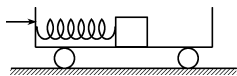


## 全国乙卷 理综物理

本卷满分110分

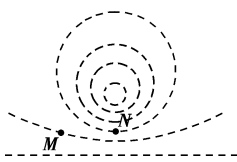
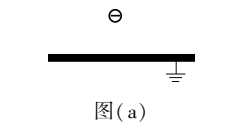
二、选择题:本题共8小题,每小题6分,共48分。在每小题给出的四个选项中,第14—18题只有一项符合题目要求,第19—21题有多项符合题目要求。全部选对的得6分,选对但不全的得3分,有选错的得0分。

14.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 ( )



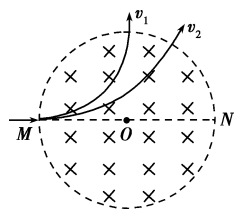
- A. 动量守恒,机械能守恒  
B. 动量守恒,机械能不守恒  
C. 动量不守恒,机械能守恒  
D. 动量不守恒,机械能不守恒

15.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,金属板上表面电场的等势面如图(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 ( )



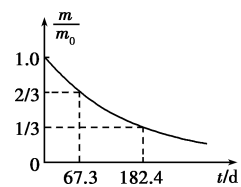
- A.  $F_M < F_N, E_{pM} > E_{pN}$   
B.  $F_M > F_N, E_{pM} > E_{pN}$   
C.  $F_M < F_N, E_{pM} < E_{pN}$   
D.  $F_M > F_N, E_{pM} < E_{pN}$

16.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 $90^\circ$ ;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 $60^\circ$ 。不计重力。则 $\frac{v_1}{v_2}$ 为 ( )



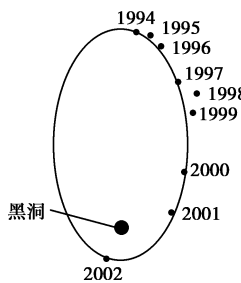
- A.  $\frac{1}{2}$   
B.  $\frac{\sqrt{3}}{3}$   
C.  $\frac{\sqrt{3}}{2}$   
D.  $\sqrt{3}$

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



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

18.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 ( )

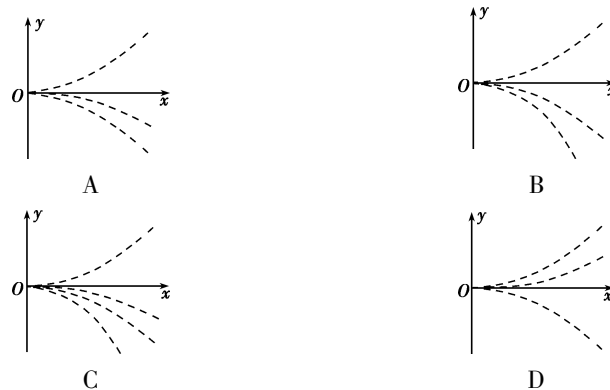


- A.  $4 \times 10^4 M$   
B.  $4 \times 10^6 M$   
C.  $4 \times 10^8 M$   
D.  $4 \times 10^{10} M$

19.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 ( )

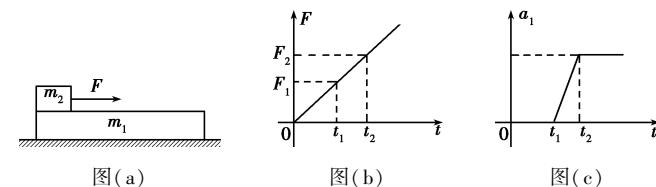
- A. 在此过程中 $F$ 所做的功为 $\frac{1}{2}mv_0^2$   
B. 在此过程中 $F$ 的冲量大小等于 $\frac{3}{2}mv_0$   
C. 物体与桌面间的动摩擦因数等于 $\frac{v_0^2}{4s_0g}$   
D.  $F$ 的大小等于物体所受滑动摩擦力大小的2倍

20.四个带电粒子的电荷量和质量分别为 $(+q, m)$ 、 $(+q, 2m)$ 、 $(+3q, 3m)$ 、 $(-q, m)$ ,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 ( )



21.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 $\mu_1$ ,物块与木板间的动摩擦因数为 $\mu_2$ 。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 ( )

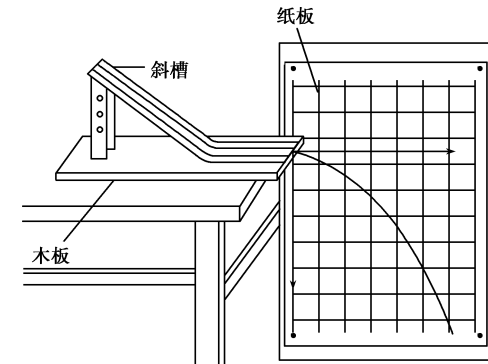


- A.  $F_1 = \mu_1 m_1 g$   
B.  $F_2 = \frac{m_2(m_1+m_2)}{m_1}(\mu_2-\mu_1)g$   
C.  $\mu_2 > \frac{m_1+m_2}{m_2}\mu_1$   
D. 在 $0 \sim t_2$ 时间段物块与木板加速度相等

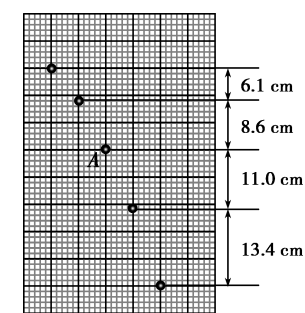
三、非选择题:共62分。第22—25题为必考题,每个试题考生都必须作答。第33—34题为选考题,考生根据要求作答。

(一)必考题:共47分。

22.(5分)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。



图(a)

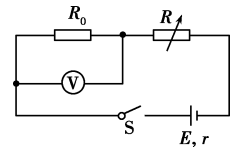


图(b)

完成下列填空:(结果均保留2位有效数字)

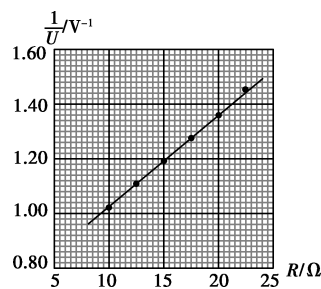
- (1)小球运动到图(b)中位置A时,其速度的水平分量大小为 \_\_\_\_\_ m/s, 竖直分量大小为 \_\_\_\_\_ m/s;  
(2)根据图(b)中数据可得,当地重力加速度的大小为 \_\_\_\_\_ m/s<sup>2</sup>。

23.(10分)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 $2 \Omega$ )。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  $\Omega$ ;S为开关。按电路图连接电路。完成下列填空:



图(a)

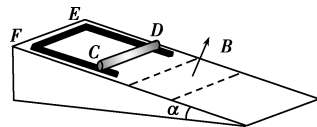
- (1) 为保护电压表, 闭合开关前, 电阻箱接入电路的电阻值可以选 \_\_\_\_\_  $\Omega$  (填“5.0”或“15.0”);
- (2) 闭合开关, 多次调节电阻箱, 记录下阻值  $R$  和电压表的相应读数  $U$ ;
- (3) 根据图(a)所示电路, 用  $R$ 、 $R_0$ 、 $R_V$ 、 $E$  和  $r$  表示  $\frac{1}{U}$ , 得  $\frac{1}{U} =$  \_\_\_\_\_;
- (4) 利用测量数据, 作  $\frac{1}{U}-R$  图线, 如图(b)所示;
- (5) 通过图(b)可得  $E =$  \_\_\_\_\_ V (保留 2 位小数),  $r =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$  (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  $\left| \frac{E'-E}{E} \right| \times 100\% =$  \_\_\_\_\_ %。



图(b)

24. (12 分) 一篮球质量为  $m = 0.60 \text{ kg}$ , 一运动员使其从距地面高度为  $h_1 = 1.8 \text{ m}$  处由静止自由落下, 反弹高度为  $h_2 = 1.2 \text{ m}$ 。若使篮球从距地面  $h_3 = 1.5 \text{ m}$  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  $1.5 \text{ m}$ 。假设运动员拍球时对球的作用力为恒力, 作用时间为  $t = 0.20 \text{ s}$ ; 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  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 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。

25. (20 分) 如图, 一倾角为  $\alpha$  的光滑固定斜面的顶端放有质量  $M = 0.06 \text{ kg}$  的 U 形导体框, 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  $L = 0.6 \text{ m}$ 。初始时  $CD$  与  $EF$  相距  $s_0 = 0.4 \text{ m}$ , 金属棒与导体框同时由静止开始下滑, 金属棒下滑距离  $s_1 = \frac{3}{16} \text{ m}$  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  $B = 1 \text{ T}$ , 重力加速度大小取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sin \alpha = 0.6$ 。求

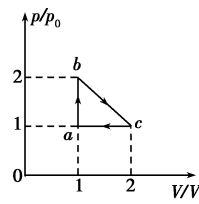


- (1) 金属棒在磁场中运动时所受安培力的大小;
- (2) 金属棒的质量以及金属棒与导体框之间的动摩擦因数;
- (3) 导体框匀速运动的距离。

(二) 选考题: 共 15 分。请考生从 2 道题中任选一题作答。如果多做, 则按所做的第一题计分。

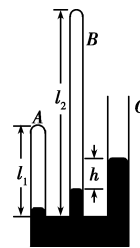
33. [物理——选修 3-3] (15 分)

- (1) (5 分) 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 \_\_\_\_\_ (填正确答案标号。选对 1 个得 2 分, 选对 2 个得 4 分, 选对 3 个得 5 分。每选错 1 个扣 3 分, 最低得分为 0 分)



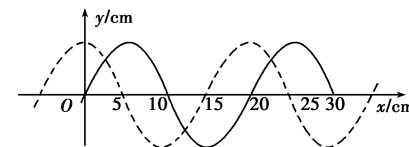
- $ab$  过程中, 气体始终吸热
- $bc$  过程中, 气体始终放热
- $ca$  过程中, 气体对外界做功
- $bc$  过程中, 气体的温度先降低后升高
- $bc$  过程中, 气体的温度先升高后降低

- (2) (10 分) 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。

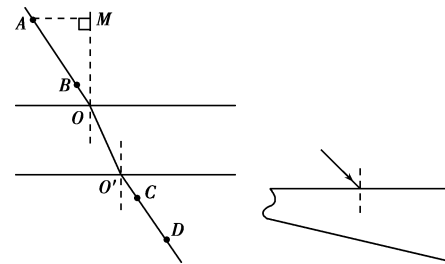


34. [物理——选修 3-4] (15 分)

- (1) (5 分) 图中实线为一列简谐横波在某一时刻的波形曲线, 经过  $0.3 \text{ s}$  后, 其波形曲线如图中虚线所示。已知该波的周期  $T$  大于  $0.3 \text{ s}$ 。若波是沿  $x$  轴正方向传播的, 则该波的速度大小为 \_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ , 周期为 \_\_\_\_\_  $\text{s}$ ; 若波是沿  $x$  轴负方向传播的, 该波的周期为 \_\_\_\_\_  $\text{s}$ 。



- (2) (10 分) 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  $s = 5.0 \text{ mm}$ 。



图(a)

图(b)

- (i) 求玻璃砖的折射率;

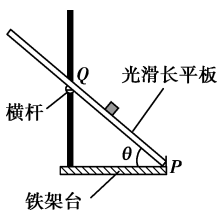
- (ii) 用另一块材料相同, 但上下两表面不平行的玻璃砖继续实验, 玻璃砖的截面如图(b)所示。光从上表面入射, 入射角从  $0$  逐渐增大, 达到  $45^\circ$  时, 玻璃砖下表面的出射光线恰好消失。求此玻璃砖上下表面的夹角。

## 全国甲卷 理综物理

本卷满分110分

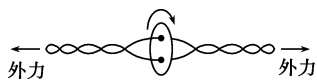
二、选择题:本题共8小题,每小题6分,共48分。在每小题给出的四个选项中,第14—18题只有一项符合题目要求,第19—21题有多项符合题目要求。全部选对的得6分,选对但不全的得3分,有选错的得0分。

14.如图,将光滑长平板的下端置于铁架台水平底座上的挡板P处,上部架在横杆上。横杆的位置可在竖直杆上调节,使得平板与底座之间的夹角 $\theta$ 可变。将小物块由平板与竖直杆交点Q处静止释放,物块沿平板从Q点滑至P点所用的时间 $t$ 与夹角 $\theta$ 的大小有关。若 $\theta$ 由 $30^\circ$ 逐渐增大至 $60^\circ$ ,物块的下滑时间 $t$ 将



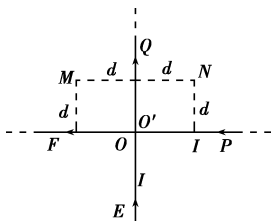
- A. 逐渐增大  
B. 逐渐减小  
C. 先增大后减小  
D. 先减小后增大

15.“旋转纽扣”是一种传统游戏。如图,先将纽扣绕几圈,使穿过纽扣的两股细绳拧在一起,然后用力反复拉绳的两端,纽扣正转和反转会交替出现。拉动多次后,纽扣绕其中心的转速可达 $50\text{ r/s}$ ,此时纽扣上距离中心 $1\text{ cm}$ 处的点向心加速度大小约为



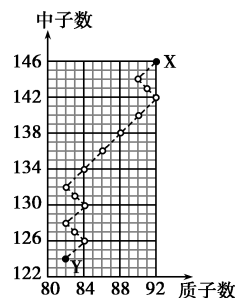
- A.  $10\text{ m/s}^2$   
B.  $100\text{ m/s}^2$   
C.  $1\ 000\text{ m/s}^2$   
D.  $10\ 000\text{ m/s}^2$

16.两足够长直导线均折成直角,按图示方式放置在同一平面内, $EO$ 与 $O'Q$ 在一条直线上, $PO'$ 与 $OF$ 在一条直线上,两导线相互绝缘,通有相等的电流 $I$ ,电流方向如图所示。若一根无限长直导线通过电流 $I$ 时,所产生的磁场在距离导线 $d$ 处的磁感应强度大小为 $B$ ,则图中与导线距离均为 $d$ 的 $M$ 、 $N$ 两点处的磁感应强度大小分别为



- A.  $B$ 、 $0$   
B.  $0$ 、 $2B$   
C.  $2B$ 、 $2B$   
D.  $B$ 、 $B$

17.如图,一个原子核X经图中所示的一系列 $\alpha$ 、 $\beta$ 衰变后,生成稳定的原子核Y,在此过程中放射出电子的总个数为

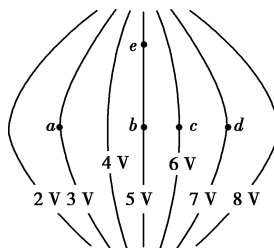


- A.6  
B.8  
C.10  
D.14

18.2021年2月,执行我国火星探测任务的“天问一号”探测器在成功实施三次近火制动后,进入运行周期约为 $1.8\times 10^5\text{ s}$ 的椭圆形停泊轨道,轨道与火星表面的最近距离约为 $2.8\times 10^5\text{ m}$ 。已知火星半径约为 $3.4\times 10^6\text{ m}$ ,火星表面处自由落体的加速度大小约为 $3.7\text{ m/s}^2$ ,则“天问一号”的停泊轨道与火星表面的最远距离约为

