

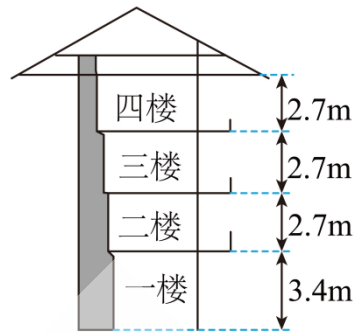
物理试卷

一、单项选择题：本题共 4 小题，每小题 4 分，共 16 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。

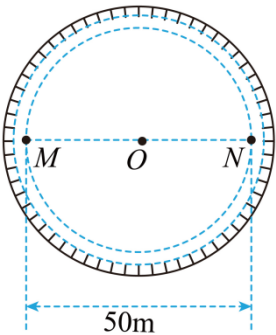
1. 福建土楼兼具居住和防御的功能，承启楼是圆形土楼的典型代表，如图 (a) 所示。承启楼外楼共四层，各楼层高度如图 (b) 所示。同一楼层内部通过直径约 50m 的圆形廊道连接。若将质量为 100kg 的防御物资先从二楼仓库搬到四楼楼梯口 M 处，再用 100s 沿廊道运送到 N 处，如图 (c) 所示。重力加速度大小取 10m/s^2 ，则 ()



(a) 承启楼



(b) 剖面图



(c) 四楼平面图

- A. 该物资从二楼地面被运送到四楼 M 处的过程中，克服重力所做的功为 5400J
- B. 该物资从 M 处被运送到 N 处的过程中，克服重力所做的功为 78500J
- C. 从 M 处沿圆形廊道运动到 N 处，位移大小为 78.5m
- D. 从 M 处沿圆形廊道运动到 N 处，平均速率为 0.5m/s

【答案】A

【解析】

【详解】A. 该物资从二楼地面被运送到四楼 M 处的过程中，克服重力所做的功为

$$W_G = mg\Delta h = 100 \times 10 \times (2.7 + 2.7)\text{J} = 5400\text{J}$$

故 A 正确；

- B. 该物资从 M 处被运送到 N 处的过程中，由于 M 、 N 高度差为零，所以克服重力做功为零，故 B 错误；
- C. 从 M 处沿圆形廊道运动到 N 处，位移大小为 50m ，故 C 错误；
- D. 从 M 处沿圆形廊道运动到 N 处，平均速率为

$$v = \frac{s}{t} = \frac{\pi r}{t} = \frac{3.14 \times \frac{50}{2}}{100} \text{m/s} = 0.785 \text{m/s}$$

故 D 错误。

故选 A。

2. 2011 年 3 月，日本发生的大地震造成了福岛核电站核泄漏。在泄露的污染物中含有大量放射性元素 $^{131}_{53}\text{I}$ ，其衰变方程为 $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e}$ ，半衰期为 8 天，已知 $m_{\text{I}} = 131.03721\text{u}$ ， $m_{\text{Xe}} = 131.03186\text{u}$ ， $m_{\text{e}} = 0.000549\text{u}$ ，则下列说法正确的是（ ）

- A. 衰变产生的 β 射线来自于 $^{131}_{53}\text{I}$ 原子的核外电子
- B. 该反应前后质量亏损 0.00535u
- C. 放射性元素 $^{131}_{53}\text{I}$ 发生的衰变为 α 衰变
- D. 经过 16 天，75% 的 $^{131}_{53}\text{I}$ 原子核发生了衰变

【答案】D

【解析】

【详解】A. $^{131}_{53}\text{I}$ 衰变时，原子核内中子转化为质子和电子，大量电子从原子核释放出来形成 β 射线，故 A 错误；

B. 该反应前后质量亏损为

$$\Delta m = m_{\text{I}} - m_{\text{Xe}} - m_{\text{e}} = 131.03721\text{u} - 131.03186\text{u} - 0.000549\text{u} = 0.004801\text{u}$$

故 B 错误；

C. 放射性元素 $^{131}_{53}\text{I}$ 发生的衰变为 β 衰变，故 C 错误；

D. 由于半衰期为 8 天，可知经过 16 天，即经过两个半衰期，75% 的 $^{131}_{53}\text{I}$ 原子核发生了衰变，故 D 正确。

故选 D。

3. 平时我们所处的地球表面，实际上存在场强大小为 100V/m 的电场，可将其视为匀强电场，在地面立一金属杆后空间中的等势面如图所示。空间中存在 a 、 b 、 c 三点，其中 a 点位于金属杆正上方， b 、 c 等高。则下列说法正确的是（ ）

$$A. \frac{1}{2}GMm_0\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$$

$$B. GMm_0\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$$

$$C. \frac{3}{2}GMm_0\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$$

$$D. 2GMm_0\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$$

【答案】A

【解析】

【详解】空间站紧急避碰的过程可简化为加速、变轨、再加速的三个阶段；空间站从轨道 r_1 变轨到 r_2 过程，根据动能定理有

$$W + W_{\text{引力}} = \Delta E_k$$

依题意可得引力做功

$$W_{\text{引力}} = G\frac{Mm_0}{r_2} - G\frac{Mm_0}{r_1}$$

万有引力提供在圆形轨道上做匀速圆周运动的向心力，由牛顿第二定律有

$$G\frac{Mm_0}{r^2} = m_0\frac{v^2}{r}$$

求得空间站在轨道上运动的动能为

$$E_k = G\frac{Mm_0}{2r}$$

动能的变化

$$\Delta E_k = G\frac{Mm_0}{2r_2} - G\frac{Mm_0}{2r_1}$$

解得

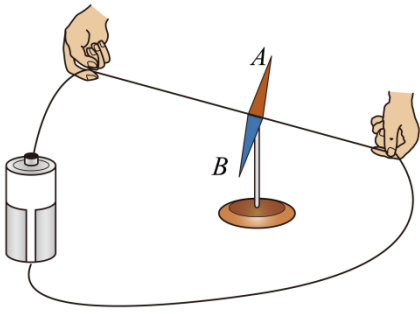
$$W = \frac{GMm_0}{2}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$$

