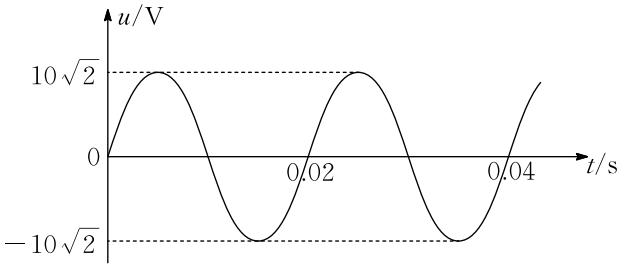
2024 年广东

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 (D)



A. 该交流电的频率为 $100\,\mathrm{Hz}$

B. 通过电阻电流的峰值为 $0.2\,\mathrm{A}$

C. 电阻在 1 秒内消耗的电能为 $1\,\mathrm{J}$

D. 电阻两端电压表达式为 $u=10\sqrt{2}\sin(100\pi t)\,\mathrm{V}$

A．由图可知交流电的周期为 $0.02\,\mathrm{s}$，则频率为 $f=\frac{1}{T}=50\,\mathrm{Hz}$。故 A 错误；

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

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

故 B 错误；

C．电流的有效值为 $I=\frac{I_m}{\sqrt{2}}=0.2\,\mathrm{A}$

所以电阻在 $1\,\mathrm{s}$ 内消耗的电能为 $W=I^2Rt=0.2^2\times50\times1\,\mathrm{J}=2\,\mathrm{J}$

故 C 错误；

D．根据图像可知其电压表达式为

$u=U_m\sin\omega t=10\sqrt{2}\sin\frac{2\pi}{T}t\,(\mathrm{V})=10\sqrt{2}\sin100\pi t\,(\mathrm{V})$

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 $\mathrm{Y}+{}^{243}_{95}\mathrm{Am}\longrightarrow{}^{\mathrm{A}}_{119}\mathrm{X}+2\,{}^{1}_{0}\mathrm{n}$ 产生该元素。关于原子核 Y 和质量数 A，下列选项正确的是 (C)

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

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

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

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

根据电荷数守恒设 Y 的质子数为 y，则有

$y+95=119+0$

可得 $y=24$

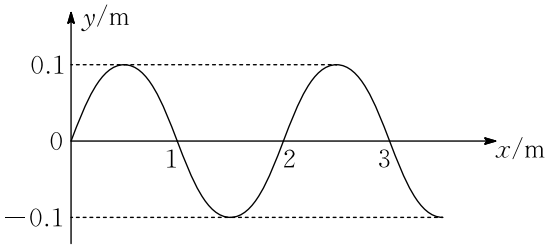
即 Y 为 $^{54}_{24}\mathrm{Cr}$；根据质量数守恒，则有

$54+243=A+2$

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 $1\,\mathrm{m/s}$，$t=0$ 时的波形如图所示。$t=1\,\mathrm{s}$ 时，$x=1.5\,\mathrm{m}$ 处的质点相对平衡位置的位移为 (B)



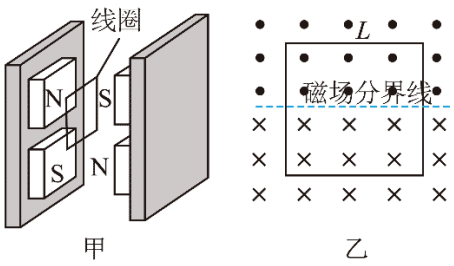
A. 0　　B. 0.1 m　　C. −0.1 m　　D. 0.2 m

由图可知简谐波的波长为 $\lambda=2\,\mathrm{m}$，所以周期为 $T=\frac{\lambda}{v}=2\,\mathrm{s}$。

当 $t=1\,\mathrm{s}$ 时，$x=1.5\,\mathrm{m}$ 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 $0.1\,\mathrm{m}$。

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 (D)



