

2019年普通高等学校招生全国统一考试

物理 (海南卷)

一、单项选择题：

1.如图，静电场中的一条电场线上有 M 、 N 两点，箭头代表电场的方向，则 ()

A. M 点的电势比 N 点的低

B. M 点的场强大小一定比 N 点的大

C. 电子在 M 点的电势能比在 N 点的低

D. 电子在 M 点受到的电场力大小一定比在 N 点的

M N

大

2.如图，一段半圆形粗铜线固定在绝缘水平桌面

(纸面)

上，铜线所在空间有一匀强磁场，磁场方向竖直向下。当铜线通

有顺时针方向电流时，铜线所受安培力的方向

前

A. 向前 B. 向后

左

右

C. 向左 D. 向右

后

3.汽车在平直公路上以 20m/s 的速度匀速行驶。前方突遇险情，

司机紧急刹车，汽车做匀减速运动，加速度大小为 8m/s^2 。从开

始刹车到汽车停止，汽车运动的距离为 ()

A. 10m

B. 20m

C. 25m

D. 50m

4.2019年5月，我国第45颗北斗卫星发射成功。已知该卫星轨道距地面的高度约为

36000km ，是“天宫二号”空间实验室轨道高度的90倍左右，则 ()

A. 该卫星的速率比“天宫二号”的大

B. 该卫星的周期比“天宫二号”的大

C. 该卫星的角速度比“天宫二号”的大

D. 该卫星的向心加速度比“天宫二号”的大

5.如图，两物块 P 、 Q 置于水平地面上其质量分别为 m 、 $2m$ ，两者之间用水平轻绳连接。

两物块与地面之间的动摩擦因数均为 μ ，重力加速度大小为 g ，现对 Q 施加一水平向右的

拉力 F ，使两物块做匀加速直线运动，轻绳的张力大小为

A. $F - 2\mu mg$

B. $\frac{1}{3}F + \mu mg$

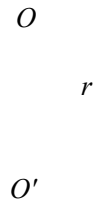
P
 m

Q
 $2m$

F

C. $\frac{1}{3}F - \mu mg$ D. $\frac{1}{3}F$

6.如图，一硬币（可视为质点）置于水平圆盘上，硬币与竖直转轴 OO' 的距离为 r ，已知硬币与圆盘之间的动摩擦因数为 μ （最大静摩擦力等于滑动摩擦力），重力加速度大小为 g 。若硬币与圆盘一起绕 OO' 轴匀速转动，则圆盘转动的最大角速度为（ ）

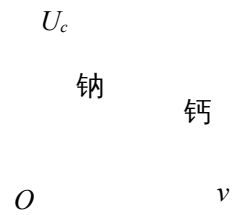


A. $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ B. $\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$
 C. $\sqrt{\frac{2\mu g}{r}}$ D. $2\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$

二、多项选择题：

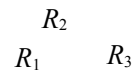
7.对于钠和钙两种金属，其遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系如图所示。用 h 、 e 分别表示普朗克常量和电子电荷量，则（ ）

- A. 钠的逸出功小于钙的逸出功
- B. 图中直线的斜率为 $\frac{h}{e}$
- C. 在得到这两条直线时，必须保证入射光的光强相同
- D. 若这两种金属产生的光电子具有相同的最大初动能，则照射到钠的光频率较高



8.如图，一理想变压器输入端接交流恒压源，输出端电路由 R_1 、 R_2 和 R_3 三个电阻构成。将该变压器原、副线圈的匝数比由 $5:1$ 改为 $10:1$ 后（ ）

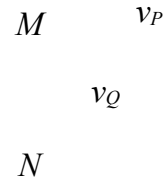
- A. 流经 R_1 的电流减小到原来的 $\frac{1}{4}$
- B. R_2 两端的电压增加到原来的 2 倍
- C. R_3 两端的电压减小到原来的 $\frac{1}{2}$
- D. 电阻上总的热功率减小到原来的 $\frac{1}{4}$



9.如图，虚线 MN 的右侧有方向垂直于纸面向里的匀强磁场，两电荷量相同的粒子 P 、 Q 从磁场边界的 M 点先后射入磁场，在纸面内运动。射入磁场时， P 的速度 v_P 垂直于磁场边界， Q 的速度 v_Q 与磁场边界的夹角为 45° 。已知两粒子均从 N 点

射出磁场，且在磁场中运动的时间相同，则 ()

- A. P 和 Q 的质量之比为 $1:2$
- B. P 和 Q 的质量之比为 $\sqrt{2}:1$
- C. P 和 Q 速度大小之比为 $\sqrt{2}:1$
- D. P 和 Q 速度大小之比为 $2:1$



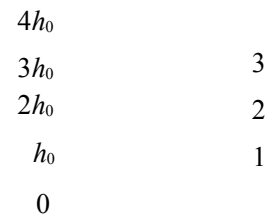
10.三个小物块分别从 3 条不同光滑轨道的上端由静止开始滑下。已知轨道 1、轨道 2、轨道 3 的上端距水平地面的高度均为 $4h_0$ ；它们的下端水平，距地面的高度分别为 $h_1 = h_0$ 、

$h_2 = 2h_0$ 、 $h_3 = 3h_0$ ，如图所示。若沿轨道 1、2、3 下滑的

小物块的落地点到轨道下端的水平距离分别记为 s_1 、 s_2 、

s_3 ，则 ()

