

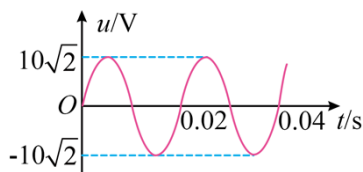
# 2024 年普通高中学业水平选择性考试（广东卷）

## 物理

本试卷满分 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。在每小题列出的四个选项中，只有一项符合题目要求）

1. 将阻值为  $50\Omega$  的电阻接在正弦式交流电源上。电阻两端电压随时间的变化规律如图所示。下列说法正确的是（ ）



- A. 该交流电的频率为 100Hz
- B. 通过电阻电流的峰值为 0.2A
- C. 电阻在 1 秒内消耗的电能为 1J
- D. 电阻两端电压表达式为  $u = 10\sqrt{2} \sin(100\pi t)$  V

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由图可知交流电的周期为 0.02s，则频率为

$$f = \frac{1}{T} = 50\text{Hz}$$

故 A 错误；

B. 根据图像可知电压的峰值为  $10\sqrt{2}\text{V}$ ，根据欧姆定律可知电流的峰值

$$I_m = \frac{U_m}{R} = \frac{10\sqrt{2}\text{V}}{50\Omega} = 0.2\sqrt{2}\text{A}$$

故 B 错误；

C. 电流的有效值为

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.2\text{A}$$

所以电阻在 1s 内消耗的电能为

$$W = I^2 R t = 0.2^2 \times 50 \times 1\text{J} = 2\text{J}$$

故 C 错误；

D. 根据图像可知其电压表达式为

$$u = U_m \sin \omega t = 10\sqrt{2} \sin \frac{2\pi}{T} t (\text{V}) = 10\sqrt{2} \sin 100\pi t (\text{V})$$

故 D 正确。

故选 D。

2. 我国正在建设的大科学装置——“强流重离子加速器”。其科学目标之一是探寻神秘的“119号”元

素，科学家尝试使用核反应  $Y + {}_{95}^{243}\text{Am} \rightarrow {}_{119}^A\text{X} + 2{}_0^1\text{n}$  产生该元素。关于原子核 Y 和质量数 A，下列选项正确的是 ( )

A. Y 为  ${}_{26}^{58}\text{Fe}$ ,  $A = 299$

B. Y 为  ${}_{26}^{58}\text{Fe}$ ,  $A = 301$

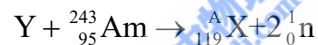
C. Y 为  ${}_{24}^{54}\text{Cr}$ ,  $A = 295$

D. Y 为  ${}_{24}^{54}\text{Cr}$ ,  $A = 297$

【答案】C

【解析】

【详解】根据核反应方程



根据质子数守恒设 Y 的质子数为  $y$ ，则有

$$y + 95 = 119 + 0$$

可得

$$y = 24$$

即 Y 为  ${}_{24}^{54}\text{Cr}$ ；根据质量数守恒，则有

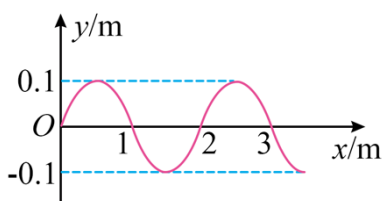
$$54 + 243 = A + 2$$

可得

$$A = 295$$

故选 C。

3. 一列简谐横波沿  $x$  轴正方向传播。波速为  $1\text{m/s}$ ， $t = 0$  时的波形如图所示。 $t = 1\text{s}$  时， $x = 1.5\text{m}$  处的质点相对平衡位置的位移为 ( )



A. 0

B. 0.1m

C. -0.1m

D. 0.2m

【答案】B

【解析】

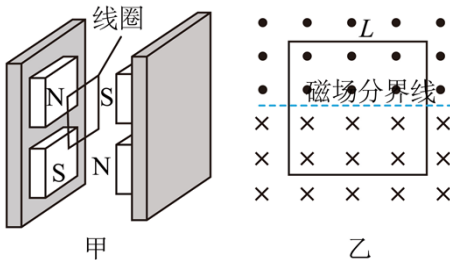
【详解】由图可知简谐波的波长为  $\lambda = 2\text{m}$ ，所以周期为

$$T = \frac{\lambda}{v} = \frac{2\text{m}}{1\text{m/s}} = 2\text{s}$$

当  $t=1\text{s}$  时， $x=1.5\text{m}$  处的质点运动半个周期到达波峰处，故相对平衡位置的位移为  $0.1\text{m}$ 。

故选 B。

4. 电磁俘能器可在汽车发动机振动时利用电磁感应发电实现能量回收，结构如图甲所示。两对永磁铁可随发动机一起上下振动，每对永磁铁间有水平方向的匀强磁场，磁感应强度大小均为  $B$ 。磁场中，边长为  $L$  的正方形线圈竖直固定在减震装置上。某时刻磁场分布与线圈位置如图乙所示，永磁铁振动时磁场分界线不会离开线圈。关于图乙中的线圈。下列说法正确的是（ ）



