



物理篇

题型 1

数据处理

考向 1 ▶ 计算类问题

角度 1 直线运动计算类

1. 1. 4(2 分) 5. 0(2 分)

【解析】由图乙可知 $x_{01} = 2.50 \text{ cm}$ 、 $x_{12} = 2.70 \text{ cm}$ 、 $x_{23} =$

2.90 cm 、 $x_{34} = 3.10 \text{ cm}$ ， $T = \frac{1}{f} = 0.02 \text{ s}$ ，根据匀变速直线运动

中，某段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度，有

$$v_2 = \frac{x_{12} + x_{23}}{2T} = \frac{(2.70 + 2.90) \times 10^{-2} \text{ m}}{2 \times 0.02 \text{ s}} = 1.4 \text{ m/s}；\text{用逐差法计算}$$

加速度，则 $a = \frac{(x_{34} + x_{23}) - (x_{12} + x_{01})}{(2T)^2}$ ，解得 $a = 5.0 \text{ m/s}^2$ 。

2. (1) 0.27(2 分) (2) 30(2 分)

【解析】(1) 滑块通过第二个光电门的速度大小为 $v_2 = \frac{d}{\Delta t_2} =$

$$\frac{3.0 \times 10^{-2}}{0.11} \text{ m/s} \approx 0.27 \text{ m/s}。$$

(2) 由于第一次从发出至接到超声波信号用了 0.3 s ，测速仪第一次发出的超声波到达汽车处所用的时间为 $t_1 =$

$$\frac{0.3}{2} \text{ s} = 0.15 \text{ s}，\text{测速仪第一次发出的信号到达汽车处时，汽}$$

车距测速仪 $x_1 = v_{\text{声}} t_1 = 340 \times 0.15 \text{ m} = 51 \text{ m}$ ，由于第二次从发出至接收到超声波信号用了 0.6 s ，测速仪第二次发出超

声波到达汽车处所用的时间为 $t_2 = \frac{0.6}{2} \text{ s} = 0.3 \text{ s}$ ，第二次发

出的信号到达汽车处时，汽车距测速仪 $x_2 = v_{\text{声}} t_2 = 340 \times 0.3 \text{ m} = 102 \text{ m}$ ，因此汽车在两次接收到信号的过程中，行驶

了 $x = x_2 - x_1 = 102 \text{ m} - 51 \text{ m} = 51 \text{ m}$ ，共用了 $t = \Delta t + t_2 - t_1 = 1.55 \text{ s} + 0.3 \text{ s} - 0.15 \text{ s} = 1.7 \text{ s}$ ，所以汽车的车速为 $v = \frac{x}{t} =$

$$\frac{51}{1.7} \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}。$$

3. (1) 从右向左(2 分) (2) 0.19(2 分) 0.037(2 分)

【解析】(1) 根据题意可知，用手轻推一下小车，小车将做减速直线运动，可知相邻水滴间距离越来越小，则小车在桌面上的运动方向是从右向左。

(2) 根据题意可知, 相邻水滴间的时间间隔为 $T = \frac{30}{46-1} \text{ s} =$

$\frac{2}{3} \text{ s}$, 则滴下题图(b)中A点处的水滴时, 小车的速度大小

为 $v = \frac{117.0 + 133.0}{2T} \times 10^{-3} \text{ m/s} \approx 0.19 \text{ m/s}$; 由逐差法可得小

车的加速度大小为 $a = \frac{133.0 + 150.0 - 100.0 - 117.0}{(2T)^2} \times$

$10^{-3} \text{ m/s}^2 \approx 0.037 \text{ m/s}^2$ 。

角度2 抛体运动计算类

1. (1) AC (2分) (2) $x\sqrt{\frac{g}{y_2-2y_1}}$ (2分)

【解析】(1) 为了保证小球抛出时的速度沿水平方向, 斜槽末端切线必须水平, 故A正确; 小球每次必须从斜槽上同一高度由静止释放, 但斜槽不需要光滑, 故B错误; 选密度大、体积小的球, 有利于减小阻力的影响, 故C正确。

(2) 小球从斜槽上某处由静止释放, 抛出后撞击挡板留下痕迹A, 将挡板向后依次平移距离x, 小球撞击挡板时分别留下痕迹B、C, 可知A、B间的运动时间和B、C间的运动时间相同, 根据逐差公式可得 $(y_2 - y_1) - y_1 = gT^2$, 水平方向小

球做匀速直线运动, 有 $v_0 T = x$, 联立可得 $v_0 = x\sqrt{\frac{g}{y_2-2y_1}}$ 。

2. 0.1 (2分) 1.5 (2分) $\frac{3\sqrt{5}}{2}$ (2分)

【解析】竖直方向上有 $\Delta y = 5L - 3L = gT^2$, 解得 $T = \sqrt{\frac{2L}{g}} =$

$\sqrt{\frac{2 \times 0.05}{10}} \text{ s} = 0.1 \text{ s}$; 水平方向有 $3L = v_0 T$, 解得小球做平抛

运动的初速度大小 $v_0 = \frac{3 \times 0.05}{0.1} \text{ m/s} = 1.5 \text{ m/s}$; 小球运动到

B点的竖直分速度大小 $v_{By} = \frac{y_{AC}}{2T} = \frac{8 \times 0.05}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$, 小球

运动到C点的竖直分速度大小 $v_{Cy} = v_{By} + gT = 2 \text{ m/s} + 10 \times 0.1 \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$, 则小球运动到C点的速度大小 $v_c =$

$\sqrt{v_0^2 + v_{Cy}^2} = \sqrt{1.5^2 + 3^2} \text{ m/s} = \frac{3\sqrt{5}}{2} \text{ m/s}$ 。

3. (1) BC (2分) (2) 2.0 (2分) (3) 大于 (2分)

【解析】(1) 为了保证每次钢球抛出的速度相同, 每次从斜槽上相同位置无初速度释放钢球, 但斜槽轨道不需要光滑, 故A错误, C正确; 为了保证钢球抛出时的速度沿水平方向, 斜槽轨道末端需要调节水平, 故B正确; 挡板只需要记录下钢球在不同高度时的不同位置, 故图甲中挡板MN每次不需要等间距下移, 故D错误。

(2) 钢球做平抛运动, 在竖直方向有 $\Delta y = y_2 - y_1 = gT_1^2$, 代入数据解得 $T_1 = 0.2 \text{ s}$, 在水平方向有 $x_0 = v_0 T_1$, 代入数据解得

$$v_0 = 2.0 \text{ m/s}.$$

(3) 若 A 点不是抛出点, 则有 $y_1 = v_{Ay}T + \frac{1}{2}gT^2$, $y_1 + y_2 = v_{Ay} \cdot 2T + \frac{1}{2}g \times (2T)^2$, 联立可得 $y_2 = v_{Ay}T + \frac{3}{2}gT^2$, 则有 $\frac{y_1}{y_2} = \frac{v_{Ay}T + \frac{1}{2}gT^2}{v_{Ay}T + \frac{3}{2}gT^2} = \frac{v_{Ay}T + \frac{1}{2}gT^2}{3v_{Ay}T + \frac{3}{2}gT^2} = \frac{1}{3}$.

角度 3 验证动量守恒定律

1. (1) $m_1 \sqrt{x_{OP}} = m_1 \sqrt{x_{OM}} + m_2 \sqrt{x_{ON}}$ (2 分) (2) C (2 分)

思路导引

本题利用平抛运动验证动量守恒定律, 竖直方向做自由落体运动, 有 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 水平方向做匀速直线运动, 有 $d = v_0t$, 解得平抛运动初速度 $v_0 = d\sqrt{\frac{g}{2h}}$, 再根据动量守恒和机械能守恒列式。

【解析】(1) 小球均做平抛运动, 水平方向有 $x \cos \theta = vt$ (x 为斜面落点到 O 点的距离, θ 为斜面倾角), 竖直方向有

$$x \sin \theta = \frac{1}{2}gt^2, \text{ 可得小球平抛的初速度 } v = \sqrt{\frac{g x \cos^2 \theta}{2 \sin \theta}}, \text{ 动量}$$

$$\text{守恒表达式为 } m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2, \text{ 代入解得 } m_1 \sqrt{x_{OP}} = m_1 \sqrt{x_{OM}} + m_2 \sqrt{x_{ON}}.$$

(2) 弹性碰撞同时满足系统动量守恒和机械能守恒, 根据

$$(1) \text{ 中分析, 动量守恒有 } m_1 \sqrt{x_{OP}} = m_1 \sqrt{x'_{OM}} + m'_2 \sqrt{x'_{ON}}, \text{ 机械能守恒有 } m_1 x_{OP} = m_1 x'_{OM} + m'_2 x'_{ON}, \text{ 联立解得 } \sqrt{x'_{ON}} = \sqrt{x'_{OM}} + \sqrt{x_{OP}}, \text{ 故 C 正确。}$$

2. (2) = (2 分) (4) $\frac{d}{t_1}$ (2 分) (6) $\frac{a}{k}$ (2 分)

思路导引

细线烧断前后, 滑块 1、2 和配重块组成的系统动量守恒, 即 $(m_1 + m)v_1 = m_2 v_2$, 其中速度由光电门测得, 即 $v = \frac{d}{t}$, 整理得 $\frac{t_1}{t_2} = \frac{m_1 + m}{m_2} = \frac{1}{m_2}m + \frac{m_1}{m_2}$, 由纵截距和斜率即可解得 m_1 。

【解析】(2) 气垫导轨调平后, 滑块在导轨上做匀速直线运动, 通过两个光电门的速度相等。由于遮光板宽度 d 相同, 根据 $v = \frac{d}{\Delta t}$, 可知通过光电门的时间相等, 即 $\Delta t_1 = \Delta t_2$ 。

(4) 极短时间内的平均速度等于瞬时速度, 滑块 1 经过光电门时的速度大小 $v_1 = \frac{d}{t_1}$ 。

(6) 烧断细线前后, 系统动量守恒。取向左为正方向, 有 $(m_1 + m)v_1 = m_2 v_2$, 代入 $v_1 = \frac{d}{t_1}$, $v_2 = \frac{d}{t_2}$, 得 $(m_1 + m) \frac{d}{t_1} =$

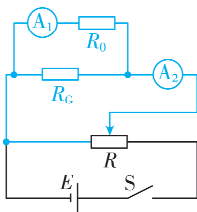
$m_2 \frac{d}{t_2}$, 整理得 $\frac{t_1}{t_2} = \frac{m_1+m}{m_2} = \frac{1}{m_2}m + \frac{m_1}{m_2}$, 则斜率 $k = \frac{1}{m_2}$, 纵截距

$a = \frac{m_1}{m_2}$, 解得 $m_1 = \frac{a}{k}$ 。

角度 4 电路参量与仪表改装

1. (1) 见解析 (2 分) (2) 0.66 (2 分) (3) $\frac{I_1(r_1+R_0)}{I_2-I_1}$ (2 分)

【解析】(1) 根据实验要求画出测量光敏电阻阻值的实验电路图如图。



(2) 根据题图乙可知电流表 A_1 读数为 0.66 mA。

(3) 待测光敏电阻的阻值表达式为 $R_C = \frac{U_C}{I_C} = \frac{I_1(r_1+R_0)}{I_2-I_1}$ 。

2. (1) $n-1$ (2 分) (2) $12I_g$ (2 分) 不均匀 (2 分)
(3) $2R_g$ (2 分)

思路导引 电表改装问题明确不变的是满偏电流和电表内阻, 无论是改装成电流表、电压表还是电阻表, 流过电流计的最大电流和电流计两端的最大电压都不变; 改装电压表, 则改装后的量程是满偏电压+串联电阻的电压; 改装电流表, 则改装后的量程是满偏电流+并联电阻的电流。

【解析】(1) 电流计 G 满偏电压为 $U_g = I_g R_g$, 改装后电压表量程为 $U = nU_g = I_g(R_g + R_1)$, 联立两式得 $nR_g = R_g + R_1$, 解得 $\frac{R_1}{R_g} = n-1$ 。

(2) 电流表改装的核心是给电流计并联分流电阻, 量程越大, 电阻越小, 要使量程最大, 需要让分流电阻阻值最小, 此时 R_3 完全和 G 串联, 有 $I_g(R_g + R_3) = (I_{\max} - I_g)R_2$, 解得 $I_{\max} = 12I_g$; 设滑动变阻器接入 R_2 所在支路的阻值为 r , 则接入 G 所在支路的阻值为 $R_3 - r$, 根据并联电路两端电压相等有 $I_g(R_g + R_3 - r) = (I - I_g)(R_2 + r)$, 整理得 $I = \frac{12I_g R_g}{R_g + 10r}$, I 与 r 不是线性关系, 所以在滑动变阻器上标记量程的刻度不均匀分布。

(3) 电阻表工作原理是闭合电路欧姆定律 $I = \frac{E}{R_{\text{内}} + R_{\text{外}}}$, 当 $R_{\text{外}} = 0$ 时, $I_1 = I_g = \frac{E}{R_{\text{内}}}$, 题中测量 $R_{\text{外}} = R_g$ 时, 电流为 $I_2 = \frac{2}{3}I_g = \frac{E}{R_{\text{内}} + R_g}$, 联立得到 $\frac{2}{3} = \frac{R_{\text{内}}}{R_{\text{内}} + R_g}$, 解得 $R_{\text{内}} = 2R_g$ 。

3. (1) 左(2分) (2) B(2分) (3) 5.5×10^3 (2分)

$$(4) \left(\frac{1}{2} - \frac{80 \Omega}{R_x + 80 \Omega} \right) E \text{ (2分)}$$

【解析】(1) 闭合开关前, 题图 1 中滑动变阻器的滑片应置于最左端, 使测量电路两端电压从 0 开始, 起到保护电路的作用。

(2) 热敏电阻的温度变化是实验本身的影响, 分压式接法无法消除这种系统误差, 故 A 错误; 分压式接法的核心优势是电压可从 0 开始连续调节, 这样能尽可能多地获取伏安特性曲线的数据点, 全面研究其非线性特性, 故 B 正确; 分压式接法的主要目的不是保护电路, 限流式接法也能起到保护作用, 故 C 错误。

(3) 根据 $U = a_{\text{测}} I^2 + bI$, 将 $U = 2.4 \text{ V}$ 、 $I = 0.020 \text{ A}$ 、 $b = 10 \Omega$ 代入, 解得 a 的测量值 $a_{\text{测}} = 5.5 \times 10^3 \Omega \cdot \text{A}^{-1}$ 。

$$(4) \text{ 分析可知 } U = U_{R1} - U_{R3} = \frac{E}{2} - \frac{R_3}{R_3 + R_x} E = \left(\frac{1}{2} - \frac{80 \Omega}{R_x + 80 \Omega} \right) E。$$

4. (2) $50 + 0.1v^2 (\Omega)$ (2分) (3) 100 (2分) B (2分)
10 (2分) (4) 负 (2分)

【解析】(2) 由图 2 可知 $R_x = 50 + 200m (\Omega)$, $F = mg$, 故 $R_x = 50 + 20F (\Omega)$, 又 $F = kv^2$, 故 $R_x = 50 + 0.1v^2 (\Omega)$ 。