A. 穿过线圈的磁通量为 BL^2

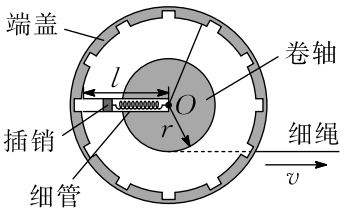
B. 永磁铁相对线圈上升越高，线圈中感应电动势越大

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

> 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，根据楞次定律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。

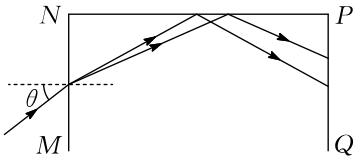
5. 如图所示，在细绳的拉动下，半径为 r 的卷轴可绕其固定的中心点 O 在水平面内转动。卷轴上沿半径方向固定着长度为 l 的细管，管底在 O 点。细管内有一根原长为 $\frac{l}{2}$、劲度系数为 k 的轻质弹簧，弹簧底端固定在管底，顶端连接质量为 m、可视为质点的插销。当以速度 v 匀速拉动细绳时，插销做匀速圆周运动。若 v 过大，插销会卡进固定的端盖，使卷轴转动停止。忽略摩擦力，弹簧在弹性限度内。要使卷轴转动不停止，v 的最大值为 (A)



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

> 由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 θ 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 θ 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 (B)



A. 在 PQ 面上，红光比绿光更靠近 P 点

B. θ 逐渐增大时，红光的全反射现象先消失

C. θ 逐渐增大时，入射光可能在 MN 面发生全反射

D. θ 逐渐减小时，两束光在 MN 面折射的折射角逐渐增大

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；

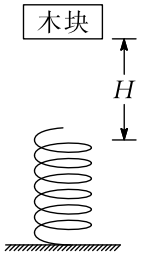
B．根据全反射发生的条件 $\sin C=\frac{1}{n}$ 可知红光发生全反射的临界角较大，θ 逐渐增大时，折射光线与 NP 面的交点左移过程中，在 NP 面的入射角先大于红光发生全反射的临界角，所以红光的全反射现象先消失，故 B 正确；

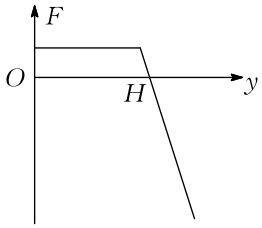
C．在 MN 面，光是从光疏介质到光密介质，无论 θ 多大，在 MN 面都不可能发生全反射，故 C 错误；

D．根据折射定律 $n=\frac{\sin\theta}{\sin\alpha}$ 可知 θ 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。

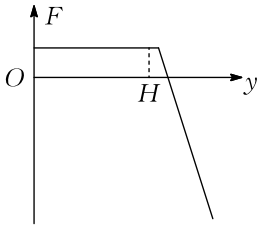
故选 B。

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 (C)

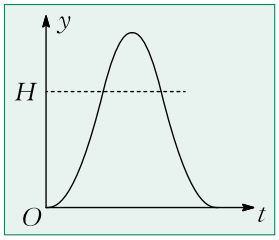




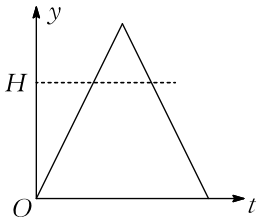
A.



B.



C.



D.

AB．在木块下落 H 高度之前，木块只受重力，合外力 $F=mg$ 保持不变，做自由落体运动；木块接触弹簧后，设弹簧压缩量为 $y-H$，合外力为

$$F=mg-k(y-H)$$

随着 y 增大 F 减小；当 $F=0$ 时加速度为零、速度最大，此后 F 反向，木块做加速度增大的减速运动直到最低点，再向上弹回。题图 A、B 两个 $F-y$ 图像均不能正确反映这一过程，故 A、B 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

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

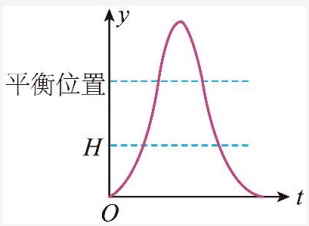
速度逐渐增大，所以 $y-t$ 图像斜率逐渐增大；木块接触弹簧后到合力为零前，根据牛顿第二定律

$$mg-k(y-H)=F$$

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

$$F=k(y-H)-mg$$

木块所受合外力向上，木块做加速度增大的减速运动，到达最低点时速度为零，$y-t$ 图线切线水平；随后木块向上运动回到原点。故 $y-t$ 图像为光滑的单峰曲线，如选项 C 所示，其大致形状为