故选 A。

二、多项选择题：本题共 4 小题，每小题 6 分，共 24 分。每小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。

5. 奥斯特利用如图所示实验装置研究电流的磁效应。一个可自由转动的小磁针放在白金丝导线正下方，导线两端与一伏打电池相连。接通电源瞬间，小磁针发生了明显偏转。奥斯特采用控制变量法，继续研究了导线直径、导线材料、电池电动势以及小磁针位置等因素对小磁针偏转情况的影响。他能得到的实验结果

有 ()



- A. 减小白金丝直径, 小磁针仍能偏转
- B. 用铜导线替换白金丝, 小磁针仍能偏转
- C. 减小电源电动势, 小磁针一定不能偏转
- D. 小磁针的偏转情况与其放置位置无关

【答案】 AB

【解析】

【详解】 A. 减小导线直径, 仍存在电流, 其产生的磁场仍能使小磁针偏转, 选项 A 正确;

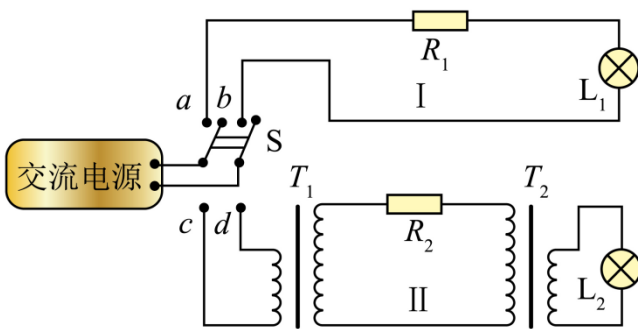
B. 白金导线换成铜导线, 仍存在电流, 产生的磁场仍能使小磁针偏转, 选项 B 正确;

C. 减小伏打电池电动势, 只要导线中有电流, 小磁场还是会发生偏转, 选项 C 错误;

D. 通电导线产生的磁场与地磁场叠加后, 其空间磁场方向与位置有关, 当小磁针在不同位置时其偏转情况不同, 选项 D 错误。

故选 AB。

6. 某同学利用如图所示电路模拟远距离输电. 图中交流电源电压为 $6V$, 定值电阻 $R_1 = R_2 = 20\Omega$, 小灯泡 L_1 、 L_2 的规格均为 “ $6V$ $1.8W$ ”, 理想变压器 T_1 、 T_2 原副线圈的匝数比分别为 $1:3$ 和 $3:1$. 分别接通电路 I 和电路 II, 两电路都稳定工作时, ()



- A. L_1 与 L_2 一样亮
- B. L_2 比 L_1 更亮
- C. R_1 上消耗的功率比 R_2 的大
- D. R_1 上消耗的功率比 R_2 的小

【答案】 BC

【解析】

【详解】若开关接 cd 端，则若电源电压为 U_0 ，理想变压器 T_1 、 T_2 的匝数比为

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{n_3}{n_4} = k$$

用户电阻为 $R_{\text{负载}}$ ，输电线电阻为 $R_{\text{导线}}$ ，由变压器工作原理和欧姆定律。升压变压器次级电压

$$U_2 = kU_0$$

降压变压器初级电压

$$U_3 = U_2 - I_2 R_{\text{导线}}$$

降压变压器次级电压

$$U_4 = \frac{U_3}{k}$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_{\text{负载}}}$$

$$\frac{I_4}{I_3} = k$$

$$I_3 = I_2$$

可得输电功率为

$$P_{\text{输}} = U_2 I_2 = \frac{k^2 U_0^2}{R_{\text{导线}} + k^2 R_{\text{负载}}}$$

输电线上损耗的电功率为

$$P_{\text{导线}} = I_2^2 R_{\text{导线}} = \frac{k^2 U_0^2}{(R_{\text{导线}} + k^2 R_{\text{负载}})^2} R_{\text{导线}}$$

用户得到的电功率为

$$P_{\text{负载}} = \frac{k^2 U_0^2}{(R_{\text{导线}} + k^2 R_{\text{负载}})^2} \cdot k^2 R_{\text{负载}}$$

若开关接 ab 端，则负载得到的功率

$$P'_{\text{负载}} = \frac{U_0^2}{(R_{\text{导线}} + R_{\text{负载}})^2} \cdot R_{\text{负载}}$$

输电线上损耗的电功率为

$$P'_{\text{导线}} = \frac{U_0^2}{(R_{\text{导线}} + R_{\text{负载}})^2} R_{\text{导线}}$$

将 $R_{\text{导线}} = R_1 = R_2 = 20\Omega$, $R_{\text{负载}} = \frac{6^2}{1.8}\Omega = 20\Omega$, $k=3$ 代入可知