(3) 根据电桥平衡, 当电压表示数为 0 时, $\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_x}{R_2}$, 当风速为 0 时, $R_x = 50 \Omega$, 解得 $R_2 = 100 \Omega$; 力敏电阻受力时阻值增大, 图 3 中 B 点电势升高, 故应将电压表的“+”接线柱与 B 点相连; 设

电源负极电势为 0, 则 A 点电势为 $\frac{E}{R_3 + R_4} R_3 = 1 \text{ V}$, 当电压表示

数为 0.125 V 时, B 点电势为 1.125 V, 即 $\frac{R_x}{R_2} = \frac{1.125}{3 - 1.125}$, 解得

$R_x = 60 \Omega$, 代入 $R_x = 50 + 0.1v^2 (\Omega)$, 解得 $v = 10 \text{ m/s}$ 。

(4) 当温度升高时, 力敏电阻阻值变大, 为减小因温度变化产生的测量误差, 应减小力敏电阻一侧的阻值, 故应串接一阻值合适的负温度系数的热敏电阻。

考向 2 ▸ 图像类问题

角度 1 探究弹簧弹力与形变量的关系

1. 20(2 分) 10(2 分)

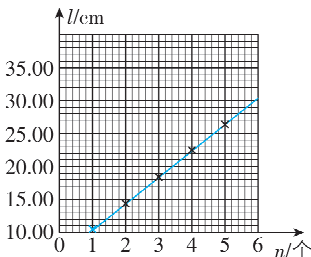
【解析】根据图(a)可知弹簧的弹力大小等于钩码的重力大小, 所以有 $k = \frac{\Delta m \cdot g}{\Delta x}$, 代入图像中的数据得 $k =$

$$\frac{5 \times 10^2 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2}{25 \times 10^{-2} \text{ m}} = 20 \text{ N/m}; \text{ 根据 } mg = k(0.15 \text{ m} + x - l_0), \text{ 将图(b)上的一点代入可解得 } l_0 = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm}.$$

2. (1) 10.60(2 分) (2) 见解析(2 分) (3) 12.3(2 分)

【解析】(1) 刻度尺的一小格为 1 mm, 所以 $l_1 = 10.60 \text{ cm}$ 。

(2) 根据表中的实验数据在图丙上补齐数据点并作出 $l-n$ 图像, 如图所示。



(3) 根据胡克定律可得 $k(l-l_0) = nmg$, 变形可得 $l = \frac{mg}{k}n + l_0$, 结合图线可得 $\frac{mg}{k} = \frac{(26.60 - 10.60) \times 10^{-2}}{4} \text{ m} = 0.04 \text{ m}$, 所以 $k = \frac{50 \times 10^{-3} \times 9.8}{0.04} \text{ N/m} \approx 12.3 \text{ N/m}$ 。

3. (1) 需要(2 分) (2) 16.00(2 分) (3) 50(2 分) (4) 增加钩码数量太多, 弹力超出了弹簧的弹性限度(2 分)

【解析】(1) 弹簧是竖直的, 刻度尺必须与弹簧平行, 故刻度尺要保持竖直状态。

(2) 刻度尺分度值为 1 mm, 读数为 16.00 cm。

(3) 根据图(c)可知劲度系数为 $k = \frac{\Delta F}{\Delta L} = \frac{8}{(20-4) \times 0.01} \text{ N/m} = 50 \text{ N/m}$ 。

(4) 图线的 AB 段明显偏离直线 OA, 造成这种现象的主要原因是增加钩码数量太多, 弹力超出了弹簧的弹性限度。

角度 2 探究加速度与物体受力、物体质量的关系

1. (1) AB(2 分) (2) 0.4(2 分) 正比(2 分)

【解析】(1) 将手机与小车固定, 调节长木板倾角, 直至轻推小车后手机显示的加速度大小为 0, 此时小车做匀速直线运动, 说明重力沿斜面向下的分力与阻力大小相等, 即完成了平衡阻力, 故 A 正确; 实验时, 为保证细绳的拉力方向与小车的运动方向一致, 需要使细绳与长木板保持平行, 再挂上钩码, 记录钩码个数 n 与加速度大小 a , 故 B 正确; 小车

与手机总的重力沿斜面向下的分力已经平衡了阻力,细绳的拉力方向与长木板平行,不会影响到小车与手机运动时所受阻力,可知平衡阻力的条件与钩码质量无关,因此每次改变钩码数量后,不需要重新平衡阻力,故 C 错误;本实验用钩码的重力代替小车受到的合力,设钩码总质量为 m ,根据牛顿第二定律对整体和小车(含手机)分别有 $mg = (M + m)a$, $F = Ma$,联立解得 $F = \frac{mg}{1 + \frac{m}{M}}$,可知只有当钩码总质量远

小于小车和手机的质量之和时,即 $m \ll M$ 时,才能近似认为小车受到的合力大小等于钩码的重力大小,因此本实验需要满足 $m \ll M$,故 D 错误。

(2) 设每个钩码的质量为 m_0 ,小车和手机的总质量为 M ,根据牛顿第二定律有 $nm_0g = Ma$,推导得 $a = \frac{m_0g}{M}n$,可知 $a-n$ 图像的斜率为 $k = \frac{m_0g}{M}$,由图乙可得斜率的值为 $k = \frac{1.6}{13}$,联立代入数据解得 $M \approx 0.4 \text{ kg}$;由图乙可知, $a-n$ 图像是一条过原点的倾斜直线,由于钩码个数 n 与合外力 F 成正比,由此可以得出结论:当物体质量一定时,物体的加速度 a 与合外力 F 成正比。

2. (1) C(2分) (2) 0.65(2分) 0.45(2分) (3) $\frac{M+m}{M}$ (2分)

【解析】(1) 小车质量应远大于槽码质量,才可认为槽码的重力大小近似等于小车所受拉力大小,故 A 错误;应先打开打点计时器电源,待打点稳定后释放小车,故 B 错误;平衡阻力时要通过观察纸带上的点迹判断小车是否做匀速直线运动,需要将纸带与打点计时器间的阻力一起平衡掉,故不能移去打点计时器和纸带,故 C 正确;与小车连接的细线应与长木板保持平行,故 D 错误。

(2) 相邻两个计数点间的时间间隔为 $T = 5 \times 0.02 \text{ s} = 0.1 \text{ s}$,纸带上打计数点 3 时的小车速度大小 $v_3 = \frac{x_{14} - x_{12}}{2T} = \frac{18.81 - 5.83}{2 \times 0.1} \times 10^{-2} \text{ m/s} \approx 0.65 \text{ m/s}$;根据逐差法,小车运动的加速度大小 $a = \frac{x_{35} - x_{13}}{4T^2} = \frac{(25.98 - 12.09 - 12.09) \times 10^{-2}}{4 \times 0.1^2} \text{ m/s}^2 = 0.45 \text{ m/s}^2$ 。

(3) a_1 为细线对小车的拉力大小等于槽码重力大小情况下的加速度, a_2 为小车实际的加速度,根据牛顿第二定律有 $a_1 = \frac{m}{M}g$, $a_2 = \frac{mg}{M+m}$,则 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{M+m}{M}$ 。

角度 3 验证机械能守恒定律

1. (1) AB(2分) (2) $mgh = \frac{1}{2}(2M+m)v^2$ (2分) (3) $\frac{1}{b}$ (2分)

【解析】(1) 安装打点计时器时要竖直架稳,使其两限位孔

的中心在同一竖直线上,故 A 正确;为了能在长度有限的纸带上尽可能多获取间距适当的数据点,接通电源前让重物 A 尽量靠近打点计时器,故 B 正确;本实验研究对象不是做自由落体运动,无需选取最初第 1、2 两点间距离接近 2 mm 的纸带,故 C 错误。

(2) 重物 A 由静止上升高度 h 的过程中,系统动能增加量为 $\Delta E_k = \frac{1}{2}(2M+m)v^2$,系统重力势能减少量为 $\Delta E_p = mgh$,若系统机械能守恒,则有 $\Delta E_p = \Delta E_k$,联立可得 $mgh = \frac{1}{2}(2M+m)v^2$ 。

(3) 对 B 和 C,根据牛顿第二定律有 $Mg+mg-F=(m+M)a$,对 A,根据牛顿第二定律有 $F-Mg=Ma$,联立整理得 $\frac{1}{a} = \frac{2M}{g} \times \frac{1}{m} + \frac{1}{g}$,可知 $\frac{1}{a} - \frac{1}{m}$ 图像纵轴截距为 $b = \frac{1}{g}$,解得 $g = \frac{1}{b}$ 。

2. (1) 7.50 (2 分) (3) C (2 分) (4) 遮光片的速度大于小球的速度 (2 分)

思路导引

(3) 取小球为研究对象,小球从初始位置到平衡位置,重力势能减小,动能增加,速度根据遮光片的宽度与遮光时间计算,列出机械能守恒方程,移项得到 $\cos \theta$ 与时间的关系。

【解析】(1) 由图乙可知,小球的直径 $D = 7 \text{ mm} + 10 \times 0.05 \text{ mm} = 7.50 \text{ mm}$ 。

(3) 根据题意,小球经过最低点的速度大小为 $v = \frac{d}{t}$,若系统机械能守恒,则有 $mg\left(L + \frac{D}{2}\right)(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t}\right)^2$,整理可得 $\cos \theta = 1 - \frac{d^2}{2g\left(L + \frac{D}{2}\right)} \cdot \frac{1}{t^2}$,C 正确。

(4) 根据题意可知,实验过程用遮光片通过最低点时的速度代替小球通过最低点时的速度,由于遮光片运动的半径大于小球运动的半径,则遮光片的速度大于小球的速度,若重力势能减少量总是小于动能增加量,则可能的原因是遮光片的速度大于小球的速度。

3. (1) $\frac{k}{d^2 k_0}$ (2 分) $\frac{bd^2}{2}$ (2 分) (2) $\frac{b}{k_0}$ (2 分)

【解析】(1) 遮光条通过光电门的时间为 t ,遮光条的宽度为 d ,遮光条经过光电门时小物块的速度大小为 $v = \frac{d}{t}$,小物块下降距离为 h ,若小物块和弹簧整体的机械能守恒,则 $mgh = \frac{1}{2}kh^2 + \frac{1}{2}mv^2$,又知 $v = \frac{d}{t}$,联立解得 $\frac{1}{ht^2} = \frac{-k}{md^2}h + \frac{2g}{d^2}$,已知图像的斜率的绝对值为 k_0 ,纵截距为 b ,故 $\frac{k}{md^2} =$

$$k_0, \frac{2g}{d^2} = b, \text{解得 } m = \frac{k}{d^2 k_0}, g = \frac{bd^2}{2}。$$

(2) 小物块下降 h_1 , 由小物块和弹簧整体的机械能守恒有

$$mgh_1 = \frac{1}{2}kh_1^2 + \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t}\right)^2, \text{小物块下降 } h_2, \text{由小物块和弹簧}$$

整体的机械能守恒有 $mgh_2 = \frac{1}{2}kh_2^2 + \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t}\right)^2$, 联立解得

$$mg(h_1 - h_2) = \frac{1}{2}k(h_1 + h_2)(h_1 - h_2), \text{所以 } (h_1 + h_2) =$$

$$\frac{2mg}{k} = \frac{b}{k_0}。$$

4. (1) 0.8 (2分) (2) 0.154 (2分) 0.157 (2分)

$$(3) \frac{\pi g}{kd} - \frac{1}{2} (2分)$$

【解析】(1) 由题意可知激光在细钢柱上留下痕迹的周期

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 0.05 \text{ s}, \text{则激光束照射到 } D \text{ 点时, 细钢柱速度大小}$$

$$v_D = \frac{x_{CE}}{2T} = \frac{12.50 - 4.50}{2 \times 0.05} \times 10^{-2} \text{ m/s} = 0.8 \text{ m/s}。$$

$$(2) \text{系统动能的增加量为 } \Delta E_k = \frac{1}{2}(2m + M)v_D^2 - 0 \text{ J} =$$

$$0.1536 \text{ J} \approx 0.154 \text{ J}, \text{系统重力势能的减少量 } \Delta E_p = Mgh_{OD} =$$

$$0.2 \times 9.8 \times 8.00 \times 10^{-2} \text{ J} \approx 0.157 \text{ J}。$$

(3) 从初始时激光笔对准 K 上的点开始选取连续的 n

段, 设对应的运动时间为 t , 该段时间内激光笔转过 n

圈, $\omega - t$ 图像与横轴所围成面积表示转动的角度, 即 $2n\pi =$

$$\frac{1}{2}kt^2, \text{根据运动学公式有 } nd = \frac{v}{2}t, \text{根据机械能守恒定律有}$$

$$Mg \times nd = \frac{1}{2}(M + 2m)v^2, \text{联立解得 } \frac{m}{M} = \frac{\pi g}{kd} - \frac{1}{2}。$$

角度4 测量重力加速度

1. (1) 12.7 (2分) (2) A (2分) (3) $\frac{(2M+m)kd^2}{2m}$ (2分)

思路导引

实验方法设计巧妙, 左右两侧物块质量相等, 释放物块后, 物块做匀加速直线运动, 环形砝码被架在挡板上后, 物块做匀速直线运动, 此时利用光电门测量速度的误差较小。实验原理: 系统所受合力 $F = mg$, 结合系统的牛顿第二定律 $F = (2M + m)a$ 解得加速度, 再代入匀加速直线运动公式 $2ah = v^2$, 即可测得重力加速度值。

【解析】(1) 用游标卡尺测左侧物块的厚度, 其读数为 $d =$

$$12 \text{ mm} + 7 \times 0.1 \text{ mm} = 12.7 \text{ mm}。$$

(2) 在一定范围内, 物块和环形砝码的截面积越小, 空气阻力

越小, 实验误差越小, 故 A 正确; 分析可知系统的合力就是

环形砝码的重力, 要使物块经过光电门的速度更快, 可增加

环形砝码的重力, 给右侧物块一个竖直向上的初速度, 会

对实验结果产生影响,故 B 错误;由于系统的合力就是环形砝码的重力,故实验中所加环形砝码的质量不需要远小于物块质量,故 C 错误;挡板作用为阻止环形砝码下落,挡板弹性好坏对实验结果无影响,故 D 错误。

(3) 把两物块和环形砝码作为一个系统,设系统加速度大小为 a ,则由牛顿第二定律得 $mg = (2M+m)a$,物块经过光电门时速度大小 $v = \frac{d}{t}$,由匀加速直线运动速度—位移公

式有 $v^2 = 2ah$,联立以上得 $\frac{1}{t^2} = \frac{2mg}{d^2(2M+m)}h$,故 $\frac{1}{t^2}-h$ 图像斜率为 $k = \frac{2mg}{d^2(2M+m)}$,整理得 $g = \frac{(2M+m)kd^2}{2m}$ 。

2. (1) 7.884 (7.883~7.885 均可) (2 分) (2) 平行 (2 分)

(3) $\frac{d^2}{2k}$ (2 分) (4) 见解析 (2 分)

思路导引

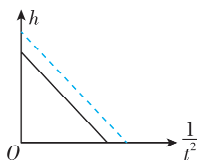
本题未知释放点位置,可设释放点与 N 点高度差为 H ,重锤未与圆弧槽接触,忽略一切阻力,由机械能守恒列式,将 $v = \frac{d}{t}$ 代入可得 h 与 $\frac{1}{t^2}$ 的关系,结合 $h-\frac{1}{t^2}$ 图像斜率即可得到重力加速度值。