- A.  $6\times 10^5\text{ m}$   
B.  $6\times 10^6\text{ m}$   
C.  $6\times 10^7\text{ m}$   
D.  $6\times 10^8\text{ m}$

19.某电场的等势面如图所示,图中 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 为电场中的5个点,则



- A. 一正电荷从 $b$ 点运动到 $e$ 点,电场力做正功  
B. 一电子从 $a$ 点运动到 $d$ 点,电场力做功为 $4\text{ eV}$   
C.  $b$ 点电场强度垂直于该点所在等势面,方向向右  
D.  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 四个点中, $b$ 点的电场强度大小最大

20.一质量为 $m$ 的物体自倾角为 $\alpha$ 的固定斜面底端沿斜面向上滑动。该物体开始滑动时的动能为 $E_k$ ,向上滑动一段距离后速度减小为零,此后物体向下滑动,到达斜面底端时动能为 $\frac{E_k}{5}$ 。已知 $\sin\alpha=0.6$ ,重力加速度大小为 $g$ 。则

- A. 物体向上滑动的距离为 $\frac{E_k}{2mg}$   
B. 物体向下滑动时的加速度大小为 $\frac{g}{5}$   
C. 物体与斜面间的动摩擦因数等于 $0.5$   
D. 物体向上滑动所用的时间比向下滑动的时间长

21.由相同材料的导线绕成边长相同的甲、乙两个正方形闭合线圈,两线圈的质量相等,但所用导线的横截面积不同,甲线圈的匝数是乙的2倍。现两线圈在竖直平面内从同一高度同时由静止开始下落,一段时间后进入一方向垂直于纸面的匀强磁场区域,磁场的上边界水平,如图所示。不计空气阻力,已知下落过程中线圈始终平行于纸面,上、下边保持水平。在线圈下边进入磁场后且上边进入磁场前,可能出现的是

甲  乙

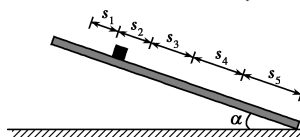
$\times \times \times \times \times \times$   
 $\times \times \times \times \times \times$   
 $\times \times \times \times \times \times$

- A. 甲和乙都加速运动  
B. 甲和乙都减速运动  
C. 甲加速运动,乙减速运动  
D. 甲减速运动,乙加速运动

三、非选择题:共62分。第22—25题为必考题,每个试题考生都必须作答。第33—34题为选考题,考生根据要求作答。

(一)必考题:共47分。

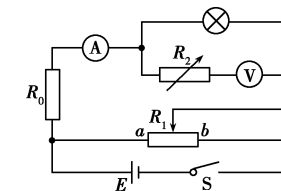
22.(5分)为测量小铜块与瓷砖表面间的动摩擦因数,一同学将贴有标尺的瓷砖的一端放在水平桌面上,形成一倾角为 $\alpha$ 的斜面(已知 $\sin\alpha=0.34$ , $\cos\alpha=0.94$ ),小铜块可在斜面上加速下滑,如图所示。该同学用手机拍摄小铜块的下滑过程,然后解析视频记录的图像,获得5个连续相等时间间隔(每个时间间隔 $\Delta T=0.20\text{ s}$ )内小铜块沿斜面下滑的距离 $s_i$ ( $i=1,2,3,4,5$ ),如下表所示。



$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$
5.87 cm	7.58 cm	9.31 cm	11.02 cm	12.74 cm

由表中数据可得,小铜块沿斜面下滑的加速度大小为  $\text{m/s}^2$ ,小铜块与瓷砖表面间的动摩擦因数为  $\text{m/s}^2$ 。(结果均保留2位有效数字,重力加速度大小取 $9.80\text{ m/s}^2$ )

23.(10分)某同学用图(a)所示电路探究小灯泡的伏安特性,所用器材有:小灯泡(额定电压 $2.5\text{ V}$ ,额定电流 $0.3\text{ A}$ )、电压表(量程 $300\text{ mV}$ ,内阻 $300\ \Omega$ )、电流表(量程 $300\text{ mA}$ ,内阻 $0.27\ \Omega$ )、定值电阻 $R_0$ 、滑动变阻器 $R_1$ (阻值 $0\sim 20\ \Omega$ )、电阻箱 $R_2$ (最大阻值 $9\ 999.9\ \Omega$ )、电源 $E$ (电动势 $6\text{ V}$ ,内阻不计)、开关 $S$ 、导线若干。完成下列填空:

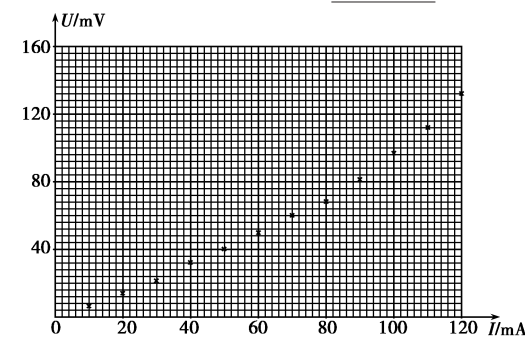


图(a)

(1)有3个阻值分别为 $10\ \Omega$ 、 $20\ \Omega$ 、 $30\ \Omega$ 的定值电阻可供选择,为了描绘小灯泡电流在 $0\sim 300\text{ mA}$ 的 $U-I$ 曲线, $R_0$ 应选取阻值为  $\Omega$ 的定值电阻;

(2)闭合开关前,滑动变阻器的滑片应置于变阻器的  $\text{a}$  或  $\text{b}$  端;

(3)在流过电流表的电流较小时,将电阻箱 $R_2$ 的阻值置零,改变滑动变阻器滑片的位置,读取电压表和电流表的示数 $U$ 、 $I$ ,结果如图(b)所示。当流过电流表的电流为 $10\text{ mA}$ 时,小灯泡的电阻为  $\Omega$ (保留1位有效数字);



图(b)

(4)为使得电压表满量程时对应于小灯泡两端的电压为 $3\text{ V}$ ,该同学经计算知,应将 $R_2$ 的阻值调整为  $\Omega$ 。然后调节滑动变阻器 $R_1$ ,测得数据如下表所示:

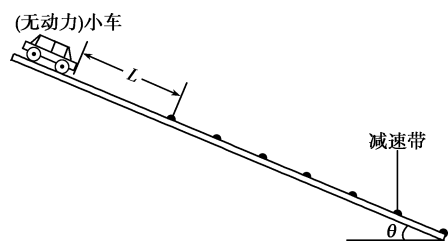
$U/\text{mV}$	24.0	46.0	76.0	110.0	128.0	152.0	184.0	216.0	250.0
$I/\text{mA}$	140.0	160.0	180.0	200.0	220.0	240.0	260.0	280.0	300.0

(5)由图(b)和上表可知,随流过小灯泡电流的增加,其灯丝的电阻  $\text{mV}$  (填“增大”“减小”或“不变”);

(6)该同学观测到小灯泡刚开始发光时流过电流表的电流为 $160\text{ mA}$ ,可得此时小灯泡电功率 $P_1 = \text{W}$ (保留2位有效数字);当流过电流表的电流为 $300\text{ mA}$ 时,小灯泡的电功率为 $P_2$ ,则 $P_2/P_1 = \text{mV}$ (保留至整数)。

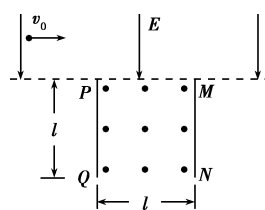
24. (12分) 如图, 一倾角为  $\theta$  的光滑斜面上有 50 个减速带(图中未完全画出), 相邻减速带间的距离均为  $d$ , 减速带的宽度远小于  $d$ ; 一质量为  $m$  的无动力小车(可视为质点)从距第一个减速带  $L$  处由静止释放。已知小车通过减速带损失的机械能与到达减速带时的速度有关。观察发现, 小车通过第 30 个减速带后, 在相邻减速带间的平均速度均相同。小车通过第 50 个减速带后立刻进入与斜面光滑连接的水平地面, 继续滑行距离  $s$  后停下。已知小车与地面间的动摩擦因数为  $\mu$ , 重力加速度大小为  $g$ 。

- (1) 求小车通过第 30 个减速带后, 经过每一个减速带时损失的机械能;
- (2) 求小车通过前 30 个减速带的过程中在每一个减速带上平均损失的机械能;
- (3) 若小车在前 30 个减速带上平均每一个损失的机械能大于之后每一个减速带上损失的机械能, 则  $L$  应满足什么条件?



25. (20分) 如图, 长度均为  $l$  的两块挡板竖直相对放置, 间距也为  $l$ , 两挡板上边缘  $P$  和  $M$  处于同一水平线上, 在该水平线的上方区域有方向竖直向下的匀强电场, 电场强度大小为  $E$ ; 两挡板间有垂直纸面向外、磁感应强度大小可调节的匀强磁场。一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  ( $q > 0$ ) 的粒子自电场中某处以大小为  $v_0$  的速度水平向右发射, 恰好从  $P$  点处射入磁场, 从两挡板下边缘  $Q$  和  $N$  之间射出磁场, 运动过程中粒子未与挡板碰撞。已知粒子射入磁场时的速度方向与  $PQ$  的夹角为  $60^\circ$ , 不计重力。

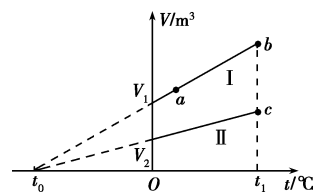
- (1) 求粒子发射位置到  $P$  点的距离;
- (2) 求磁感应强度大小的取值范围;
- (3) 若粒子正好从  $QN$  的中点射出磁场, 求粒子在磁场中的轨迹与挡板  $MN$  的最近距离。



(二) 选考题: 共 15 分。请考生从 2 道题中任选一题作答。如果多做, 则按所做的第一题计分。

33. [物理——选修 3-3] (15 分)

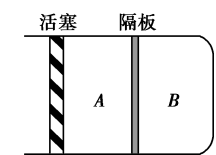
(1) (5 分) 如图, 一定量的理想气体经历的两个不同过程, 分别由体积-温度 ( $V-t$ ) 图上的两条直线 I 和 II 表示,  $V_1$  和  $V_2$  分别为两直线与纵轴交点的纵坐标;  $t_0$  为它们的延长线与横轴交点的横坐标,  $t_0 = -273.15^\circ\text{C}$ ;  $a$  为直线 I 上的一点。由图可知, 气体在状态  $a$  和  $b$  的压强之比  $\frac{p_a}{p_b} =$  \_\_\_\_\_; 气体在状态  $b$  和  $c$  的压强之比  $\frac{p_b}{p_c} =$  \_\_\_\_\_。



比  $\frac{p_b}{p_c} =$  \_\_\_\_\_。

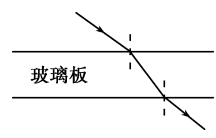
(2) (10 分) 如图, 一汽缸中由活塞封闭有一定量的理想气体, 中间的隔板将气体分为  $A$ 、 $B$  两部分; 初始时,  $A$ 、 $B$  的体积均为  $V$ , 压强均等于大气压  $p_0$ 。隔板上装有压力传感器和控制装置, 当隔板两边压强差超过  $0.5p_0$  时隔板就会滑动, 否则隔板停止运动。气体温度始终保持不变。向右缓慢推动活塞, 使  $B$  的体积减小为  $\frac{V}{2}$ 。

- (i) 求  $A$  的体积和  $B$  的压强;
- (ii) 再使活塞向左缓慢回到初始位置, 求此时  $A$  的体积和  $B$  的压强。



34. [物理——选修 3-4] (15 分)

(1) (5 分) 如图, 单色光从折射率  $n = 1.5$ 、厚度  $d = 10.0\text{ cm}$  的玻璃板上表面射入。已知真空中的光速为  $3.0 \times 10^8\text{ m/s}$ , 则该单色光在玻璃板内传播的速度为 \_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ ; 对于所有可能的入射角, 该单色光通过玻璃板所用时间  $t$  的取值范围是 \_\_\_\_\_  $\text{s} \leq t < \text{_____ s}$  (不考虑反射)。



(2) (10 分) 均匀介质中质点  $A$ 、 $B$  的平衡位置位于  $x$  轴上, 坐标分别为 0 和  $x_B = 16\text{ cm}$ 。某简谐横波沿  $x$  轴正方向传播, 波速为  $v = 20\text{ cm/s}$ , 波长大于  $20\text{ cm}$ , 振幅为  $y_0 = 1\text{ cm}$ , 且传播时无衰减。  $t = 0$  时刻  $A$ 、 $B$  偏离平衡位置的位移大小相等、方向相同, 运动方向相反, 此后每隔  $\Delta t = 0.6\text{ s}$  两者偏离平衡位置的位移大小相等、方向相同。已知在  $t_1$  时刻 ( $t_1 > 0$ ), 质点  $A$  位于波峰。求

- (i) 从  $t_1$  时刻开始, 质点  $B$  最少要经过多长时间位于波峰;
- (ii)  $t_1$  时刻质点  $B$  偏离平衡位置的位移。

## 物理

本卷满分100分,考试时间75分钟。

一、单项选择题:本题共7小题,每小题4分,共28分。在每小题给出的四个选项中,只有一项是符合题目要求的。

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 ${}^{26}_{13}\text{Al} \rightarrow {}^{26}_{12}\text{Mg} + \text{Y}$ 。下列说法正确的是 ( )
- 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

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 ( )
- 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

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 $\alpha$ 和 $\beta$ , $\alpha < \beta$ ,如图1所示。忽略耕索质量,耕地过程中,下列说法正确的是 ( )

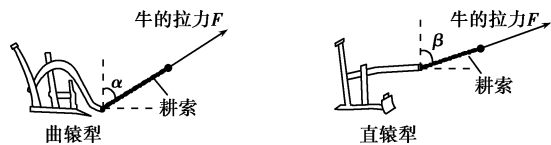


图1

- 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
4. 由于高度限制,车库出入口采用图2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 $30^\circ$ 匀速转动到 $60^\circ$ 的过程中,下列说法正确的是 ( )

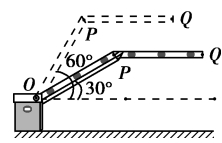


图2

- 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
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3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 ( )

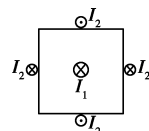
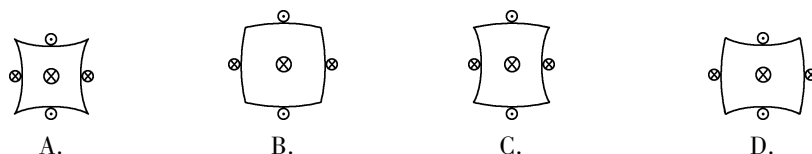


图3



6. 图4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 ( )

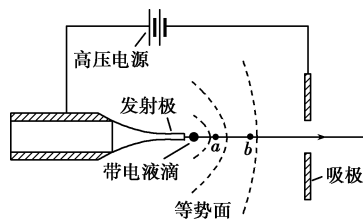


图4

- 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
7. 某同学设计了一个充电装置,如图5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 ( )

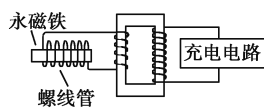
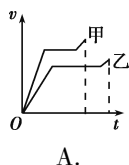


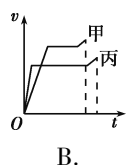
图5

- 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
- 二、多项选择题:本题共3小题,每小题6分,共18分。在每小题给出的四个选项中,有多项符合题目要求。全部选对的得6分,选对但不全的得3分,有选错的得0分。

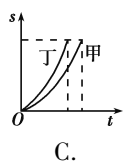
8. 赛龙舟是端午节的传统活动。下列 $v-t$ 和 $s-t$ 图像描述了五条相同的龙舟从同一起点线同时出发、沿长直河道划向同一终点线的运动全过程,其中能反映龙舟甲与其他龙舟在途中出现船头并齐的有 ( )



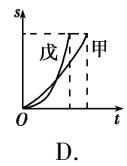
A.