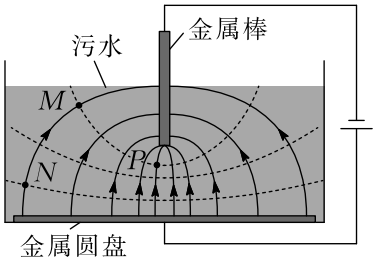


C 正确；D 为折线，与实际运动不符，D 错误。

故选 C。

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 (AC)



A. M 点的电势比 N 点的低

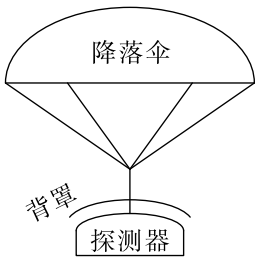
B. N 点的电场强度比 P 点的大

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

> 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 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 kg，背罩质量为 50 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 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$。忽略大气对探测器和背罩的阻力。下列说法正确的有 (AC)



A. 该行星表面的重力加速度大小为 $4\,\mathrm{m/s^2}$

B. 该行星的第一宇宙速度为 7.9 km/s

C. “背罩分离”后瞬间，背罩的加速度大小为 $80\,\mathrm{m/s^2}$

D. “背罩分离”后瞬间，探测器所受重力对其做功的功率为 30 kW

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 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$，可得该行星表面的重力加速度大小 $g'=4\,\mathrm{m/s^2}$

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

$v_{行}=\frac{\sqrt{5}}{5}v_{地}$

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

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

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 $F=mg'=4000\,\mathrm{N}$

“背罩分离”后，背罩所受的合力大小为 $4000\,\mathrm{N}$，对背罩，根据牛顿第二定律 $F=m'a$

解得 $a=80\,\mathrm{m/s^2}$

故 C 正确；

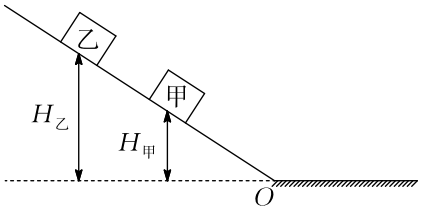
D．“背罩分离”后瞬间探测器所受重力对其做功的功率

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

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 $H_{甲}$、$H_{乙}$ 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 μ，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（ABD）



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 $H_{乙}$ 无关

D. 甲最终停止位置与 O 处相距 $\frac{H_{乙}}{\mu}$

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 θ，乙下滑过程有

$H_{乙}=\frac{1}{2}g\sin\theta t_1^2$

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 $H_{乙}$ 有关，则总时间与 $H_{乙}$ 有关，故 C 错误；