- A. $s_1 > s_2$
- B. $s_2 > s_3$
- C. $s_1 = s_3$
- D. $s_2 = s_3$



三、实验题：

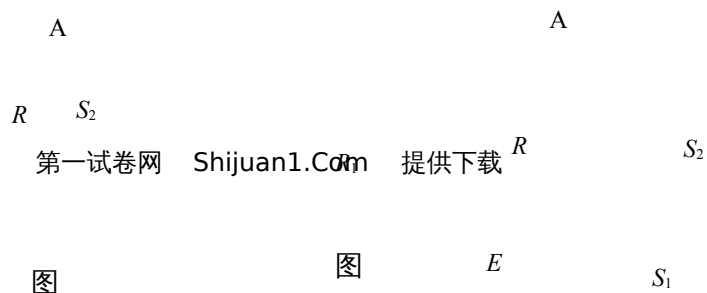
11.用实验室提供的器材设计一个测量电流表内阻的电路。实验室提供的器材为：待测电流表 A （量程 10mA ，内阻约为 50Ω ），滑动变阻器 R_1 ，电阻箱 R ，电源 E （电动势约为 6V ，内阻可忽略），开关 S_1 和 S_2 ，导线若干。

(1) 根据实验室提供的器材，在图 (a) 所示虚线框内将电路原理图补充完整，要求滑动变阻器起限流作用_____；

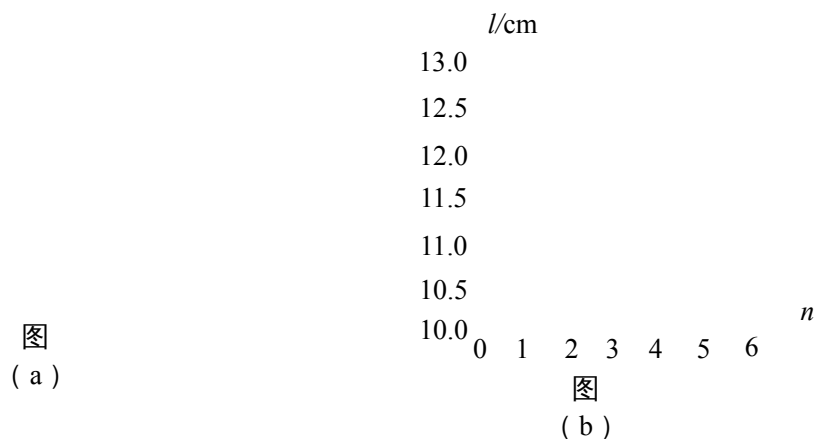
(2) 将图 (b) 中的实物按设计的原理图连线_____；

(3) 若实验提供的滑动变阻器有两种规格 ① 10Ω ，额定电流 2A ② 1500Ω ，额定电流 0.5A

实验中应该取_____。（填“①”或“②”）



12.某同学利用图 (a) 的装置测量轻弹簧的劲度系数。图中，光滑的细杆和直尺水平固定在铁架台上，一轻弹簧穿在细杆上，其左端固定，右端与细绳连接；细绳跨过光滑定滑轮，其下端可以悬挂砝码（实验中，每个砝码的质量均为 $m=50.0\text{g}$ ）。弹簧右端连有一竖直指针，其位置可在直尺上读出。实验步骤如下：



- ① 在绳下端挂上一个砝码，调整滑轮，使弹簧与滑轮间的细线水平且弹簧与细杆没有接触；
- ② 系统静止后，记录砝码的个数及指针的位置；
- ③ 逐次增加砝码个数，并重复步骤②（保持弹簧在弹性限度内）；
- ④ 用 n 表示砝码的个数， l 表示相应的指针位置，将获得的数据记录在表格内。

回答下列问题：

(1) 根据下表的实验数据在图 (b) 中补齐数据点并作出 $l-n$ 图像_____。

n	1	2	3	4	5
l/cm	10.48	10.96	11.45	11.95	12.40

(2) 弹簧的劲度系数 k 可用砝码质量 m 、重力加速度大小 g 及 $l-n$ 图线的斜率 α 表示，表达式为 $k=_____$ 。若 g 取 9.80m/s^2 ，则本实验中 $k=_____$ N/m（结果保留 3 位有效数字）。

四、计算题：

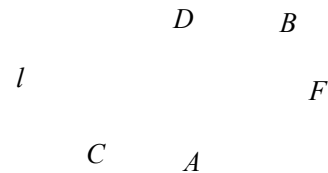
13.如图，用不可伸长轻绳将物块 a 悬挂在 O 点，初始时，轻绳处于水平拉直状态。现将 a 由静止释放，当物块 a 下摆至最低点时，恰好与静止在水平面上的物块 b 发生弹性碰撞（碰撞时间极短），碰撞后 b 滑行的最大距离为 s 。已知 b 的质量是 a 的 3 倍。 b 与水平面间的动摩擦因数为 μ ，重力加速度大小为 g 。求