【解析】(1) 由题图乙可知,遮光片的宽度 $d = 7.5 \text{ mm} + 0.01 \text{ mm} \times 38.4 = 7.884 \text{ mm}$ 。

(2) 由于竖直杆与平台垂直,当铅锤静止时其线沿竖直方向,若线与竖直杆平行,则说明平台水平。

(3) 根据题意可知,重锤通过遮光片的速度大小为 $v = \frac{d}{t}$,取最低点 N 处为零势能面,设释放点的高度为 H ,由机械能守恒定律有 $mgH = mgh + \frac{1}{2}mv^2$,整理可得 $h = -\frac{d^2}{2g} \cdot \frac{1}{t^2} + H$,故 $h-\frac{1}{t^2}$ 图像的斜率 $k = \frac{d^2}{2g}$,解得当地的重力加速度 $g = \frac{d^2}{2k}$ 。

(4) 结合(3)分析可知,若将重锤释放点 M 上移一段距离,再次实验,则 H 变大,图像斜率不变,则图像为图中虚线。



角度 5 测量未知电阻、电阻率

1. (1) 1 (2 分) (2) $\frac{k\pi d^2}{4I}$ (2 分)

【解析】(1) 由电路图 1 可知,电压表并联在接线柱 1 和小夹子 2 之间,测量的是接线柱 1 与小夹子 2 之间导线两端的电压。根据 $U-L$ 图像过原点可知 L 为与电压表并联的

导线长度,即小夹子 2 到接线柱 1 之间的距离。

(2) 根据电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$ 和欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$, 可得 $U =$

$$I \rho \frac{L}{S} = I \rho \frac{L}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4I\rho}{\pi d^2} L, U-L \text{ 图像斜率 } k = \frac{4I\rho}{\pi d^2}, \text{ 解得电阻率}$$

$$\rho = \frac{k\pi d^2}{4I}。$$

2. (2) $\frac{k}{b}$ (2 分) $\frac{1}{b}$ (2 分) (3) $\frac{b}{k_1}$ (2 分)

【解析】(2) 设恒流源输出的电流为 I_0 , 由并联电路两端电

压相等可知 $IR_x = (I_0 - I)R$, 整理得 $\frac{1}{I} = \frac{R_x}{I_0} \cdot \frac{1}{R} + \frac{1}{I_0}$, 即 $\frac{1}{I} -$

$\frac{1}{R}$ 图像的斜率 $k = \frac{R_x}{I_0}$, 纵截距 $b = \frac{1}{I_0}$, 解得 $I_0 = \frac{1}{b}$, $R_x = \frac{k}{b}$ 。

(3) 考虑电流表的内阻, 更改电路前 $\frac{1}{I} - \frac{1}{R}$ 图像的斜率 $k =$

$\frac{R_x + R_A}{I_0}$, 纵截距 $b = \frac{1}{I_0}$, 更改实验电路后, 根据欧姆定律有

$(I_0 - I)R_x = I(R + R_A)$, $\frac{1}{I} = \frac{1}{I_0} + \frac{R_A}{I_0 R_x} + \frac{R}{I_0 R_x}$, 斜率 $k_1 = \frac{1}{I_0 R_x}$, 解

得 $R_x = \frac{b}{k_1}$ 。

3. (1) ① D (2 分) E (2 分) ② $\frac{k(R + r_1)}{1 - k}$ (2 分)

【解析】(1) ① 待测元件阻值约为 90Ω , 电源电动势为

9 V , 估算流过元件的最大电流约为 $I_{\max} = \frac{E}{R_x} = \frac{9}{90} \text{ A} =$

100 mA , 因此, 电流表应选择 150 mA 量程的 A_2 , 即选 D。

图甲中滑动变阻器采用的是分压式接法, 为了便于调节电

压, 应选用最大阻值较小的滑动变阻器, 故选用最大阻值为

10Ω 的 R_1 , 即选 E。② 电流表 A_2 测量的是流过定值电阻

R 和元件的总电流, 电流表 A_1 测量的是流经定值电阻 R 的

电流。待测元件所在的支路与包含 A_1 、 R 的支路并联, 根据

并联电路电流规律, 通过待测元件的电流为 $I_x = I_2 - I_1$, 根据

并联电路两端电压相等的特点, 可得 $I_1(R + r_1) = (I_2 -$

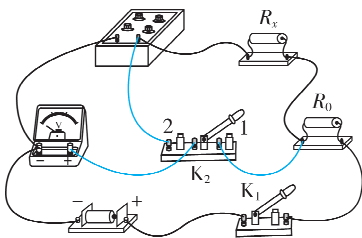
$I_1)R_x$, 整理可得 $I_1 = \frac{R_x}{R + r_1 + R_x} I_2$, $I_1 - I_2$ 图线的斜率 $k =$

$\frac{R_x}{R + r_1 + R_x}$, 可得 $R_x = \frac{k(R + r_1)}{1 - k}$ 。

4. (1) 见解析 (2 分) (2) ② 2.40 (2 分) ③ 5.0 (2 分)

(3) ③ 2.50 (2 分) 0.50 (2 分)

【解析】(1) 根据电路图, 实物连线如图所示。



(2) ②由图丙可知,此时电压表示数 $U_2 = 24.0 \times 0.1 \text{ V} = 2.40 \text{ V}$; ③将 K_2 切换到 1 时,有 $U_1 = I(R_1 + R_x)$,将 K_2 切换到 2 时,有 $U_2 = IR_1$,联立可得待测电阻为 $R_x = \frac{U_1 - U_2}{U_2} R_1 = 5.0 \Omega$ 。

(3) ③闭合开关 K_1 ,将 K_2 切换到 2,根据闭合电路欧姆定律可得 $E = U + \frac{U}{R}(R_x + R_0 + r)$,整理可得 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图线的方程为 $\frac{1}{U} = \frac{R_x + R_0 + r}{E} \cdot \frac{1}{R} + \frac{1}{E}$,根据 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图像可得 $\frac{1}{E} = 0.40 \text{ V}^{-1}$, $\frac{R_x + R_0 + r}{E} = \frac{1.70 - 0.40}{0.5} \text{ A}^{-1}$,解得 $E = 2.50 \text{ V}$, $r = 0.50 \Omega$ 。

角度 6 测量电源电动势、内阻

1. $\frac{U_0 - U_1}{I_1}$ (2 分)

【解析】根据闭合电路欧姆定律,可得 $U = E - Ir$,可知 $U-I$ 图线的纵轴截距等于电动势 E ,可得 $E = U_0$,对于非线性电源,在工作点 P ,有 $U = U_1$, $I = I_1$,代入 $U = E - Ir$,得 $U_1 = U_0 - I_1 r$,解得 $r = \frac{U_0 - U_1}{I_1}$ 。

2. (1) $\frac{2U}{R_V}$ (2 分) (2) $\frac{2}{kR_V}$ (2 分) $\frac{b}{k} - \frac{R_V}{2}$ (2 分)

【解析】(1) 分析电路可知,电压表的示数为 U ,又 $R_0 = R_V$,则 $I = I_0 + I_V = \frac{U}{R_0} + \frac{U}{R_V} = \frac{2U}{R_V}$ 。

(2) 并联部分等效电阻 $R_{\text{并}} = \frac{R_0 R_V}{R_0 + R_V} = \frac{R_V}{2}$,外电路总电阻

$R_{\text{总}} = R_{\text{并}} + R = R + \frac{R_V}{2}$,电压表读数 U 是并联部分两端的电

压,由分压关系 $U = E \cdot \frac{R_{\text{并}}}{R_{\text{总}} + r} = E \cdot \frac{\frac{R_V}{2}}{R + \frac{R_V}{2} + r}$,整理为 $\frac{1}{U} - R$ 图

像形式有 $\frac{1}{U} = \frac{2}{ER_V} \cdot R + \frac{2r + R_V}{ER_V}$,则 $k = \frac{2}{ER_V}$, $b = \frac{2r + R_V}{ER_V}$,解得

$$E = \frac{2}{kR_V}, r = \frac{b}{k} - \frac{R_V}{2}。$$

3. (1) 4 980.0 (2 分) (2) 5.00 (2 分) 1.00 (2 分)

【解析】(1) 根据电压表改装原理有 $U = I_G (R_G + R_M) = 5 \text{ V}$,故电阻箱的阻值需要调至 $R_M = 4 980.0 \Omega$ 。

(2) 由题图乙可知, R 的取值远小于 $R_G + R_M$,因此计算干路电流时,电流计 G 所在支路上的电流可忽略不计,则根据

闭合电路欧姆定律有 $E = \frac{(R_G + R_M) I}{R} \cdot (R_0 + r) + (R_G +$

$R_M)I$, 整理为 $\frac{1}{I} - \frac{1}{R}$ 图像形式有 $\frac{1}{I} = \frac{(R_G + R_M)(R_0 + r)}{E}$.

$\frac{1}{R} + \frac{R_G + R_M}{E}$, 图像的纵截距为 $b = \frac{R_G + R_M}{E} = 1.00 \times 10^3 \text{ A}^{-1}$, 解得

电源的电动势 $E = 5.00 \text{ V}$, 图像的斜率为 $k = \frac{(R_G + R_M)(R_0 + r)}{E} =$

$\frac{3.20 - 1.00}{1.00 - 0} \times 10^3 \text{ } \Omega/\text{A}$ (易错点: 通过斜率求出的是 $R_0 + r$, 注

意要减去 R_0), 解得电源的内阻 $r = 1.00 \text{ } \Omega$ 。

角度 7 观察电容器充、放电现象

1. (1) 6.0 (2 分) (2) BC (2 分) (3) 5.8×10^{-4} (2 分)
(4) b (2 分)

【解析】(1) 电压表量程为 15 V , 则分度值为 0.5 V , 读数为 6.0 V 。

(2) 开关接 1 充电时, 电流为正方向, 大小从最大值逐渐衰减到 0; 开关接 2 放电时, 电流方向与充电时相反 (电流为负), 大小同样从最大值逐渐衰减到 0, 故 A 错误, B 正确;

充电时, 电容器电压从 0 逐渐升高, 电压变化率 $\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{I}{C}$, 随电流减小而减小, 斜率逐渐变小, 稳定后电压等于电源电压, 保持不变; 放电时, 电压从电源电压逐渐降低到 0, 变化率同样逐渐减小, 故 C 正确, D 错误。

(3) $I-t$ 图线与横轴围成的面积等于电容器充电的总电荷量 Q , 数格子估算得总电荷量 (面积) $Q = 14 \times 1 \times 0.25 \times 10^{-3} \text{ C} = 3.5 \times 10^{-3} \text{ C}$, 根据电容定义式 $C = \frac{Q}{U}$, 代入数据可得 $C \approx 5.8 \times 10^{-4} \text{ F}$ 。

(4) 原电路初始电流 $I_0 = \frac{E}{R} = 2 \text{ mA}$, 代入数据可得 $R = 3000 \text{ } \Omega$, 由于 $R_1 > R$, 则初始电流变小, 充电更慢, 电流衰减更慢, 对应曲线 b 。

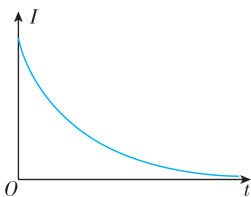
2. (1) 1 000 (3 分) (2) C (3 分) (3) ②①③ (3 分)
(4) 见解析 (3 分) (5) 同意, 理由见解析 (3 分)

【解析】(1) 由题图甲电容器上的标注可知, 电容器电容为 $1000 \text{ } \mu\text{F}$ 。

(2) 影响电容器电容大小的因素有极板间距、极板间介质、极板正对面积等, 与是否处于充放电状态无关, C 正确。

(3) 由于要用手机记录电容器充满电后的放电过程, 所以需要先打开手机拍摄, 再让电容器充满电, 再放电, 再关闭手机, 故步骤顺序为 ②①③。

(4) 电容器放电电流随时间变化规律如图所示。



(5) 同意。根据 $q = CU$, 电容器充满电后带电荷量不变, 由 $q = It$ 可得 $t = \frac{CU}{I}$, 则充、放电过程电流的变化会影响充、放电时间, 电流表的内阻会导致电路中电流整体偏小, 此外电磁式电流表的线圈自身的感抗在电容器充、放电过程中都会阻碍电流的变化, 从而延长充电时间。

角度 8 探究等温条件下一定质量的气体压强与体积的关系

1. (1) B (2 分) (2) A (2 分) (3) $\frac{a}{b}$ (2 分)

【解析】(1) 确保气体与环境充分热交换, 温度达到平衡, 即待示数稳定后读数, 故 A 错误, B 正确。

(2) 若存在未计入的塑料管容积 ΔV , 则实际体积 $V_{\text{实}} = V + \Delta V$, 由玻意耳定律有 $pV_{\text{实}} = C$, 可得 $V = \frac{C}{p} - \Delta V$, 此时纵轴截距 $-a = -\Delta V$, 与实验现象一致, 故 A 正确; 压强测量值偏小会使 $\frac{1}{p}$ 偏大, 但不会导致图像出现纵轴截距, 故 B 错误; 温度变化会改变 p 与 V 的乘积, 即斜率, 而非影响纵轴截距, 故 C 错误; 漏气会导致 p 与 V 的乘积不恒定, 使图像呈现非线性特征, 故 D 错误。

(3) 由 $V = \frac{C}{p} - \Delta V$ 可知, 对于 $V - \frac{1}{p}$ 图像, p 与 V' 的乘积等于该图像的斜率, 即 $pV' = k = \frac{a}{b}$ 。

2. (1) C (2 分) (2) E (2 分) (3) ② (2 分)

【解析】(1) 在柱塞上涂抹润滑油的主要目的是封闭气体, 防止漏气, 同时也有减小摩擦的作用, 故 A 错误; 本实验要求气体温度保持不变, 快速推拉柱塞会导致气体来不及与外界充分热交换, 使其温度发生变化, 不满足等温条件, 正确操作应是缓慢移动柱塞, 故 B 错误; 实验中被封闭气体在柱塞内的部分可视为圆柱体, 体积 $V = S \cdot l$, 其中 S 为柱塞的横截面积, l 为空气柱长度, 柱塞的横截面积 S 不变, $V \propto l$, 因此可以通过空气柱长度 l 的变化来反映体积 V 的变化, 不需要测量柱塞的横截面积 S , 故 C 正确。

(2) 突然快速提升柱塞至 V_2 , 气体体积瞬间增大, 气体对外做功, 而该过程极短, 来不及从外界吸热, 导致气体内能减小, 温度降低, 由 $pV = CT$ 可知, 相同体积 V 下, 压强 p 越低, 温度 T 越低, 由图乙可知在 V_2 时, 有 $T_C > T_D > T_E$, 因此选状态 E。

(3) 等温变化应满足 $pV = nRT = C$ (常数), 因此 $p - \frac{1}{V}$ 图像是一条过原点的直线, 斜率 $k = nRT$, 当漏气时封闭气体的质量减小, 即物质的量 n 减小, 斜率 k 随之逐渐减小, 图线会向下弯曲并逐渐平缓, 因此选②。