D．乙下滑过程有

$mgH_{乙}=\frac{1}{2}mv_{乙}^2$

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 $v_{乙}^2=2\mu gx$

联立可得 $x=\frac{H_{乙}}{\mu}$

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

故选 ABD。

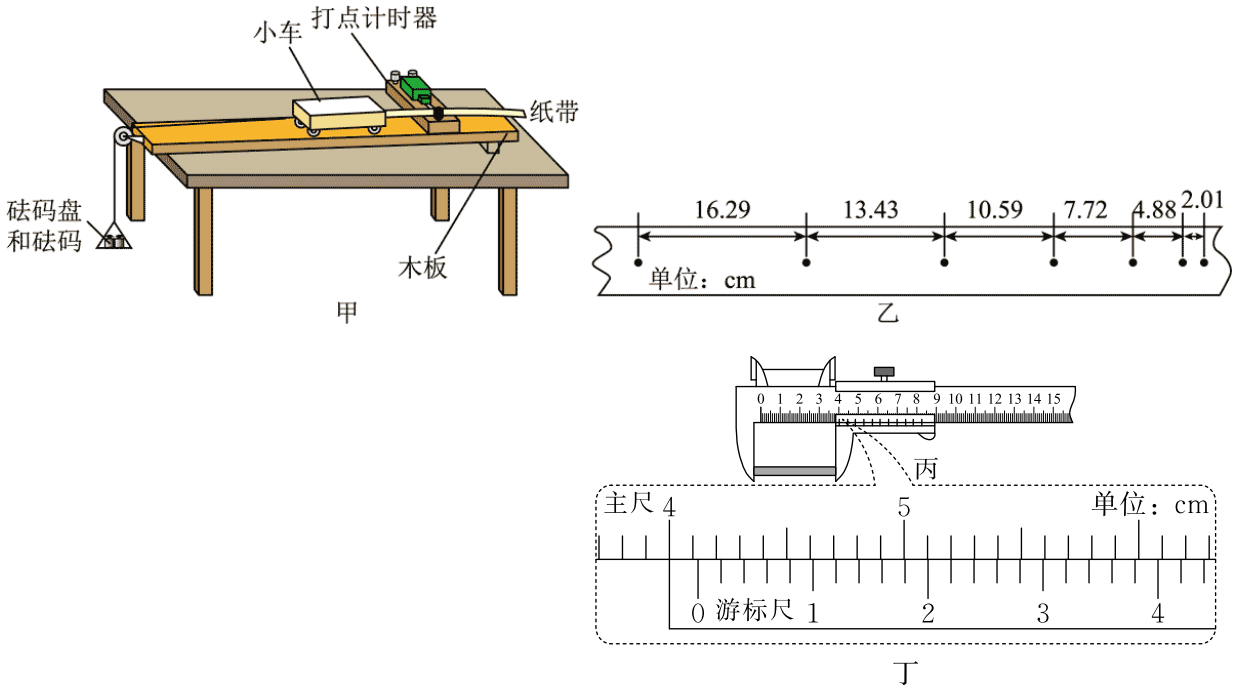
11. 下列是《普通高中物理课程标准》中列出的三个必做实验的部分步骤，请完成实验操作和计算。

（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平衡摩擦力。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 50 Hz，则小车的加速度大小为 2.86 $\mathrm{m/s^2}$（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 4.122 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。打开并调节光源。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清晰的干涉条纹。



(1) 平衡摩擦力，2.86　(2) 4.122　(3) 光源，清晰的干涉条纹

（1）木板右端抬高的目的是平衡摩擦力；

小车的加速度大小

$a=\frac{(16.29+13.43+10.59-7.72-4.88-2.01)\times10^{-2}}{9\times0.1^2}\,\mathrm{m/s^2}=2.86\,\mathrm{m/s^2}$

（2）游标卡尺读数为 $41\,\mathrm{mm}+11\times0.02\,\mathrm{mm}=41.22\,\mathrm{mm}=4.122\,\mathrm{cm}$

（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，打开并调节光源，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清晰的干涉条纹。

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 3 V）；电压表（V_1）和（V_2）（量程均有 3 V 和 15 V，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。

（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_1 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 b 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。

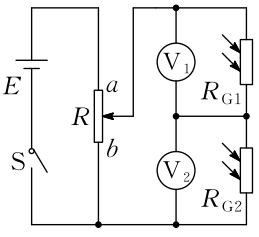
②闭合 S，将 R 的滑片缓慢滑到某一位置。V_1 的示数如图丙所示，读数 U_1 为 1.63 V，V_2 的示数 U_2 为 1.17 V。由此可知，表面光照强度较小的光敏电阻的阻值较大（填“较大”或“较小”）。