可得

$$P_{\text{负载}} > P'_{\text{负载}}$$

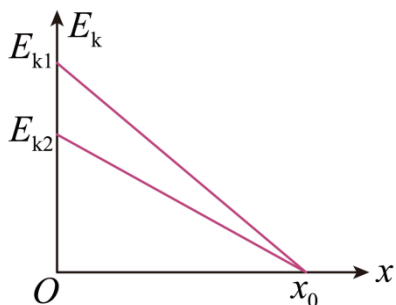
即 L_2 比 L_1 更亮;

$$P_{\text{导线}} < P'_{\text{导线}}$$

R_1 上消耗的功率比 R_2 的大。

故选 BC。

7. 一物块以初速度 v_0 自固定斜面底端沿斜面向上运动, 一段时间后回到斜面底端。该物体的动能 E_k 随位移 x 的变化关系如图所示, 图中 x_0 、 E_{k1} 、 E_{k2} 均已知。根据图中信息可以求出的物理量有 ()



- A. 重力加速度大小
- B. 物体所受滑动摩擦力的大小
- C. 斜面的倾角
- D. 沿斜面上滑的时间

【答案】 BD

【解析】

【详解】 ABC. 由动能定义式得 $E_{k1} = \frac{1}{2}mv_0^2$, 则可求解质量 m ; 上滑时, 由动能定理

$$E_k - E_{k1} = -(mg \sin \theta + f)x$$

下滑时, 由动能定理

$$E_k = (mg \sin \theta - f)(x_0 - x)$$

x_0 为上滑的最远距离; 由图像的斜率可知

$$mg \sin \theta + f = \frac{E_{k1}}{x_0}, \quad mg \sin \theta - f = \frac{E_{k2}}{x_0}$$

两式相加可得

$$g \sin \theta = \frac{1}{2m} \left(\frac{E_{k1}}{x_0} + \frac{E_{k2}}{x_0} \right)$$

相减可知

$$f = \frac{E_{k1} - E_{k2}}{2x_0}$$

即可求解 $g \sin \theta$ 和所受滑动摩擦力 f 的大小，但重力加速度大小、斜面的倾角不能求出，故 AC 错误，B 正确；

D. 根据牛顿第二定律和运动学关系得

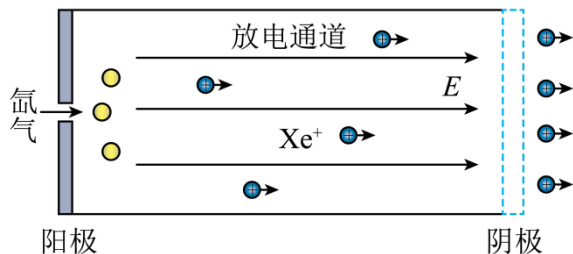
$$mg \sin \theta + f = ma, \quad t = \frac{v_0}{a}$$

故可求解沿斜面上滑的时间，D 正确。

故选 BD。

8. 我国霍尔推进器技术世界领先，其简化的工作原理如图所示。放电通道两端电极间存在一加速电场，该区域内有一与电场近似垂直的约束磁场（未画出）用于提高工作物质被电离的比例。工作时，工作物质氙气进入放电通道后被电离为氙离子，再经电场加速喷出，形成推力。某次测试中，氙气被电离的比例为 95%，氙离子喷射速度为 $1.6 \times 10^4 \text{ m/s}$ ，推进器产生的推力为 80 mN 。已知氙离子的比荷为 $7.3 \times 10^5 \text{ C/kg}$ ；计算时，取氙离子的初速度为零，忽略磁场对离子的作用力及粒子之间的相互作用，则

()



- A. 氙离子的加速电压约为 175V
- B. 氙离子的加速电压约为 700V
- C. 氙离子向外喷射形成的电流约为 37A
- D. 每秒进入放电通道的氙气质量约为 $5.3 \times 10^{-6} \text{ kg}$

【答案】AD

【解析】

【详解】AB. 氙离子经电场加速，根据动能定理有

$$qU = \frac{1}{2}mv^2 - 0$$

可得加速电压为

$$U = \frac{v^2}{2\left(\frac{q}{m}\right)} \approx 175\text{V}$$

故 A 正确，B 错误；

D. 在 Δt 时间内，有质量为 Δm 的氦离子以速度 v 喷射而出，形成电流为 I ，由动量定理可得

$$F\Delta t = \Delta mv - 0$$

进入放电通道的氦气质量为 Δm_0 ，被电离的比例为 η ，则有

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \eta \left(\frac{\Delta m_0}{\Delta t} \right)$$

联立解得

$$\frac{\Delta m_0}{\Delta t} = \frac{F}{\eta v} \approx 5.3 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

故 D 正确；

C. 在 Δt 时间内，有电荷量为 ΔQ 的氦离子喷射出，则有

$$\Delta Q = \left(\frac{\Delta m}{m} \right) q, \quad I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

联立解得

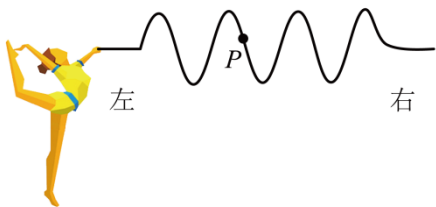
$$I = \left(\frac{F}{v} \right) \left(\frac{q}{m} \right) \approx 3.7 \text{ A}$$

故 C 错误。

故选 AD。

三、非选择题：共 60 分，其中 9、10 为填空题，11、12 为实验题，13~15 为计算题。

9. 艺术体操运动员站在场地中以一定频率上下抖动 6m 长绸带的一端，绸带自左向右呈现波浪状起伏。某时刻绸带形状如图所示（符合正弦函数特征），此时绸带上 P 点运动方向_____（填“向上”“向下”“向左”或“向右”）。保持抖动幅度不变，如果要在该绸带上产生更加密集的波浪状起伏效果，运动员上下抖动的频率应_____（填“增大”“减小”或“保持不变”）。