拓展 克拉伯龙方程

对于理想气体,有 $pV=nRT$, 可根据该方程分析质量变化的气体。



题型 2 误差分析——

系统误差

角度 1 测量动摩擦因数

1. 0.252 (2 分) 一样大 (2 分)

【解析】分析物块 A 的受力, 可知 $k(l-x_0) = \mu mg$, 解得 $\mu = \frac{k(l-x_0)}{mg} = \frac{20.6 \times (0.22-0.1)}{1 \times 9.8} \approx 0.252$, 滑动摩擦力仅与正压力和动摩擦因数有关, 与长木板的运动状态 (加速) 无关, 故测量值与实际值一样大。

2. (1) $\frac{b}{x}$ (2 分) $\frac{d^2}{2k}$ (2 分) (2) 偏小 (2 分)

思路导引 本题利用斜面模型测量动摩擦因数, 实验过程中没有测量受力, 测量的是高度、水平位移 (结合重力和摩擦力可计算做功) 和挡光时间 (有挡光片宽度的情况下可计算速度), 利用动能定理计算 μ 的表达式; 若释放滑块时有初速度, 可重新计算表达式, 与没有初速度时进行对比可判断误差。

【解析】(1) 滑块通过光电门的瞬时速度 $v = \frac{d}{t}$, 根据动能定理有 $mgh - \mu mg \cos \theta \cdot \frac{h}{\sin \theta} = \frac{1}{2}mv^2$, 又 $\tan \theta = \frac{h}{x}$, 代入化简得 $h = \frac{d^2}{2g} \cdot \frac{1}{t^2} + \mu x$, 图像的纵截距 $b = \mu x$, 解得动摩擦因数 $\mu = \frac{b}{x}$, 图像的斜率 $k = \frac{d^2}{2g}$, 解得当地的重力加速度 $g = \frac{d^2}{2k}$ 。

(2) 若释放滑块时存在微小初速度, 根据动能定理有 $mgh - \mu_1 mg \cos \theta \cdot \frac{h}{\sin \theta} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ (注意: 要区分各个力做功的正负情况), 解得 $h = \frac{d^2}{2g} \cdot \frac{1}{t^2} + \mu_1 x - \frac{v_0^2}{2g}$, 图像的纵截距 $b = \mu_1 x - \frac{v_0^2}{2g}$, 动摩擦因数的真实值 $\mu_1 = \frac{2gb + v_0^2}{2gx}$, 如果释放滑块时存在微小初速度, 那么会使动摩擦因数的测量结果偏小。

3. (1) $\frac{b}{g}$ (2 分) (2) $\frac{F}{Mg}$ (2 分) 偏大 (2 分)

思路导引 砂桶未落地时, 滑块水平方向受拉力和摩擦力, 根据牛顿第二定律计算动摩擦因数; 砂桶落地后, 滑块水平方向只受摩擦力; 本题采用打点计时器法计算加速度, 产生误差的原因是打点计时器与纸带之间存在摩擦力, 使 $2F$ 大于滑块与木板间滑动摩擦力 + ma , 即测得的滑动摩擦力偏大。

【解析】(1) 对滑块 A , 由牛顿第二定律有 $2F - \mu Mg = Ma$, 解得 $a = \frac{2}{M}F - \mu g$, 由图乙可得 $-b = -\mu g$, 则 $\mu = \frac{b}{g}$ 。

(2) 设砂桶刚好接触地面时滑块的速度为 v , 则有 $v^2 = 2a_1s$, $2F - \mu Mg = Ma_1$, 从砂桶刚好接触地面到滑块静止, 有 $v^2 = 2a_2s$, $\mu Mg = Ma_2$, 联立解得 $\mu = \frac{F}{Mg}$; 由于实验过程中, 打点计时器与纸带之间存在摩擦力, 故 μ 的测量值比真实值偏大。

角度 2 探究加速度与物体受力、物体质量的关系

1. (1) AC (2 分) (2) 小于 (2 分) (3) A (2 分)

思路导引

由图像可知, 两直线截距相同, 斜率不同, 根据实验原理写出 $\frac{1}{a}$ 关于 M 的表达式, 进行对比, 得到槽码的质量关系; 根据表达式明确图像截距的物理意义, 调整截距为 0, 图像就过原点。

【解析】(1) 本实验“探究加速度与力、质量的关系”与实验“探究向心力与质量、半径、角速度关系”都涉及多个变量, 均采用控制变量法, A 正确; 调节滑轮使细线与木板平行, 目的是保证细线拉力方向始终沿木板方向, 使小车运动过程中合力恒定, 不是减小纸带与打点计时器的摩擦, B 错误; 实验前垫高木板一端平衡摩擦力, 是为了补偿打点计时器对小车的阻力及其他阻力, C 正确; 本实验近似认为细线拉力等于槽码重力的条件是槽码质量远小于小车质量, 槽码质量越大, 相对误差越大, D 错误。

(2) 设槽码质量为 m , 对小车和槽码整体由牛顿第二定律有 $mg = (m+M)a$, 整理得 $\frac{1}{a} = \frac{M}{mg} + \frac{1}{g}$, 可知图像的斜率 $k = \frac{1}{mg}$, 由题图乙可知, 小张绘制的图像斜率更大, 因此 m 更小, 即小张所用槽码质量小于小明所用槽码质量。

(3) 根据以上分析可知, 图像纵截距为 $\frac{1}{g}$, 如果以小车和槽码的总质量作为自变量, 则有 $\frac{1}{a} = \frac{1}{mg}(m+M)$, 图线过原点, A 正确; 槽码的质量远小于小车质量, 图像纵截距依旧为 $\frac{1}{g}$, 图线不过原点, B 错误; 补偿阻力时, 木板的倾斜角度过大, 有 $mg + Mg \sin \theta - f = (m+M)a$, 图像仍不会过原点, C 错误。

2. (1) 平衡阻力 (1 分) (2) $\frac{2m_0g}{20m_0+m}n$ (2 分) (3) $\frac{d^2}{2s} \left(\frac{1}{t_2^2} - \frac{1}{t_1^2} \right)$ (2 分) (4) 正比 (2 分) (5) B (2 分)

【解析】(1) 步骤 ii 操作的主要目的是平衡小车受到的阻力

(或平衡摩擦力、补偿阻力、补偿摩擦力)。

(2) 由牛顿第二定律得 $2nm_0g = (20m_0 + m)a$, 则 $a = \frac{2m_0g}{20m_0 + m}n$ 。

(3) 遮光条经过两个光电门时的速度大小分别为 $v_1 = \frac{d}{t_1}$ 、

$v_2 = \frac{d}{t_2}$, 则小车的加速度大小 $a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s} = \frac{d^2}{2s} \left(\frac{1}{t_2^2} - \frac{1}{t_1^2} \right)$ 。

(4) 由 $a = \frac{2m_0g}{20m_0 + m}n$ 可得, $a-n$ 图像的斜率 $k = \frac{2m_0g}{20m_0 + m}$, 由于 $\frac{2m_0g}{20m_0 + m}$ 是定值, 则小车的加速度与所受合外力成正比。

(5) 步骤 iii 中小车没有从静止释放, 不影响小车加速度 $a = \frac{d^2}{2s} \left(\frac{1}{t_2^2} - \frac{1}{t_1^2} \right)$ 的测量, A 错误; 该实验中 $\frac{2m_0g}{20m_0 + m}$ 为定值, 所以不需要满足钩码质量远小于小车和遮光条的总质量的条件, C 错误; 如果步骤 ii 中导轨的倾斜程度调节不恰当, 会导致不移动钩码小车就会滑动或移动少量钩码后小车不动, B 正确。

角度 3 测量重力加速度

1. (1) $\frac{d^2}{(2H+d)(\Delta t)^2}$ (2 分) (2) 小于 (2 分)

(3) AC (2 分)

思路导引

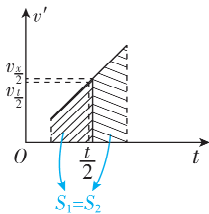
平均速度等于中间时刻的速度, 由于位移较小, 近似认为也等于中间位移处的速度, 结合自由落体速度—位移公式推导 g ; 分析空气阻力和近似处理造成的系统误差, 根据原因选取合适的措施。

【解析】(1) Δt 内的平均速度 $v = \frac{d}{\Delta t}$, 用 Δt 内的平均速度近似

等于小球下落高度为 $H + \frac{d}{2}$ 时的瞬时速度, 根据运动学

公式 $v^2 = 2g \left(H + \frac{d}{2} \right)$, 联立解得 $g = \frac{d^2}{(2H+d)(\Delta t)^2}$ 。

(2) 小球做自由落体运动的速度—时间图像如图所示,



中间时刻瞬时速度 ($v_{\frac{t}{2}}$) 小于中间位移瞬时速度 ($v_{\frac{x}{2}}$), 即

$v_{\frac{t}{2}} < v_{\frac{x}{2}}$; 根据运动学公式 $v^2 = 2g \left(H + \frac{d}{2} \right)$, 变形得 $g = \frac{v^2}{2H+d}$, 由于测得的 $v_{\frac{t}{2}}$ 偏小, 故测得的重力加速度小于真实值。

(3) 为了减小空气阻力的影响, 应选用密度大、体积小的发

光小球,A 正确,B 错误;根据平均速度公式 $v = \frac{d}{\Delta t}$ 可知,曝光时间 Δt 越小,平均速度越接近 $\left(H + \frac{d}{2}\right)$ 处的瞬时速度,将相机快门曝光时间调整为 $\frac{1}{125}$ s 可以减小实验误差,C 正确,D 错误。

2. (1) ①AC(2 分) ② $4\pi^2 k$ (2 分) ③无(2 分)

【解析】(1) ①摆球选半径小、密度大的,可减小空气阻力的影响,A 正确;单摆测重力加速度的实验中,单摆只有摆角小于 5° 时才近似做简谐运动,摆角过大时不是简谐运动,增大误差,B 错误;摆球需在同一竖直面内摆动,若变成圆锥摆会导致周期测量错误,C 正确;应在摆球经过最低点(速度最大,位置易判断)时计时,最高点速度小,计时误差大,D 错误。

②设摆球半径为 r ,根据单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l+r}{g}}$,整理得

$$l = \frac{g}{4\pi^2} \cdot T^2 - r, \text{ 因此 } l-T^2 \text{ 图线的斜率 } k = \frac{g}{4\pi^2}, \text{ 可得 } g = 4\pi^2 k.$$

③根据上述推导可知重力加速度 g 只由 $l-T^2$ 图线的斜率决定,摆球半径只影响图线截距,不影响斜率,因此不测量摆球直径对结果无影响。

角度 4 测量未知电阻、电阻率

1. (3) 2 100(2 分) (4) D(2 分)

【解析】(3) 根据半偏法测电阻原理,待测微安表的内阻等于电阻箱 R' 的阻值,即待测微安表的内阻为 2 100 Ω 。

(4) 闭合 S_2 后,并联部分总电阻减小,电路总电流会略微增大,导致流过电阻箱 R' 的电流略大于 $\frac{1}{2}I_g$,则测量值偏小,所以为了减小误差,需要让滑动变阻器 R 的最大值尽可能大,即总电流变化可以忽略;又知微安表满偏电压为

$$U_g = I_g R_g, \text{ 则滑动变阻器需要的阻值约为 } R = \frac{E - U_g}{I_g} = \frac{E}{I_g} -$$

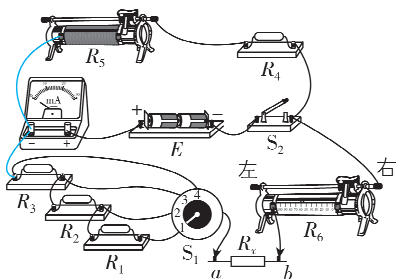
R_g ,可知所选的电源电动势 E 越大,则 R 越大,即总电流变化越可以忽略,故选 D。

2. (1) 见解析(2 分) (2) 16.0(1 分) (3) 100~200(1 分)

(4) 2(1 分) 155(1 分) (5) CD(1 分)

思路导引 通过分析电路及实验步骤,可知“等效替代法”测量原理就是在保证总电路电阻不变的情况下,用原电路减小的阻值等效替代待测电阻的阻值,进而测出待测电阻的阻值。

【解析】(1) 根据电路图连接电路,用两根导线将电流表负接线柱分别与 R_3 左端、滑动变阻器 R_5 左下接线柱连接,实物图连线如图所示。



(2) 由题图(c)可知,该电流表的分度值为 1 mA ,应估读到 0.1 mA ,则电流表示数 $I=16.0\text{ mA}$ 。

(3) 在步骤(2)中,鳄鱼夹 a 、 b 短接, S_1 打在位置 1, S_1 所在支路接入电路的电阻为 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_6 ,支路总电阻为 $400\ \Omega$,用鳄鱼夹 a 、 b 夹住 R_x 两端,将 S_1 依次打在位置 1、2,发现电流表示数均小于定标值 I ,说明 $R_2+R_3+R_x+R_6 > R_1+R_2+R_3+R_6$,故 $R_x > R_1 = 100\ \Omega$, S_1 打到位置 3 时,电流表示数大于定标值 I ,说明 $R_3+R_x+R_6 < R_1+R_2+R_3+R_6$,故 $R_x < R_1+R_2 = 200\ \Omega$,所以 R_x 的阻值范围为 $100\sim 200\ \Omega$ 。

(4) 向左调节滑动变阻器 R_6 的滑片,接入电路的阻值减小,要使电流表指针重新回到定标值位置,应将 $R_x+R'_6$ 的总阻值调整至 $200\ \Omega$, S_1 应重新打在位置 2, R_6 的滑片处于 $55\ \Omega$ 刻度处, R_6 接入电路的电阻为 $45\ \Omega$ (关键:滑动变阻器 R_6 的最右端刻度为 0,接入电路的电阻为滑片左侧部分的电阻),故 R_x 的阻值为 $155\ \Omega$ 。

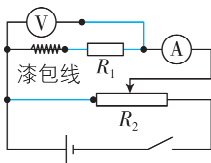
(5) 根据上述的分析可知,电源存在内阻、电流表存在内阻并不会影响测量结果,A、B 错误;若滑动变阻器 R_6 读数有偏差,则会导致 R_x 的测量值不准确,若步骤(4)电流表指针未重新回到定标值位置,则实际未将 $R_x+R'_6$ 的总阻值调整至 $200\ \Omega$,也会导致 R_x 的测量值不准确,C、D 正确。

3. (1) 1.744/1.745/1.746/1.747 (2 分) (2) ①见解析 (2 分)

② $\frac{\pi^2 (U-IR_1) D^4}{16V_0 I}$ (2 分) (3) BD (2 分)

【解析】(1) 螺旋测微器的固定刻度读数为 1.5 mm ,可动刻度读数为 $24.4 \times 0.01\text{ mm} = 0.244\text{ mm}$,总读数为 $1.5\text{ mm} + 0.244\text{ mm} = 1.744\text{ mm}$ 。

(2) ①如图所示,滑动变阻器的最大阻值 $10\ \Omega$,为了调节范围更大,采用分压式接法;被测电阻约为 $1.5\ \Omega$,电流表内阻约 $0.3\ \Omega$,电压表内阻约 $9\text{ k}\Omega$,电流表内阻影响较大,应采用电流表外接法;为使电压表示数超过量程的三分之一, R_1 与漆包线串联后与电压表并联。