B.



C.



D.

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6所示,重力加速度为 $g$ 。下列说法正确的有 ( )

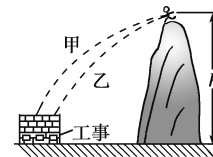


图6

- 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 $mgh$
10. 如图7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 $bc$ 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 ( )

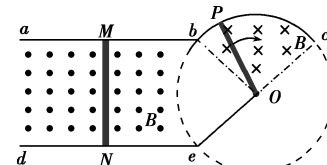


图7

- 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

三、非选择题:共54分。第11—14题为必考题,考生都必须作答。第15—16题为选考题,考生根据要求作答。

(一)必考题:共42分。

11. (7分) 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8所示,固定在斜面上的透明有机玻璃管与水平面夹角为 $30^\circ$ ,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。

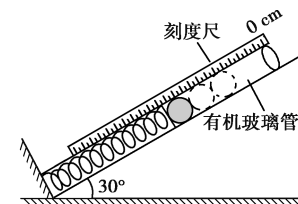


图8

$n$	1	2	3	4	5	6
$L_n/\text{cm}$	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: $\Delta L_1 = 6.03$  cm,  $\Delta L_2 = 6.08$  cm,  $\Delta L_3 =$  \_\_\_\_\_ cm, 压缩量的平均值 $\overline{\Delta L} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{3} =$  \_\_\_\_\_ cm;

- (2) 上述 $\overline{\Delta L}$ 是管中增加 \_\_\_\_\_ 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 $9.80$  m/s<sup>2</sup>,该弹簧的劲度系数为 \_\_\_\_\_ N/m (结果保留3位有效数字)。

12. (9分) 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\_\_\_\_\_, 调节欧姆调零旋钮, 使指针指向右边“0  $\Omega$ ”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, 由此判断热敏电阻阻值随温度的升高而\_\_\_\_\_。

(2) 再按图9连接好电路进行测量。

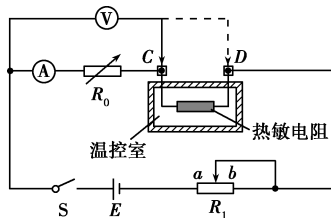


图9

① 闭合开关S前, 将滑动变阻器  $R_1$  的滑片滑到\_\_\_\_\_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  $R_{01}$  \_\_\_\_\_  $R_{02}$  (选填“大于”、“小于”或“等于”)。此时热敏电阻阻值  $R_T =$ \_\_\_\_\_。

(3) 改变温控室的温度, 测量不同温度时的热敏电阻阻值, 可以得到热敏电阻阻值随温度的变化规律。

13. (11分) 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10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  $s_1 = 3.5 \times 10^{-2}$  m, 乙与边框a相隔  $s_2 = 2.0 \times 10^{-2}$  m, 算珠与导杆间的动摩擦因数  $\mu = 0.1$ 。现用手指将甲以  $0.4$  m/s 的初速度拨出, 甲、乙碰撞后甲的速度大小为  $0.1$  m/s, 方向不变, 碰撞时间极短且不计, 重力加速度  $g$  取  $10$  m/s<sup>2</sup>。

(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。

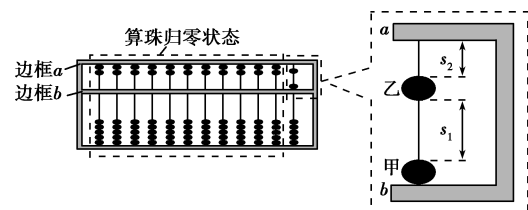


图10

14. (15分) 图11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  $90^\circ$  的扇环形匀强磁场区I、II和III。各区磁感应强度恒定, 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  $\tan 22.5^\circ = 0.4$ 。

(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  $\theta$  均为  $45^\circ$ , 最终从Q点出射, 运动轨迹如图11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。

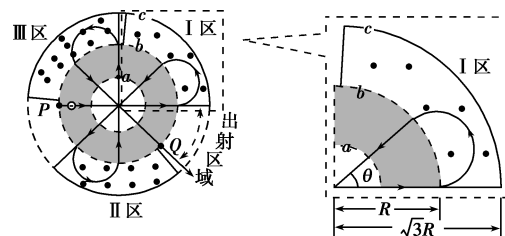


图11

(二) 选考题: 共12分。请考生从2道题中任选一题作答。如果多做, 则按所做的第一题计分。

15. [选修3-3] (12分)

(1) (6分) 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\_\_\_\_\_ (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\_\_\_\_\_ (选填“变大”、“变小”或“不变”)。

(2) (6分) 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12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  $1.0 \times 10^5$  Pa。护士把注射器内横截面积为  $0.3$  cm<sup>2</sup>、长度为  $0.4$  cm、压强为  $1.0 \times 10^5$  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。



图12

16. [选修3-4] (12分)

(1) (6分) 如图13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\_\_\_\_\_  $\frac{A}{2}$  (选填“大于”、“小于”或“等于”); 在  $\frac{T}{4}$  时刻, 小球的动能\_\_\_\_\_ (选填“最大”或“最小”)。

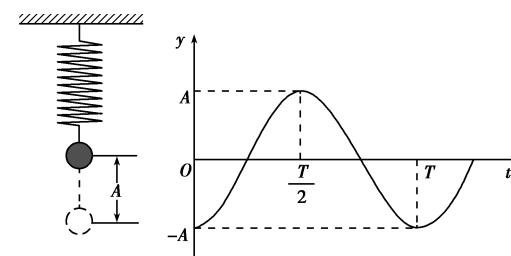


图13

(2) (6分) 如图14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  $\alpha$ , 折射角为  $\beta$ ; 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  $\theta$  的正弦值表达式。

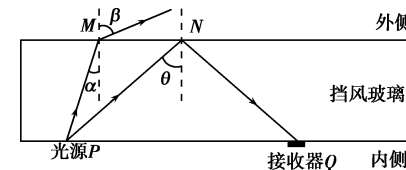


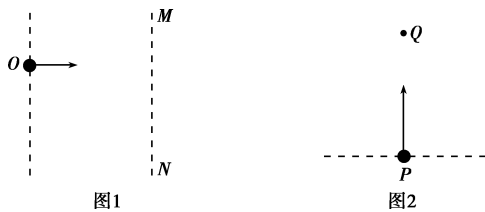
图14

## 物理

本卷满分100分,考试时间75分钟。

一、单项选择题:本题共7小题,每小题4分,共28分。在每小题给出的四个选项中,只有一项是符合题目要求的。

1. 银河系中存在大量的铝同位素 $^{26}\text{Al}$ 。 $^{26}\text{Al}$ 核 $\beta^+$ 衰变的衰变方程为 $^{26}_{13}\text{Al} \rightarrow ^{26}_{12}\text{Mg} + ^0_1\text{e}$ ,测得 $^{26}\text{Al}$ 核的半衰期为72万年。下列说法正确的是 ( )
- A.  $^{26}\text{Al}$ 核的质量等于 $^{26}\text{Mg}$ 核的质量  
B.  $^{26}\text{Al}$ 核的中子数大于 $^{26}\text{Mg}$ 核的中子数  
C. 将铝同位素 $^{26}\text{Al}$ 放置在低温低压的环境中,其半衰期不变  
D. 银河系中现有的铝同位素 $^{26}\text{Al}$ 将在144万年后全部衰变为 $^{26}\text{Mg}$
2. 铯原子钟是精确的计时仪器。图1中铯原子从O点以100 m/s的初速度在真空中做平抛运动,到达竖直平面MN所用时间为 $t_1$ ;图2中铯原子在真空中从P点做竖直上抛运动,到达最高点Q再返回P点,整个过程所用时间为 $t_2$ 。O点到竖直平面MN、P点到Q点的距离均为0.2 m。重力加速度取 $g=10\text{ m/s}^2$ ,则 $t_1:t_2$ 为 ( )



- A. 100 : 1      B. 1 : 100      C. 1 : 200      D. 200 : 1

3. 普朗克常量 $h=6.626 \times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$ ,光速为 $c$ ,电子质量为 $m_e$ ,则 $\frac{h}{m_e c}$ 在国际单位制下的单位是 ( )

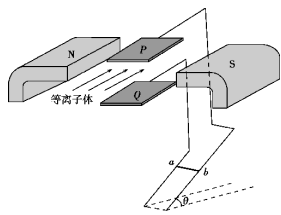
- A. J/s      B. m      C. J·m      D. m/s

4. “祝融号”火星车登陆火星之前,“天问一号”探测器沿椭圆形的停泊轨道绕火星飞行,其周期为2个火星日。假设某飞船沿圆轨道绕火星飞行,其周期也为2个火星日。已知一个火星日的时长约为一个地球日,火星质量约为地球质量的0.1倍,则该飞船的轨道半径与地球同步卫星的轨道半径的比值约为 ( )

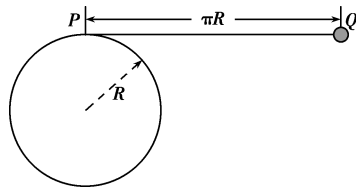
- A.  $\sqrt[3]{4}$       B.  $\sqrt[3]{\frac{1}{4}}$       C.  $\sqrt[3]{\frac{5}{2}}$       D.  $\sqrt[3]{\frac{2}{5}}$

5. 如图,距离为 $d$ 的两平行金属板P、Q之间有一匀强磁场,磁感应强度大小为 $B_1$ ,一束速度大小为 $v$ 的等离子体垂直于磁场喷入板间。相距为 $L$ 的两光滑平行金属导轨固定在与导轨平面垂直的匀强磁场中,磁感应强度大小为 $B_2$ ,导轨平面与水平面夹角为 $\theta$ ,两导轨分别与P、Q相连。质量为 $m$ 、电阻为 $R$ 的金属棒 $ab$ 垂直导轨放置,恰好静止。重力加速度为 $g$ ,不计导轨电阻、板间电阻和等离子体中的粒子重力。下列说法正确的是 ( )

- A. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向上, $v = \frac{mgR \sin \theta}{B_1 B_2 L d}$   
B. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向下, $v = \frac{mgR \sin \theta}{B_1 B_2 L d}$   
C. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向上, $v = \frac{mgR \tan \theta}{B_1 B_2 L d}$   
D. 导轨处磁场的方向垂直导轨平面向下, $v = \frac{mgR \tan \theta}{B_1 B_2 L d}$

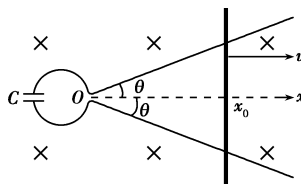


6. 一半径为 $R$ 的圆柱体水平固定,横截面如图所示。长度为 $\pi R$ 、不可伸长的轻细绳,一端固定在圆柱体最高点P处,另一端系一个小球。小球位于P点右侧同一水平高度的Q点时,绳刚好拉直。将小球从Q点由静止释放,当与圆柱体未接触部分的细绳竖直时,小球的速度大小为(重力加速度为 $g$ ,不计空气阻力) ( )



- A.  $\sqrt{(2+\pi)gR}$       B.  $\sqrt{2\pi gR}$   
C.  $\sqrt{2(1+\pi)gR}$       D.  $2\sqrt{gR}$

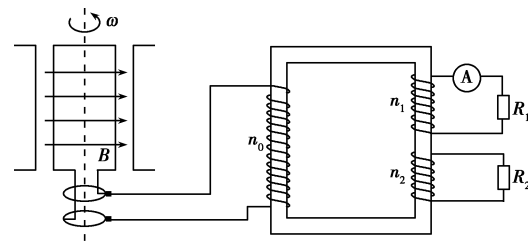
7. 如图,两光滑导轨水平放置在竖直向下的匀强磁场中,磁感应强度大小为 $B$ 。导轨间距最窄处为一狭缝,取狭缝所在处O点为坐标原点。狭缝右侧两导轨与 $x$ 轴夹角均为 $\theta$ ,一电容为 $C$ 的电容器与导轨左端相连。导轨上的金属棒与 $x$ 轴垂直,在外力 $F$ 作用下从O点开始以速度 $v$ 向右匀速运动,忽略所有电阻。下列说法正确的是 ( )



- A. 通过金属棒的电流为 $2BCv^2 \tan \theta$   
B. 金属棒到达 $x_0$ 时,电容器极板上的电荷量为 $BCvx_0 \tan \theta$   
C. 金属棒运动过程中,电容器的上极板带负电  
D. 金属棒运动过程中,外力 $F$ 做功的功率恒定

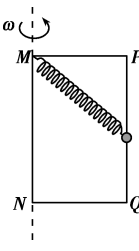
- 二、多项选择题:本题共3小题,每小题6分,共18分。在每小题给出的四个选项中,有两个或两个以上选项符合题目要求。全部选对的得6分,选对但不全的得3分,有选错的得0分。

8. 如图,发电机的矩形线圈长为 $2L$ 、宽为 $L$ ,匝数为 $N$ ,放置在磁感应强度大小为 $B$ 的匀强磁场中。理想变压器的原、副线圈匝数分别为 $n_0$ 、 $n_1$ 和 $n_2$ ,两个副线圈分别接有电阻 $R_1$ 和 $R_2$ 。当发电机线圈以角速度 $\omega$ 匀速转动时,理想电流表读数为 $I$ 。不计线圈电阻,下列说法正确的是 ( )