- A. 穿过线圈的磁通量为  $BL^2$
- B. 永磁铁相对线圈上升越高，线圈中感应电动势越大
- C. 永磁铁相对线圈上升越快，线圈中感应电动势越小
- D. 永磁铁相对线圈下降时，线圈中感应电流的方向为顺时针方向

【答案】D

【解析】

【详解】A. 根据图乙可知此时穿过线圈的磁通量为 0，故 A 错误；

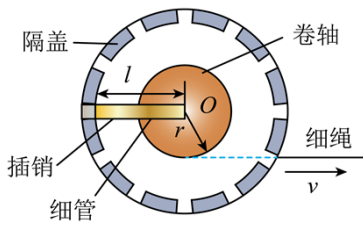
BC. 根据法拉第电磁感应定律可知永磁铁相对线圈上升越快，磁通量变化越快，线圈中感应电动势越大，故 BC 错误；

D. 永磁铁相对线圈下降时，根据安培定则可知线圈中感应电流的方向为顺时针方向，故 D 正确。

故选 D。

5. 如图所示，在细绳的拉动下，半径为  $r$  的卷轴可绕其固定的中心点  $O$  在水平面内转动。卷轴上沿半径方向固定着长度为  $l$  的细管，管底在  $O$  点。细管内有一根原长为  $\frac{l}{2}$ 、劲度系数为  $k$  的轻质弹簧，弹簧底端固定在管底，顶端连接质量为  $m$ 、可视为质点的插销。当以速度  $v$  匀速拉动细绳时，插销做匀速圆周运动。

若  $v$  过大，插销会卡进固定的端盖。使卷轴转动停止。忽略摩擦力，弹簧在弹性限度内。要使卷轴转动不停止， $v$  的最大值为（ ）



- A.  $r\sqrt{\frac{k}{2m}}$       B.  $l\sqrt{\frac{k}{2m}}$       C.  $r\sqrt{\frac{2k}{m}}$       D.  $l\sqrt{\frac{2k}{m}}$

【答案】A

【解析】

【详解】有题意可知当插销刚卡紧固定端盖时弹簧的伸长量为  $\Delta x = \frac{l}{2}$ ，根据胡克定律有

$$F = k\Delta x = \frac{kl}{2}$$

插销与卷轴同轴转动，角速度相同，对插销有弹力提供向心力

$$F = ml\omega^2$$

对卷轴有

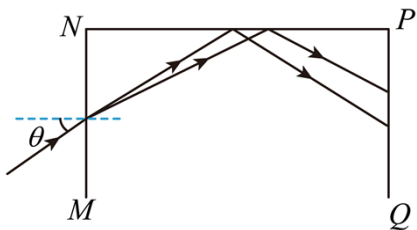
$$v = r\omega$$

联立解得

$$v = r\sqrt{\frac{k}{2m}}$$

故选 A。

6. 如图所示，红绿两束单色光，同时从空气中沿同一路径以  $\theta$  角从  $MN$  面射入某长方体透明均匀介质。折射光束在  $NP$  面发生全反射。反射光射向  $PQ$  面。若  $\theta$  逐渐增大。两束光在  $NP$  面上的全反射现象会先后消失。已知在该介质中红光的折射率小于绿光的折射率。下列说法正确的是（ ）



- A. 在  $PQ$  面上，红光比绿光更靠近  $P$  点  
 B.  $\theta$  逐渐增大时，红光的全反射现象先消失  
 C.  $\theta$  逐渐增大时，入射光可能在  $MN$  面发生全反射

D.  $\theta$  逐渐减小时，两束光在  $MN$  面折射的折射角逐渐增大

【答案】B

【解析】

【详解】A. 红光的频率比绿光的频率小，则红光的折射率小于绿光的折射率，在  $MN$  面，入射角相同，根据折射定律

$$n = \frac{\sin \theta}{\sin \alpha}$$

可知绿光在  $MN$  面的折射角较小，根据几何关系可知绿光比红光更靠近  $P$  点，故 A 错误；

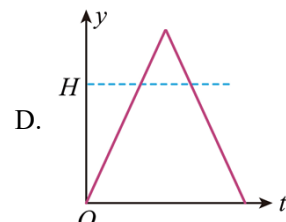
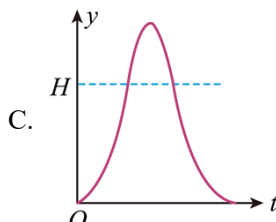
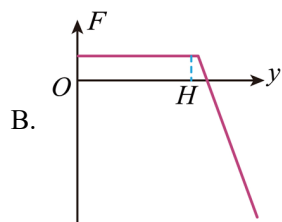
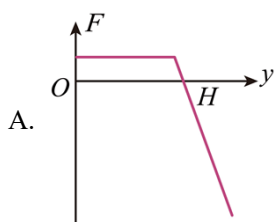
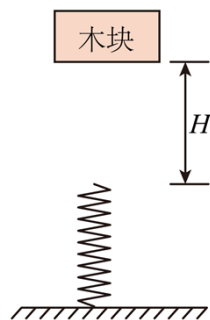
B. 根据全反射发生的条件  $\sin C = \frac{1}{n}$  可知红光发生全反射的临界角较大， $\theta$  逐渐增大时，折射光线与  $NP$  面的交点左移过程中，在  $NP$  面的入射角先大于红光发生全反射的临界角，所以红光的全反射现象先消失，故 B 正确；