②根据电阻定律和欧姆定律可得 $\rho \frac{V_0}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)^2} = \frac{U}{I} - R_1$,即

$$\rho = \frac{\pi^2 (U-IR_1) D^4}{16V_0 I}。$$

(3) 漆包线浸入水中时表面附着少许气泡使得体积的测量值大于真实值, ρ 的测量值偏小, A 错误; 漆包线漆膜的厚度会使得 D 的测量值大于真实值, ρ 的测量值偏大, B 正确; 电流表外接法使得电流表的读数偏大, ρ 的测量值偏小, C 错误; 读数时量筒壁上还附着的水使得体积的测量值小于真实值, ρ 的测量值偏大, D 正确。

4. (1) B (2 分) (2) 6.515 (6.514~6.516 均可) (1 分)

10.225 (1 分) (3) 等于 (2 分) (4) $\frac{\pi d^2 (R_0 + r_1)}{4L(k-1)}$ (2 分)

【解析】(1) 选用“ $\times 100$ ”挡, 欧姆调零后测量阻值, 发现指针偏转角度过小, 说明该电阻的阻值较大, 应更换“ $\times 1 \text{ k}$ ”挡, 重新欧姆调零后测量, 故选 B。

(2) 螺旋测微器的读数为固定刻度与可动刻度读数之和, 所以图甲读数为 $d = 6.5 \text{ mm} + 1.5 \times 0.01 \text{ mm} = 6.515 \text{ mm}$; 游标卡尺的分度值为 0.05 mm , 图乙读数为 $L = 102 \text{ mm} + 5 \times 0.05 \text{ mm} = 102.25 \text{ mm} = 10.225 \text{ cm}$ 。

(3) 根据欧姆定律可得 $(I_2 - I_1) R_x = I_1 (R_0 + r_1)$, 整理得 $I_2 = \left(1 + \frac{R_0 + r_1}{R_x}\right) I_1$, 则 $I_2 - I_1$ 图像的斜率 $k = 1 + \frac{R_0 + r_1}{R_x}$, 可得 $R_x = \frac{R_0 + r_1}{k-1}$, 若忽略偶然误差, 则 R_x 的测量值等于真实值。

(4) 由 (3) 可得 $R_x = \frac{R_0 + r_1}{k-1} = \rho \frac{L}{S}$, 其中 $S = \frac{1}{4} \pi d^2$, 可得 $\rho = \frac{\pi d^2 (R_0 + r_1)}{4L(k-1)}$ 。

角度 5 测量电源电动势、内阻

1. (2) ①最大值 (2 分) (3) ②0.42 (0.41~0.43 均可) (2 分)

(4) $\frac{R_A}{r_0}$ (2 分) $\frac{r_0}{R_V + r_0}$ (2 分)

【解析】(2) ①为了保护电路, 开关闭合前, 应将电阻箱的阻值调到最大值。

(3) ②对于图 (b), 根据闭合电路欧姆定律有 $E = U' + I' r$, 变形可得 $U' = E - I' r$, 即纵截距为电动势 E , 斜率绝对值为内阻 r , 从图 (c) 中选取两组 U' 、 I' 数据, 分别为 $U' = 0.35 \text{ V}$, $I' = 5.5 \times 10^{-5} \text{ A}$ 和 $U' = 0.10 \text{ V}$, $I' = 2.5 \times 10^{-4} \text{ A}$, 将这两组数据分别代入, 解得 $E \approx 0.42 \text{ V}$, $r \approx 1\,282 \, \Omega$ 。

(4) 设电动势的真实值为 E_0 , 对于图 (a), 若将电流表看成理想电表, 有 $E = U + I r$, 即 $U = -r I + E$, 若不将电流表看成理想电表, 有 $E_0 = U + I (r_0 + R_A)$, 即 $U = -(r_0 + R_A) I + E_0$, 解得 $r = r_0 + R_A$, 则 $\delta_1 = \frac{|r - r_0|}{r_0} = \frac{|r_0 + R_A - r_0|}{r_0} = \frac{R_A}{r_0}$; 对于图 (b), 若将电压表看成理想电表, 有 $E = U' + I' r$, 即 $U' = E - I' r$, 若不将电压表看成理想电表, 有 $E_0 = U' + \left(I' + \frac{U'}{R_V}\right) r_0$, 整理得 $U' = -\frac{R_V r_0}{R_V + r_0} I' +$

$\frac{R_V}{R_V + r_0} E_0$, 解得 $r = \frac{R_V r_0}{R_V + r_0}$, 则 $\delta_2 = \frac{|r - r_0|}{r_0} = \frac{\left|\frac{R_V r_0}{R_V + r_0} - r_0\right|}{r_0} = \frac{r_0}{R_V + r_0}$ 。

2. (1) 电压表的分流作用 (1 分) 小于 (1 分) (2) $E = U + \left(I + \frac{U}{R_V}\right)r$ (1 分) (3) 0.4 (1 分) (4) 1.5 (1 分) 0.50 (1 分) (5) b (1 分) $k - R_0$ (1 分)

【解析】(1) 电压表不是理想电压表, 因此实验中的系统误差主要来源于电压表的分流作用; 由于电压表分流, 电流表读数 I 比实际干路电流小, 造成拟合 $U-I$ 图像时直线的纵截距偏小, 即电动势偏小。

(2) 考虑电压表分流后, 根据闭合电路欧姆定律有 $E = U + \left(\frac{U}{R_V} + I\right)r$ 。

(3) 根据并联关系, 可知 $R_{A2} = \frac{R_1(I_1 - I_2)}{I_2} = \frac{0.6 \times (0.50 - 0.30)}{0.30} \Omega = 0.4 \Omega$ 。

(4) 根据 $E = I(R_{A2} + R_1 + r)$, 整理得 $\frac{1}{I} = \frac{R_{A2} + r}{E} + \frac{1}{E}R_1$, 结合图丙有 $0.6 \text{ A}^{-1} = \frac{R_{A2} + r}{E}$, $\frac{1}{E} = \frac{2.6 - 0.6}{3.0} \text{ A}^{-1} \cdot \Omega^{-1}$, 联立解得 $E = 1.5 \text{ V}$, $r = 0.50 \Omega$ 。

(5) 电流计 G 示数为 0, 此时 R 两端电压等于滑动变阻器两端的电压, 根据闭合电路欧姆定律有 $E = I_2 R + I_1(R_0 + r)$, 整理得 $I_2 R = E - I_1(R_0 + r)$, 可知 $I_2 R - I_1$ 图像斜率绝对值、纵截距分别为 $k = R_0 + r$ 、 $b = E$, 解得 $r = k - R_0$ 。

3. (1) 1.5 (2 分) 0.83 (0.82~0.84 均可) (2 分) (2) 小于 (1 分) 小于 (1 分) (3) b (1 分) 等于 (1 分)

【解析】(1) 根据闭合电路欧姆定律得 $U = E - Ir$, 则 $U-I$ 图线的纵截距等于电动势 E , 由图 2 可知图线纵截距为 1.5 V, 故 $E = 1.5 \text{ V}$, 图线斜率的绝对值等于内阻 r , 由图 2

得 $r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \frac{1.5 - 1.0}{0.60} \Omega \approx 0.83 \Omega$ 。

(2) 图 1 所示的电路中, 电压表存在分流作用, 电流表读数 I 小于电路实际的总电流, 则 $U = E_{\text{真}} - \left(\frac{U}{R_V} + I\right)r_{\text{真}}$, 推导得测

量关系 $U = \frac{R_V}{R_V + r_{\text{真}}} E_{\text{真}} - \frac{R_V r_{\text{真}}}{R_V + r_{\text{真}}} I$, 因此, 电动势测量值 $E_{\text{测}} =$

$\frac{R_V}{R_V + r_{\text{真}}} E_{\text{真}} < E_{\text{真}}$, 内阻测量值 $r_{\text{测}} = \frac{R_V r_{\text{真}}}{R_V + r_{\text{真}}} < r_{\text{真}}$, 故两者测量值都小于真实值。

(3) 当灵敏电流计 G 示数为 0 时, 说明 G 两端电势相等, 电压表读数 U 等于待测电源的路端电压, 电流表读数 I 等于待测电源的输出电流, 因此仍满足 $U = E - Ir$, $U-I$ 图线纵截距 b 表示电动势, 故 $E = b$; 该电路消除了电压表分流带来的系统误差, 理论上测量值没有误差, 因此电动势测量值等于真实值。

知识拓展 补偿法 (双电源+灵敏电流计)

将辅助电源 E_1 与待测电源 E 对接, 调节至 G 示数为 0, 此电路几乎无系统误差 (G 示数为 0 时电压表和电流表直接测路端电压和总电流), $E_{\text{测}} = E_{\text{真}}$, $r_{\text{测}} = r_{\text{真}}$ 。



强化训练 · 实战

题组 1 ▶ 探究弹簧弹力与形变量的关系

1. 150(2分) 6.0 或 6(2分)

【解析】由图甲可知，弹簧的原长 $L_0 = 1.5 \text{ cm}$ ，由胡克定律可知，劲度系数 $k = \frac{\Delta F}{\Delta L} = \frac{(6-0) \text{ N}}{(5.5-1.5) \times 10^{-2} \text{ m}} = 150 \text{ N/m}$ 。由图乙可知，弹簧测力计的最大刻度对应的伸长量为 $L_m = 4.00 \text{ cm}$ ，由胡克定律可知，弹簧测力计最大测量值 $F_m = kL_m = 150 \times 4.00 \times 10^{-2} \text{ N} = 6 \text{ N}$ 。

2. (1) 13.50(13.49~13.51 均可)(2分) (2) AB(2分) (3) A(2分)

【解析】(1) 该刻度尺分度值为 1 mm ，读数需估读到分度值下一位，因此读数为 13.50 cm 。

(2) 弹簧竖直悬挂，刻度尺必须保持竖直才能准确测量弹簧长度，减小误差(点拨：刻度尺必须同步弹簧竖直，否则测量长度偏大)，A 正确；钩码过多会使弹簧超过弹性限度，因此钩码数量不可过多，B 正确；悬挂钩码后需要等待弹簧稳定后再读数，不能立即读数，C 错误；不需要每次增加相同个数的钩码，只要记录对应的弹力与伸长量即可(易错：实验只需要得到多组不同弹力和伸长量数据，钩码增减数量没有硬性规定)，D 错误。

(3) 乙同学在水平桌面上测量原长，此时弹簧自身重力不会让弹簧伸长；弹簧竖直悬挂，且未挂钩码时， $F=0$ ，弹簧自身重力使弹簧产生了伸长量，即当拉力 $F=0$ 时，伸长量 $x>0$ 。由胡克定律可知拉力 F 和伸长量 x 满足线性关系，即对应图像为起点在 x 正半轴的倾斜直线，A 正确。

模型变式 竖直悬挂测量弹簧原长

①过程：弹簧先竖直悬挂，待稳定后记录长度作为原长，此时弹簧自重引起的伸长量已经计入“原长”；再将弹簧水平放置，测量施加拉力 F 后弹簧的伸长量 x 。

②受力分析：只有外加拉力 F 大于某个值时，弹簧才会比记录的“原长”额外伸长。

③图像特征： $x=0$ 时 $F>0$ ，图线与横轴(F 轴)交点在横轴(F 轴)正半轴，对应本题中图像 C。

3. (1) B(2分) (2) 13.3(2分) (3) 0.3(2分)

【解析】(1) 测量时细绳必须要与木板平行，以减小实验误差，A 错误；选用粗细均匀、无老化的橡皮筋，B 正确；结点位置读数与测力计示数为 0 时结点的位置读数之差为橡皮筋伸长量，C 错误。

(2) 由 $F-x$ 图像可知，该范围内拉伸过程的劲度系数 $k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{3-1}{(20-5) \times 10^{-2}} \text{ N/m} \approx 13.3 \text{ N/m}$ 。

(3) 外力对橡皮筋做功大小等于图像与横轴围成的面积大

小, 则外力对橡皮筋做功 $W = \frac{1+3}{2} \times (20-5) \times 10^{-2} \text{ J} = 0.3 \text{ J}$ 。

题组2 ▶ 探究加速度与物体受力、质量的关系

1. (1) 0.32 (2分) 0.90 (2分) (2) $\frac{1}{k}$ (2分) $\frac{g \sin \theta - b}{g \cos \theta}$ (2分)

【解析】(1) 相邻两个计数点之间都有4个点迹未标出, 所以相邻两计数点间的时间间隔为 $T = 5 \times 0.02 \text{ s} = 0.1 \text{ s}$, 打B点时小车的速度等于打AC段时的平均速度, 所以有 $v_B =$

$$\frac{x_{AC}}{2T} \approx 0.32 \text{ m/s}; \text{由逐差法有 } a = \frac{x_{CE} - x_{AC}}{(2T)^2} = 0.90 \text{ m/s}^2.$$

(2) 设滑块和智能手机总质量为 M , 对整体由牛顿第二定律有

$$mg + M g \sin \theta - \mu M g \cos \theta = (M + m) a, \text{整理有 } a = \frac{1}{M} m (g -$$

$a) + (g \sin \theta - \mu g \cos \theta)$, 结合题意可知, 对于 $a - m(g - a)$ 图

像, 其斜率 $k = \frac{1}{M}$, 纵截距 $b = g \sin \theta - \mu g \cos \theta$, 整理有 $M =$

$$\frac{1}{k}, \mu = \frac{g \sin \theta - b}{g \cos \theta}.$$

2. (1) 2.86 (2分) (2) B (2分) (3) ① $\frac{1}{a} = \frac{M + 5m}{mg} \cdot \frac{1}{n} -$

$$\frac{1}{g} \text{ (2分) } \textcircled{2} 0.20 \text{ (2分)}$$

【解析】(1) 相邻两计数点间有4个点未标出, 所以相邻两计数点间的时间间隔为 $T = 5 \times 0.02 \text{ s} = 0.1 \text{ s}$, 由逐差法得加

$$\text{速度 } a = \frac{(x_1 + x_2 + x_3) - (x_4 + x_5 + x_6)}{(3T)^2} \approx 2.86 \text{ m/s}^2.$$

(2) 图线①: 拉力增大后, 加速度增长变缓, 原因是砝码盘和砝码的总质量增大到一定程度后不再满足砝码盘和砝码的总质量远小于小车质量(易错: 误以为图像弯曲和小车质量大小直接相关。弯曲本质是拉力近似条件失效, 不是小车质量太大, 而是砝码盘和砝码总质量没有远小于小车质量), A 错误;

图线②: $F = 0$ 时小车就有加速度, 其产生原因是平衡阻力过度, 长木板倾角过大, 重力沿斜面的分力大于阻力, B 正确;