【答案】 ①. 向上 ②. 增大

【解析】

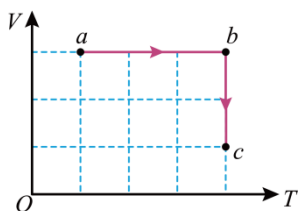
【详解】 [1]从图中可知绸带上形成的波是自左向右传播的，根据波形平移法，可判断绸带上 P 点运动方向向上；

[2]绸带上产生更加密集的波浪状起伏效果，说明波长变小，而同种介质中同类型波的传播波速是不变的，根据

$$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$

可知运动员上下抖动的周期变短、频率增大。

10. 带有活塞的汽缸内封闭一定质量的理想气体，气体开始处于 a 状态，然后经过 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 状态变化过程到达 c 状态。在 $V - T$ 图中变化过程如图所示。



(1) 气体从 a 状态经过 $a \rightarrow b$ 到达 b 状态的过程中压强_____。(填“增大”、“减小”或“不变”)

(2) 气体从 b 状态经过 $b \rightarrow c$ 到达 c 状态的过程要_____。(填“吸收”或“放出”) 热量。

【答案】 ①. 增大 ②. 放出

【解析】

【详解】 (1) [1]由 $V - T$ 图像可知，气体从 a 状态经过 $a \rightarrow b$ 到达 b 状态的过程中，气体的体积保持不变，温度升高，根据

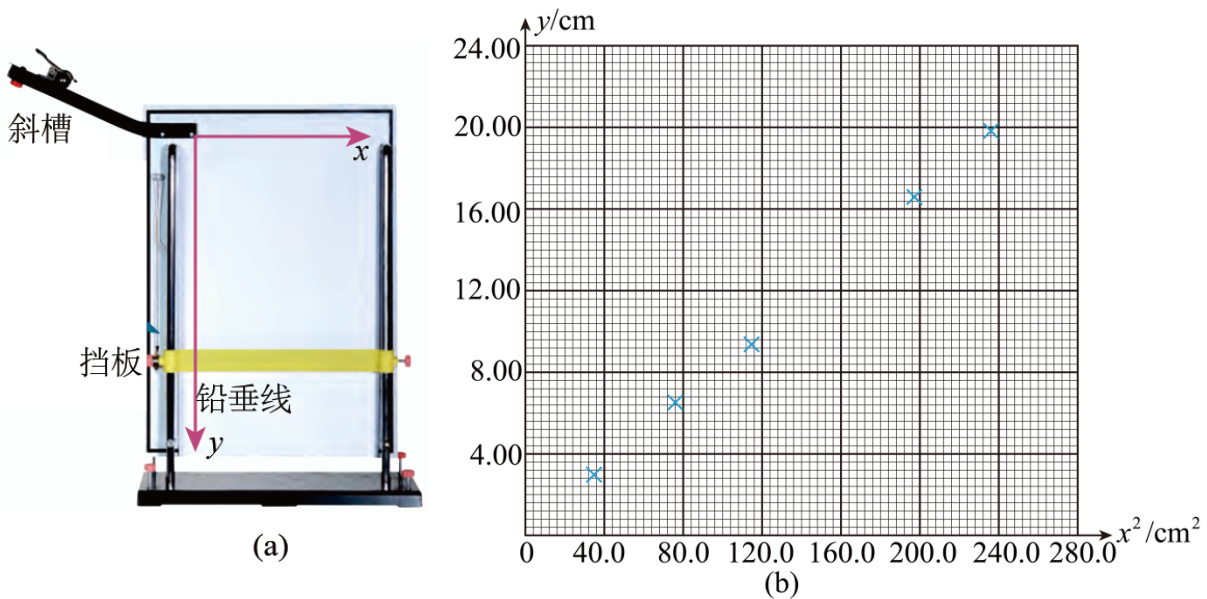
$$\frac{p}{T} = C$$

可知气体的压强增大。

(2) [2]由 $V - T$ 图像可知，气体从 b 状态经过 $b \rightarrow c$ 到达 c 状态的过程，气体的温度保持不变，则气体的内能保持不变；气体的体积减小，则外界对气体做正功，根据热力学第一定律可知，气体对外放出热量。

11. 某实验小组利用图 (a) 所示装置验证小球平抛运动的特点。实验时，先将斜槽固定在贴有复写纸和白纸的木板边缘，调节槽口水平并使木板竖直；把小球放在槽口处，用铅笔记下小球在槽口时球心在木板上的水平投影点 O ，建立 xOy 坐标系。然后从斜槽上固定的位置释放小球，小球落到挡板上并在白纸上留下印迹。上下调节挡板进行多次实验。实验结束后，测量各印迹中心点 O_1 、 O_2 、 $O_3 \dots$ 的坐标，并填入表格中，计算对应的 x^2 值。

	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6
y/cm	2.95	6.52	9.27	13.20	16.61	19.90
x/cm	5.95	8.81	10.74	12.49	14.05	15.28
x^2/cm^2	35.4	77.6	115.3	156.0	197.4	233.5