C. 在  $MN$  面，光是从光疏介质到光密介质，无论  $\theta$  多大，在  $MN$  面都不可能发生全反射，故 C 错误；

D. 根据折射定律  $n = \frac{\sin \theta}{\sin \alpha}$  可知  $\theta$  逐渐减小时，两束光在  $MN$  面折射的折射角逐渐减小，故 D 错误。

故选 B。

7. 如图所示，轻质弹簧竖直放置，下端固定。木块从弹簧正上方  $H$  高度处由静止释放。以木块释放点为原点，取竖直向下为正方向。木块的位移为  $y$ 。所受合外力为  $F$ ，运动时间为  $t$ 。忽略空气阻力，弹簧在弹性限度内。关于木块从释放到第一次回到原点的过程中。其  $F - y$  图像或  $y - t$  图像可能正确的是 ( )



【答案】B

【解析】

【详解】AB. 在木块下落  $H$  高度之前，木块所受合外力为木块的重力保持不变，即

$$F = mg$$

当木块接触弹簧后到合力为零前，根据牛顿第二定律

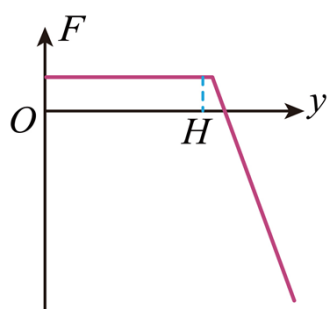
$$mg - ky = F$$

随着  $y$  增大  $F$  减小；

当弹簧弹力大于木块的重力后到最低点过程中

$$F = ky - mg$$

木块所受合外力向上，随着  $y$  增大  $F$  增大； $F - y$  图像如图所示



故 B 正确，A 错误；

CD. 同理，在木块下落  $H$  高度之前，木块做匀加速直线运动，根据

$$y = \frac{1}{2}gt^2$$

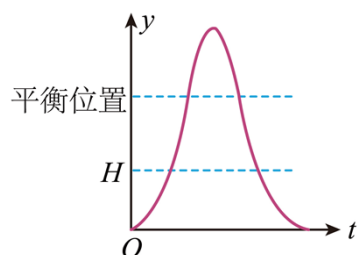
速度逐渐增大，所以  $y - t$  图像斜率逐渐增大，当木块接触弹簧后到合力为零前，根据牛顿第二定律

$$mg - ky = F$$

木块的速度继续增大，做加速度减小的加速运动，所以  $y - t$  图像斜率继续增大，当弹簧弹力大于木块的重力后到最低点过程中

$$F = ky - mg$$

木块所受合外力向上，木块做加速度增大的减速运动，所以  $y - t$  图斜率减小，到达最低点后，木块向上运动，经以上分析可知，木块先做加速度减小的加速运动，再做加速度增大的减速运动，再做匀减速直线运动到最高点， $y - t$  图像大致为

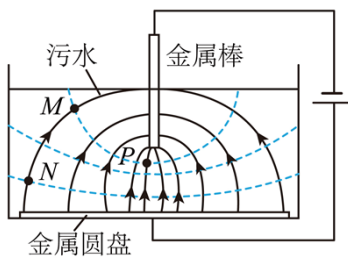


故 CD 错误。

故选 B。

二、多项选择题（本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分。在每小题列出的四个选项中，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. 污水中的污泥絮体经处理后带负电，可利用电泳技术对其进行沉淀去污，基本原理如图所示。涂有绝缘层的金属圆盘和金属棒分别接电源正、负极、金属圆盘置于底部、金属棒插入污水中，形成如图所示的电场分布，其中实线为电场线，虚线为等势面。 $M$  点和  $N$  点在同一电场线上， $M$  点和  $P$  点在同一等势面上。下列说法正确的有（ ）



- A.  $M$  点的电势比  $N$  点的低
- B.  $N$  点的电场强度比  $P$  点的大
- C. 污泥絮体从  $M$  点移到  $N$  点，电场力对其做正功
- D. 污泥絮体在  $N$  点的电势能比其在  $P$  点的大

【答案】 AC

【解析】

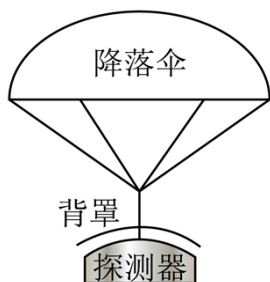
【详解】 AC. 根据沿着电场线方向电势降低可知  $M$  点的电势比  $N$  点的低，污泥絮体带负电，根据  $E_p = q\varphi$  可知污泥絮体在  $M$  点的电势能比在  $N$  点的电势能大，污泥絮体从  $M$  点移到  $N$  点，电势能减小，电场力对其做正功，故 AC 正确；