- (1) 碰撞后瞬间物块 b 速度的大小；
 (2) 轻绳的长度。



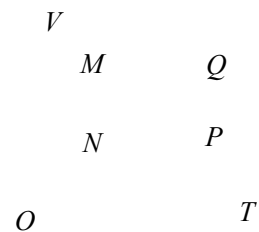
14.如图，一水平面内固定有两根平行的长直金属导轨，导轨间距为 l ，两根相同的导体棒 AB 、 CD 置于导轨上并与导轨垂直，长度均为 l ，棒与导轨间的动摩擦因数为 μ （最大静摩擦力等于滑动摩擦力），整个装置处于匀强磁场中，磁感应强度大小为 B ，方向竖直向下。从 $t=0$ 时开始，对 AB 棒施加一外力，使 AB 棒从静止开始向右做匀加速运动，直到 $t=t_1$ 时刻撤去外力，此时棒中的感应电流为 i_1 ，已知 CD 棒在 $t=t_0$ ($0 < t_0 < t_1$) 时刻开始运动，运动过程中两棒均与导轨接触良好。两棒的质量均为 m ，电阻均为 R ，导轨的电阻不计。重力加速度大小为 g 。

- (1) 求 AB 棒做匀加速运动的加速度大小；
 (2) 求撤去外力时 CD 棒的速度大小；
 (3) 撤去外力后， CD 棒在 $t=t_2$ 时刻静止，求此时 AB 棒的速度大小。

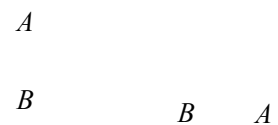


15.一定量的理想气体从状态 M 出发，经状态 N 、 P 、 Q 回到状态 M ，完成一个循环。从 M 到 N 、从 P 到 Q 是等温过程；从 N 到 P 、从 Q 到 M 是等容过程；其体积--温度图像 (V - T 图) 如图所示。下列说法正确的是_____。

- A. 从 M 到 N 是吸热过程
 B. 从 N 到 P 是吸热过程
 C. 从 P 到 Q 气体对外界做功
 D. 从 Q 到 M 是气体对外界做功
 E. 从 Q 到 M 气体的内能减少

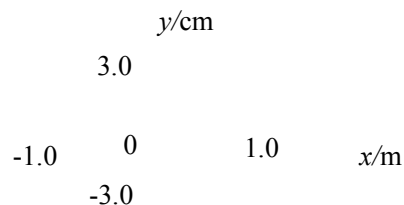


16.如图，一封闭的圆柱形容器竖直放置在水平地面上，一重量不可忽略的光滑活塞将容器内的理想气体分为 A 、 B 两部分， A 体积为 $V_A = 4.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 。压强为 $p_A = 47 \text{ cmHg}$ ； B 体积为 $V_B = 6.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，压强为 $p_B = 52 \text{ cmHg}$ 。现将容器缓慢转至水平，气体温度保持不变，求此时 A 、 B 两部分气体的体积。



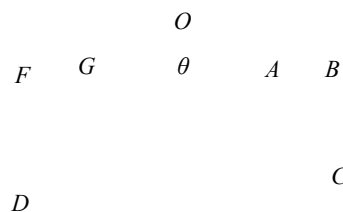
17. 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，周期为 0.2s ， $t=0$ 时的波形图如图所示。下列说法正确的是_____。

- A. 平衡位置在 $x=1\text{m}$ 处的质元的振幅为 0.03m
- B. 该波的波速为 10m/s
- C. $t=0.3\text{s}$ 时，平衡位置在 $x=0.5\text{m}$ 处的质元向 y 轴正向运动
- D. $t=0.4\text{s}$ 时，平衡位置在 $x=0.5\text{m}$ 处的质元处于波谷位置
- E. $t=0.5\text{s}$ 时，平衡位置在 $x=1.0\text{m}$ 处的质元加速度为零



18. 一透明材料制成的圆柱体的上底面中央有一球形凹陷，凹面与圆柱体下底面可透光，表面其余部分均涂有遮光材料。过圆柱体对称轴线的截面如图所示。 O 点是球形凹陷的球心，半径 OA 与 OG 夹角 $\theta=120^\circ$ 。平行光沿轴线方向向下入射时，从凹面边缘 A 点入射的光线经折射后，恰好由下底面上 C 点射出。已知

$AB=FG=1\text{cm}$ ， $BC=\sqrt{3}\text{cm}$ ， $OA=2\text{cm}$ 。



- (i) 求此透明材料的折射率；
- (ii) 撤去平行光，将一点光源置于球心 O 点处，求下底面上有光出射的圆形区域的半径（不考虑侧面的反射光及多次反射的影响）。

2019年普通高等学校招生全国统一考试

物 理 （海南卷）

一、单项选择题：

1.如图，静电场中的一条电场线上有 M 、 N 两点，箭头代表电场的方向，则 ()

- A. M 点的电势比 N 点的低
- B. M 点的场强大小一定比 N 点的大
- C. 电子在 M 点的电势能比在 N 点的低
- D. 电子在 M 点受到的电场力大小一定比在 N 点的大

M N

答案：C

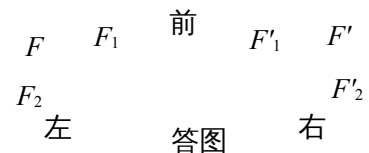
解析：电场线的方向是电势降低的方向，故 M 点的电势比 N 点的高，A 错误；一根电场线不知道电场线的疏密，无法判断 M 、 N 两点电场强度的高低，也无法判断 M 、 N 两点电场力的大小，B、D 错误；电子（负电荷）在电势高的 M 点处的电势能低，C 正确。