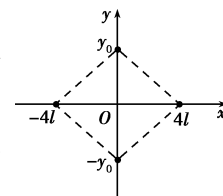
- A. 通过电阻 $R_2$ 的电流为 $\frac{n_1 I}{n_2}$       B. 电阻 $R_2$ 两端的电压为 $\frac{n_2 I R_1}{n_1}$   
C.  $n_0$ 与 $n_1$ 的比值为 $\frac{\sqrt{2} N B L^2 \omega}{I R_1}$       D. 发电机的功率为 $\frac{\sqrt{2} N B L^2 \omega I (n_1 + n_2)}{n_0}$

9. 如图,矩形金属框MNQP竖直放置,其中MN、PQ足够长,且PQ杆光滑。一根轻弹簧一端固定在M点,另一端连接一个质量为 $m$ 的小球,小球穿过PQ杆。金属框绕MN轴分别以角速度 $\omega$ 和 $\omega'$ 匀速转动时,小球均相对PQ杆静止。若 $\omega' > \omega$ ,则与以 $\omega$ 匀速转动时相比,以 $\omega'$ 匀速转动时 ( )



- A. 小球的高度一定降低  
B. 弹簧弹力的大小一定不变  
C. 小球对杆压力的大小一定变大  
D. 小球所受合外力的大小一定变大

10. 如图,四个电荷量均为 $q(q>0)$ 的点电荷分别放置于菱形的四个顶点,其坐标分别为 $(4l,0)$ 、 $(-4l,0)$ 、 $(0,y_0)$ 和 $(0,-y_0)$ ,其中 $x$ 轴上的两个点电荷位置固定, $y$ 轴上的两个点电荷可沿 $y$ 轴对称移动( $y_0 \neq 0$ )。下列说法正确的是 ( )



- A. 除无穷远处之外,菱形外部电场强度处处不为零  
B. 当 $y_0$ 取某值时,可使得菱形内部只存在两个电场强度为零的点  
C. 当 $y_0=8l$ 时,将一带负电的试探电荷由点 $(4l,5l)$ 移至点 $(0,-3l)$ ,静电力做正功  
D. 当 $y_0=4l$ 时,将一带负电的试探电荷放置在点 $(l,l)$ 处,其所受到的静电力方向与 $x$ 轴正方向成 $45^\circ$ 倾斜向上

三、非选择题:共54分。第11—14题为必考题,每个试题考生都必须作答。第15—16题为选考题,考生根据要求作答。

(一)必考题:共42分。

11. (6分)

某同学研究小灯泡的伏安特性,实验室提供的器材有:小灯泡(6.3 V, 0.15 A),直流电源(9 V)、滑动变阻器、量程合适的电压表和电流表,开关和导线若干,设计的电路如图1所示。

(1)按照图1,完成图2中的实物连线。

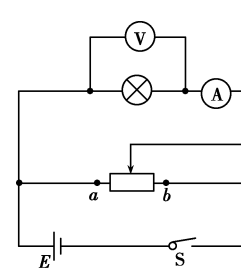


图1

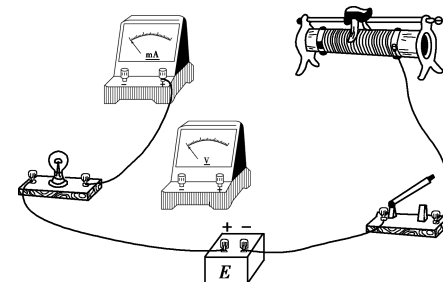


图2

(2)按照图1连线后,闭合开关,小灯泡闪亮一下后熄灭,观察发现灯丝被烧断,原因可能是\_\_\_\_\_ (单项选择,填正确答案标号)。

- A. 电流表短路  
B. 滑动变阻器的滑片接触不良  
C. 滑动变阻器滑片的初始位置在 $b$ 端

(3)更换小灯泡后,该同学正确完成了实验操作,将实验数据描点作图,得到 $I-U$ 图像,其中一部分如图3所示。根据图像计算出P点对应状态下小灯泡的电阻为\_\_\_\_\_  $\Omega$  (保留三位有效数字)。

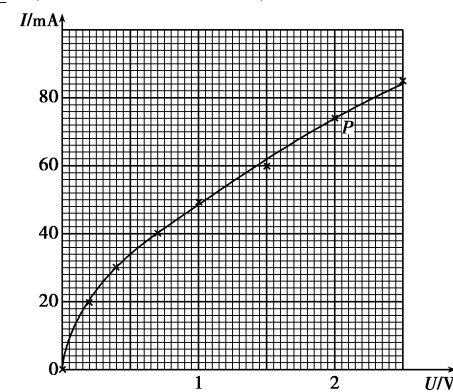


图3

12. (9分) 某同学利用图1中的实验装置探究机械能变化量与力做功的关系。所用器材有: 一端带滑轮的长木板、轻细绳、50 g的钩码若干、光电门2个、数字计时器、带遮光条的滑块(质量为200 g, 其上可放钩码)、刻度尺。当地重力加速度为  $9.80 \text{ m/s}^2$ 。实验操作步骤如下:

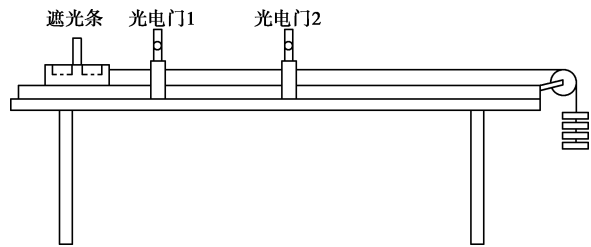


图1

①安装器材, 调整两个光电门距离为  $50.00 \text{ cm}$ , 轻细绳下端悬挂4个钩码, 如图1所示;

②接通电源, 释放滑块, 分别记录遮光条通过两个光电门的时间, 并计算出滑块通过两个光电门的速度;

③保持绳下端悬挂4个钩码不变, 在滑块上依次增加一个钩码, 记录滑块上所载钩码的质量, 重复上述步骤;

④完成5次测量后, 计算出每次实验中滑块及所载钩码的总质量  $M$ 、系统(包含滑块、滑块所载钩码和轻细绳悬挂钩码)总动能的增加量  $\Delta E_k$  及系统总机械能的减少量  $\Delta E$ , 结果如下表所示。

$M/\text{kg}$	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400
$\Delta E_k/\text{J}$	0.587	0.490	0.392	0.294	0.195
$\Delta E/\text{J}$	0.393	0.490		0.686	0.785

回答下列问题:

(1) 实验中轻细绳所悬挂钩码重力势能的减少量为 \_\_\_\_\_ J (保留三位有效数字);

(2) 步骤④中的表格所缺数据为 \_\_\_\_\_;

(3) 以  $M$  为横轴,  $\Delta E$  为纵轴, 选择合适的标度, 在图2中绘出  $\Delta E-M$  图像;

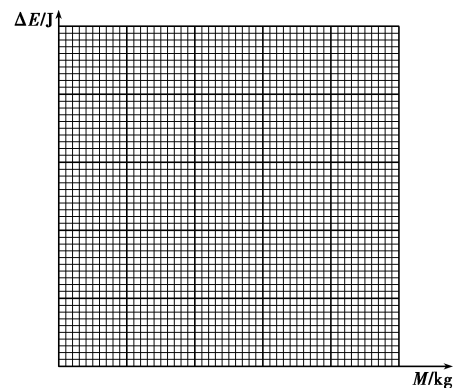
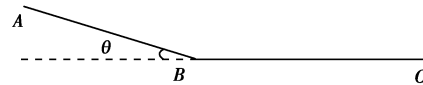


图2

若不计轻细绳与滑轮之间的摩擦力做功, 则滑块与木板之间的动摩擦因数为 \_\_\_\_\_ (保留两位有效数字)。

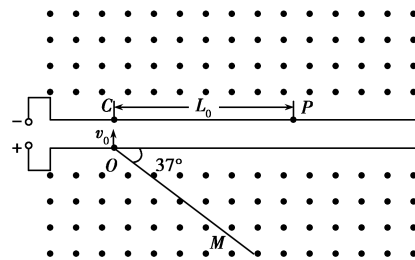
13. (11分) 如图, 一滑雪道由  $AB$  和  $BC$  两段滑道组成, 其中  $AB$  段倾角为  $\theta$ ,  $BC$  段水平,  $AB$  段和  $BC$  段由一小段光滑圆弧连接。一个质量为  $2 \text{ kg}$  的背包在滑道顶端  $A$  处由静止滑下, 若  $1 \text{ s}$  后质量为  $48 \text{ kg}$  的滑雪者从顶端以  $1.5 \text{ m/s}$  的初速度、 $3 \text{ m/s}^2$  的加速度匀加速追赶, 恰好在坡底光滑圆弧的水平处追上背包并立即将其拎起。背包与滑道的动摩擦因数为  $\mu = \frac{1}{12}$ , 重力加速度取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sin \theta = \frac{7}{25}$ ,  $\cos \theta = \frac{24}{25}$ , 忽略空气阻力及拎包过程中滑雪者与背包的重心变化。求:

- (1) 滑道  $AB$  段的长度;
- (2) 滑雪者拎起背包时这一瞬间的速度。



14. (16分) 如图, 一对长平行栅极板水平放置, 极板外存在方向垂直纸面向外、磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场, 极板与可调电源相连。正极板上  $O$  点处的粒子源垂直极板向上发射速度为  $v_0$ 、带正电的粒子束, 单个粒子的质量为  $m$ 、电荷量为  $q$ 。一足够长的挡板  $OM$  与正极板成  $37^\circ$  倾斜放置, 用于吸收打在其上的粒子。  $C$ 、 $P$  是负极板上的两点,  $C$  点位于  $O$  点的正上方,  $P$  点处放置一粒子靶(忽略靶的大小), 用于接收从上方打入的粒子,  $CP$  长度为  $L_0$ 。忽略栅极的电场边缘效应、粒子间的相互作用及粒子所受重力,  $\sin 37^\circ = \frac{3}{5}$ 。

- (1) 若粒子经电场一次加速后正好打在  $P$  点处的粒子靶上, 求可调电源电压  $U_0$  的大小;
- (2) 调整电压的大小, 使粒子不能打在挡板  $OM$  上, 求电压的最小值  $U_{\min}$ ;
- (3) 若粒子靶在负极板上的位置  $P$  点左右可调, 则负极板上存在  $H$ 、 $S$  两点 ( $CH \leq CP < CS$ ,  $H$ 、 $S$  两点未在图中标出), 对于粒子靶在  $HS$  区域内的每一点, 当电压从零开始连续缓慢增加时, 粒子靶均只能接收到  $n$  ( $n \geq 2$ ) 种能量的粒子, 求  $CH$  和  $CS$  的长度(假定在每个粒子的整个运动过程中电压恒定)。



(二) 选考题: 共12分。请考生从2道题中任选一题作答, 多答, 按本选考题的首题进行评分。

15. [选修3-3] (12分)

(1) (4分) 两个内壁光滑、完全相同的绝热汽缸  $A$ 、 $B$ , 汽缸内用轻质绝热活塞封闭完全相同的理想气体, 如图1所示。现向活塞上表面缓慢倒入细沙, 若  $A$  中细沙的质量大于  $B$  中细沙的质量, 重新平衡后, 汽缸  $A$  内气体的内能 \_\_\_\_\_ (填“大于”“小于”或“等于”) 汽缸  $B$  内气体的内能。图2为重新平衡后  $A$ 、 $B$  汽缸中气体分子速率分布图像, 其中曲线 \_\_\_\_\_ (填图像中曲线标号) 表示汽缸  $B$  中气体分子的速率分布规律。

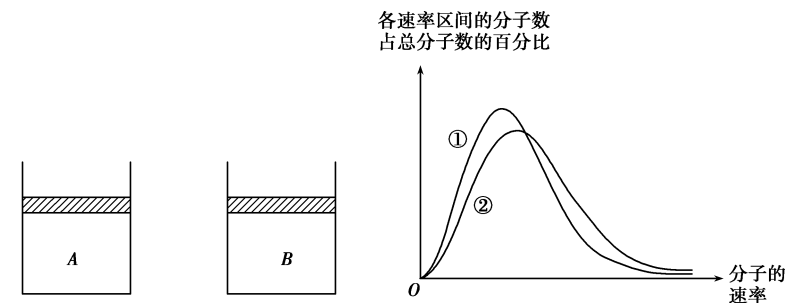


图1

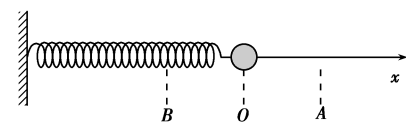
图2

(2) (8分) 某双层玻璃保温杯夹层中有少量空气, 温度为  $27^\circ\text{C}$  时, 压强为  $3.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。

- 当夹层中空气的温度升至  $37^\circ\text{C}$ , 求此时夹层中空气的压强;
- 当保温杯外层出现裂隙, 静置足够长时间, 求夹层中增加的空气质量与原有空气质量的比值。设环境温度为  $27^\circ\text{C}$ , 大气压强为  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

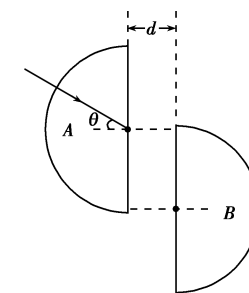
16. [选修3-4] (12分)

(1) (4分) 如图, 一弹簧振子沿  $x$  轴做简谐运动, 振子零时刻向右经过  $A$  点,  $2 \text{ s}$  时第一次到达  $B$  点, 已知振子经过  $A$ 、 $B$  两点时的速度大小相等,  $2 \text{ s}$  内经过的路程为  $5.6 \text{ m}$ , 则该简谐运动的周期为 \_\_\_\_\_ s, 振幅为 \_\_\_\_\_ m。



(2) (8分) 将两块半径均为  $R$ 、完全相同的透明半圆柱体  $A$ 、 $B$  正对放置, 圆心上下错开一定距离, 如图所示。用一束单色光沿半径照射半圆柱体  $A$ , 设圆心处入射角为  $\theta$ 。当  $\theta = 60^\circ$  时,  $A$  右侧恰好无光线射出; 当  $\theta = 30^\circ$  时, 有光线沿  $B$  的半径射出, 射出位置与  $A$  的圆心相比下移  $h$ 。不考虑多次反射。求:

- 半圆柱体对该单色光的折射率;
- 两个半圆柱体之间的距离  $d$ 。





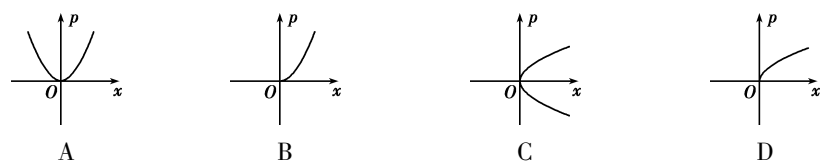
## 物理

本卷满分 100 分,考试时间 75 分钟。

一、选择题:本题共 6 小题,每小题 4 分,共 24 分。在每小题给出的四个选项中,只有一项是符合题目要求的。

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 ( )



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 ( $F_{\text{阻}} = kv, k$  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 ( )