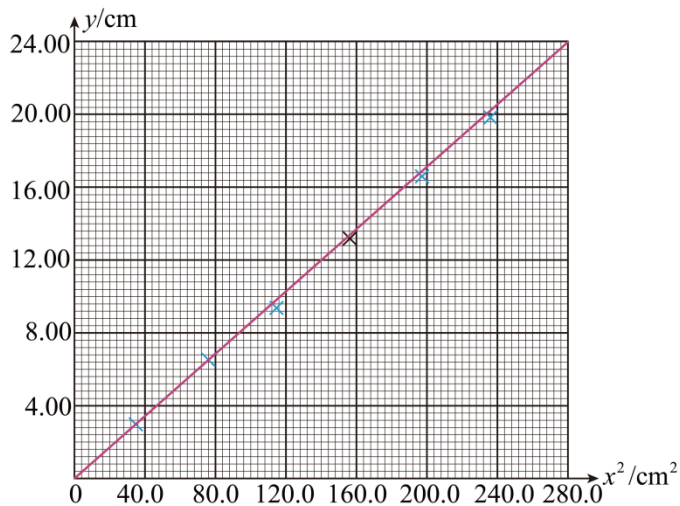


- 根据上表数据，在图 (b) 给出的坐标纸上补上 O_4 数据点，并绘制 “ $y-x^2$ ” 图线_____。
- 由 $y-x^2$ 图线可知，小球下落的高度 y ，与水平距离的平方 x^2 成_____（填 “线性” 或 “非线性”）关系，由此判断小球下落的轨迹是抛物线。
- 由 $y-x^2$ 图线求得斜率 k ，小球平抛运动的初速度表达式为 $v_0 =$ _____（用斜率 k 和重力加速度 g 表示）。
- 该实验得到的 $y-x^2$ 图线常不经过原点，可能的原因是_____。

【答案】 ①. 见解析 ②. 线性 ③. $\sqrt{\frac{g}{2k}}$ ④. 水平射出点未与 O 点重合

【解析】

【详解】(1) [1]根据上表数据在坐标纸上描出 O_4 数据点，并绘制“ $y-x^2$ ”图线如图所示



(2) [2]由 $y-x^2$ 图线为一条倾斜的直线可知，小球下落的高度 y ，与水平距离的平方 x^2 成线性关系。

(3) [3]根据平抛运动规律可得

$$x = v_0 t$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

联立可得

$$y = \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_0} \right)^2 = \frac{g}{2v_0^2} x^2$$

可知 $y-x^2$ 图像的斜率为

$$k = \frac{g}{2v_0^2}$$

解得小球平抛运动的初速度为

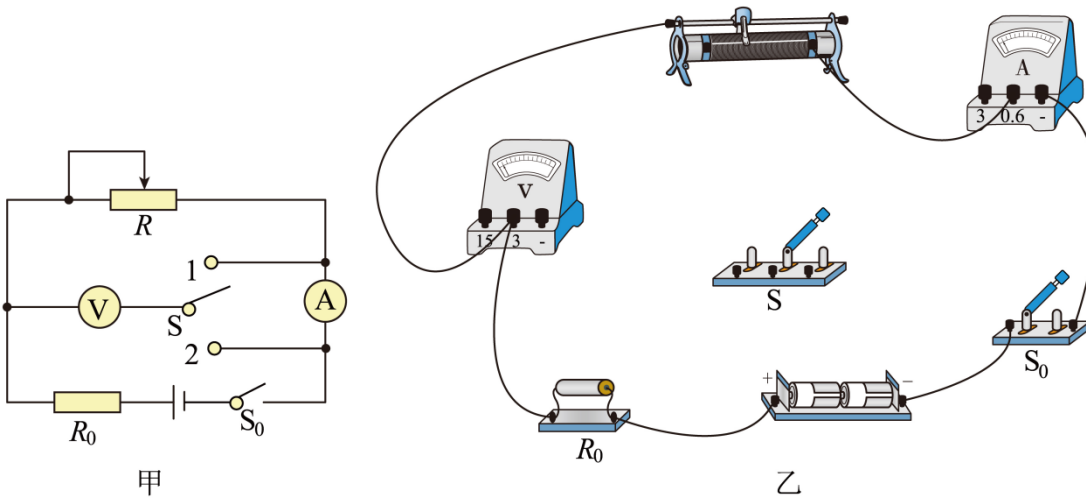
$$v_0 = \sqrt{\frac{g}{2k}}$$

(4) [4] $y-x^2$ 图线是一条直线，但常不经过原点，说明实验中测量的 y 值偏大或偏小一个定值，这是小球的水平射出点未与 O 点重合，位于坐标原点 O 上方或下方所造成的。