B. 根据电场线的疏密程度可知  $N$  点的电场强度比  $P$  点的小，故 B 错误；

D.  $M$  点和  $P$  点在同一等势面上，则污泥絮体在  $M$  点的电势能与在  $P$  点的电势能相等，结合 AC 选项分析可知污泥絮体在  $P$  点的电势能比其在  $N$  点的大，故 D 错误。

故选 AC。

9. 如图所示，探测器及其保护背罩通过弹性轻绳连接降落伞。在接近某行星表面时以  $60\text{m/s}$  的速度竖直匀速下落。此时启动“背罩分离”，探测器与背罩断开连接，背罩与降落伞保持连接。已知探测器质量为  $1000\text{kg}$ ，背罩质量为  $50\text{kg}$ ，该行星的质量和半径分别为地球的  $\frac{1}{10}$  和  $\frac{1}{2}$ 。地球表面重力加速度大小取  $g = 10\text{m/s}^2$ 。忽略大气对探测器和背罩的阻力。下列说法正确的有（ ）



- A. 该行星表面的重力加速度大小为  $4\text{m/s}^2$
- B. 该行星的第一宇宙速度为  $7.9\text{km/s}$
- C. “背罩分离”后瞬间，背罩的加速度大小为  $80\text{m/s}^2$
- D. “背罩分离”后瞬间，探测器所受重力对其做功的功率为  $30\text{kW}$

【答案】AC

【解析】

【详解】A. 在星球表面，根据

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg$$

可得

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

行星的质量和半径分别为地球的  $\frac{1}{10}$  和  $\frac{1}{2}$ 。地球表面重力加速度大小取  $g = 10\text{m/s}^2$ ，可得该行星表面的重力加速度大小

$$g' = 4\text{m/s}^2$$

故 A 正确；

B. 在星球表面上空，根据万有引力提供向心力

$$G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$$

可得星球的第一宇宙速度

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

行星的质量和半径分别为地球的  $\frac{1}{10}$  和  $\frac{1}{2}$ ，可得该行星的第一宇宙速度

$$v_{\text{行}} = \frac{\sqrt{5}}{5} v_{\text{地}}$$

地球的第一宇宙速度为  $7.9\text{km/s}$ ，所以该行星的第一宇宙速度

$$v_{\text{行}} = \frac{\sqrt{5}}{5} \times 7.9 \text{ km/s}$$

故 B 错误；

C. “背罩分离”前，探测器及其保护背罩和降落伞整体做匀速直线运动，对探测器受力分析，可知探测器与保护背罩之间的作用力

$$F = mg' = 4000 \text{ N}$$

“背罩分离”后，背罩所受的合力大小为 4000N，对背罩，根据牛顿第二定律

$$F = m'a$$

解得

$$a = 80 \text{ m/s}^2$$

故 C 正确；

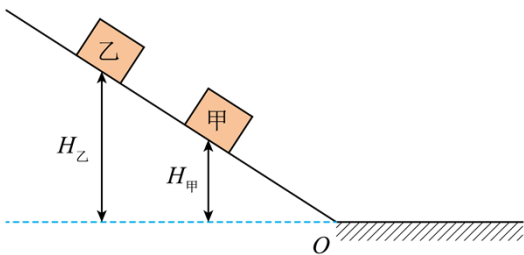
D. “背罩分离”后瞬间探测器所受重力对其做功的功率

$$P = mg'v = 1000 \times 4 \times 60 \text{ W} = 240 \text{ kW}$$

故 D 错误。

故选 AC。

10. 如图所示，光滑斜坡上，可视为质点的甲、乙两个相同滑块，分别从  $H_{\text{甲}}$ 、 $H_{\text{乙}}$  高度同时由静止开始下滑。斜坡与水平面在  $O$  处平滑相接，滑块与水平面间的动摩擦因数为  $\mu$ ，乙在水平面上追上甲时发生弹性碰撞。忽略空气阻力。下列说法正确的有（ ）



- A. 甲在斜坡上运动时与乙相对静止
- B. 碰撞后瞬间甲的速度等于碰撞前瞬间乙的速度
- C. 乙的运动时间与  $H_{\text{乙}}$  无关
- D. 甲最终停止位置与  $O$  处相距  $\frac{H_{\text{乙}}}{\mu}$