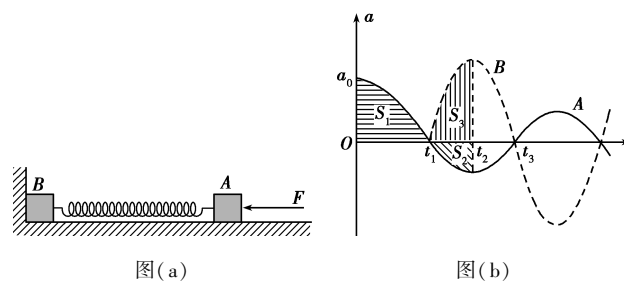
- A.  $L_1$  先变暗后变亮,  $L_2$  一直变亮
- B.  $L_1$  先变亮后变暗,  $L_2$  一直变亮
- C.  $L_1$  先变暗后变亮,  $L_2$  先变亮后变暗
- D.  $L_1$  先变亮后变暗,  $L_2$  先变亮后变暗

- 二、选择题:本题共 4 小题,每小题 5 分,共 20 分。在每小题给出的四个选项中,有多项符合题目要求。全部选对的得 5 分,选对但不全的得 3 分,有选错的得 0 分。

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 ( )

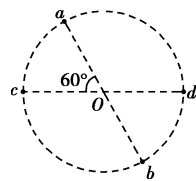
- A. 核心舱进入轨道后所受地球的万有引力大小约为它在地面时的  $(\frac{16}{17})^2$  倍
- B. 核心舱在轨道上飞行的速度大于  $7.9 \text{ km/s}$
- C. 核心舱在轨道上飞行的周期小于 24 h
- D. 后续加挂实验舱后,空间站由于质量增大,轨道半径将变小

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 ( )



- A. 0 到  $t_1$  时间内,墙对  $B$  的冲量等于  $m_A v_0$
- 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物。距离组合物下底边  $H$  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。把该组合物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 ( )

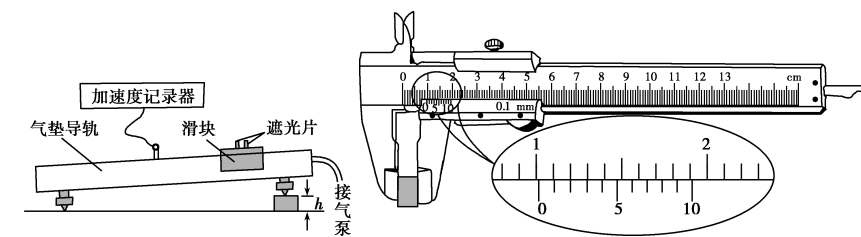
- A.  $B$  与  $v_0$  无关,与  $\sqrt{H}$  成反比
- B. 通过磁场的过程中,金属框中电流的大小和方向保持不变
- C. 通过磁场的过程中,组合物克服安培力做功的功率与重力做功的功率相等
- D. 调节  $H, v_0$  和  $B$ ,只要组合物仍能匀速通过磁场,则其通过磁场的过程中产生的热量不变

三、非选择题:共 56 分。第 11—14 题为必考题,每个试题考生都必须作答。第 15、16 题为选考题,考生根据要求作答。

(一) 必考题:共 43 分。

11. (6 分)

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:



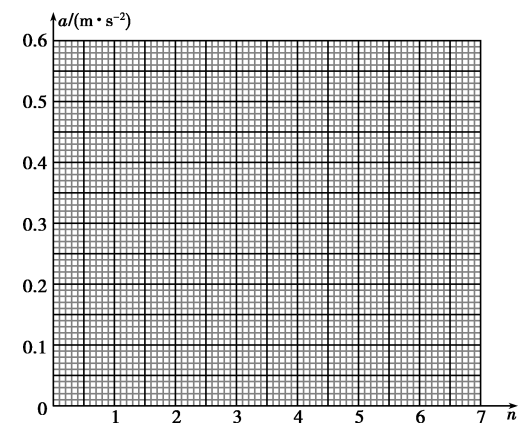
图(a)

图(b)

- (1) 用游标卡尺测量垫块厚度  $h$ ,示数如图(b)所示,  $h = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$ ;
- (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
$a / (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$	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。

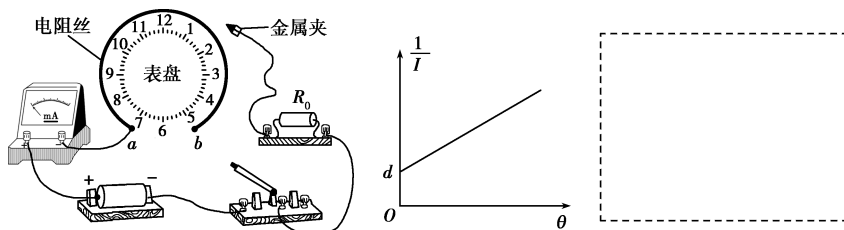


图(c)

如果表中缺少的第 4 组数据是正确的,其应该是  $\underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$  (保留三位有效数字)。

12. (9分) 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:

(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”);

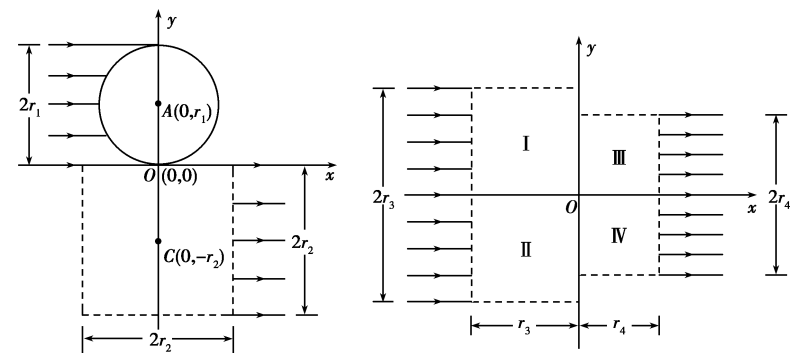
(3) 改变金属夹的位置, 闭合开关, 记录每次接入电路的电阻丝对应的圆心角  $\theta$  和电流表示数  $I$ , 得到多组数据;

(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  $E = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $r = \underline{\hspace{2cm}}$ ; (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(电阻丝用滑动变阻器符号表示);

(6) 利用测出的  $r_0$ , 可得该电池的电动势和内阻。

13. (13分) 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 中匀强磁场的面积(无需写出面积最小的证明过程)。

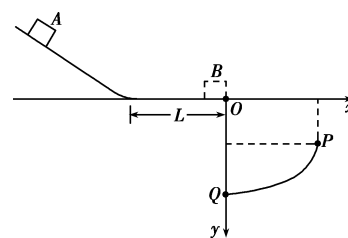
区域的面积(无需写出面积最小的证明过程)。

14. (15分) 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  $\mu$ 。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;

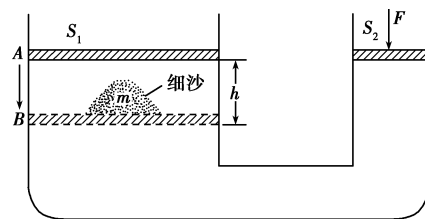
(3) 将质量为  $\lambda m$  ( $\lambda$  为常数且  $\lambda \geq 5$ ) 的小物块  $B$  置于  $O$  点,  $A$  沿倾斜轨道由静止开始下滑, 与  $B$  发生弹性碰撞(碰撞时间极短), 要使  $A$  和  $B$  均能落在弧形轨道上, 且  $A$  落在  $B$  落点的右侧, 求  $A$  下滑的初始位置距  $x$  轴高度的取值范围。



(二) 选考题: 共 13 分。请考生从两道题中任选一题作答。如果多做, 则按第一题计分。

15. [物理——选修 3-3] (13 分)

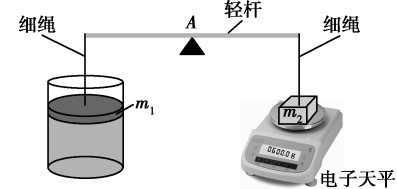
(1) (5分) 如图, 两端开口、下端连通的导热汽缸, 用两个轻质绝热活塞(截面积分别为  $S_1$  和  $S_2$ ) 封闭一定质量的理想气体, 活塞与汽缸壁间无摩擦。在左端活塞上缓慢加细沙, 活塞从  $A$  下降  $h$  高度到  $B$  位置时, 活塞上细沙的总质量为  $m$ 。在此过程中, 用外力  $F$  作用在右端活塞上, 使活塞位置始终不变。整个过程环境温度和大气压强  $p_0$  保持不变, 系统始终处于平衡状态, 重力加速度为  $g$ 。下列说法正确的是 \_\_\_\_\_。(填正确答案标号。选对 1 个得 2 分, 选对 2 个得 4 分, 选对 3 个得 5 分。每选错 1 个扣 3 分, 最低得分为 0 分)



- 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  $\frac{mgS_2}{S_1}$

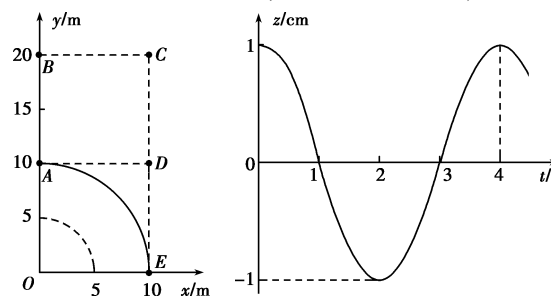
(2) (8分) 小赞同学设计了一个用电子天平测量环境温度的实验装置, 如图所示。导热汽缸开口向上并固定在桌面上, 用质量  $m_1 = 600 \text{ g}$ 、截面积  $S = 20 \text{ cm}^2$  的活塞封闭一定质量的理想气体, 活塞与汽缸壁间无摩擦。一轻质直杆中心置于固定支点  $A$  上, 左端用不可伸长的细绳竖直悬挂活塞, 右端用相同细绳竖直悬挂一个质量  $m_2 = 1200 \text{ g}$  的铁块, 并将铁块放置到电子天平上。当电子天平示数为  $600.0 \text{ g}$  时, 测得环境温度  $T_1 = 300 \text{ K}$ 。设外界大气压强  $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。

- (i) 当电子天平示数为  $400.0 \text{ g}$  时, 环境温度  $T_2$  为多少?
- (ii) 该装置可测量的最高环境温度  $T_{\text{max}}$  为多少?



16. [物理——选修 3-4] (13 分)

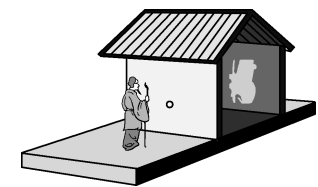
(1) (5分) 均匀介质中, 波源位于  $O$  点的简谐横波在  $xOy$  水平面内传播, 波面为圆。  $t=0$  时刻, 波面分布如图(a)所示, 其中实线表示波峰, 虚线表示相邻的波谷。  $A$  处质点的振动图像如图(b)所示,  $z$  轴正方向竖直向上。下列说法正确的是 \_\_\_\_\_。(填正确答案标号。选对 1 个得 2 分, 选对 2 个得 4 分, 选对 3 个得 5 分。每选错 1 个扣 3 分, 最低得分为 0 分)



- A. 该波从  $A$  点传播到  $B$  点, 所需时间为  $4 \text{ s}$
- B.  $t=6 \text{ s}$  时,  $B$  处质点位于波峰
- C.  $t=8 \text{ s}$  时,  $C$  处质点振动速度方向竖直向上
- D.  $t=10 \text{ s}$  时,  $D$  处质点所受回复力方向竖直向上
- E.  $E$  处质点起振后,  $12 \text{ s}$  内经过的路程为  $12 \text{ cm}$

(2) (8分) 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  $1.6 \text{ m}$  的人站在水平地面上, 其正前方  $0.6 \text{ m}$  处的竖直木板墙上有一个圆柱形孔洞, 直径为  $1.0 \text{ cm}$ 、深度为  $1.4 \text{ cm}$ , 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。

- (i) 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?
- (ii) 若让掠射进入孔洞的光能成功射出, 透明介质的折射率最小为多少?



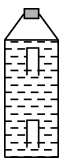
## 物理

本卷满分 100 分,考试时间 90 分钟。

一、单项选择题:本题共 8 小题,每小题 3 分,共 24 分。每小题只有一个选项符合题目要求。

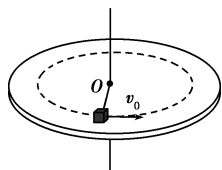
1. 在测定年代较近的湖泊沉积物年份时,常利用沉积物中半衰期较短的  $^{210}_{82}\text{Pb}$ ,其衰变方程为  $^{210}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{210}_{83}\text{Bi} + X$ 。以下说法正确的是 ( )
- A. 衰变方程中 X 是电子  
B. 升高温度可以加快  $^{210}_{82}\text{Pb}$  的衰变  
C.  $^{210}_{82}\text{Pb}$  与  $^{210}_{83}\text{Bi}$  的质量差等于衰变的质量亏损  
D. 方程中的 X 来自于  $^{210}_{82}\text{Pb}$  内质子向中子的转化

2. 如图所示,密封的矿泉水瓶中,距瓶口越近水的温度越高。一开口向下、导热良好的小瓶置于矿泉水瓶中,小瓶中封闭一段空气。挤压矿泉水瓶,小瓶下沉到底部;松开后,小瓶缓慢上浮。上浮过程中,小瓶内气体 ( )



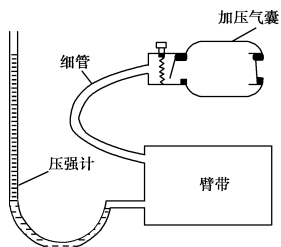
- A. 内能减少  
B. 对外界做正功  
C. 增加的内能大于吸收的热量  
D. 增加的内能等于吸收的热量

3. 如图所示,粗糙程度处处相同的水平桌面上有一长为  $L$  的轻质细杆,一端可绕竖直光滑轴  $O$  转动,另一端与质量为  $m$  的小木块相连。木块以水平初速度  $v_0$  出发,恰好能完成一个完整的圆周运动。在运动过程中,木块所受摩擦力的大小为 ( )



- A.  $\frac{mv_0^2}{2\pi L}$   
B.  $\frac{mv_0^2}{4\pi L}$   
C.  $\frac{mv_0^2}{8\pi L}$   
D.  $\frac{mv_0^2}{16\pi L}$

4. 血压仪由加压气囊、臂带、压强计等构成,如图所示。加压气囊可将外界空气充入臂带,压强计示数为臂带内气体的压强高于大气压的数值。充气前臂带内气体压强为大气压强,体积为  $V$ ;每次挤压气囊都能将  $60 \text{ cm}^3$  的外界空气充入臂带中,经 5 次充气后,臂带内气体体积变为  $5V$ ,压强计示数为  $150 \text{ mmHg}$ 。已知大气压强等于  $750 \text{ mmHg}$ ,气体温度不变。忽略细管和压强计内的气体体积。则  $V$  等于 ( )