12. 在测量某电源电动势和内阻时，因为电压表和电流表的影响，不论使用何种接法，都会产生系统误差，

为了消除电表内阻造成的系统误差，某实验兴趣小组设计了如图甲实验电路进行测量。已知 $R_0 = 2\Omega$ 。

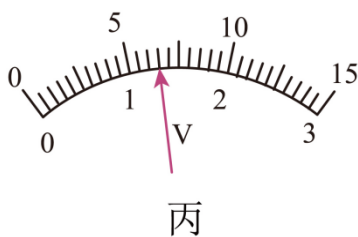
(1) 按照图甲所示的电路图，将图乙中的器材实物连线补充完整_____。



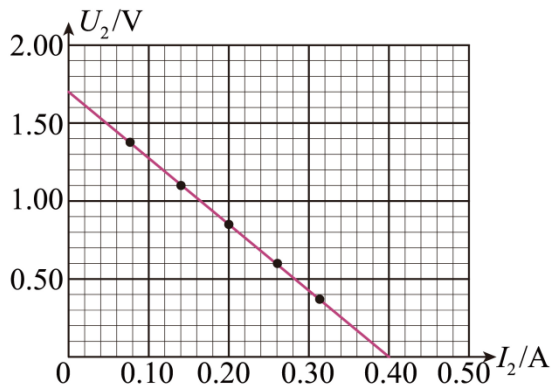
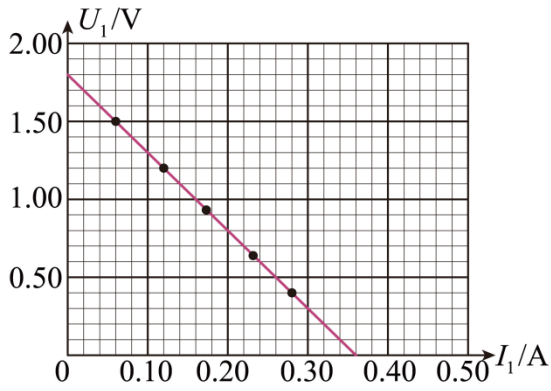
(2) 实验操作步骤如下：

- ①将滑动变阻器滑到最左端位置
- ②接法I: 单刀双掷开关 S 与 1 接通，闭合开关 S_0 ，调节滑动变阻器 R ，记录下若干组数据 $U_1 - I_1$ 的值，断开开关 S_0
- ③将滑动变阻器滑到最左端位置
- ④接法II: 单刀双掷开关 S 与 2 闭合，闭合开关 S_0 ，调节滑动变阻器 R ，记录下若干组数据 $U_2 - I_2$ 的值，断开开关 S_0
- ⑤分别作出两种情况所对应的 $U_1 - I_1$ 和 $U_2 - I_2$ 图像

(3) 单刀双掷开关接 1 时，某次读取电表数据时，电压表指针如图丙所示，此时 $U_1 =$ _____ V。



(4) 根据测得数据，作出 $U_1 - I_1$ 和 $U_2 - I_2$ 图像如图丁所示，根据图线求得电源电动势 $E =$ _____，内阻 $r =$ _____。(结果均保留两位小数)



丁

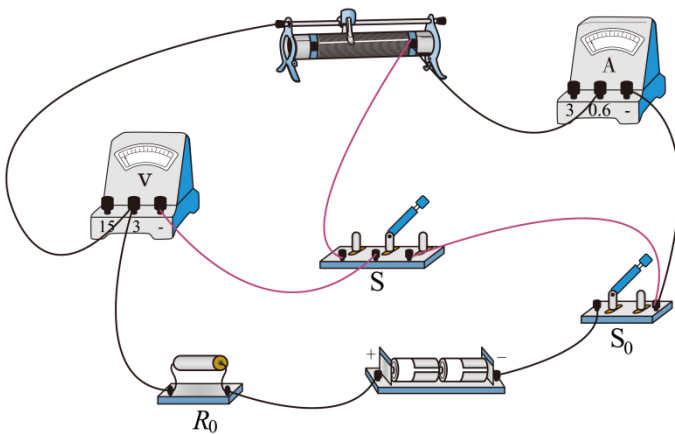
(5) 由图丁可知_____ (填“接法I”或“接法II”)测得的电源内阻更接近真实值。

(6) 综合考虑,若只能选择一种接法,应选择_____ (填“接法I”或“接法II”)测量更合适。

【答案】 ①. 见解析 ②. 1.30 ③. 1.80 ④. 2.50 ⑤. 接法II ⑥. 接法II

【解析】

【详解】(1) [1]根据图甲所示的电路图,实物连接如图所示



(3) [2]量程为3V的电压表分度值为0.1V,需要估读到分度值的下一位,由图丙可知电压表读数为

$$U_1 = 1.30\text{V}$$

(4) [3]当单刀双掷开关接1时,电流表示数为零时,电压表测量准确,故电动势为 $U_1 - I_1$ 的纵轴截距,则有

$$E = 1.80\text{V}$$

[4]当单刀双掷开关接2时,电压表示数为零时,电流表测量准确,由 $U_2 - I_2$ 图像可知此时电路电流为0.40A,根据闭合电路欧姆定律可知

$$I = \frac{E}{R_0 + r}$$

解得内阻为

$$r = \frac{E}{I} - R_0 = \frac{1.80}{0.40} \Omega - 2\Omega = 2.50\Omega$$

(5) [5]由图丁可知 $U_1 - I_1$ 图像的斜率为

$$k_1 = \frac{1.80 - 0}{0.36} \Omega = R_0 + r_1$$

解得

$$r_1 = 3.00\Omega$$

由图丁可知 $U_2 - I_2$ 图像的斜率为

$$k_2 = \frac{1.70 - 0}{0.40} \Omega = R_0 + r_2$$

解得

$$r_2 = 2.25\Omega$$

可得

$$\frac{r_1 - r}{r} = \frac{3.00 - 2.50}{2.50} = 0.2 > \frac{r - r_2}{r} = \frac{2.50 - 2.25}{2.50} = 0.1$$

故接法II测得的电源内阻更接近真实值。

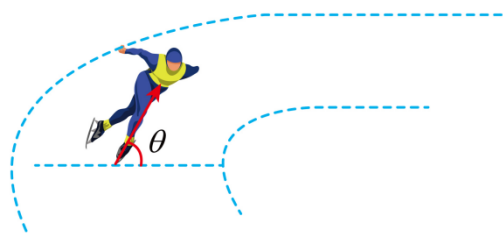
(6) [6]由电路图可知接法I的误差来源是电流表的分压，接法II的误差来源是电压表的分流，由于电源内阻较小，远小于电压表内阻，结合(5)问分析可知，若只能选择一种接法，应选择接法II更合适。