③断开 S。

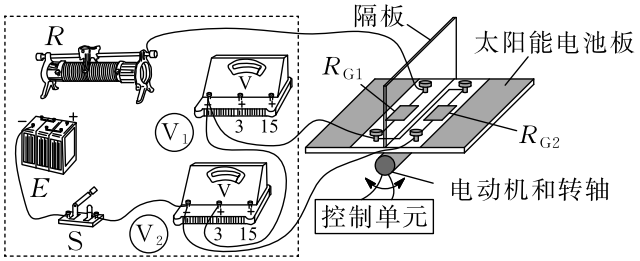
（3）光源跟踪测试。

①将手电筒的光从电池板上方斜照射到 R_{G1} 和 R_{G2}。

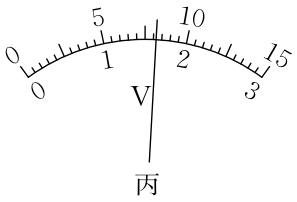
②闭合 S，并启动控制单元。控制单元检测并比较两光敏电阻的电压，控制电动机转动。此时两电压表的示数 $U_1 < U_2$，图乙中的电动机带动电池板逆时针（填“逆时针”或“顺时针”）转动，直至$U_1 = U_2$时停止转动，电池板正对手电筒发出的光。



甲

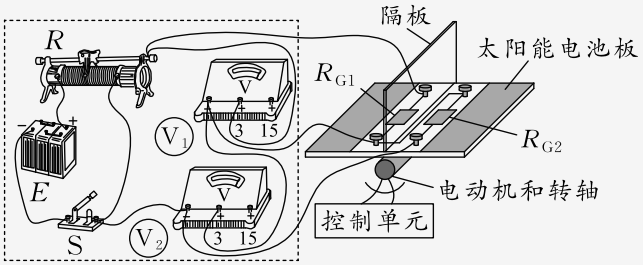


乙



(1) 电路连线见解析图。 (2) b，1.63，较大。 (3) 逆时针，$U_1 = U_2$。

（1）电路连线如图。



（2）①为了保证电路的安全，实验开始前要将 R 的滑片置于阻值最大处，即置于 b 端。

②电压表 V_1 量程为 3 V，最小刻度为 0.1 V，则读数为 1.63 V；电压表 V_1 比电压表 V_2 的示数大，说明 $R_{G1} > R_{G2}$，由此可知表面光照强度较小的光敏电阻的阻值较大。

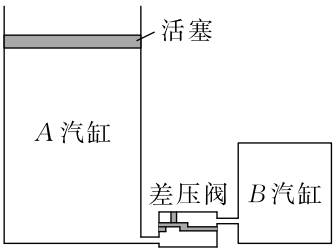
（3）电压表的示数 $U_1 < U_2$，说明 R_{G1} 表面的光照强度比 R_{G2} 表面的大，因此电动机带动电池板逆时针转动，直至 $U_1 = U_2$ 时停止转动，电池板正对手电筒发出的光。

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 Δp 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 Δp 时差压阀关闭。当环境温度 $T_1 = 300\,\mathrm{K}$ 时，A 内气体体积 $V_{A1} = 4.0\times10^{-2}\,\mathrm{m}^3$，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 $S = 0.10\,\mathrm{m}^2$，$\Delta p = 0.11p_0$，$p_0 = 1.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$，重力加速度大小取 $g = 10\,\mathrm{m/s}^2$，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 $T_2 = 270\,\mathrm{K}$ 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。



(1) $9\times10^4\,\mathrm{Pa}$ (2) $3.6\times10^{-2}\,\mathrm{m}^3$ (3) $1.1\times10^2\,\mathrm{kg}$

（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 $p_{B1}=p_0$，$T_1=300\,\mathrm{K}$

末态 $T_2=270\,\mathrm{K}$

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

代入数据可得 $p_{B2}=9\times10^4\,\mathrm{Pa}$

A 内气体做等压变化，压强保持不变，初态 $V_{A1}=4.0\times10^{-2}\,\mathrm{m}^3$，$T_1=300\,\mathrm{K}$