- A.  $30 \text{ cm}^3$   
B.  $40 \text{ cm}^3$   
C.  $50 \text{ cm}^3$   
D.  $60 \text{ cm}^3$

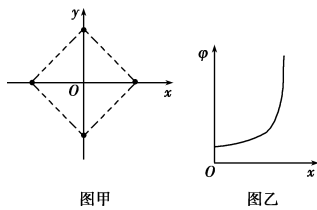
5. 从“玉兔”登月到“祝融”探火,我国星际探测事业实现了由地月系到行星际的跨越。已知火星质量约为月球的 9 倍,半径约为月球的 2 倍,“祝融”火星车的质量约为“玉兔”月球车的 2 倍。在着陆前,“祝融”和“玉兔”都会经历一个由着陆平台支撑的悬停过程。悬停时,“祝融”与“玉兔”所受着陆平台的作用力大小之比为 ( )



- A. 9 : 1  
B. 9 : 2  
C. 36 : 1  
D. 72 : 1

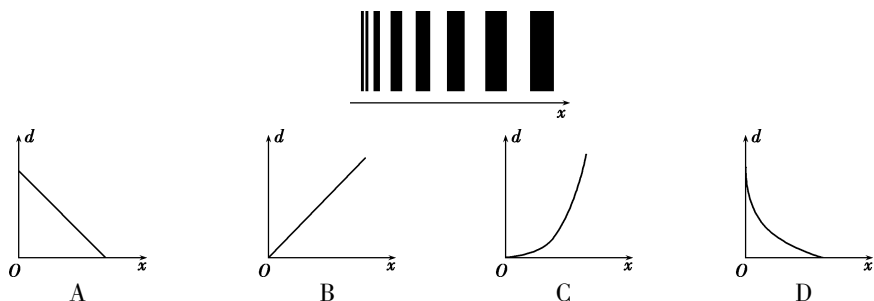
6. 如图甲所示,边长为  $a$  的正方形,四个顶点上分别固定一个电荷量为  $+q$  的点电荷;在  $0 \leq x \leq \frac{\sqrt{2}}{2}a$  区间, $x$  轴上电势  $\varphi$  的变化曲线如图乙所示。现将一电荷量为

$-Q$  的点电荷  $P$  置于正方形的中心  $O$  点,此时每个点电荷所受库仑力的合力均为零。若将  $P$  沿  $x$  轴向右略微移动后,由静止释放,以下判断正确的是 ( )

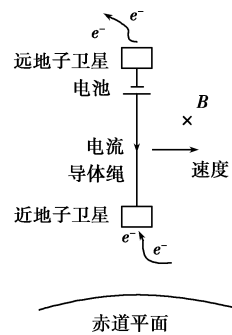


- A.  $Q = \frac{\sqrt{2}+1}{2}q$ , 释放后  $P$  将向右运动  
B.  $Q = \frac{\sqrt{2}+1}{2}q$ , 释放后  $P$  将向左运动  
C.  $Q = \frac{2\sqrt{2}+1}{4}q$ , 释放后  $P$  将向右运动  
D.  $Q = \frac{2\sqrt{2}+1}{4}q$ , 释放后  $P$  将向左运动

7. 用平行单色光垂直照射一层透明薄膜,观察到如图所示明暗相间的干涉条纹。下列关于该区域薄膜厚度  $d$  随坐标  $x$  的变化图像,可能正确的是 ( )



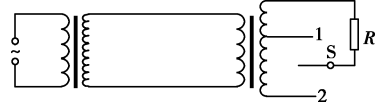
8. 迷你系绳卫星在地球赤道正上方的电离层中,沿圆形轨道绕地球飞行。系绳卫星由两子卫星组成,它们之间的导体绳沿地球半径方向,如图所示。在电池和感应电动势的共同作用下,导体绳中形成指向地心的电流,等效总电阻为  $r$ 。导体绳所受的安培力克服大小为  $f$  的环境阻力,可使卫星保持在原轨道上。已知卫星离地平均高度为  $H$ ,导体绳长为  $L$  ( $L \ll H$ ),地球半径为  $R$ 、质量为  $M$ ,轨道处磁感应强度大小为  $B$ ,方向垂直于赤道平面。忽略地球自转的影响,据此可得,电池电动势为 ( )



- A.  $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H} + \frac{fr}{BL}}$   
B.  $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H} - \frac{fr}{BL}}$   
C.  $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H} + \frac{BL}{fr}}$   
D.  $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H} - \frac{BL}{fr}}$

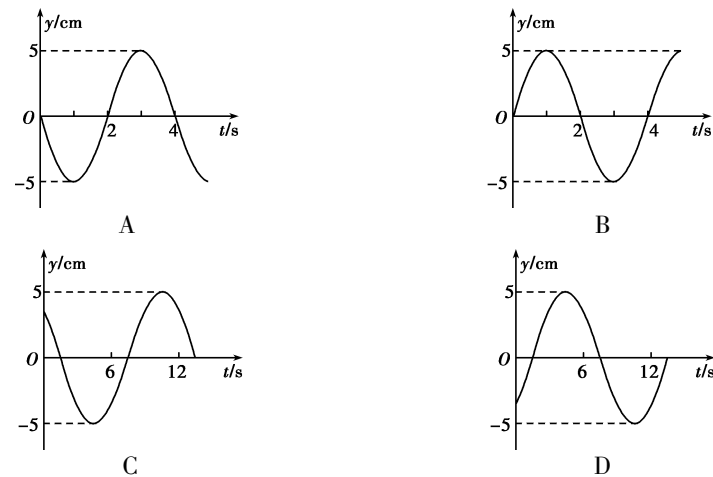
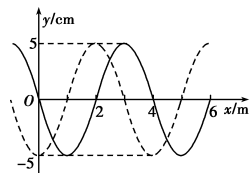
二、多项选择题:本题共 4 小题,每小题 4 分,共 16 分。每个小题有多个选项符合题目要求。全部选对的得 4 分,选对但不全的得 2 分,有选错的得 0 分。

9. 输电能耗演示电路如图所示。左侧变压器原、副线圈匝数比为  $1:3$ ,输入电压为  $7.5 \text{ V}$  的正弦交流电。连接两理想变压器的导线总电阻为  $r$ ,负载  $R$  的阻值为  $10 \Omega$ 。开关 S 接 1 时,右侧变压器原、副线圈匝数比为  $2:1$ , $R$  上的功率为  $10 \text{ W}$ ;接 2 时,匝数比为  $1:2$ , $R$  上的功率为  $P$ 。以下判断正确的是 ( )



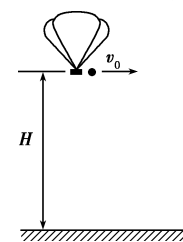
- A.  $r = 10 \Omega$   
B.  $r = 5 \Omega$   
C.  $P = 45 \text{ W}$   
D.  $P = 22.5 \text{ W}$

10. 一列简谐横波沿  $x$  轴传播,如图所示,实线为  $t_1 = 2 \text{ s}$  时的波形图,虚线为  $t_2 = 5 \text{ s}$  时的波形图。以下关于平衡位置在  $O$  点处质点的振动图像,可能正确的是 ( )

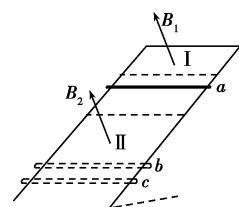


11. 如图所示,载有物资的热气球静止于距水平地面  $H$  的高处,现将质量为  $m$  的物资以相对地面的速度  $v_0$  水平投出,落地时物资与热气球的距离为  $d$ 。已知投出物资后热气球的总质量为  $M$ ,所受浮力不变。重力加速度为  $g$ ,不计阻力。以下判断正确的是 ( )

- A. 投出物资后热气球做匀加速直线运动  
B. 投出物资后热气球所受合力大小为  $mg$   
C.  $d = (1 + \frac{m}{M})\sqrt{\frac{2Hv_0^2}{g} + H^2}$   
D.  $d = \sqrt{\frac{2Hv_0^2}{g} + (1 + \frac{m}{M})^2 H^2}$



12. 如图所示,电阻不计的光滑 U 形金属导轨固定在绝缘斜面上。区域 I、II 中磁场方向均垂直斜面向上, I 区中磁感应强度随时间均匀增加, II 区中为匀强磁场。阻值恒定的金属棒从无磁场区域中  $a$  处由静止释放,进入 II 区后,经  $b$  下行至  $c$  处反向上行。运动过程中金属棒始终垂直导轨且接触良好。在第一次下行和上行的过程中,以下叙述正确的是 ( )

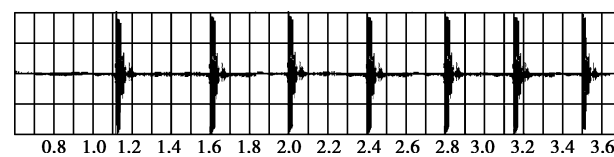


- A. 金属棒下行过  $b$  时的速度大于上行过  $b$  时的速度  
B. 金属棒下行过  $b$  时的加速度大于上行过  $b$  时的加速度  
C. 金属棒不能回到无磁场区  
D. 金属棒能回到无磁场区,但不能回到  $a$  处

三、非选择题:本题共 6 小题,共 60 分。

13. (6 分) 某乒乓球爱好者,利用手机研究乒乓球与球台碰撞过程中能量损失的情况。实验步骤如下:

- 固定好手机,打开录音功能;
- 从一定高度由静止释放乒乓球;
- 手机记录下乒乓球与台面碰撞的声音,其随时间(单位:s)的变化图像如图所示。



根据声音图像记录的碰撞次序及相应碰撞时刻,如下表所示。

碰撞次序	1	2	3	4	5	6	7
碰撞时刻(s)	1.12	1.58	2.00	2.40	2.78	3.14	3.47

根据实验数据,回答下列问题:

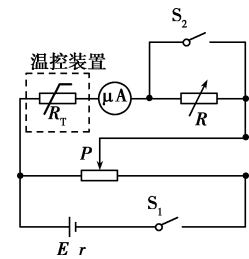
- 利用碰撞时间间隔,计算出第 3 次碰撞后乒乓球的弹起高度为  $\underline{\hspace{2cm}}$  m(保留 2 位有效数字,当地重力加速度  $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ )。
- 设碰撞后弹起瞬间与该次碰撞前瞬时速度大小的比值为  $k$ ,则每次碰

撞损失的动能为碰撞前动能的 \_\_\_\_\_ 倍(用  $k$  表示),第3次碰撞过程中  $k =$  \_\_\_\_\_ (保留2位有效数字)。

(3) 由于存在空气阻力,第(1)问中计算的弹起高度 \_\_\_\_\_ (填“高于”或“低于”)实际弹起高度。

14. (8分) 热敏电阻是传感器中经常使用的元件,某学习小组要探究一热敏电阻的阻值随温度变化的规律。可供选择的器材有:

- 待测热敏电阻  $R_T$  (实验温度范围内,阻值约几百欧到几千欧);
- 电源  $E$  (电动势 1.5 V, 内阻  $r$  约为 0.5  $\Omega$ );
- 电阻箱  $R$  (阻值范围 0~9 999.99  $\Omega$ );
- 滑动变阻器  $R_1$  (最大阻值 20  $\Omega$ );
- 滑动变阻器  $R_2$  (最大阻值 2 000  $\Omega$ );
- 微安表(量程 100  $\mu\text{A}$ , 内阻等于 2 500  $\Omega$ );
- 开关两个,温控装置一套,导线若干。



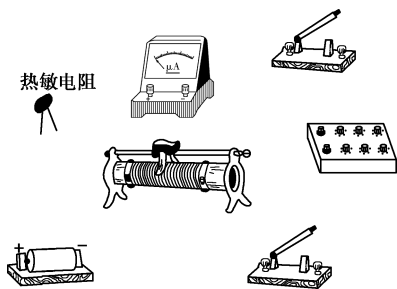
图甲

同学们设计了如图甲所示的测量电路,主要实验步骤如下:

- ①按图示连接电路;
- ②闭合  $S_1$ 、 $S_2$ , 调节滑动变阻器滑片  $P$  的位置,使微安表指针满偏;
- ③保持滑动变阻器滑片  $P$  位置不变,断开  $S_2$ , 调节电阻箱,使微安表指针半偏;
- ④记录此时的温度和电阻箱的阻值。

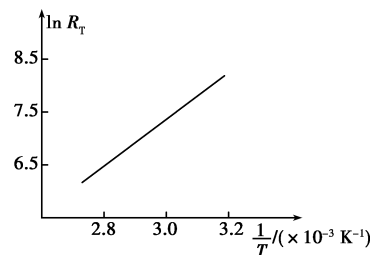
回答下列问题:

- (1) 为了更准确地测量热敏电阻的阻值,滑动变阻器应选用 \_\_\_\_\_ (填“ $R_1$ ”或“ $R_2$ ”)。
- (2) 请用笔画线代替导线,将实物图(不含温控装置)连接成完整电路。



(3) 某温度下微安表半偏时,电阻箱的读数为 6 000.00  $\Omega$ , 该温度下热敏电阻的测量值为 \_\_\_\_\_  $\Omega$  (结果保留到个位), 该测量值 \_\_\_\_\_ (填“大于”或“小于”)真实值。

(4) 多次实验后,学习小组绘制了如图乙所示的图像。由图像可知,该热敏电阻的阻值随温度的升高逐渐 \_\_\_\_\_ (填“增大”或“减小”)。



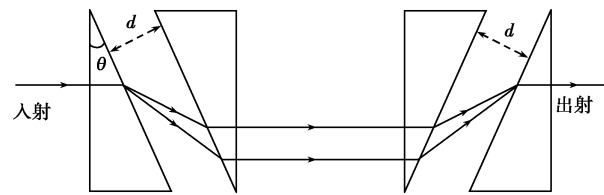
图乙

15. (7分) 超强超短光脉冲产生方法曾获诺贝尔物理学奖,其中用到的一种脉冲激光展宽器截面如图所示。在空气中对称放置四个相同的直角三棱镜,顶角为  $\theta$ 。一细束脉冲激光垂直第一个棱镜左侧面入射,经过前两个棱镜后分为平行的光束,再经过后两个棱镜重新合成一束,此时不同频率的光前后分开,完成脉冲展宽。已知相邻两棱镜斜面间的距离  $d = 100.0 \text{ mm}$ , 脉冲激光中包含

两种频率的光,它们在棱镜中的折射率分别为  $n_1 = \sqrt{2}$  和  $n_2 = \frac{\sqrt{31}}{4}$ 。取  $\sin 37^\circ = \frac{3}{5}$ ,  $\cos 37^\circ = \frac{4}{5}$ ,  $\frac{5}{\sqrt{7}} = 1.890$ 。

(1) 为使两种频率的光都能从左侧第一个棱镜斜面射出,求  $\theta$  的取值范围;