2.如图，一段半圆形粗铜线固定在绝缘水平桌面（纸面）上，铜线所在空间有一匀强磁场，磁场方向竖直向下。当铜线通有顺时针方向电流时，铜线所受安培力的方向

- A. 向前 B. 向后
- C. 向左 D. 向右

答案：A

解析：将半圆形粗铜线分成很多小段，取左右对称的两小段研究，由左手定则知安培力的方向如答图所示的 F 和 F' ，这两个力分解后的 F_2 和 F_2' 相互抵消， F_1 和 F_1' 方向向前，可见所有小段的合力向前，故选项 A 正确。



3.汽车在平直公路上以 20m/s 的速度匀速行驶。前方突遇险情，司机紧急刹车，汽车做匀减速运动，加速度大小为 8m/s^2 。从开始刹车到汽车停止，汽车运动的距离为 ()

- A. 10m B. 20m C. 25m D. 50m

答案：C

解析：由匀减速运动规律得 $s = \frac{v^2}{2a} = \frac{20^2}{2 \times 8} = 25\text{m}$ ，选项 C 正确。

4.2019年5月，我国第45颗北斗卫星发射成功。已知该卫星轨道距地面的高度约为36000km，是“天宫二号”空间实验室轨道高度的90倍左右，则（ ）

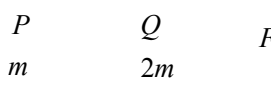
- A. 该卫星的速率比“天宫二号”的大
- B. 该卫星的周期比“天宫二号”的大
- C. 该卫星的角速度比“天宫二号”的大
- D. 该卫星的向心加速度比“天宫二号”的大

答案：B

解析：由万有引力提供向心力得 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = mr\omega^2 = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = ma$ ，卫星的轨道半径

比“天宫二号”的轨道半径大，所以该卫星的速率比“天宫二号”的小，A 错误；该卫星的周期比“天宫二号”的大，选项 B 正确；该卫星的角速度比“天宫二号”的小，C 错误；该卫星的向心加速度比“天宫二号”的小，选项 D 错误。故选 B。

5.如图，两物块 P、Q 置于水平地面上其质量分别为 m 、 $2m$ ，两者之间用水平轻绳连接。两物块与地面之间的动摩擦因数均为 μ ，重力加速度大小为 g ，现对 Q 施加一水平向右的拉力 F ，使两物块做匀加速直线运动，轻绳的张力大小为

- A. $F - 2\mu mg$
 - B. $\frac{1}{3}F + \mu mg$
 - C. $\frac{1}{3}F - \mu mg$
 - D. $\frac{1}{3}F$
- 

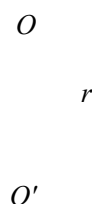
答案：D

解析：对整体由牛顿第二定律 $F - \mu mg - 2\mu mg = 3ma$

对 P 物体，由牛顿第二定律得 $T - \mu mg = ma$

解得 $T = \frac{1}{3}F$ ，选项 D 正确。

6.如图，一硬币（可视为质点）置于水平圆盘上，硬币与竖直转轴 OO' 的距离为 r ，已知硬币与圆盘之间的动摩擦因数为 μ （最大静摩擦力等于滑动摩擦力），重力加速度大小为 g 。若硬币与圆盘一起绕 OO' 轴匀速转动，则圆盘转动的最大角速度为（ ）



- A. $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ B. $\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$
 C. $\sqrt{\frac{2\mu g}{r}}$ D. $2\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$

答案：B

解析：最大静摩擦力提供向心力 $\mu mg = m\omega^2 r$

解得 $\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ ，选项 B 正确。

二、多项选择题：

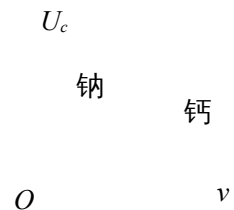
7. 对于钠和钙两种金属，其遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系如图所示。用 h 、 e 分别表示普朗克常量和电子电荷量，则 ()

A. 钠的逸出功小于钙的逸出功

B. 图中直线的斜率为 $\frac{h}{e}$

C. 在得到这两条直线时，必须保证入射光的光强相同

D. 若这两种金属产生的光电子具有相同的最大初动能，则照射到钠的光频率较高



答案：AB

解析：由光电效应方程 $E_{km} = h\nu - W_0 = eU_c$ ，即 $U_c = \frac{h}{e} \cdot \nu - \frac{W_0}{e}$ ，可见图中直线的斜率为 $\frac{h}{e}$ ，

选项 B 正确；对照公式和图线可知， U_c 相同时，频率低的逸出功小，A 正确；由光电效应

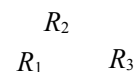
方程 $E_{km} = h\nu - W_0 = eU_c$ ，产生的光电子具有相同的最大初动能，钠的逸出功小于钙的

逸出功，所以照射到钠的光频率较低，D 错误；只要照射光的频率大于极限频率，就能发生光电效应，与照射光的强度无关，C 错误；故选 AB。

8. 如图，一理想变压器输入端接交流恒压源，输出端电路由 R_1 、 R_2 和 R_3 三个电阻构成。将该变压器原、副线圈的匝数比由 5 : 1 改为 10 : 1 后 ()

A. 流经 R_1 的电流减小到原来的 $\frac{1}{4}$

B. R_2 两端的电压增加到原来的 2 倍



C. R_3 两端的电压减小到原来的 $\frac{1}{2}$

D. 电阻上总的热功率减小到原来的 $\frac{1}{4}$

答案：CD

解析：由变压器公式 $\frac{U_1}{n_1} = \frac{U_2}{n_2}$ 得 $\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$ ，将该变压器原、副线圈的匝数比由5：1改