末态 $T_2=270\,\mathrm{K}$

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

代入数据可得 $V_{A2}=3.6\times10^{-2}\,\mathrm{m}^3$

由于 $p_0-p_{B2}<\Delta p$

假设成立，即 $p_{B2}=9\times10^4\,\mathrm{Pa}$

（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 $p'_A-p'_B=\Delta p$

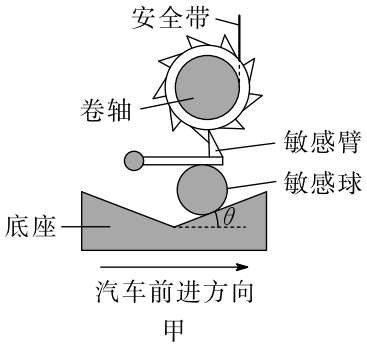
代入数据联立解得 $m=1.1\times10^2\,\mathrm{kg}$。

14. 汽车的安全带和安全气囊是有效保护乘客的装置。

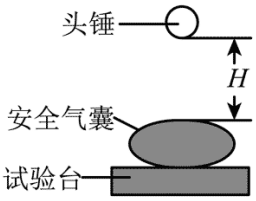
(1) 安全带能通过感应车的加速度自动锁定，其原理的简化模型如图甲所示。在水平路面上刹车的过程中，敏感球由于惯性沿底座斜面上滑直到与车达到共同的加速度 a，同时顶起敏感臂，使之处于水平状态，并卡住卷轴外齿轮，锁定安全带。此时敏感臂对敏感球的压力大小为 F_N，敏感球的质量为 m，重力加速度为 g。忽略敏感球受到的摩擦力。求斜面倾角的正切值 $\tan\theta$。

(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

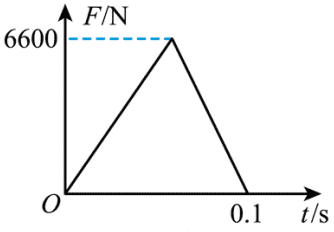
述。已知头锤质量 $M=30\,\mathrm{kg}$，$H=3.2\,\mathrm{m}$，重力加速度大小取 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$。求：①碰撞过程中 F 的冲量大小和方向；②碰撞结束后头锤上升的最大高度。



甲



乙



丙

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

（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

$I_F=\frac{1}{2}\times0.1\times6600\,\mathrm{N\cdot s}=330\,\mathrm{N\cdot s}$

方向竖直向上；

②头锤落到气囊上时的速度

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

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 $v=2\,\mathrm{m/s}$

则上升的最大高度

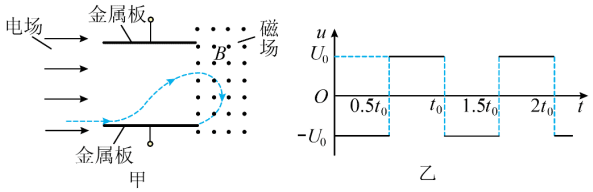
$h=\frac{v^2}{2g}=0.2\,\mathrm{m}$。

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。



(1) 正电；$q=\frac{\pi m}{Bt_0}$ (2) $D=\sqrt{\frac{3\pi t_0U_0}{8B}}$，$v=\pi\sqrt{\frac{\pi U_0}{24Bt_0}}$ (3) $W=\frac{\pi mU_0(\pi^2+16)}{48Bt_0}$

（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

$y=2\times\frac{1}{2}\frac{U_0q}{Dm}(0.5t_0)^2$

在磁场中时

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

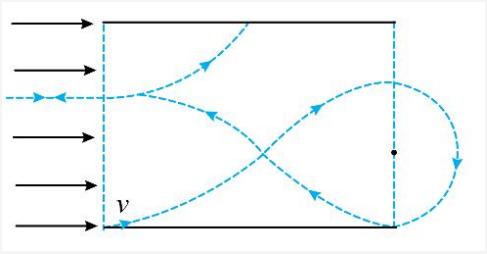
其中

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

联立解得

$D=\sqrt{\frac{3\pi t_0U_0}{8B}}$，$v=\pi\sqrt{\frac{\pi U_0}{24Bt_0}}$

（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

$W=\frac{1}{2}mv^2+Eq\times\frac{D}{3}=\frac{\pi^3mU_0}{48Bt_0}+\frac{\pi mU_0}{3Bt_0}=\frac{\pi mU_0(\pi^2+16)}{48Bt_0}$。