【答案】 ABD

【解析】

【详解】A. 两滑块在光滑斜坡上加速度相同，同时由静止开始下滑，则相对速度为0，故 A 正确；

B. 两滑块滑到水平面后均做匀减速运动，由于两滑块质量相同，且发生弹性碰撞，可知碰后两滑块交换速度，即碰撞后瞬间甲的速度等于碰撞前瞬间乙的速度，故 B 正确；

C. 设斜面倾角为  $\theta$ ，乙下滑过程有

$$H_Z = \frac{1}{2} g \sin \theta t_1^2$$

在水平面运动一段时间  $t_2$  后与甲相碰，碰后以甲碰前速度做匀减速运动  $t_3$ ，乙运动的时间为

$$t = t_1 + t_2 + t_3$$

由于  $t_1$  与  $H_Z$  有关，则总时间与  $H_Z$  有关，故 C 错误；

D. 乙下滑过程有

$$mgH_Z = \frac{1}{2} mv_Z^2$$

由于甲和乙发生弹性碰撞，交换速度，则可知甲最终停止位置与不发生碰撞时乙最终停止的位置相同；则如果不发生碰撞，乙在水平面运动到停止有

$$v_Z^2 = 2\mu gx$$

联立可得

$$x = \frac{H_Z}{\mu}$$

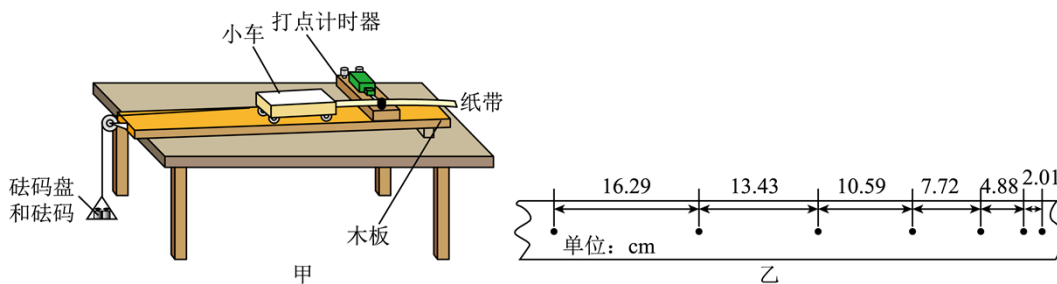
即发生碰撞后甲最终停止位置与  $O$  处相距  $\frac{H_Z}{\mu}$ 。故 D 正确。

故选 ABD。

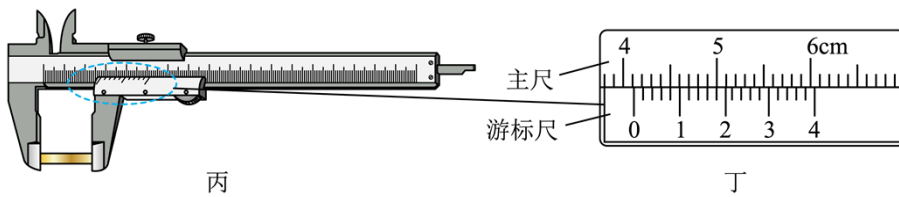
### 三、非选择题（本题共 5 小题，共 54 分。考生根据要求作答）

11. 下列是《普通高中物理课程标准》中列出的三个必做实验的部分步骤，请完成实验操作和计算。

(1) 图甲是“探究加速度与物体受力、物体质量的关系”实验装置示意图。图中木板右端垫高的目的是\_\_\_\_\_。图乙是实验得到纸带的一部分，每相邻两计数点间有四个点未画出。相邻计数点的间距已在图中给出。打点计时器电源频率为 50Hz，则小车的加速度大小为\_\_\_\_\_  $m/s^2$ （结果保留 3 位有效数字）。



(2) 在“长度的测量及其测量工具的选用”实验中，某同学用 50 分度的游标卡尺测量一圆柱体的长度，示数如图丙所示，图丁为局部放大图，读数为\_\_\_\_\_cm。



(3) 在“用双缝干涉实验测量光的波长”实验调节过程中，在光具座上安装光源、遮光筒和光屏。遮光筒不可调节。打开并调节\_\_\_\_\_。使光束沿遮光筒的轴线把光屏照亮。取下光屏，装上单缝、双缝和测量头。调节测量头，并缓慢调节单缝的角度直到目镜中观察到\_\_\_\_\_。

- 【答案】(1) ①. 平衡摩擦力 ②. 2.86  
 (2) 4.108 (3) ①. 光源 ②. 干涉条纹

【解析】

【小问 1 详解】

- [1]木板右端抬高的目的是平衡摩擦力；  
 [2]小车的加速度大小

$$a = \frac{(16.29 + 13.43 + 10.59 - 7.72 - 4.88 - 2.01) \times 10^{-2}}{9 \times 0.1^2} \text{m/s}^2 = 2.86 \text{m/s}^2$$

【小问 2 详解】

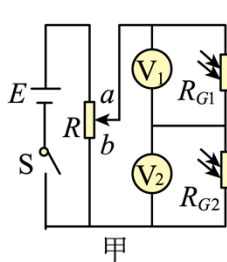
游标卡尺读数为

$$4.1 \text{cm} + 4 \times 0.02 \text{mm} = 4.108 \text{cm}$$

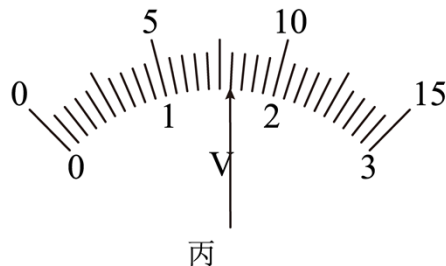
【小问 3 详解】

[1][2]在“用双缝干涉实验测量光的波长”实验调节过程中，在光具座上安装光源、遮光筒和光屏，遮光筒不可调节，打开并调节光源，使光束沿遮光筒的轴线把光屏照亮，取下光屏，装上、双缝和测量头，调节测量头，并缓慢调节单缝的角度直到目镜中观察到干涉条纹。