13. 清代乾隆的《冰嬉赋》用“蹻蹻”（可理解为低身斜体）二字揭示了滑冰的动作要领。500m 短道速滑世界纪录由我国运动员武大靖创造并保持。在其创造纪录的比赛中，

(1) 武大靖从静止出发，先沿直道加速滑行，前8m用时2s。该过程可视为匀加速直线运动，求此过程加速度大小；

(2) 武大靖途中某次过弯时的运动可视为半径为10m的匀速圆周运动，速度大小为14m/s。已知武大靖的质量为73kg，求此次过弯时所需的向心力大小；

(3) 武大靖通过侧身来调整身体与水平冰面的夹角，使场地对其作用力指向身体重心而实现平稳过弯，如图所示。求武大靖在(2)问中过弯时身体与水平面的夹角 θ 的大小。（不计空气阻力，重力加速度大小取 10m/s^2 ， $\tan 22^\circ = 0.40$ 、 $\tan 27^\circ = 0.51$ 、 $\tan 32^\circ = 0.62$ 、 $\tan 37^\circ = 0.75$ ）



【答案】(1) 4m/s^2 ；(2) 1430.8N ；(3) 27°

【解析】

【详解】(1) 设武大靖运动过程的加速度大小为 a ，根据

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

解得

$$a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2 \times 8}{2^2} \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$$

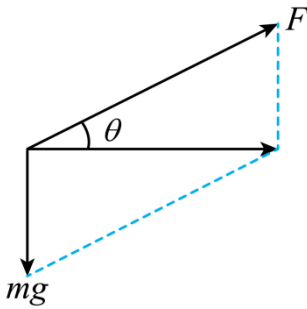
(2) 根据

$$F_{\text{向}} = m \frac{v^2}{r}$$

解得过弯时所需的向心力大小为

$$F_{\text{向}} = 73 \times \frac{14^2}{10} \text{ N} = 1430.8 \text{ N}$$

(3) 设场地对武大靖的作用力大小为 F ，受力如图所示



根据牛顿第二定律可得

$$F_{\text{向}} = \frac{mg}{\tan \theta}$$

解得

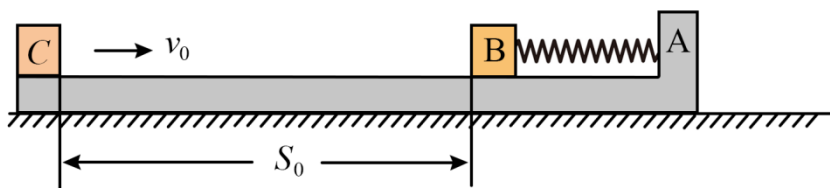
$$\tan \theta = \frac{mg}{F_{\text{向}}} = \frac{73 \times 10}{1430.8} \approx 0.51$$

可得

$$\theta = 27^\circ$$

14. 如图，L形滑板 A 静置在粗糙水平面上，滑板右端固定一劲度系数为 k 的轻质弹簧，弹簧左端与一小物块 B 相连，弹簧处于原长状态。一小物块 C 以初速度 v_0 从滑板最左端滑入，滑行 s_0 后与 B 发生完全非弹性碰撞（碰撞时间极短），然后一起向右运动；一段时间后，滑板 A 也开始运动。已知 A、B、C 的质量均为 m ，滑板与小物块、滑板与地面之间的动摩擦因数均为 μ ，重力加速度大小为 g ；最大静摩擦力近似等于滑动摩擦力，弹簧始终处于弹性限度内。求：

- (1) C 在碰撞前瞬间的速度大小；
 (2) C 与 B 碰撞过程中损失的机械能；
 (3) 从 C 与 B 相碰后到 A 开始运动的过程中，C 和 B 克服摩擦力所做的功。



【答案】 (1) $\sqrt{v_0^2 - 2\mu g s_0}$; (2) $\frac{1}{4}m(v_0^2 - 2\mu g s_0)$; (3) $\frac{2\mu^2 m^2 g^2}{k}$

【解析】

【详解】 (1) 小物块 C 运动至刚要与物块 B 相碰过程，根据动能定理可得

$$-\mu m g s_0 = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

解得 C 在碰撞前瞬间的速度大小为

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2\mu g s_0}$$

(2) 物块 B、C 碰撞过程，根据动量守恒可得

$$m v_1 = 2m v_2$$

解得物块 B 与物块 C 碰后一起运动的速度大小为

$$v_2 = \frac{1}{2} \sqrt{v_0^2 - 2\mu g s_0}$$

故 C 与 B 碰撞过程中损失的机械能为

$$\Delta E = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} \times 2m v_2^2 = \frac{1}{4} m (v_0^2 - 2\mu g s_0)$$