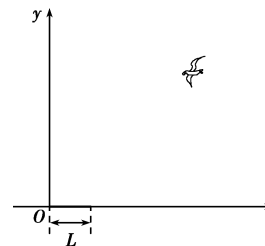
(2) 若  $\theta = 37^\circ$ , 求两种频率的光通过整个展宽器的过程中,在空气中的路程差  $\Delta L$  (保留3位有效数字)。



16. (9分) 海鸥捕到外壳坚硬的鸟蛤(贝壳动物)后,有时会飞到空中将它丢下,利用地面的冲击打碎硬壳。一只海鸥叼着质量  $m = 0.1 \text{ kg}$  的鸟蛤,在  $H = 20 \text{ m}$  的高度、以  $v_0 = 15 \text{ m/s}$  的水平速度飞行时,松开嘴巴让鸟蛤落到水平地面上。取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 忽略空气阻力。

(1) 若鸟蛤与地面的碰撞时间  $\Delta t = 0.005 \text{ s}$ , 弹起速度可忽略,求碰撞过程中鸟蛤受到的平均作用力的大小  $F$ ; (碰撞过程中不计重力)

(2) 在海鸥飞行方向正下方的地面上,有一与地面平齐、长度为  $L = 6 \text{ m}$  的岩石,以岩石左端为坐标原点,建立如图所示坐标系。若海鸥水平飞行的高度仍为  $20 \text{ m}$ , 速度大小在  $15 \text{ m/s} \sim 17 \text{ m/s}$  之间,为保证鸟蛤一定能落到岩石上,求释放鸟蛤位置的  $x$  坐标范围。



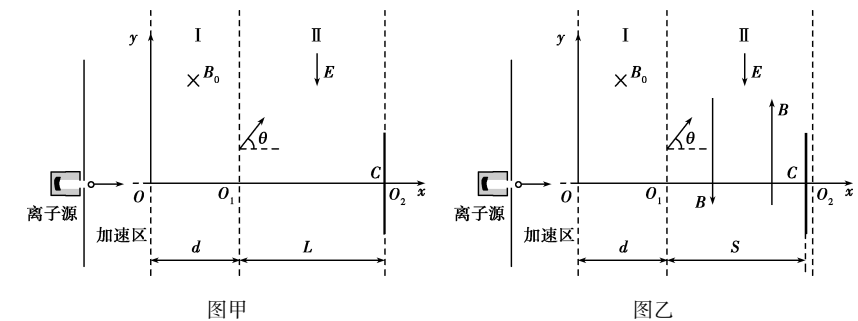
17. (14分) 某离子束实验装置的基本原理如图甲所示。I区宽度为  $d$ , 左边界与  $x$  轴垂直交于坐标原点  $O$ , 其内充满垂直于  $xOy$  平面向里的匀强磁场, 磁感应强度大小为  $B_0$ ; II区宽度为  $L$ , 左边界与  $x$  轴垂直交于  $O_1$  点, 右边界与  $x$  轴垂直交于  $O_2$  点, 其内充满沿  $y$  轴负方向的匀强电场。测试板垂直  $x$  轴置于II区右边界, 其中心  $C$  与  $O_2$  点重合。从离子源不断飘出电荷量为  $q$ 、质量为  $m$  的正离

子, 加速后沿  $x$  轴正方向过  $O$  点, 依次经过 I 区、II 区, 恰好到达测试板中心  $C$ 。已知离子刚进入 II 区时速度方向与  $x$  轴正方向的夹角为  $\theta$ 。忽略离子间的相互作用, 不计重力。

(1) 求离子在 I 区中运动时速度的大小  $v$ ;

(2) 求 II 区内电场强度的大小  $E$ ;

(3) 保持上述条件不变, 将 II 区分为左右两部分, 分别填充磁感应强度大小均为  $B$  (数值未知)、方向相反且平行  $y$  轴的匀强磁场, 如图乙所示。为使离子的运动轨迹与测试板相切于  $C$  点, 需沿  $x$  轴移动测试板, 求移动后  $C$  到  $O_1$  的距离  $S$ 。



18. (16分) 如图所示, 三个质量均为  $m$  的小物块  $A$ 、 $B$ 、 $C$ , 放置在水平地面上,  $A$  紧靠竖直墙壁, 一劲度系数为  $k$  的轻弹簧将  $A$ 、 $B$  相接,  $C$  紧靠  $B$ , 开始时弹簧处于原长,  $A$ 、 $B$ 、 $C$  均静止。现给  $C$  施加一水平向左、大小为  $F$  的恒力, 使  $B$ 、 $C$  一起向左运动, 当速度为零时, 立即撤去恒力, 一段时间后  $A$  离开墙壁, 最终三物块都停止运动。已知  $A$ 、 $B$ 、 $C$  与地面间的滑动摩擦力大小均为  $f$ , 最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 弹簧始终在弹性限度内。

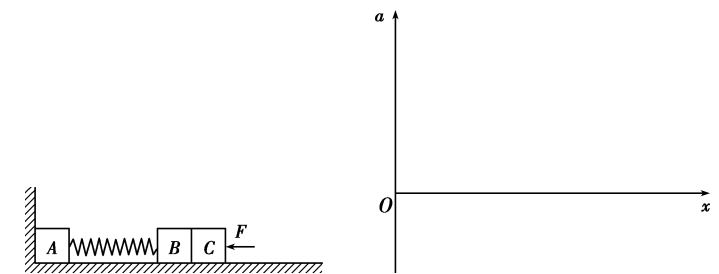
(弹簧的弹性势能可表示为:  $E_p = \frac{1}{2} kx^2$ ,  $k$  为弹簧的劲度系数,  $x$  为弹簧的形变量)

(1) 求  $B$ 、 $C$  向左移动的最大距离  $x_0$  和  $B$ 、 $C$  分离时  $B$  的动能  $E_k$ ;

(2) 为保证  $A$  能离开墙壁, 求恒力的最小值  $F_{\min}$ ;

(3) 若三物块都停止时  $B$ 、 $C$  间的距离为  $x_{BC}$ , 从  $B$ 、 $C$  分离到  $B$  停止运动的整个过程,  $B$  克服弹簧弹力做的功为  $W$ , 通过推导比较  $W$  与  $fx_{BC}$  的大小;

(4) 若  $F = 5f$ , 请在所给坐标系中, 画出  $C$  向右运动过程中加速度  $a$  随位移  $x$  变化的图像, 并在坐标轴上标出开始运动和停止运动时  $a$ 、 $x$  值(用  $f$ 、 $k$ 、 $m$  表示), 不要求推导过程。以撤去  $F$  时  $C$  的位置为坐标原点, 水平向右为正方向。



## 物理试题

本卷满分100分,考试时间90分钟。

一、选择题I(本题共13小题,每小题3分,共39分。每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的,不选、多选、错选均不得分)

1.据《自然》杂志2021年5月17日报道,中国科学家在稻城“拉索”基地(如图)探测到迄今为止最高能量的 $\gamma$ 射线,能量值为 $1.40 \times 10^{15}$  eV,即( )

第1题图

- A.  $1.40 \times 10^{15}$  V  
B.  $2.24 \times 10^{-4}$  C  
C.  $2.24 \times 10^{-4}$  W  
D.  $2.24 \times 10^{-4}$  J

2.用高速摄影机拍摄的四张照片如图所示,下列说法正确的是( )



甲

乙

丙

丁

第2题图

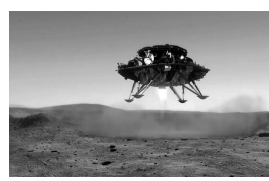
- A. 研究甲图中猫在地板上行走的速度时,猫可视为质点  
B. 研究乙图中水珠形状形成的原因时,旋转球可视为质点  
C. 研究丙图中飞翔鸟儿能否停在树桩上时,鸟儿可视为质点  
D. 研究丁图中马术运动员和马能否跨越障碍物时,马可视为质点

3.如图所示,在火箭发射塔周围有钢铁制成的四座高塔,高塔的功能最有可能的是( )



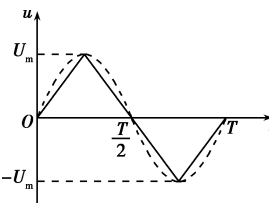
第3题图

- A. 探测发射台周围风力的大小  
B. 发射与航天器联系的电磁波  
C. 预防雷电击中待发射的火箭  
D. 测量火箭发射过程的速度和加速度

4.2021年5月15日,天问一号着陆器在成功着陆火星表面的过程中,经大气层290 s的减速,速度从 $4.9 \times 10^3$  m/s减为 $4.6 \times 10^2$  m/s;打开降落伞后,经过90 s速度进一步减为 $1.0 \times 10^2$  m/s;与降落伞分离,打开发动机减速后处于悬停状态;经过对着陆点的探测后平稳着陆。若打开降落伞至分离前的运动可视为竖直向下运动,则着陆器( )

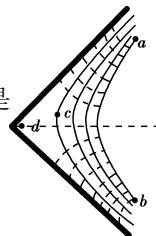
第4题图

- A. 打开降落伞前,只受到气体阻力的作用  
B. 打开降落伞至分离前,受到的合力方向竖直向上  
C. 打开降落伞至分离前,只受到浮力和气体阻力的作用  
D. 悬停状态中,发动机喷火的反作用力与气体阻力是平衡力

5.如图所示,虚线是正弦交流电的图像,实线是另一交流电的图像,它们的周期 $T$ 和最大值 $U_m$ 相同,则实线所对应的交流电的有效值 $U$ 满足( )

第5题图

- A.  $U = \frac{1}{2} U_m$   
B.  $U = \frac{\sqrt{2}}{2} U_m$   
C.  $U > \frac{\sqrt{2}}{2} U_m$   
D.  $U < \frac{\sqrt{2}}{2} U_m$

6.某书中有如图所示的图,用来表示横截面是“<”形导体右侧的电场线和等势面,其中 $a, b$ 是同一条实线上的两点, $c$ 是另一条实线上的一点, $d$ 是导体尖角右侧表面附近的一点。下列说法正确的是( )

第6题图

- A. 实线表示电场线  
B. 离 $d$ 点最近的导体表面电荷密度最大  
C. “<”形导体右侧表面附近电场强度方向均相同  
D. 电荷从 $a$ 点到 $c$ 点再到 $b$ 点电场力做功一定为零

7.质量为 $m$ 的小明坐在秋千上摆动到最高点时的照片如图所示,对该时刻,下列说法正确的是( )

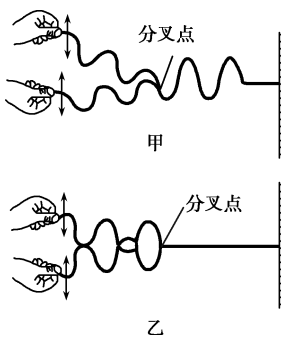
第7题图

- A. 秋千对小明的作用力小于 $mg$   
B. 秋千对小明的作用力大于 $mg$   
C. 小明的速度为零,所受合力为零  
D. 小明的加速度为零,所受合力为零

8.大功率微波对人和其他生物有一定的杀伤作用。实验表明,当人体单位面积接收的微波功率达到 $250$  W/m<sup>2</sup>时会引起神经混乱,达到 $1000$  W/m<sup>2</sup>时会引起心肺功能衰竭。现有一微波武器,其发射功率 $P=3 \times 10^7$  W。若发射的微波视为球面波,则引起神经混乱和心肺功能衰竭的有效攻击的最远距离约为( )

- A. 100 m 25 m  
B. 100 m 50 m  
C. 200 m 100 m  
D. 200 m 50 m

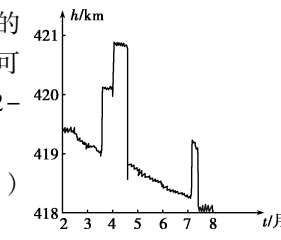
9.将一端固定在墙上的轻质绳在中点位置分叉成相同的两股细绳,它们处于同一水平面上。在离分叉点相同长度处用左、右手在身体两侧分别握住直细绳的一端,同时用相同频率和振幅上下持续振动,产生的横波以相同的速率沿细绳传播。因开始振动时的情况不同,分别得到了如图甲和乙所示的波形。下列说法正确的是( )



第9题图

- A. 甲图中两手开始振动时的方向并不相同  
B. 甲图中绳子的分叉点是振动减弱的位置  
C. 乙图中绳子分叉点右侧始终见不到明显的波形  
D. 乙图只表示细绳上两列波刚传到分叉点时的波形

10.空间站在地球外层的稀薄大气中绕行,因气体阻力的影响,轨道高度会发生变化。空间站安装有发动机,可对轨道进行修正。图中给出了国际空间站在2020.02-2020.08期间离地高度随时间变化的曲线,则空间站( )



第10题图

- A. 绕地运行速度约为 $2.0$  km/s  
B. 绕地运行速度约为 $8.0$  km/s  
C. 在4月份绕行的任意两小时内机械能可视为守恒  
D. 在5月份绕行的任意两小时内机械能可视为守恒

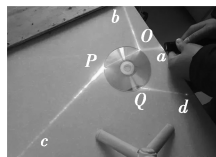
11.中国制造的某一型号泵车如图所示,表中列出了其部分技术参数。已知混凝土密度为 $2.4 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>,假设泵车的泵送系统以 $150$  m<sup>3</sup>/h的输送量给 $30$  m高处输送混凝土,则每小时泵送系统对混凝土做的功至少为( )

发动机最大输出功率(kW)	332	最大输送高度(m)	63
整车满载质量(kg)	$5.4 \times 10^4$	最大输送量(m <sup>3</sup> /h)	180

- A.  $1.08 \times 10^7$  J  
B.  $5.04 \times 10^7$  J  
C.  $1.08 \times 10^8$  J  
D.  $2.72 \times 10^8$  J



第11题图

12.用激光笔照射透明塑料制成的光盘边缘时观察到的现象如图所示。入射点 $O$ 和两出射点 $P, Q$ 恰好位于光盘边缘等间隔的三点处,空气中的四条细光束分别为入射光束 $a$ 、反射光束 $b$ 、出射光束 $c$ 和 $d$ 。已知光束 $a$ 和 $b$ 间的夹角为 $90^\circ$ ,则( )

第12题图

- A. 光盘材料的折射率 $n=2$   
B. 光在光盘内的速度为真空中光速的三分之二  
C. 光束 $b, c$ 和 $d$ 的强度之和等于光束 $a$ 的强度  
D. 光束 $c$ 的强度小于 $O$ 点处折射光束 $OP$ 的强度

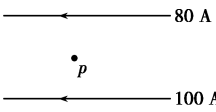
13.已知普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34}$  J·s,电子的质量为 $9.11 \times 10^{-31}$  kg。一个电子和一滴直径约为 $4 \mu\text{m}$ 的油滴具有相同动能,则电子与油滴的德布罗意波长之比的数量级为( )

- A.  $10^{-8}$   
B.  $10^6$   
C.  $10^8$   
D.  $10^{16}$

二、选择题II(本题共3小题,每小题2分,共6分。每小题列出的四个备选项中至少有一个是符合题目要求的。全部选对的得2分,选对但不全的得1分,有选错的得0分)