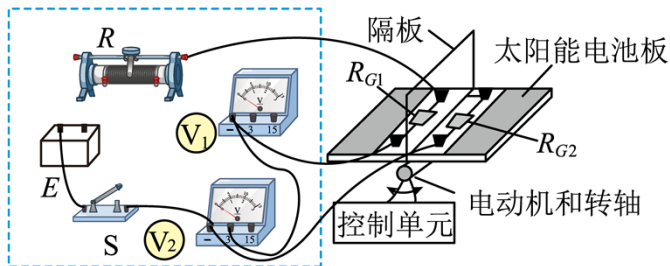
12. 某科技小组模仿太阳能发电中的太阳光自动跟踪系统，制作光源跟踪演示装置，实现太阳能电池板方向的调整，使电池板正对光源。图甲是光照方向检测电路。所用器材有：电源  $E$ （电动势 3V）电压表  $(V_1)$  和  $(V_2)$ （量程均有 3V 和 15V，内阻均可视为无穷大）；滑动变阻器  $R$ ；两个相同的光敏电阻  $R_{G1}$  和  $R_{G2}$ ；开关  $S$ ；手电筒；导线若干。图乙是实物图。图中电池板上垂直安装有半透明隔板，隔板两侧装有光敏电阻，电池板固定在电动机转轴上。控制单元与检测电路的连接未画出。控制单元对光照方向检测电路无影响。请完成下列实验操作和判断。



甲



丙



乙

(1) 电路连接。

图乙中已正确连接了部分电路，请完成虚线框中滑动变阻器  $R$ 、电源  $E$ 、开关  $S$  和电压表 (V) 间的实物图连线\_\_\_\_\_。

(2) 光敏电阻阻值与光照强度关系测试。

①将图甲中  $R$  的滑片置于\_\_\_\_\_端。用手电筒的光斜照射到  $R_{G1}$  和  $R_{G2}$ ，使  $R_{G1}$  表面的光照强度比  $R_{G2}$  表面的小。

②闭合  $S$ ，将  $R$  的滑片缓慢滑到某一位置。(V) 的示数如图丙所示，读数  $U_1$  为\_\_\_\_\_V， $U_2$  的示数为 1.17V。由此可知，表面光照强度较小的光敏电阻的阻值\_\_\_\_\_ (填“较大”或“较小”)。

③断开  $S$ 。

(3) 光源跟踪测试。

①将手电筒的光从电池板上方斜照射到  $R_{G1}$  和  $R_{G2}$ 。②闭合  $S$ 。并启动控制单元。控制单元检测并比较两光敏电阻的电压，控制电动机转动。此时两电压表的示数  $U_1 < U_2$ ，图乙中的电动机带动电池板\_\_\_\_\_ (填“逆时针”或“顺时针”) 转动，直至\_\_\_\_\_时停止转动，电池板正对手电筒发出的光

【答案】(1) 见解析图

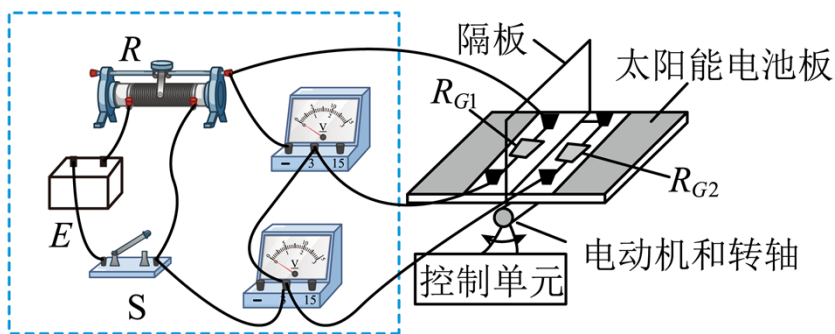
(2) ①.  $b$  ②. 1.60 ③. 较大

(3) ①. 顺时针 ②. 转过  $90^\circ$

【解析】

【小问 1 详解】

电路连线如图



【小问 2 详解】

①[1]将图甲中的  $R$  的滑片置于  $b$  端；

②[2][3]电压表量程为  $3V$ ，最小刻度为  $0.1V$ ，则读数为  $1.60V$ ；由此可知表面光照强度较小的  $R_{G1}$  两端电压较大，说明表面光照强度较小的阻值较大；

【小问 3 详解】

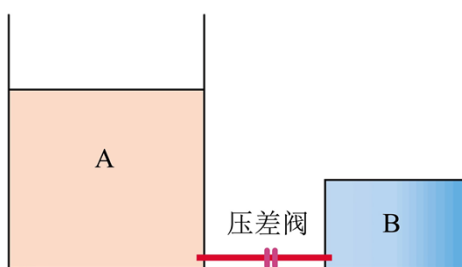
[1][2]由于两电压表的示数  $U_1 < U_2$ ，可知  $R_{G1}$  光照强度较大，则说明电动机带动电池板顺时针转动，直至转过  $90^\circ$  时停止转动，电池板正对手电筒发出的光

