.



（6 分）

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（ ）



A. $F_1 = \mu_1 m_1 g$

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

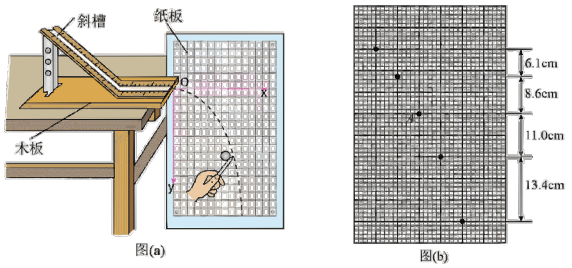
C. $\mu_2 > \frac{m_1+m_2}{m_2}\mu_1$

D. 在 $0 \sim t_2$ 时间段物块与木板加速度相等

（6 分）

三、非选择题

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）（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。（5 分）



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：

（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”）；

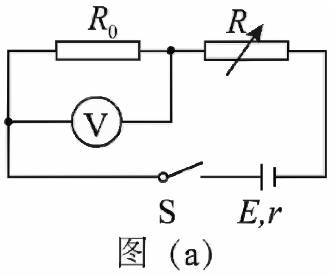
（2）闭合开关，多次调节电阻箱，记录下阻值 R 和电压表的相应读数 U；

（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，作 $\frac{1}{U} - R$ 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 $|\frac{E'-E}{E}| \times 100\%$ = _____%。（10 分）



图（a）

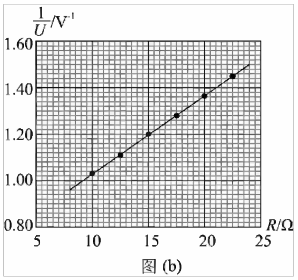


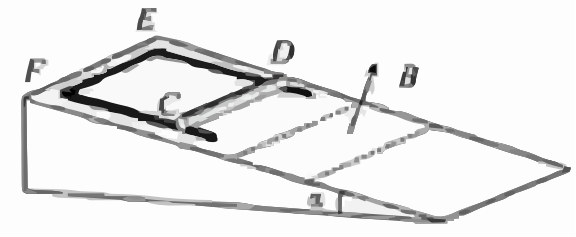
图 (b)

11. 一篮球质量为 $m = 0.60$kg，一运动员使其从距地面高度为 $h_1 = 1.8$m 处由静止自由落下，反弹高度为 $h_2 = 1.2$m。若使篮球从距地面 $h_3 = 1.5$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 1.5m。假设运动员拍球时对球的作用力为恒力，作用时间为 $t = 0.20$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 $g = 10$m/s^2，不计空气阻力。求：

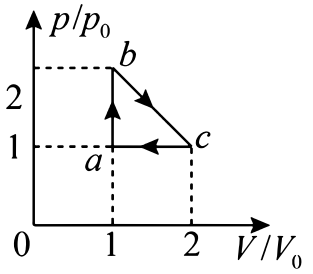
（1）运动员拍球过程中对篮球所做的功；

（2）运动员拍球时对篮球的作用力的大小。（12 分）

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 kg的U型导体框，导体框的电阻忽略不计；一电阻R = 3 Ω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 m。初始时CD与EF相距s_0 = 0.4 m，金属棒与导体框同时由静止开始下滑，金属棒下滑距离$s_1 = \frac{3}{16}$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 T，重力加速度大小取g = 10 m/s^2，sinα = 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。（20 分）



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

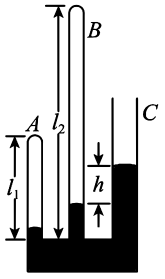
C. ca 过程中，气体对外界做功

D. bc 过程中，气体的温度先降低后升高

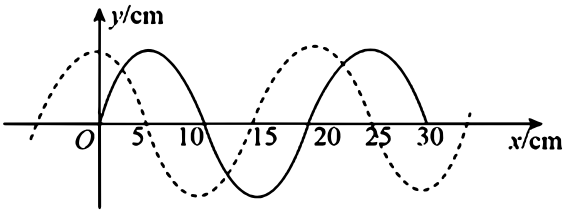
E. bc 过程中，气体的温度先升高后降低

（5 分）

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 $l_1 = 13.5$cm，$l_2 = 32$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 $h = 5$cm。已知外界大气压为 $p_0 = 75$cmHg。求 A、B 两管内水银柱的高度差。（10 分）



15. 图中实线为一列简谐横波在某一时刻的波形曲线，经过 0.3s 后，其波形曲线如图中虚线所示。已知该波的周期 T 大于 0.3s，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。（5 分）



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 $h = 15.0\,\text{mm}$，A 到过 O 点的法线 OM 的距离 $AM = 10.0\,\text{mm}$，M 到玻璃砖的距离 $MO = 20.0\,\text{mm}$，O' 到 OM 的距离为 $s = 5.0\,\text{mm}$。

（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。（10 分）