图线③: 拉力 F 增大到一定程度小车才开始产生加速度, 原因是平衡阻力时长木板的倾角偏小或未平衡阻力, 与小车质量的大小无关, C 错误。

(3) ① 挂着5个槽码时小车匀速下滑, 根据平衡条件有 $M g \sin \theta = f + 5 m g$, 当取下 n 个槽码时, 根据牛顿第二定律有

$$M g \sin \theta - (5 - n) m g - f = [M + (5 - n) m] a, \text{解得 } \frac{1}{a} - \frac{1}{n} \text{ 的关系}$$

$$\text{式为 } \frac{1}{a} = \frac{M + 5m}{mg} \cdot \frac{1}{n} - \frac{1}{g}.$$

$$\textcircled{2} \frac{1}{a} - \frac{1}{n} \text{ 图像的斜率 } k = \frac{M + 5m}{mg} = 2.5 \text{ s}^2/\text{m}, \text{解得小车质量}$$

$$M = 0.195 \text{ kg} \approx 0.20 \text{ kg}.$$

关键点拨 (1) 需要平衡阻力的情况: 平衡木板与小车、纸带与限位孔之间的阻力, 使小车所受合外力等于细线的拉力。

(2) 平衡阻力过度/不足的图像问题

平衡不足(垫太低): 阻力大于重力分力, 相同拉力下加速度偏小, $a-F$ 图像不过原点, 横轴有正截距; 平衡过度(垫太高): 重力分力大于阻力, 不受拉力时小车已有加速度, $a-F$ 图像纵轴有正截距。

题组 3 ▶ 测量动摩擦因数

1. (1) 5.24 (2 分) (2) C (2 分) (3) 0.38 (2 分)

【解析】(1) 游标卡尺为 50 分度, 其精度为 0.02 mm, 由图 2 可知 $d = 5 \text{ mm} + 0.02 \text{ mm} \times 12 = 5.24 \text{ mm}$ 。

(2) 设滑块上滑的最大位移为 x , 则上滑过程有 $v_1^2 = 2a_1x =$

$2 \cdot \frac{mgsin \theta + \mu mgcos \theta}{m} \cdot x$, 滑块下滑过程有 $v_2^2 = 2a_2x = 2 \cdot$

$\frac{mgsin \theta - \mu mgcos \theta}{m} \cdot x$, 两式相除消去 x 、 g 和 m , 整理得 $\frac{v_2^2}{v_1^2} =$

$\frac{sin \theta - \mu cos \theta}{sin \theta + \mu cos \theta}$, 式子不含 g 和 m , 故不需要测量 g 和 m , A、B

错误; $v_1 = \frac{d}{\Delta t_1}$, $v_2 = \frac{d}{\Delta t_2}$, 必须测量两次遮光时间, 求出两个速

度, C 正确。

(3) 由 $\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{sin \theta - \mu cos \theta}{sin \theta + \mu cos \theta}$ 整理得 $v_2^2 = \frac{sin \theta - \mu cos \theta}{sin \theta + \mu cos \theta} v_1^2$, 则 $v_2^2 - v_1^2$

图像斜率为 $\frac{sin 37^\circ - \mu cos 37^\circ}{sin 37^\circ + \mu cos 37^\circ}$, 由图 3 可知

$\frac{sin 37^\circ - \mu cos 37^\circ}{sin 37^\circ + \mu cos 37^\circ} = \frac{2.40}{7.20}$, 解得 $\mu \approx 0.38$ 。

2. (1) $\frac{d}{t}$ (2 分) (2) D (2 分) (3) 不必 (1 分) 必须 (1 分) (4) AC (2 分)

【解析】(1) 遮光片通过光电门的平均速度可以看成滑块经过光电门的瞬时速度, 所以 $v = \frac{d}{t}$ 。

(2) 滑块由静止做匀加速直线运动, 由运动学公式有 $2ax =$

$v^2 = \frac{d^2}{t^2}$, 对滑块 (含遮光片) 受力分析, 由牛顿第二定律得

$$F - \mu Mg = Ma, a = \frac{F - \mu Mg}{M}。$$

方案一: 距离 x 保持不变, 把 a 代入运动学公式有 $\frac{d^2}{t^2} = 2x \cdot$

$\frac{F - \mu Mg}{M}$, 整理得 $F = \frac{Md^2}{2x} \cdot \frac{1}{t^2} + \mu Mg$, F 与 $\frac{1}{t^2}$ 呈线性关系。

方案二: 钩码总质量 m 保持不变, 即拉力 F 恒定, 加速度 a

不变, 由 $2ax = v^2 = \frac{d^2}{t^2}$ 变形得 $x = \frac{d^2}{2a} \cdot \frac{1}{t^2}$, x 与 $\frac{1}{t^2}$ 呈线性

关系。

所以方案一作 $F - \frac{1}{t^2}$ 图像, 方案二作 $x - \frac{1}{t^2}$ 图像, 故选 D。

(3) 方案一: $F = \frac{Md^2}{2x} \cdot \frac{1}{t^2} + \mu Mg$, 其中斜率 $k = \frac{Md^2}{2x}$, 纵截距

$b = \mu Mg$, 两式相除得 $\frac{b}{k} = \frac{2\mu gx}{d^2}$, 解出 $\mu = \frac{bd^2}{2xgk}$, 不必测出 M

(点拨: 利用斜率、纵截距联立能消去未知量时就不必

测量)。

方案二： $x = \frac{d^2}{2a} \cdot \frac{1}{t^2}$ ，只能通过斜率求出加速度 a ，再代入 $F - \mu Mg = Ma$ ，式中同时含有 M 、 μ 两个未知量，必须测出 M ，才能求解 μ 。

(4) 方案一中利用力传感器可以直接测拉力 F ，不需要钩码总质量 $m \ll M$ ，故 A 正确；遮光片越窄，平均速度越接近瞬时速度，应选用窄遮光片，故 B 错误；定滑轮与轴间的摩擦会让传感器测得的拉力 F 比滑块实际受到的拉力大，方案二由 $F - \mu Mg = Ma$ 计算出的动摩擦因数 μ 偏大，故 C 正确；若滑块有初速度，同样的距离 x 对应的到达光电门处时的速度更大，方案二由 $v^2 = 2ax$ 算出的加速度 a 偏大，由 $F - \mu Mg = Ma$ 计算出的动摩擦因数 μ 偏小，故 D 错误。

题组 4 ▶ 探究平抛运动的规律

1. (1) B (2 分) (2) A (2 分) (3) d (2 分)

【解析】(1) 甲装置中, 一个小球做平抛运动, 另一个小球同时开始做自由落体运动, 两小球总是同时落地, 只能证明平抛运动竖直方向是自由落体运动, 只能探究竖直分运动的特点, 无法研究水平分运动, 故选 B。

(2) 斜槽轨道不需要光滑, 只要保证钢球每次从同一位置由静止释放, 就能保证初速度相同, 但斜槽末端切线必须水平, 保证钢球做平抛运动, A 正确; 挡板 N 不需要等间距移动, 只要记录钢球每次击中挡板的位置即可, B 错误; 钢球必须从斜槽同一位置由静止滚下, 保证初速度不变, C

关键点

错误。

(3) 设钢球抛出时的初速度为 v_0 , 对平抛运动分解可得水

平方向上 $x = v_0 t$, 得 $t = \frac{x}{v_0}$, 竖直方向上 $y = \frac{1}{2} g t^2$, 联立可得

$y = \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2$, 可知 $y-x^2$ 图像是一条过原点的倾斜直线, 图线

斜率为 $k = \frac{g}{2v_0^2}$ 。若将钢球在斜槽 M 上的释放点的高度提高

一些, 再次由静止释放钢球, 其他步骤不变, 则钢球抛出时的初速度 v_0 变大, 使得 $y-x^2$ 图像的斜率变小, 则得到的图像变得更平缓, 对应图丙中的 d。

2. (1) $y_3 + 3y_1 = 3y_2$ (2 分) $2x_2 = x_1 + x_3$ (2 分) (2) 见解析 (2 分)

【解析】(1) 已知竖直分运动是自由落体运动, 若相邻两点间时间间隔相等, 设时间间隔为 T , 根据自由落体运动中连续相等时间内位移差恒定有 $\Delta y = gT^2$, 又根据题意得 OA 段竖直位移为 y_1 , AB 段竖直位移为 $y_2 - y_1$, BC 段竖直位移为

易错点

$y_3 - y_2$, 则 $(y_2 - y_1) - y_1 = (y_3 - y_2) - (y_2 - y_1)$, 化简得 $y_3 + 3y_1 = 3y_2$, 满足该关系说明相邻两点时间间隔相等。水平分运动如果是匀速直线运动, 相等时间内水平位移相等, 则 $x_2 - x_1 = x_3 - x_2$, 整理得 $2x_2 = x_1 + x_3$ 。

(2) a. 水流做平抛运动, 水平方向 $x = v_0 t$, 竖直方向 $y =$

$\frac{1}{2} g t^2$, 可得平抛水平射程 $x = v_0 \sqrt{\frac{2y}{g}}$ 。随着水不断流

出, 瓶内水面高度逐渐降低, 出水口处水的压强逐渐减小, 水流射出的水平初速度 v_0 逐渐减小, 而竖直下落高度 y 不变, 则水平射程 x 随之变小。

b. 持续向瓶内补充水, 保持瓶内水面高度不变, 即可维持水流初速度不变, 使水平射程稳定 (点拨: 改进方案的核心是维持出水口压强恒定, 保证水流初速度不变)。

题组5 ▶ 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系

1. (1) 8.29 (2分) (2) 0.19 (2分) (3) = (2分)

【解析】(1) 由题中连续记录 5 个脉冲, 可知 $\Delta t = (5-1)T = 3.03 \text{ s}$ (易错: 5 个脉冲之间有 4 个周期, 可以类比打点计时器打出的 5 个点之间有 4 个时间间隔), 则角速度为 $\omega_2 = \frac{2\pi}{T} \approx 8.29 \text{ rad/s}$ 。

(2) 根据牛顿第二定律得 $F = m\omega^2 r$, 则 $F - \omega^2$ 图像斜率为 mr , 结合图丙得斜率 $k = \frac{7}{12} \times \frac{1}{10} \text{ kg} \cdot \text{m}$, 解得 $m \approx 0.19 \text{ kg}$ 。

(3) 力传感器直接测出细线拉力大小, 细线的拉力大小就是向心力的真实值, 可知 $F_1 = 2.63 \text{ N}$ (易错: 2.63 N 是传感器实测值, 即真实向心力大小, 不受半径测量影响)。

2. (1) > (1分) (2) ④ (2分) (3) v^2 (2分) $\frac{kL^2}{r}$ (2分)

【解析】(1) 小钢球与挡光片同轴转动, 角速度相等 (易错: 转速相同, 角速度处处相等, 而线速度和转动半径有关), 根据 $v = \omega R$, 当 $L < r$ 时, 小钢球的线速度大于速度传感器的读数。

(2) 由向心力公式 $F = m\omega^2 r$, 挡光片线速度为 $v = \omega L$, 联立可得 $F = \frac{mr}{L^2} \cdot v^2$ (易错: 速度 v 是挡光片的速度, 而力是小球的向心力, 在计算过程中需要通过转动半径将挡光片的线速度转化为小球的角速度, 再代入向心力公式计算), $F - v$ 图像是曲线, 可知在 v 相同时, L 越大, F 越小, 所以同一横坐标 v , F 最小的图线对应最大的 L , 即图线④。

(3) 根据 $F = \frac{mr}{L^2} \cdot v^2$, 可知 F 与 v^2 成正比, 所以纵轴为 F , 横轴为 v^2 。此时图像斜率 $k = \frac{mr}{L^2}$, 可得小钢球的质量为

$$m = \frac{kL^2}{r}。$$

题组 6 ▶ 验证机械能守恒定律

1. $d\sqrt{b}$ (2分) $\frac{2g}{d^2}$ (2分)

【解析】每次在同一位置释放小球，因此小球经过光电门 1 的速度 v_1 恒定，若机械能守恒，则有 $\frac{1}{2}mv_1^2 = mgh + \frac{1}{2}mv_2^2$ ，又有 $v_2 = \frac{d}{\Delta t_2}$ ，整理可得 $\frac{1}{(\Delta t_2)^2} = -\frac{2g}{d^2} \cdot h + \frac{v_1^2}{d^2}$ ，结合图 (b) 有 $b = \frac{v_1^2}{d^2}$ ，解得 $v_1 = d\sqrt{b}$ ；在误差允许范围内，若 $k = \frac{2g}{d^2}$ 即可验证小球竖直上抛过程机械能守恒。

2. (1) ①AB (1分) ②左 (1分) $gh_2 = \frac{(h_3 - h_1)^2}{8T^2}$ (2分)

(2) mg (2分) D (2分)

【解析】(1) ①打点计时器需要接交流电源才能工作，A 必须选；需要刻度尺测量纸带上点与点之间的距离，计算下落高度和速度，B 必须选；验证机械能守恒定律的表达式为 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ，等式两边质量 m 可消掉，不需要测量质量，所以天平不需要使用，C 不选。

②重锤刚开始下落时速度小，打出的点迹密集，纸带左端点迹更密集，所以左端连接重锤。打 B 点时重锤的瞬时速度

等于 AC 段对应的平均速度，则 $v_B = \frac{h_3 - h_1}{2T}$ ，从打 O 点到打 B

点的过程中，重锤重力势能的变化量 $\Delta E_p = -mgh_2$ ，动能的

变化量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{m(h_3 - h_1)^2}{8T^2}$ ，由机械能守恒定律得

$$\Delta E_k = -\Delta E_p, \text{联立得 } gh_2 = \frac{(h_3 - h_1)^2}{8T^2}。$$

(2) 传感器示数最大时，小球位于最低点，此时重力与拉

力的合力充当向心力，列式得 $F - mg = m \frac{v^2}{L}$ ，从释放点到

最低点，根据机械能守恒定律得 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ，联立得 $F =$

$\frac{2mg}{L}h + mg$ ，可得纵截距 $b = mg$ 。存在空气阻力时，小球下

落过程要克服阻力做功，则有 $mgh - W_f = \frac{1}{2}mv_{\text{实}}^2$ ，重力势能

的减少量大于动能的增加量，即 $mgh > \frac{1}{2}mv_{\text{实}}^2$ ，到达最低点

的动能比无阻力时更小，速度减小；又 $F_{\text{实}} - mg = m \frac{v_{\text{实}}^2}{L}$ ，联

立得 $F_{\text{实}} < F_{\text{理}} = \frac{2mg}{L}h + mg$ ，即实际值小于理论值； $h = 0$ 时小

球静止,不受阻力,纵截距仍为 $b=mg$,图线起点不变;随着 h 增大,阻力做功累积,实测拉力越来越小于理论值,实线在虚线下方(点拨: h 越大,下落路程越长,阻力总功 W_f 越大,实测拉力与理论值差距越来越大),D 正确。

3. (1) ④①⑤②③ (2 分) (2) 0.40 (2 分) (3) $\frac{2mh^2}{t^2}$ (2 分)

(4) 没有 (2 分)

【解析】(1) 该实验先安装器材并测量高度,再放置铁球、开启传感器、释放铁球并记录声音振幅曲线,则正确顺序为:

④将钢尺伸出水平桌面少许,用刻度尺测出钢尺上表面与地板间的高度差 h ;①将质量为 m 的铁球放在钢尺末端;