14.对四个核反应方程(1) ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$ ; (2) ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{91}^{234}\text{Pa} + {}_0^0\text{e}$ ; (3) ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{8}^{17}\text{O} + {}_1^1\text{H}$ ; (4) ${}_{1}^2\text{H} + {}_{1}^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n} + 17.6$  MeV,下列说法正确的是( )

- A. (1)(2)式核反应没有释放能量  
B. (1)(2)(3)式均是原子核衰变方程  
C. (3)式是人类第一次实现原子核转变的方程  
D. 利用激光引发可控的(4)式核聚变是正在尝试的技术之一

15.如图所示,有两根用超导材料制成的长直平行细导线 $a, b$ ,分别通以 $80$  A和 $100$  A、流向相同的电流,两导线构成的平面内有一点 $p$ ,到两导线的距离相等。下列说法正确的是( )

第15题图

- A. 两导线受到的安培力 $F_b = 1.25 F_a$   
B. 导线所受的安培力可以用 $F = ILB$ 计算  
C. 移走导线 $b$ 前后, $p$ 点的磁感应强度方向改变  
D. 在离两导线平面有一定距离的有限空间内,不存在磁感应强度为零的位置

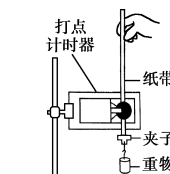
16.肥皂膜的干涉条纹如图所示,条纹间距上面宽、下面窄。下列说法正确的是( )



第16题图

- A. 过肥皂膜最高和最低点的截面一定不是梯形  
B. 肥皂膜上的条纹是前后表面反射光形成的干涉条纹  
C. 肥皂膜从形成到破裂,条纹的宽度和间距不会发生变化  
D. 将肥皂膜外金属环左侧的把柄向上转动 $90^\circ$ ,条纹也会跟着转动 $90^\circ$

三、非选择题(本题共6小题,共55分)

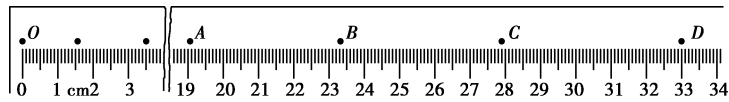
17.(7分)(1)在“验证机械能守恒定律”实验中,小王用如图1所示的装置,让重物从静止开始下落,打出一条清晰的纸带,其中的一部分如图2所示。 $O$ 点是打下的第一个点, $A, B, C$ 和 $D$ 为另外4个连续打下的点。

第17题图1

①为了减小实验误差,对体积和形状相同的重物,实验时选择密度大的理由是\_\_\_\_\_。

②已知交流电频率为 $50$  Hz,重物质量为 $200$  g,当地重力加速度 $g=9.80$  m/s<sup>2</sup>,则从 $O$ 点到 $C$ 点,重物的重力势能变化量的绝对值 $|\Delta E_p| =$ \_\_\_\_\_ J, $C$ 点的动能 $E_{kC} =$ \_\_\_\_\_ J(计算结果均保留3位有效数字)。比较 $E_{kC}$ 与 $|\Delta E_p|$ 的大小,出现这一结果的原因可能是\_\_\_\_\_ (单选)。

- A. 工作电压偏高  
B. 存在空气阻力和摩擦力  
C. 接通电源前释放了纸带



第17题图2

(2)图3所示是“用双缝干涉测量光的波长”实验的装置。实验中

①观察到较模糊的干涉条纹,要使条纹变得清晰,值得尝试的是\_\_\_\_\_ (单选)。

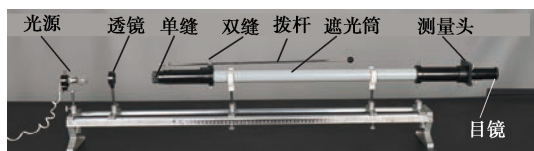
A. 旋转测量头 B. 增大单缝与双缝间的距离

C. 调节拨杆使单缝与双缝平行

②要增大观察到的条纹间距,正确的做法是\_\_\_\_\_ (单选)。

A. 减小单缝与光源间的距离 B. 减小单缝与双缝间的距离

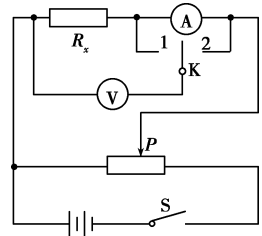
C. 增大透镜与单缝间的距离 D. 增大双缝与测量头间的距离



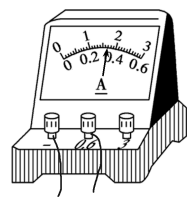
第17题图3

18. (7分) 小李在实验室测量一电阻  $R_x$  的阻值。

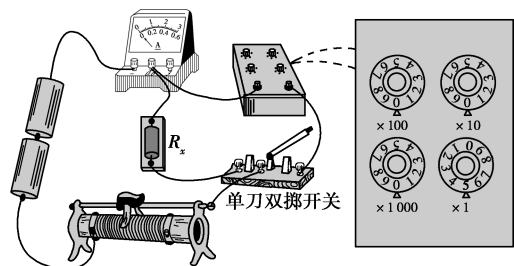
(1) 因电表内阻未知,用如图1所示的电路来判定电流表该内接还是外接。正确连线后,合上开关  $S$ ,将滑动变阻器的滑片  $P$  移至合适位置。单刀双掷开关  $K$  掷到1,电压表的读数  $U_1 = 1.65 \text{ V}$ ,电流表的示数如图2所示,其读数  $I_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  A;将  $K$  掷到2,电压表和电流表的读数分别为  $U_2 = 1.75 \text{ V}$ ,  $I_2 = 0.33 \text{ A}$ 。由此可知应采用电流表\_\_\_\_\_ (填“内”或“外”)接法。



第18题图1



第18题图2



第18题图3

(2) 完成上述实验后,小李进一步尝试用其他方法进行实验:

①器材与连线如图3所示,请在虚线框中画出对应的电路图;



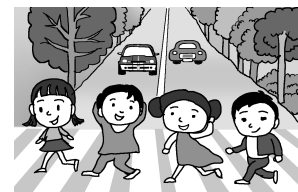
②先将单刀双掷开关掷到左边,记录电流表读数,再将单刀双掷开关掷到右边,调节电阻箱的阻值,使电流表的读数与前一次尽量相同,电阻箱的示数如图3所示,则待测电阻  $R_x = \underline{\hspace{1cm}}$   $\Omega$ 。此方法,\_\_\_\_\_ (填“有”或“无”)明显的实验误差,其理由是\_\_\_\_\_。

19. (9分) 机动车礼让行人是一种文明行为。如图所示,质量  $m = 1.0 \times 10^3 \text{ kg}$  的汽车以  $v_1 = 36 \text{ km/h}$  的速度在水平路面上匀速行驶,在距离斑马线  $s = 20 \text{ m}$  处,驾驶员发现小朋友排着长  $l = 6 \text{ m}$  的队伍从斑马线一端开始通过,立即刹车,最终恰好停在斑马线前。假设汽车在刹车过程中所受阻力不变,且忽略驾驶员反应时间。

(1) 求开始刹车到汽车停止所用的时间和所受阻力的大小;

(2) 若路面宽  $L = 6 \text{ m}$ ,小朋友行走的速度  $v_0 = 0.5 \text{ m/s}$ ,求汽车在斑马线前等待小朋友全部通过所需的时间;

(3) 假设驾驶员以  $v_2 = 54 \text{ km/h}$  超速行驶,在距离斑马线  $s = 20 \text{ m}$  处立即刹车,求汽车到斑马线时的速度。



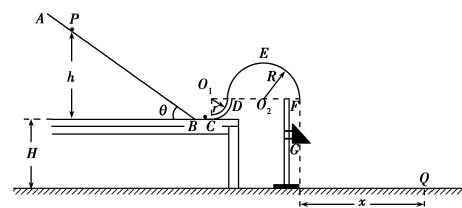
第19题图

20. (12分) 如图所示,水平地面上有一高  $H = 0.4 \text{ m}$  的水平台面,台面上竖直放置倾角  $\theta = 37^\circ$  的粗糙直轨道  $AB$ 、水平光滑直轨道  $BC$ 、四分之一圆周光滑细圆管道  $CD$  和半圆形光滑轨道  $DEF$ ,它们平滑连接,其中管道  $CD$  的半径  $r = 0.1 \text{ m}$ 、圆心在  $O_1$  点,轨道  $DEF$  的半径  $R = 0.2 \text{ m}$ 、圆心在  $O_2$  点,  $O_1$ 、 $D$ 、 $O_2$  和  $F$  点均处在同一水平线上。小滑块从轨道  $AB$  上、距台面高为  $h$  的  $P$  点静止下滑,与静止在轨道  $BC$  上等质量的小球发生弹性碰撞,碰后小球经管道  $CD$ 、轨道  $DEF$  从  $F$  点竖直向下运动,与正下方固定在直杆上的三棱柱  $G$  碰撞,碰后速度方向水平向右,大小与碰前相同,最终落在地面上  $Q$  点。已知小滑块与轨道  $AB$  间的动摩擦因数  $\mu = \frac{1}{12}$ ,  $\sin 37^\circ = 0.6$ ,  $\cos 37^\circ = 0.8$ 。

(1) 若小滑块的初始高度  $h = 0.9 \text{ m}$ ,求小滑块到达  $B$  点时速度  $v_B$  的大小;

(2) 若小球能完成整个运动过程,求  $h$  的最小值  $h_{\min}$ ;

(3) 若小球恰好能过最高点  $E$ ,且三棱柱  $G$  的位置上下可调,求落地点  $Q$  与  $F$  点的水平距离  $x$  的最大值  $x_{\max}$ 。



第20题图

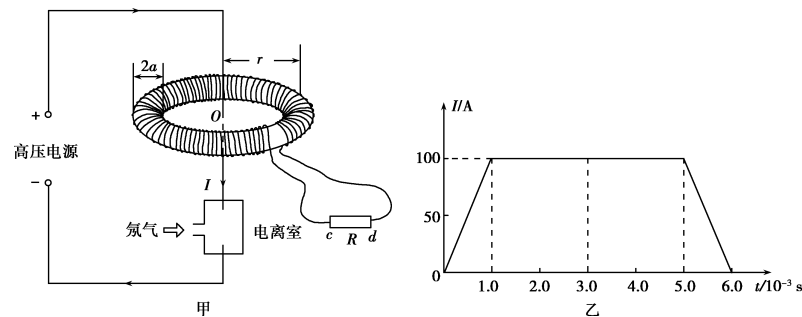
21. (10分) 一种探测气体放电过程的装置如图甲所示。充满氖气(Ne)的电离室中有两电极与长直导线连接,并通过两水平长导线与高压电源相连。在与长直导线垂直的平面内,以导线为对称轴安装一个用阻值  $R_0 = 10 \Omega$  的细导线绕制、匝数  $N = 5 \times 10^3$  的圆环螺线管,细导线的始末两端  $c$ 、 $d$  与阻值  $R = 90 \Omega$  的电阻连接。螺线管的横截面是半径  $a = 1.0 \times 10^{-2} \text{ m}$  的圆,其中心与长直导线的距离  $r = 0.1 \text{ m}$ 。气体被电离后在长直导线回路中产生顺时针方向的电流  $I$ ,其  $I-t$  图像如图乙所示。为便于计算,螺线管内各处的磁感应强度大小均可视为  $B = \frac{kI}{r}$ ,其中  $k = 2 \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ 。

(1) 求  $0 \sim 6.0 \times 10^{-3} \text{ s}$  内通过长直导线横截面的电荷量  $Q$ ;

(2) 求  $3.0 \times 10^{-3} \text{ s}$  时,通过螺线管某一匝线圈的磁通量  $\Phi$ ;

(3) 若规定  $c \rightarrow R \rightarrow d$  为电流的正方向,在不考虑线圈自感的情况下,通过计算,画出通过电阻  $R$  的  $i_R-t$  图像;

(4) 若规定  $c \rightarrow R \rightarrow d$  为电流的正方向,考虑线圈自感,定性画出通过电阻  $R$  的  $i_R-t$  图像。



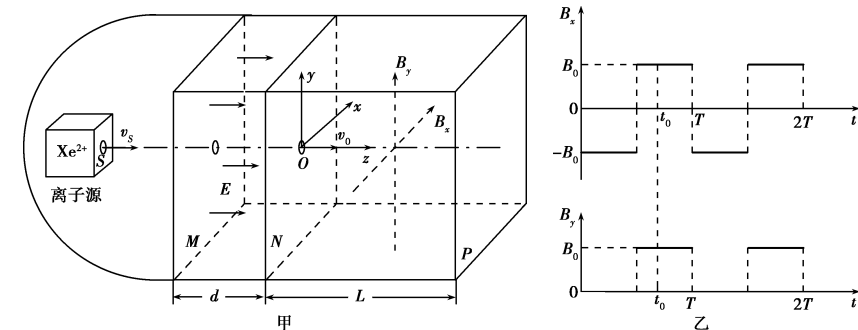
第21题图

22. (10分) 如图甲所示,空间站上某种离子推进器由离子源、间距为  $d$  的中间有小孔的两平行金属板  $M$ 、 $N$  和边长为  $L$  的立方体构成,其后端面  $P$  为喷口。以金属板  $N$  的中心  $O$  为坐标原点,垂直立方体侧面和金属板建立  $x$ 、 $y$  和  $z$  坐标轴。 $M$ 、 $N$  板之间存在场强为  $E$ 、方向沿  $z$  轴正方向的匀强电场;立方体内存在磁场,其磁感应强度沿  $z$  方向的分量始终为零,沿  $x$  和  $y$  方向的分量  $B_x$  和  $B_y$  随时间周期性变化规律如图乙所示,图中  $B_0$  可调。氙离子( $\text{Xe}^{2+}$ )束从离子源小孔  $S$  射出,沿  $z$  方向匀速运动到  $M$  板,经电场加速进入磁场区域,最后从端面  $P$  射出。测得离子经电场加速后在金属板  $N$  中心点  $O$  处相对推进器的速度为  $v_0$ 。已知单个离子的质量为  $m$ 、电荷量为  $2e$ ,忽略离子间的相互作用,且射出的离子总质量远小于推进器的质量。

(1) 求离子从小孔  $S$  射出时相对推进器的速度大小  $v_s$ ;

(2) 不考虑在磁场突变时运动的离子,调节  $B_0$  的值,使得从小孔  $S$  射出的离子均能从喷口后端面  $P$  射出,求  $B_0$  的取值范围;

(3) 设离子在磁场中的运动时间远小于磁场变化周期  $T$ ,单位时间从端面  $P$  射出的离子数为  $n$ ,且  $B_0 = \frac{\sqrt{2}mv_0}{5eL}$ ,求图乙中  $t_0$  时刻离子束对推进器作用力沿  $z$  轴方向的分力。



第22题图