为10：1后，变压器副线圈的电压减小为原来的 $\frac{1}{2}$ ，即 $\frac{U'}{U} = \frac{1}{2}$ ，所以每个电阻的电流减

小为原来的 $\frac{1}{2}$ ，流经 R_1 的电流减小到原来的 $\frac{1}{2}$ ，A错误；电阻 R_2 两端的电压减小到原来

的 $\frac{1}{2}$ ，B错误； R_3 两端的电压减小到原来的 $\frac{1}{2}$ ，C正确；电阻上总的热功率

$$P' = \frac{U'^2}{R_{\text{并}}} = \frac{1}{4} \times \frac{U^2}{R_{\text{并}}}$$

，选项D正确。故选CD。

9.如图，虚线MN的右侧有方向垂直于纸面向里的匀强磁场，两电荷量相同的粒子P、Q从磁场边界的M点先后射入磁场，在纸面内运动。射入磁场时，P的速度 v_P 垂直于磁场边界，Q的速度 v_Q 与磁场边界的夹角为 45° 。已知两粒子均从N点

射出磁场，且在磁场中运动的时间相同，则（ ）

A. P和Q的质量之比为1：2

B. P和Q的质量之比为 $\sqrt{2}$ ：1

C. P和Q速度大小之比为 $\sqrt{2}$ ：1

D. P和Q速度大小之比为2：1

答案：AC

解析：画出粒子在磁场中的轨迹示意图如答图所示，粒子P运动的圆心在O，半径为r，运动半个周期，粒子Q运动的圆心在O'，半径为R，运动 $\frac{1}{4}$ 周期，

由洛伦兹力提供向心力有 $qvB = \frac{mv^2}{r}$ ，

$$\text{得 } r = \frac{mv}{Bq}, \quad T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{Bq}$$

两粒子在磁场中运动的时间相同，即 $\frac{1}{4}T' = \frac{1}{2}T$ ，解得 $\frac{m'}{m} = \frac{1}{2}$ ，选项A正确B错误；



答图

由几何关系得 $R = \sqrt{2}r$ ，即 $m'v' = \sqrt{2}mv$ ，解得 $\frac{v'}{v} = \sqrt{2}$ ，选项 D 错误 C 正确。

10. 三个小物块分别从 3 条不同光滑轨道的上端由静止开始滑下。已知轨道 1、轨道 2、轨道 3 的上端距水平地面的高度均为 $4h_0$ ；它们的下端水平，距地面的高度分别为 $h_1 = h_0$ 、

$h_2 = 2h_0$ 、 $h_3 = 3h_0$ ，如图所示。若沿轨道 1、2、3 下滑的小物块的落地点到轨道下端的水平距离分别记为 s_1 、 s_2 、 s_3 ，则 ()

$4h_0$	
$3h_0$	3
$2h_0$	2
h_0	1
0	

- A. $s_1 > s_2$ B. $s_2 > s_3$
 C. $s_1 = s_3$ D. $s_2 = s_3$

答案：BC

解析：由机械能守恒得物块滑到底端的速度为 $v = \sqrt{2g\Delta h}$ ，

由平抛运动规律得 $t = \sqrt{\frac{2\Delta h'}{g}}$ ， $s = vt = 2\sqrt{\Delta h \cdot \Delta h'}$ ，

$\Delta h_1 = 3h_0$ ， $\Delta h_2 = 2h_0$ ， $\Delta h_3 = h_0$ ， $\Delta h'_1 = h_0$ ， $\Delta h'_2 = 2h_0$ ， $\Delta h'_3 = 3h_0$ ，

可见 $s_1 : s_2 : s_3 = \sqrt{3} : 2 : \sqrt{3}$ ，选项 AD 错误，BC 正确。

三、实验题：

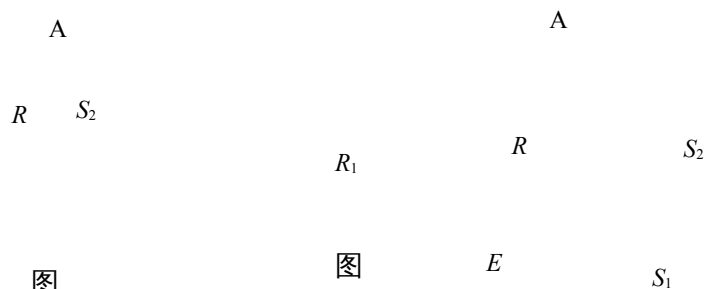
11. 用实验室提供的器材设计一个测量电流表内阻的电路。实验室提供的器材为：待测电流表 A（量程 10mA，内阻约为 50Ω），滑动变阻器 R_1 ，电阻箱 R，电源 E（电动势约为 6V，内阻可忽略），开关 S_1 和 S_2 ，导线若干。