13. 差压阀可控制气体进行单向流动，广泛应用于减震系统。如图所示，A、B 两个导热良好的气缸通过差压阀连接，A 内轻质活塞的上方与大气连通，B 内气体体积不变。当 A 内气体压强减去 B 内气体压强大于  $\Delta p$  时差压阀打开，A 内气体缓慢进入 B 中；当该差值小于或等于  $\Delta p$  时差压阀关闭。当环境温度  $T_1=300K$  时，A 内气体体积  $V_{A1} = 4.0 \times 10^2 m^3$ ，B 内气体压强  $p_{B1}$  等于大气压强  $p_0$ ，已知活塞的横截面积  $S = 0.10 m^2$ ， $\Delta p = 0.11 p_0$ ， $p_0 = 1.0 \times 10^5 Pa$ ，重力加速度大小取  $g = 10 m/s^2$ ，A、B 内的气体可视为理想气体，忽略活塞与气缸间的摩擦、差压阀与连接管内的气体体积不计。当环境温度降到  $T_2 = 270K$  时：

(1) 求 B 内气体压强  $p_{B2}$ ；

(2) 求 A 内气体体积  $V_{A2}$ ；

(3) 在活塞上缓慢倒入铁砂，若 B 内气体压强回到  $p_0$  并保持不变，求已倒入铁砂的质量  $m$ 。



【答案】(1)  $9 \times 10^4 Pa$ ；(2)  $3.6 \times 10^2 m^3$ ；(3)  $1.1 \times 10^2 kg$

【解析】

【详解】(1、2) 假设温度降低到  $T_2$  时，差压阀没有打开，A、B 两个气缸导热良好，B 内气体做等容变化，初态

$$p_{B1} = p_0, T_1 = 300\text{K}$$

末态

$$T_2 = 270\text{K}$$

根据

$$\frac{p_{B1}}{T_1} = \frac{p_{B2}}{T_2}$$

代入数据可得

$$p_{B2} = 9 \times 10^4 \text{Pa}$$

A 内气体做等压变化，压强保持不变，初态

$$V_{A1} = 4.0 \times 10^2 \text{m}^3, T_1 = 300\text{K}$$

末态

$$T_2 = 270\text{K}$$

根据

$$\frac{V_{A1}}{T_1} = \frac{V_{A2}}{T_2}$$

代入数据可得

$$V_{A2} = 3.6 \times 10^2 \text{m}^3$$

由于

$$p_0 - p_{B2} < \Delta p$$

假设成立，即

$$p_{B2} = 9 \times 10^4 \text{Pa}$$

(3) 恰好稳定时，A 内气体压强为

$$p'_A = p_0 + \frac{mg}{S}$$

B 内气体压强

$$p'_B = p_0$$

此时差压阀恰好关闭，所以有

$$p'_A - p'_B = \Delta p$$

代入数据联立解得

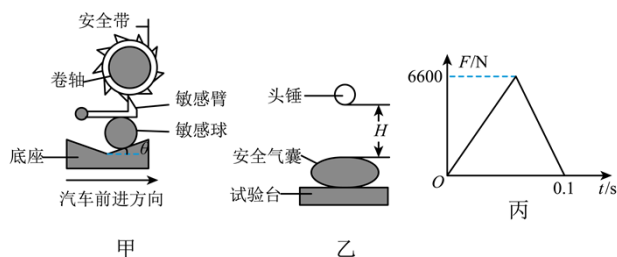
$$m = 1.1 \times 10^2 \text{ kg}$$

14. 汽车的安全带和安全气囊是有效保护乘客的装置。

(1) 安全带能通过感应车的加速度自动锁定，其原理的简化模型如图甲所示。在水平路面上刹车的过程中，敏感球由于惯性沿底座斜面上滑直到与车达到共同的加速度  $a$ ，同时顶起敏感臂，使之处于水平状态，并卡住卷轴外齿轮，锁定安全带。此时敏感臂对敏感球的压力大小为  $F_N$ ，敏感球的质量为  $m$ ，重力加速度为  $g$ 。忽略敏感球受到的摩擦力。求斜面倾角的正切值  $\tan \theta$ 。

(2) 如图乙所示，在安全气囊的性能测试中，可视为质点的头锤从离气囊表面高度为  $H$  处做自由落体运动。与正下方的气囊发生碰撞。以头锤到气囊表面为计时起点，气囊对头锤竖直方向作用力  $F$  随时间  $t$  的变化规律，可近似用图丙所示的图像描述。已知头锤质量  $M = 30\text{kg}$ ,  $H = 3.2\text{m}$ ，重力加速度大小取  $g = 10\text{m/s}^2$ 。求：

- ①碰撞过程中  $F$  的冲量大小和方向；
- ②碰撞结束后头锤上升的最大高度。



**【答案】** (1)  $\tan \theta = \frac{ma}{mg + F_N}$ ； (2) ①  $330\text{N}\cdot\text{s}$ ，方向竖直向上； ②  $0.2\text{m}$

**【解析】**

**【详解】** (1) 敏感球受向下的重力  $mg$  和敏感臂向下的压力  $F_N$  以及斜面的支持力  $N$ ，则由牛顿第二定律可知

$$(mg + F_N) \tan \theta = ma$$

解得

$$\tan \theta = \frac{ma}{mg + F_N}$$

(2) ①由图像可知碰撞过程中  $F$  的冲量大小

$$I_F = \frac{1}{2} \times 0.1 \times 6600 \text{N} \cdot \text{s} = 330 \text{N} \cdot \text{s}$$