(3) 滑板 A 刚要滑动时，对滑板 A，由受力平衡可得

$$k \Delta x + 2\mu m g = 3\mu m g$$

解得弹簧的压缩量，即滑板 A 开始运动前物块 B 和物块 C 一起运动的位移大小为

$$\Delta x = \frac{\mu m g}{k}$$

从 C 与 B 相碰后到 A 开始运动的过程中，C 和 B 克服摩擦力所做的功为

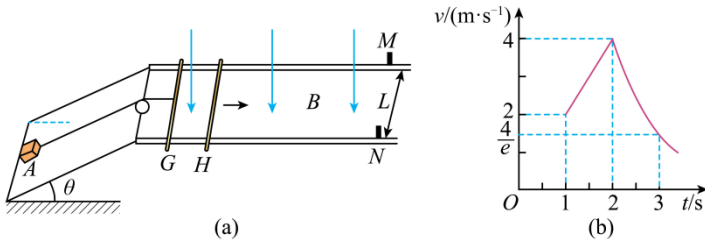
$$W = 2\mu m g \cdot \Delta x = \frac{2\mu^2 m^2 g^2}{k}$$

15. 如图 (a)，一倾角为 θ 的绝缘光滑斜面固定在水平地面上，其顶端与两根相距为 L 的水平光滑平行金属

导轨相连；导轨处于一竖直向下的匀强磁场中，其末端装有挡板 M 、 N 。两根平行金属棒 G 、 H 垂直导轨放置， G 的中心用一不可伸长绝缘细绳通过轻质定滑轮与斜面底端的物块 A 相连；初始时刻绳子处于拉紧状态并与 G 垂直，滑轮左侧细绳与斜面平行，右侧与水平面平行。从 $t = 0\text{s}$ 开始， H 在水平向右拉力作用下向右运动； $t = 2\text{s}$ 时， H 与挡板 M 、 N 相碰后立即被锁定。 G 在 $t = 1\text{s}$ 后的速度一时间图线如图 (b) 所示，其中 $1 \sim 2\text{s}$ 段为直线。已知：磁感应强度大小 $B = 1\text{T}$ ， $L = 0.2\text{m}$ ， G 、 H 和 A 的质量均为 0.2kg ， G 、 H 的电阻均为 0.1Ω ；导轨电阻、细绳与滑轮的摩擦力均忽略不计； H 与挡板碰撞时间极短；整个运动过程 A 未与滑轮相碰，两金属棒始终与导轨垂直且接触良好： $\sin \theta = 0.25$ ， $\cos \theta = 0.97$ ，重力加速度大小取

10m/s^2 ，图 (b) 中 e 为自然常数， $\frac{4}{e} = 1.47$ 。求：

- (1) 在 $1 \sim 2\text{s}$ 时间段内，棒 G 的加速度大小和细绳对 A 的拉力大小；
- (2) $t = 1.5\text{s}$ 时，棒 H 上拉力的瞬时功率；
- (3) 在 $2 \sim 3\text{s}$ 时间段内，棒 G 滑行的距离。



【答案】 (1) 2m/s^2 ； 0.9N ；(2) 16.15W ；(3) 2.53m

【解析】

【详解】 (1) 由 $v-t$ 图像可得在 $1: 2\text{s}$ 内，棒 G 做匀加速运动，其加速度为

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

依题意物块 A 的加速度也为 $a = 2\text{m/s}^2$ ，由牛顿第二定律可得

$$T - m_A g \sin \theta = m_A a$$

解得细绳受到拉力

$$T = 0.9\text{N}$$

(2) 由法拉第电磁感应定律与闭合电路欧姆定律推导出“双棒”回路中的电流为

$$I = \frac{BL(v_H - v_G)}{R_H + R_G}$$

由牛顿运动定律和安培力公式有

$$BIL - T = m_G a$$

由于在1: 2s内棒 G 做匀加速运动, 回路中电流恒定为 $I = 6.5\text{A}$, 两棒速度差为

$$v_H - v_G = 6.5\text{m/s}$$

保持不变, 这说明两棒加速度相同且均为 a ;

对棒 H 由牛顿第二定律可求得其受到水平向右拉力

$$F = m_H a + BIL = 1.7\text{N}$$

由 $v-t$ 图像可知 $t = 1.5\text{s}$ 时, 棒 G 的速度为

$$v_G = 3\text{m/s}$$

此刻棒 H 的速度为

$$v_H = 9.5\text{m/s}$$

其水平向右拉力的功率

$$P_F = Fv_H = 16.15\text{W}.$$

(3) 棒 H 停止后, 回路中电流发生突变, 棒 G 受到安培力大小和方向都发生变化, 棒 G 是否还拉着物块 A 一起做减速运动需要通过计算判断, 假设绳子立刻松弛无拉力, 经过计算棒 G 加速度为

$$a' = \frac{B^2 L^2 v_G'}{2Rm_G} = \frac{1^2 \times 0.2^2 \times 4}{2 \times 0.1 \times 0.2} \text{m/s}^2 = 4\text{m/s}^2$$

物块 A 加速度为

$$a'' = g \sin \theta = 2.5\text{m/s}^2$$

说明棒 H 停止后绳子松弛, 物块 A 做加速度大小为 2.5m/s^2 的匀减速运动, 棒 G 做加速度越来越小的减速运动; 由动量定理、法拉第电磁感应定律和闭合电路欧姆定律可以求得, 在2: 3s内

$$\begin{aligned} \overline{BIL}\Delta t &= m_G (v_{G2} - v_{G3}) \\ \overline{I}\Delta t &= \frac{BL\overline{v}}{R_H + R_G} \Delta t = \frac{BLS_G}{R_H + R_G} \end{aligned}$$

棒 G 滑行的距离

$$s_G = \frac{m_G (v_{G2} - v_{G3}) (R_H + R_G)}{B^2 L^2} = \left(4 - \frac{4}{e}\right) \text{m} = 2.53\text{m}$$

这段时间内物块 A 速度始终大于棒 G 滑行速度, 绳子始终松弛。