(1) 根据实验室提供的器材，在图 (a) 所示虚线框内将电路原理图补充完整，要求滑动变阻器起限流作用_____；

(2) 将图 (b) 中的实物按设计的原理图连线_____；

(3) 若实验提供的滑动变阻器有两种规格 ① 10Ω，额定电流 2A ② 1500Ω，额定电流 0.5A

实验中应该取_____。（填“①”或“②”）



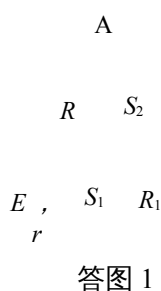
答案： (1) 见答图 1； (2) 见答图 2； (3) ②。

解析： (1) 测量电流表内阻的电路为半偏法，电路图如答图 1 示

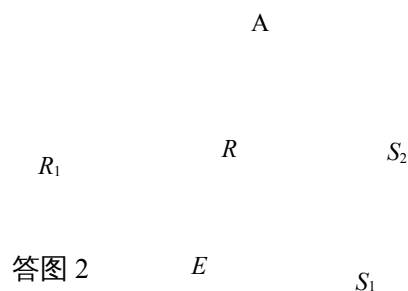
(2) 实物按设计的原理图连线如答图 2 示

(3) 半偏法测电流表内阻的实验，为了减小误差，要求 $R_1 \gg R_A$ ，故滑动变阻器应取②。

12. 某同学利用图 (a) 的装置测量轻弹簧的劲度系数。图中，光滑的细杆和直尺水平固定在铁架台上，一轻弹簧穿在细杆上，其左端固定，右端与细绳连接；细绳跨过光滑定滑轮，其下端可以悬挂砝码 (实验中，每个砝码的质量均为 $m=50.0\text{g}$)。弹簧右端连有一竖直指

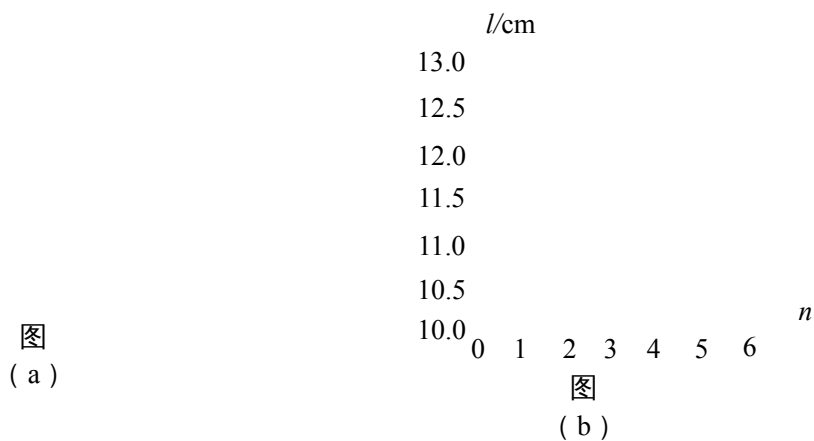


答图 1



答图 2

针，其位置可在直尺上读出。实验步骤如下：



- ① 在绳下端挂上一个砝码，调整滑轮，使弹簧与滑轮间的细线水平且弹簧与细杆没有接触；
- ② 系统静止后，记录砝码的个数及指针的位置；
- ③ 逐次增加砝码个数，并重复步骤② (保持弹簧在弹性限度内)；
- ④ 用 n 表示砝码的个数， l 表示相应的指针位置，将获得的数据记录在表格内。

回答下列问题：

(1) 根据下表的实验数据在图 (b) 中补齐数据点并作出 $l - n$ 图像_____。

n	1	2	3	4	5
-----	---	---	---	---	---

l/cm	10.48	10.96	11.45	11.95	12.40
--------	-------	-------	-------	-------	-------

(2) 弹簧的劲度系数 k 可用砝码质量 m 、重力加速度大小 g 及 $l-n$ 图线的斜率 α 表示，表达式为 $k=$ _____。若 g 取 $9.80m/s^2$ ，则本实验中 $k=$ _____ N/m (结果保留 3 位有效数字)。

答案：(1) 如答图所示；

(2) $k = \frac{mg}{\alpha}$;

(3) 104N/m

解析：(1) 作出 $l-n$ 图像如答图所示；

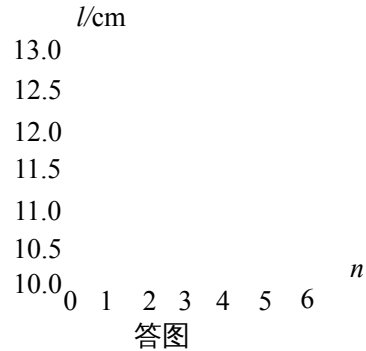
(2) $l-n$ 图线的斜率 $\tan \theta = \frac{\Delta l}{\Delta n} = \alpha$,

由胡克定律 $\Delta F = k\Delta l$, 即 $mg\Delta n = k\Delta l$,

所以 $k = \frac{mg}{\alpha}$

(3) 由图线得 $\tan \theta = \alpha = 0.47 \times 10^{-2} m$

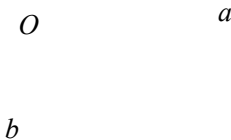
$k = \frac{mg}{\alpha} = \frac{0.05 \times 9.8}{0.47} = 104 N/m$



四、计算题：

13.如图，用不可伸长轻绳将物块 a 悬挂在 O 点，初始时，轻绳处于水平拉直状态。现将 a 由静止释放，当物块 a 下摆至最低点时，恰好与静止在水平面上的物块 b 发生弹性碰撞