⑤将手机置于桌面上方,运行手机中的声音“振幅”(声音传感器)项目;②迅速敲击钢尺侧面,铁球自由下落;③传感器记录下声音振幅随时间变化的曲线。

(2) 由图乙可知,第一、第二个尖峰的时间间隔为 $t = (2.05 - 1.65) \text{ s} = 0.40 \text{ s}$ 。

(3) 铁球从静止开始下落,若机械能守恒则为自由落体运动,下落高度 h 与时间 t 满足 $h = \frac{1}{2}gt^2$,落地时竖直方向的速度 $v = gt$,联立有 $v = \frac{2h}{t}$,根据机械能守恒定律,有 $mgh =$

$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{2mh^2}{t^2}$ 。

(4) 若铁球获得较小的水平速度且机械能仍守恒,其运动变为平抛运动,竖直方向仍为自由落体运动,下落时间 t 及落地时竖直方向速度 v_y 仅由高度 h 决定,与水平速度无关,水平方向以速度 v_0 做匀速直线运动,则重力势能转化为动能的关系为 $mgh = \frac{1}{2}m(v_0^2 + v_y^2) - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_y^2 =$

$\frac{1}{2}m\left(\frac{2h}{t}\right)^2$,与做自由落体运动满足的关系完全相同,因此有水平速度不影响机械能守恒定律的验证。

4. (1) 10.40 (1 分) (2) 低 (1 分) 将滑块轻放在气垫导轨

上任一位置时均能静止 (2 分) (3) 大于 (2 分) $\frac{k_0 l_0^2}{md^2}$ (2

分) $-\frac{k_0}{md^2}$ (2 分)

【解析】(1) 20 分度的游标卡尺精度为 0.05 mm,由图乙可知,主尺读数为 10 mm,游标尺上第 8 个刻度与主尺上的某一刻度对齐,因此读数为 $d = 10 \text{ mm} + 8 \times 0.05 \text{ mm} = 10.40 \text{ mm}$ 。

(2) 将滑块轻放在气垫导轨上,若发现滑块向左加速滑动,说明重力在沿导轨方向有向左的分力,即导轨左端偏

低、右端偏高,因此,应将气垫导轨右端调低。气垫导轨完全水平的标志是不受外力推拉时,滑块在导轨上能够处于平衡状态,即应调节直至将滑块轻放在气垫导轨上任一位置时均能静止。

(3) 滑块静止在位置 A 时,轻弹簧处于原长状态,将滑块向右推动使弹簧压缩 l_0 ,释放后滑块在弹簧弹力作用下先向左加速,由于弹簧一端连接滑块,滑块在导轨上做简谐运动,其振幅即为初始压缩量 l_0 ,要使滑块能到达并穿过位于 A 点左侧距离为 l 的光电门,其振幅必须大于 A 点到光电门的距离,即 l_0 必须大于 l 。滑块通过光电门时极短时间

内的平均速度可视为瞬时速度,即 $v = \frac{d}{t}$,初状态系统的弹性势能为 $\frac{1}{2}k_0l_0^2$,动能为零;末状态系统弹性势能为

$\frac{1}{2}k_0l^2$,动能为 $\frac{1}{2}mv^2$,若系统机械能守恒,则有 $\frac{1}{2}k_0l_0^2 =$

$\frac{1}{2}k_0l^2 + \frac{1}{2}mv^2$,代入 $v = \frac{d}{t}$,整理可得 $\frac{1}{t^2} = -\frac{k_0}{md^2}l^2 + \frac{k_0l_0^2}{md^2}$,作

出 $\frac{1}{t^2}-l^2$ 图像,可知纵截距为 $\frac{k_0l_0^2}{md^2}$,斜率等于 $-\frac{k_0}{md^2}$ 。

题组 7 ▶ 测重力加速度

1. (1) $\frac{2t}{N-1}$ (2 分) (2) T^2 (2 分) (3) B (2 分)

【解析】(1) 单摆每完成一次全振动, 会 2 次经过平衡位置。

从第 1 次到第 N 次经过平衡位置, 一共经过了 $\frac{N-1}{2}$ 个周

期, 总时间为 t , 因此周期 $T = \frac{t}{\frac{N-1}{2}} = \frac{2t}{N-1}$ 。

(2) 由单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, 变形得 $L = \frac{g}{4\pi^2}T^2$, 故 L 与 T^2 满足线性关系, 因此纵轴选 L 时, 横轴应选 T^2 。

(3) 钟走得偏快, 说明钟摆周期 T 偏小, 单位时间内摆动次数偏多, 根据周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, 要增大周期校准时间, 需要增大摆长 L 。摆球上移, 摆长变短, 周期更小, A 错误; 摆球下移, 摆长变长, 周期更大, 钟变慢, B 正确; 周期和摆球质量、摆角大小无关, C、D 错误。

2. (1) 4.36 (4.35~4.39 均可) (3 分) (2) C (3 分)

(3) $2b$ (3 分) 9.71 (3 分)

【解析】(1) 刻度尺分度值为 1 mm, 需估读到分度值下一位, 主尺读数为 4.3 cm, 估读读数为 0.06 cm, 总读数为 4.36 cm。

(2) 力传感器使用前必须调零, 消除自身重力带来的测量误差, A 错误; 题图 4(a) 中细绳倾斜, 细绳拉力会产生水平分力, 力传感器竖直固定, 测量的是细绳拉力的竖直分量, 示数小于细绳实际拉力, B 错误; 题图 4(b) 中细绳竖直, 细绳拉力全部沿竖直方向作用在力传感器上, 传感器示数等于细绳拉力, C 正确。

(3) 根据机械能守恒定律有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, 重锤运动到最低

点时有 $F_T - mg = \frac{mv^2}{l}$, 联立整理得 $h = \frac{l}{2mg}F_T - \frac{l}{2}$, 由题意可

得 $\frac{l}{2} = b$, 即 $l = 2b$ 。结合图像给出表达式 $h = 0.23F_T -$

0.67 (m), 得斜率 $\frac{l}{2mg} = 0.23 \text{ m/N}$, 代入 $l = 2b = 1.34 \text{ m}$, $m =$

0.3 kg , 解得 $g = \frac{1.34}{2 \times 0.3 \times 0.23} \text{ m/s}^2 \approx 9.71 \text{ m/s}^2$ 。

题组8 ▸ 验证动量守恒定律

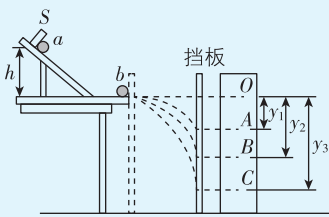
1. ①BC(1分) ② $m_1 \cdot OE = m_1 \cdot OD + m_2 \cdot OF$ (2分) $m_1 \cdot OE^2 = m_1 \cdot OD^2 + m_2 \cdot OF^2$ 或者 $OE + OD = OF$ (2分) ③BC(1分)

【解析】①A球的质量应大于B球的质量,防止A球碰后被反弹,不需要两球质量相等,A错误;轨道末端必须水平才能保证小球做平抛运动,B正确;同一组实验中,为了保证每次入射小球到达轨道末端时具有相同的速度,入射小球必须从同一位置由静止释放,C正确;只要保证小球每次到达O点的速度相同即可,轨道无须光滑,D错误。

②设碰撞前A球速度为 v_0 ,对应水平射程 OE ,碰撞后A球速度为 v_1 ,对应水平射程 OD ,碰撞后B球速度为 v_2 ,对应水平射程 OF ,小球在空中做平抛运动,运动时间 t 相等,水平方向由 $v = \frac{x}{t}$,可知水平射程与速度大小成正比。由碰撞前后动量守恒,有 $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$,替换成射程为 $m_1 \cdot OE = m_1 \cdot OD + m_2 \cdot OF$ 。若两球发生弹性碰撞,有 $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$,替换成射程为 $m_1 \cdot OE^2 = m_1 \cdot OD^2 + m_2 \cdot OF^2$,联立可得 $OE + OD = OF$ 。

③弹性碰撞满足动量守恒和碰撞前后动能相等,即 $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$, $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$,推导得 $v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_0$, $v_2 = \frac{2m_1 v_0}{m_1 + m_2}$,代入 $x_1 = OE = v_0 t$, $x_2 = OF = v_2 t$,整理得 $\frac{x_1}{x_2} = \frac{m_1 + m_2}{2m_1} = \frac{1}{2} + \frac{m_2}{2m_1}$ 。仅改变 m_1 , m_1 增大时, $\frac{x_1}{x_2}$ 减小,逐渐趋近于 $\frac{1}{2}$,A错误,B正确;仅改变 m_2 , $\frac{x_1}{x_2}$ 随 m_2 增大线性增大,纵截距为 $\frac{1}{2} > 0$,C正确,D错误。

模型变式 小球打竖直挡板的情况



①根据平抛运动规律可知,碰前a球的速度以及碰后a、b两球的速度分别可表示为 $v_0 = x \sqrt{\frac{g}{2y_2}}$, $v_1 = x \sqrt{\frac{g}{2y_3}}$, $v_2 = x \sqrt{\frac{g}{2y_1}}$,若两球碰撞前后动量守恒,取向右为正方向,根据动量守恒定律有 $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$,将速度表达式代入化简解得 $\frac{m_1}{\sqrt{y_2}} = \frac{m_1}{\sqrt{y_3}} + \frac{m_2}{\sqrt{y_1}}$ 。

②若两小球发生的是弹性碰撞,则碰撞过程机械能守恒,有 $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$,结合动量守恒定律表达式化简推导可得 $v_0 + v_1 = v_2$,将速度表达式代入化简解得 $\frac{1}{\sqrt{y_2}} + \frac{1}{\sqrt{y_3}} = \frac{1}{\sqrt{y_1}}$ 。

2. (1) ③乙(1分) ④M(1分) (2) $4x_{OP} = 4x_{OM} + x_{ON}$ (2分)
1(2分) 变小(2分)

【解析】(1) ③确定平均落点时, 应画出尽可能小的圆把所有有效落点包围在内, 圆心代表小球平均落点 (点拨: 偏离主群体的离群点属于操作失误导致的无效点, 应舍去), 因此最合理的是乙。

④ $m_A = 4m_B$, A 碰撞 B 后, A 不会反弹, 但速度减小; 平抛高度相同, 运动时间 t 相同, 水平位移 $x = vt$, 速度越小则水平位移越小。碰撞前 A 落点为 P, 碰撞后 A 速度变小, 水平位移更小, 故 A 落点为 M; 被碰小球 B 落点为 N。

(2) 设碰撞前小球 A 的速度为 v_0 , 碰撞后小球 A、B 的速度分别为 v_1 、 v_2 , 碰撞过程动量守恒, 满足 $m_A v_0 = m_A v_1 + m_B v_2$, 平抛运动下落时间 t 相同, 平抛的水平速度满足 $v =$

$\frac{x}{t}$, 故有 $m_A \frac{x_{OP}}{t} = m_A \frac{x_{OM}}{t} + m_B \frac{x_{ON}}{t}$, 将 $m_A = 4m_B$ 代入, 整理得

$4x_{OP} = 4x_{OM} + x_{ON}$ 。若小球 A、B 的碰撞是弹性碰撞, 则同时

满足系统碰撞前后的动能相等, 即 $\frac{1}{2} m_A v_0^2 = \frac{1}{2} m_A v_1^2 +$

$\frac{1}{2} m_B v_2^2$, 代入 $m_A = 4m_B$, 结合平抛的初速度满足 $v = \frac{x}{t}$, 联

立得 $4x_{OP}^2 = 4x_{OM}^2 + x_{ON}^2$, 结合 $4x_{OP} = 4x_{OM} + x_{ON}$, 解得 $3x_{OP}^2 +$

$5x_{OM}^2 - 8x_{OP} \cdot x_{OM} = 0$, 可得 $x_{OM} = \frac{3}{5} x_{OP}$, $x_{ON} = \frac{8}{5} x_{OP}$, 故

$\frac{x_{ON} - x_{OM}}{x_{OP}} = 1$ (快解: 在一动碰一静的弹性碰撞中, $v_1 =$

$\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_0$, $v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_0$ 。将 v_0 、 v_1 、 v_2 分别替换为 x_{OP} 、 x_{OM} 、

x_{ON} 直接化简, 解得 $x_{ON} - x_{OM} = x_{OP}$, 故 $\frac{x_{ON} - x_{OM}}{x_{OP}} = 1$)。白纸左

移, 使得 x_{OP} 、 x_{OM} 、 x_{ON} 的测量值均变大, 设白纸水平向左移

动的距离为 Δx , 则新的测量值满足 $x'_{OP} = x_{OP} + \Delta x$, $x'_{ON} = x_{ON} +$

Δx , $x'_{OM} = x_{OM} + \Delta x$, 故测量得到的数据满足 $\frac{x'_{ON} - x'_{OM}}{x'_{OP}} =$

$\frac{x_{ON} - x_{OM}}{x_{OP} + \Delta x} < 1$, 即新测量得到的比值较白纸移动前变小。

3. (1) 20.6(2分) (2) $<$ (2分)

(3) $m_1 \sqrt{g(2L+d)(1-\cos \theta_1)}$ (2分)

$m_2 x \sqrt{\frac{g}{2h}} - m_1 \sqrt{g(2L+d)(1-\cos \theta_2)}$ (2分)

【解析】(1) 主尺读数为 2.0 cm = 20 mm, 10 分度游标卡尺精度为 0.1 mm, 游标尺第 6 格刻度与主尺对齐, 故读数为 $d = 20 \text{ mm} + 6 \times 0.1 \text{ mm} = 20.6 \text{ mm}$ 。

(2) 实验要求 A 球与 B 球发生正碰, 且 A 球碰后反弹向左摆。设水平向右为正方向, 由碰撞前后动量守恒、能量守恒

有 $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$, $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 \geq \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$, 解得 $v_1 \geq$

$\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_0$, $v_2 \leq \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_0$, A 球碰后反弹向左摆, 则 $v_1 < 0$, 故

$m_1 < m_2$ 。

(3) 细线悬挂点到 A 球上端的距离为 L , 小球半径为 $\frac{d}{2}$, 故

球心到悬点的距离为 $L + \frac{d}{2}$, 即为有效摆长。取水平向右为

正方向, A 球从悬线与竖直方向夹角为 θ_1 处由静止释放, 由

机械能守恒定律有 $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = m_1 g \left(L + \frac{d}{2} \right) (1 - \cos \theta_1)$, 解得

$v_0 = \sqrt{2g \left(L + \frac{d}{2} \right) (1 - \cos \theta_1)}$, 碰前系统动量大小即 A 球的

动量大小为 $p_1 = m_1 v_0 = m_1 \cdot \sqrt{g(2L+d)(1-\cos \theta_1)}$; A 球碰

后向左摆到悬线与竖直方向夹角为 θ_2 处, 同样由机械能守

恒定律有 $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = m_1 g \left(L + \frac{d}{2} \right) (1 - \cos \theta_2)$, 解得 $v_1 =$

$-\sqrt{2g \left(L + \frac{d}{2} \right) (1 - \cos \theta_2)}$, B 球做平抛运动, 下落高度

h , 水平位移 x , 有 $h = \frac{1}{2} g t^2$, $x = v_2 t$, 解得 $v_2 = x \sqrt{\frac{g}{2h}}$, $p_2 =$

$m_2 v_2 + m_1 v_1 = m_2 x \sqrt{\frac{g}{2h}} - m_1 \sqrt{g(2L+d)(1-\cos \theta_2)}$ 。

4. (1) 需要(2分) (2) $\frac{t_2}{t_1}$ (2分) (3) b 线下方(2分)