方向竖直向上；

②头锤落到气囊上时的速度

$$v_0 = \sqrt{2gH} = 8 \text{m/s}$$

与气囊作用过程由动量定理（向上为正方向）

$$I_F - mgt = mv - (-mv_0)$$

解得

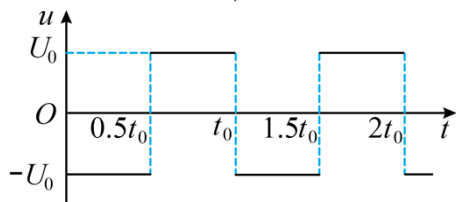
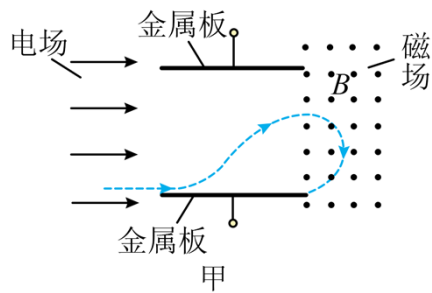
$$v = 2 \text{m/s}$$

则上升的最大高度

$$h = \frac{v^2}{2g} = 0.2 \text{m}$$

15. 如图甲所示。两块平行正对的金属板水平放置，板间加上如图乙所示幅值为  $U_0$ 、周期为  $t_0$  的交变电压。金属板左侧存在一水平向右的恒定匀强电场，右侧分布着垂直纸面向外的匀强磁场。磁感应强度大小为  $B$ 。一带电粒子在  $t = 0$  时刻从左侧电场某处由静止释放，在  $t = t_0$  时刻从下板左端边缘位置水平向右进入金属板间的电场内，在  $t = 2t_0$  时刻第一次离开金属板间的电场、水平向右进入磁场，并在  $t = 3t_0$  时刻从下板右端边缘位置再次水平进入金属板间的电场。已知金属板的板长是板间距离的  $\frac{\pi}{3}$  倍，粒子质量为  $m$ 。忽略粒子所受的重力和场的边缘效应。

- (1) 判断带电粒子的电性并求其所带的电荷量  $q$ ；
- (2) 求金属板的板间距离  $D$  和带电粒子在  $t = t_0$  时刻的速度大小  $v$ ；
- (3) 求从  $t = 0$  时刻开始到带电粒子最终碰到上金属板的过程中，电场力对粒子做的功  $W$ 。



乙

【答案】(1) 正电;  $q = \frac{\pi m}{Bt_0}$ ; (2)  $D = \sqrt{\frac{3\pi t_0 U_0}{8B}}$ ;  $v = \pi \sqrt{\frac{\pi U_0}{24Bt_0}}$ ; (3)  $W = \frac{\pi m U_0 (\pi^2 + 16)}{48Bt_0}$

【解析】

【详解】(1) 根据带电粒子在右侧磁场中的运动轨迹结合左手定则可知, 粒子带正电; 粒子在磁场中运动的周期为

$$T = 2t_0$$

根据

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

则粒子所带的电荷量

$$q = \frac{\pi m}{Bt_0}$$

(2) 若金属板的板间距离为  $D$ , 则板长  $\frac{\pi D}{3}$  粒子在板间运动时

$$\frac{\pi D}{3} = vt_0$$

出电场时竖直速度为零, 则竖直方向

$$y = 2 \times \frac{1}{2} \frac{U_0 q}{Dm} (0.5t_0)^2$$

在磁场中时

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

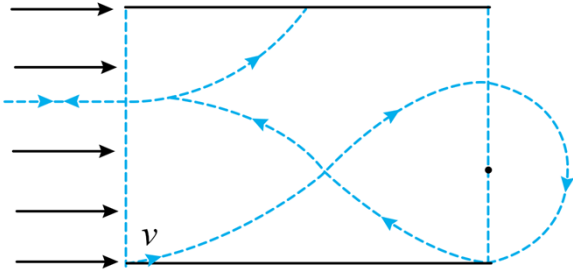
其中的

$$y = 2r = \frac{2mv}{qB}$$

联立解得

$$v = \pi \sqrt{\frac{\pi U_0}{24Bt_0}}$$

$$D = \sqrt{\frac{3\pi t_0 U_0}{8B}}$$



(3) 带电粒子在电场和磁场中的运动轨迹如图，由(2)的计算可知金属板的板间距离

$$D = 3r$$

则粒子在  $3t_0$  时刻再次进入中间的偏转电场，在  $4t_0$  时刻进入左侧的电场做减速运动速度为零后反向加速，在  $6t_0$  时刻再次进入中间的偏转电场， $6.5t_0$  时刻碰到上极板，因粒子在偏转电场中运动时，在时间  $t_0$  内电场力做功为零，在左侧电场中运动时，往返一次电场力做功也为零，可知整个过程中只有开始进入左侧电场时电场力做功和最后  $0.5t_0$  时间内电场力做功，则

$$W = \frac{1}{2}mv^2 + Eq \times \frac{D}{3} = \frac{\pi^3 m U_0}{48Bt_0} + \frac{\pi m U_0}{3Bt_0} = \frac{\pi m U_0 (\pi^2 + 16)}{48Bt_0}$$