(碰撞时间极短)，碰撞后 b 滑行的最大距离为 s 。已知 b 的质量是 a 的 3 倍。 b 与水平面间的动摩擦因数为 μ ，重力加速度大小为 g 。求



- (1) 碰撞后瞬间物块 b 速度的大小；
- (2) 轻绳的长度。

答案：(1) $v_2 = \sqrt{2\mu gs}$ (2) $4\mu s$

解：(1) 碰后对物块 b 由动能定理得 $\frac{1}{2}mv_2^2 = \mu mgs$, 得

$v_2 = \sqrt{2\mu gs}$

(2) 当物块 a 下摆至最低点碰撞前的速度为 v_0 ，由机械能守恒得 $\frac{1}{2}mv_0^2 = mgL$,

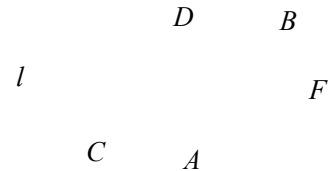
$v_0 = \sqrt{2gL}$

由弹性碰撞中动量守恒和动能守恒得 $mv_0 = mv_1 + 3mv_2$, $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \cdot 3mv_2^2$

解得 $v_2 = \frac{1}{2}v_0$

代入上面的结果 $\sqrt{2\mu g s} = \frac{1}{2}\sqrt{2gL}$, 解得 $L = 4\mu s$

14.如图，一水平面内固定有两根平行的长直金属导轨，导轨间距为 l ，两根相同的导体棒 AB 、 CD 置于导轨上并与导轨垂直，长度均为 l ，棒与导轨间的动摩擦因数为 μ （最大静摩擦力等于滑动摩擦力），整个装置处于匀强磁场中，磁感应强度大小为 B ，方向竖直向下。从 $t = 0$ 时开始，对 AB 棒施加一外力，使 AB 棒从静止开始向右做匀加速运动，直到 $t = t_1$ 时刻撤去外力，此时棒中的感应电流为 i_1 ，已知 CD 棒在 $t = t_0$ ($0 < t_0 < t_1$) 时刻开始运动，运动过程中两棒均与导轨接触良好。两棒的质量均为 m ，电阻均为 R ，导轨的电阻不计。重力加速度大小为 g 。



- (1) 求 AB 棒做匀加速运动的加速度大小；
- (2) 求撤去外力时 CD 棒的速度大小；
- (3) 撤去外力后， CD 棒在 $t = t_2$ 时刻静止，求此时 AB 棒的速度大小。

答案：(1) $a = \frac{2\mu mgR}{B^2 l^2 t_0}$ (2)

$v_{CD} = \frac{2\mu mgRt_1}{B^2 l^2 t_0} - \frac{2i_1 R}{Bl}$ (3) $v_{AB} = \frac{4\mu mgRt_1}{B^2 l^2 t_0} - \frac{2i_1 R}{Bl} - 2\mu g(t_2 - t_1)$

解：(1) CD 棒在 t_0 时刻开始运动，此时 AB 棒的速度为 $v_0 = at_0$ ①

由受力分析得知安培力等于摩擦力， $F_A = \mu mg$ ②

由电磁感应规律得 $F_A = BIl = Bl \cdot \frac{Blv_0}{2R}$ ③

由①②③式得 $a = \frac{2\mu mgR}{B^2 l^2 t_0}$ ④

(2) 设撤去外力时 CD 棒的速度大小为 v_{CD} ； AB 棒的速度为 $v_1 = at_1$ ⑤

此时产生的感应电动势为 $E = Bl (v_1 - v_{CD})$ ⑥

此时产生的感应电流为 $i = \frac{E}{2R}$ ⑦

解得 $v_{CD} = \frac{2\mu mgRt_1}{B^2 l^2 t_0} - \frac{2i_1 R}{Bl}$ ⑧

(3) 对系统研究，两棒受到的安培力的冲量一正一负可以抵消掉，根据系统动量定理可得：

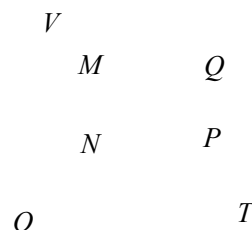
$$(mv_{AB} + 0) - (mv_1 + mv_{CD}) = 2\mu mg(t_2 - t_1) \quad \text{⑨}$$

$$\text{解得：} v_{AB} = v_1 + v_{CD} - 2\mu g(t_2 - t_1) \quad \text{⑩}$$

$$\text{将⑤⑧代入上式得 } v_{AB} = \frac{4\mu mgRt_1}{B^2 l^2 t_0} - \frac{2i_1 R}{Bl} - 2\mu g(t_2 - t_1) \quad \text{⑪}$$

15. 一定量的理想气体从状态 M 出发，经状态 N 、 P 、 Q 回到状态 M ，完成一个循环。从 M 到 N 、从 P 到 Q 是等温过程；从 N 到 P 、从 Q 到 M 是等容过程；其体积--温度图像 (V - T 图) 如图所示。下列说法正确的是_____。

- A. 从 M 到 N 是吸热过程
- B. 从 N 到 P 是吸热过程
- C. 从 P 到 Q 气体对外界做功
- D. 从 Q 到 M 是气体对外界做功
- E. 从 Q 到 M 气体的内能减少



答案：BCE

解析：从 M 到 N 温度不变，内能不变，体积减小，外界对气体做功，由热力学第一定律，应向外放热，A 错；从 N 到 P 温度升高，内能增加，体积不变，不做功，由热力学第一定律，应从外界吸热，B 正确；从 P 到 Q 温度不变，体积增大，气体对外界做功，C 正确；从 Q 到 M 体积不变，不做功，D 错误；从 Q 到 M 温度降低，气体的内能减少，E 正确。故选 BCE。

16. 如图，一封闭的圆柱形容器竖直放置在水平地面上，一重量不可忽略的光滑活塞将容器内的理想气体分为 A 、 B 两部分， A 体积为

$V_A = 4.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 。压强为 $p_A = 47 \text{ cmHg}$ ； B 体积

为 $V_B = 6.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，压强为 $p_B = 52 \text{ cmHg}$ 。现将

容器缓慢转至水平，气体温度保持不变，求此时

A 、 B 两部分气体的体积。

答案： $3.76 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ； $6.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

解：容器缓慢转至水平，两部分气体的压强相等为 p' ，

对气体 A 由玻马定律得 $p'V'_1 = p_1V_1$ ①

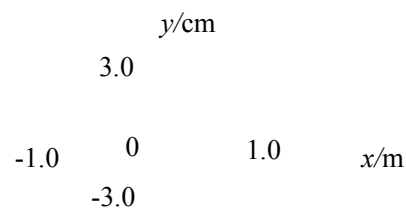
对气体 B 由玻马定律得 $p_1'V_1' = p_2V_2$ ②

$$V_1' + V_2' = V_1 + V_2 \quad \text{③}$$

代入题给数据解得 $V_1' = 3.76 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $V_2' = 6.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

17. 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播, 周期为 0.2s , $t = 0$ 时的波形图如图所示。下列说法正确的是_____。

- A. 平衡位置在 $x = 1\text{m}$ 处的质元的振幅为 0.03m
- B. 该波的波速为 10m/s
- C. $t = 0.3\text{s}$ 时, 平衡位置在 $x = 0.5\text{m}$ 处的质元向 y 轴正向运动
- D. $t = 0.4\text{s}$ 时, 平衡位置在 $x = 0.5\text{m}$ 处的质元处于波谷位置
- E. $t = 0.5\text{s}$ 时, 平衡位置在 $x = 1.0\text{m}$ 处的质元加速度为零



答案: ABC

解析: 由波形图得知所有质点的振幅均为 3cm , 所以 A 正确;

由波形图得知波长为 2m , 该波的波速 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{2}{0.2} \text{ m/s} = 10\text{m/s}$, B 正确;

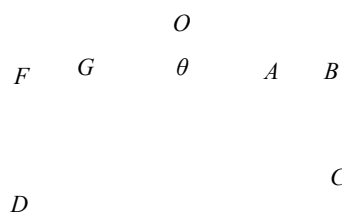
波沿 x 轴正方向传播, 周期为 0.2s , $t = 0.3\text{s} = 1.5T$ 时, 此时的波形图与题图反相, 所以平衡位置在 $x = 0.5\text{m}$ 处的质元向 y 轴正向运动, C 正确;

$t = 0.4\text{s} = 2T$, 根据波的周期性, 此时的波形图与题图相同, 所以平衡位置在 $x = 0.5\text{m}$ 处的质元处于平衡位置, D 错误;

$t = 0.5\text{s} = 2.5T$ 时, 此时的波形图与题图反相, 平衡位置在 $x = 1.0\text{m}$ 处的质元处于波谷, 位移最大, 加速度最大, E 错误。故选 ABC。

18. 一透明材料制成的圆柱体的上底面中央有一球形凹陷, 凹面与圆柱体下底面可透光, 表面其余部分均涂有遮光材料。过圆柱体对称轴线的截面如图所示。O 点是球形凹陷的球心, 半径 OA 与 OG 夹角 $\theta = 120^\circ$ 。平行光沿轴线方向向下入射时, 从凹面边缘 A 点入射的光线经折射后, 恰好由下底面上 C 点射出。已知

$$AB = FG = 1\text{cm}, BC = \sqrt{3}\text{cm}, OA = 2\text{cm}.$$

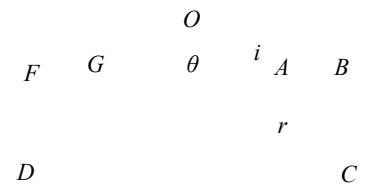


(i) 求此透明材料的折射率;

(ii) 撤去平行光，将一点光源置于球心 O 点处，求下底面上有光出射的圆形区域的半径 (不考虑侧面的反射光及多次反射的影响)。

答案：(i) $\sqrt{3}$ (ii) $\frac{\sqrt{2} + \sqrt{6}}{2}$ cm

解：(i) 平行光沿轴线方向向下入射时，折射后恰好由下底面上 C 点射出，如答图 1 示。容易看出入射角 $i=60^\circ$ ，折射角



的正切为 $\tan r = \frac{AB}{BC} = \frac{\sqrt{3}}{3}$ ，所以折射角 $r=30^\circ$ ，透明材料的

折射率为 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$

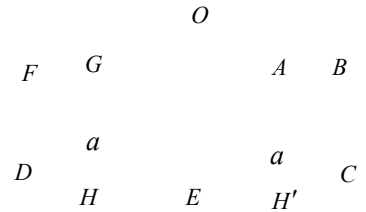
答图 1

(ii) 见答图 2 示，由几何关系得

$DE = OE = (\sqrt{3} + 1)$ cm，所以 $\angle DOE = \angle COE = 45^\circ$

由于射到圆弧面上的光线不发生折射，设全反射的临界角为 α ，

$\sin \alpha = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{3}}{3} < \sin 45^\circ$ ，即临界角 α 小于 45° ，



所以下底面上有光出射的圆形区域的半径为

$HE = OE \tan \alpha = (\sqrt{3} + 1) \times \frac{\sqrt{2}}{2}$ cm $= \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{2}$ cm

答图 2