$(m_1 + m_2) t_3 = (m_1 - m_2) t_1$ (2分)

思路导引 碰撞后, 两物体均做匀减速直线运动, 减速到零。在位移—时间图像中, 通过位移和时间均可以求出初速度, 而图中只给了时间关系, 需要将动量守恒换算成与时间相关的表达式。

【解析】(1) 本实验中为了使得小滑块 A 到达 O 点时的速度相同, 则小滑块 A 从圆弧轨道上由静止释放的位置需要相同。

(2) 滑块在水平桌面上滑动时, 由 $\mu mg = ma$, $v = at$, 可得 $v \propto t$, 可知碰前 A 的速度 v_0 与碰后 A 、 B 的共同速度 v 之比为

$\frac{v_0}{v} = \frac{t_1}{t_2}$, 若动量守恒, 则满足 $m_1 v_0 = (m_1 + m_2) v$, 可得

$\frac{m_1}{m_1 + m_2} = \frac{t_2}{t_1}$ 。

(3) 取水平向右为正方向, 根据小滑块 A 与 B 发生完全弹性碰撞, 可知 $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$, $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 +$

$\frac{1}{2}m_2v_2^2$, 解得 $v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_0$, $v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}v_0$, 由于 $m_1 > m_2$, 可知

$v_1 < v_0 = \frac{m_1 v_0}{m_1 + m_2}$, A 做减速运动的加速度大小仍为 $a = \mu g$, 根据

$x = \frac{v_1^2}{2a} < \frac{v_0^2}{2a}$, 可知此后小滑块 A 的 $x-t$ 图像应在图乙中 b 线

下方; 设碰后小滑块 A 停止的时刻为 t_3 , 则 $\frac{v_0}{v_1} = \frac{t_1}{t_3}$, 则 $\frac{v_1}{v_0} =$

$\frac{t_3}{t_1} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$, 当满足表达式 $(m_1 + m_2)t_3 = (m_1 - m_2)t_1$ 时, 则

验证了小滑块 A 和 B 发生弹性碰撞。

题组9 ▶ 观察电容器充、放电现象

1. (1) 限制充电电流, 保护电路 (2 分) 越长 (2 分) (2) 等于 (2 分)

【解析】(1) 电容器充电时, 定值电阻 R_0 的作用是限制充电电流, 保护电路, 即防止充电电流过大损坏元件。曲线 a 对应的回路电阻是 R_1 , 曲线 b 对应的回路电阻是 R_1 与 R_2 并联的总电阻 $R_{\text{总}}$, 根据并联电路的性质可知 $R_{\text{总}} < R_1$, 由题图 2 可知, 曲线 a 放电更慢, 所以电容器放电时, 回路电阻越大, 放电时间越长。

(2) $I-t$ 图像与坐标轴围成的面积表示电容器放电过程中放出的总电荷量, 两次充电的电压 U 相同且电容器的电容 C 不变, 由 $Q=CU$ 可知, 电容器两次放电过程中放出的总电荷量相等, 则两条曲线与坐标轴围成的面积相等, 有 $S_a=S_b$ 。

2. (1) 充电 (2 分) 3. 2×10^{-4} (2 分) (2) a (2 分)
(3) ABD (2 分)

【解析】(1) 开关 S 拨至 1 处, 电源对电容器充电, 所以该过程为充电。 $I-t$ 图像与时间轴围成的面积代表电容器积累的电荷量 Q , 每个方格对应的电荷量 $\Delta q = 0.2 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0.4 \text{ s} = 8 \times 10^{-5} \text{ C}$, 总面积约 40 格, 则总电荷量 $Q \approx 40 \times \Delta q = 3.2 \times 10^{-3} \text{ C}$, 电源电压 $U = 10.0 \text{ V}$, 电容 $C = \frac{Q}{U} = 3.2 \times 10^{-4} \text{ F}$ 。

(2) 根据 $I = \frac{U}{R}$ 可知, 在电压相同时, 电阻阻值越小, 电流越大, 电容器开始放电时, 电压相同, 因此电阻阻值越小则对应的电流越大, 因此对应电阻阻值较小的曲线为 a 。

(3) 根据电容的定义式可知 $U-Q$ 图像的斜率 $k = \frac{1}{C}$, 即斜率越大, 电容越小, A 正确; 类比 $v-t$ 图像与横轴围成的面积

关键点

表示位移, 则 $U-Q$ 图像与横轴围成的面积代表克服电场力所做的功, 所以搬运 Δq 的电荷量, 克服电场力所做的功近似等于 Δq 上方小矩形的面积, B 正确; 电容器储存的能量等于把电荷从一个极板搬运到另一个极板过程中克服电场力所做的功, 也等于 $U-Q$ 图像与横轴所围的面积, 即 $E = \frac{1}{2}QU$, 又 $U = \frac{Q}{C}$, 解得 $E = \frac{1}{2}CU^2$, 可以看出, 对同一电容器, 电容器储存的能量 E 与电容器两极板间电压 U 的平方成正比, C 错误; 根据 $U = \frac{Q}{C}$, $E = \frac{1}{2}CU^2$, 联立可得 $E =$

$$\frac{Q^2}{2C}, \text{若电容器电荷量为 } \frac{Q}{2}, \text{则储存的能量为 } E' = \frac{\left(\frac{Q}{2}\right)^2}{2C} = \frac{Q^2}{4 \times 2C} = \frac{E}{4}, \text{D 正确。}$$

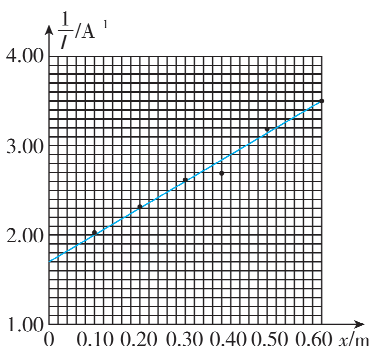
题组 10 ▶ 测量未知电阻、电阻率

1. (1) 0.438 (0.437~0.439 均可) (2 分) (2) 见解析 (2 分)

$$\frac{k\pi Ed^2}{4} \text{ (2 分)}$$

【解析】(1) 根据螺旋测微器的读数规则, $d = 0 + 43.8 \times 0.01 \text{ mm} = 0.438 \text{ mm}$ 。

(2) 用直尺画一条直线, 使大部分点落在直线上, 不在直线上的点均匀分布在直线两侧, 舍弃偏离过大的点, 如图所示。



设 aP 间的电阻为 R_x , 有 $R_x = \rho \frac{x}{S}$, 其中 $S = \frac{1}{4}\pi d^2$, 代入得

$$R_x = \rho \frac{4x}{\pi d^2}, \text{ 由闭合电路欧姆定律有 } E = I(R_0 + r + R_x), \text{ 整理得}$$

$$\frac{1}{I} = \frac{4\rho}{E\pi d^2}x + \frac{R_0 + r}{E} \text{ (关键: 根据闭合电路欧姆定律及电阻定}$$

律整理成 $\frac{1}{I} - x$ 的一次函数形式, 抓住图像斜率和电阻率的

联系求解), 结合图像可得斜率 $k = \frac{4\rho}{E\pi d^2}$, 得 $\rho = \frac{k\pi Ed^2}{4}$ 。

2. (1) 0.155 (0.154~0.156 均可) (1 分) (2) 24 (1 分)

(3) ① A_2 (1 分) R_2 (1 分) ② 见解析 (2 分) ③ 20.0 (2 分)

【解析】(1) 螺旋测微器的分度值为 0.01 mm , 可知 $d = 0 + 15.5 \times 0.01 \text{ mm} = 0.155 \text{ mm}$ 。

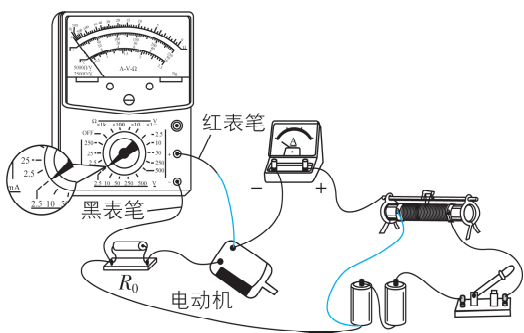
(2) 挡位为“ $\times 1$ ”, 指针指在 24 处, $R_x = 24 \Omega$ 。

(3) ① 通过电流表的最大电流约为 $I_m = \frac{E}{R_x + R_0 + r} =$

$$\frac{3}{24 + 60 + 1} \text{ A} \approx 0.0353 \text{ A} = 35.3 \text{ mA}, \text{ 故应选择的电流表为}$$

A_2 。电路图为分压式接法, 优先选最大阻值小的滑动变阻器, 便于调节, 故滑动变阻器选 R_2 。

② 根据电路图连接实物图, 如图所示。



③根据欧姆定律有 $U = (R_0 + R_x)I$, 结合图像斜率有 $R_0 + R_x = \frac{2.0}{25 \times 10^{-3}} \Omega = 80.0 \Omega$, 解得 $R_x = 20.0 \Omega$ 。

3. (1) E (1分) (2) $1.5R_0$ (2分) 大 (2分) (3) 大 (1分)
5 000 (2分)

【解析】(1) 滑动变阻器总阻值为 20Ω , 要使电压表满偏, 滑动变阻器下方两接线柱间电压需大于 0.5 V , 当定值电阻阻值为 40Ω 时, 滑动变阻器可达到所需电压, 所以定值电阻应选 E。

(2) 由电压表示数为 300 mV , 可知电阻箱两端电压为 200 mV , 由串联分压之比等于电阻之比得 $R_V = 1.5R_0$ 。电阻箱接入电路电阻变大后, 电阻箱和电压表总阻值变大, 两端电压变大, 所以电阻箱分压大于 200 mV , 因此电压表内阻实际值小于 $1.5R_0$, 故测量值偏大。

(3) 改装表表头示数偏大, 说明改装表表头分压偏大, 由串联分压之比等于电阻之比, 电阻箱电阻应调大; 改装表表头示数为 200 mV 时, 标准表的读数为 1 V , 所以电阻箱分压为 800 mV , 由串联分压之比等于电阻之比得, 电阻箱阻值为改装表表头阻值的四倍, 表头阻值为 $1\,000 \Omega$, 若将改装表表头改装为量程为 3 V 的电压表, 表头分压 500 mV 时, 电阻箱应分压 $2\,500 \text{ mV}$, 故电阻箱接入阻值应为 $5\,000 \Omega$ 。

一题多解 (3) 改装表表头示数偏大, 本质是电流较大, 电阻箱阻值增大可减小电流。

4. (1) 150 (2分) 偏大 (2分) (2) 152 (2分) (3) 40 (2分)

【解析】(1) 此时电表的读数为 15, 处在“ $\times 10$ ”挡位, 故读数为 $R_x = 15 \times 10 \Omega = 150 \Omega$; 调零后内阻为 $R_{\text{内}} = \frac{E}{I_g}$, 此时测量

定值电阻时电路电流 $I = \frac{E}{R_{\text{内}} + R_x} = \frac{I_g R_{\text{内}}}{R_{\text{内}} + R_x} = \frac{I_g}{1 + \frac{R_x}{R_{\text{内}}}}$, 电源电动

势变小, 对应调零后内阻变小, 对应测量时电路电流变小, 指针偏转程度偏小, 测量值比真实值偏大。

(2) 由电桥平衡方程 $\frac{R_2}{R_3} = \frac{R_4}{R_x}$, 整理得 $R_x = \frac{R_4}{R_2} R_3 = \frac{190}{25} \times 20 \Omega = 152 \Omega$ 。

(3) 机器人感受到最大压力时, 电路内电流最大, 为电流表的量程 10 mA , 此时电路中总电阻为 $R = \frac{E}{I_{\max}} = \frac{1.5}{10 \times 10^{-3}}\ \Omega = 150\ \Omega$, R_x 与 R_4 串联, 这时 $R_x = R - R_4 = 150\ \Omega - 110\ \Omega = 40\ \Omega$, 由题图丁可知此时对应的压力约为 40 N 。

快解

(1) 由 $R_{\text{内}} = \frac{E}{I_g}$, 中值电阻由电动势和电流表的满偏电流决定。电源电动势减小时, 中值电阻减小, 指针所指的示数大于实际电阻值。

题组 11 ▶ 测量电源电动势、内阻

1. (1) e (1 分) (2) 3.60 (2 分) 0.17 (2 分)

(3) 电压表 (2 分)

【解析】(1) 本实验中电源内阻较小, 电动势不大, 选择最大阻值较小的滑动变阻器 R_1 调节更方便, 测量精度更高, 故选 e。

(2) 根据闭合电路欧姆定律, 图甲电路满足 $E = U + I(R_0 + r)$, 整理得 $U = E - I(R_0 + r)$, $U-I$ 图像的纵截距等于电动势 E , 由图乙可得纵截距为 3.60 V, 即 $E = 3.60$ V。图像斜率

的绝对值 $k = R_0 + r$, 计算得 $k = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \left| \frac{2.6 - 3.6}{0.46} \right| \Omega \approx$

2.17 Ω , 已知 $R_0 = 2.00 \Omega$, 因此 $r = k - R_0 = 0.17 \Omega$ 。

(3) 图甲电路中, 电压表存在分流作用, 电流表读数小于干路的真实电流, 因此误差来源于电压表的分流。

关键点拨 在测量电源电动势和内阻的实验中, 不管什么实验方案(伏安法, 安阻法, 伏阻法, 补偿法), 其基本原理都是闭合电路欧姆定律, 电压应为路端电压, 电流为干路电流, 因此伏安法中的滑动变阻器为限流式接法。

2. (1) 5 (2 分) (2) $\frac{1}{a}$ (2 分) $\frac{k}{a} - R_0$ (2 分) (3) $<$ (2 分)

【解析】(1) 由题意可知, 一个电芯的电动势约为 $E = \frac{400}{15 \times 8} \approx 3.33$ V, 为了更加精确地测量, 图甲中电压表量程应该选 5 V。

(2) 根据闭合电路欧姆定律可得 $E = \frac{U}{R}(R_0 + r) + U$, 整理可得

$\frac{1}{U} = \frac{R_0 + r}{E} \cdot \frac{1}{R} + \frac{1}{E}$, 则 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图像的纵截距为 $a = \frac{1}{E}$, 解得

$E = \frac{1}{a}$, 斜率为 $k = \frac{R_0 + r}{E}$, 解得 $r = \frac{k}{a} - R_0$ 。

(3) 如果考虑电压表的内阻, 则 $E_{\text{真}} = \left(\frac{U}{R} + \frac{U}{R_V} \right) (R_0 + r) +$

U , 整理可得 $\frac{1}{U} = \frac{R_0 + r}{E_{\text{真}}} \cdot \frac{1}{R} + \frac{1}{E_{\text{真}}} \left(\frac{R_0 + r}{R_V} + 1 \right)$, 此时图线纵截

距为 $a = \frac{1}{E_{\text{真}}} \left(\frac{R_0 + r}{R_V} + 1 \right)$, 又 $\frac{1}{E_{\text{测}}} = a$, 所以 $E_{\text{测}}$ 小于 $E_{\text{真}}$ 。

3. (1) 1.45 (2 分) 1.50 (2 分) (2) 偏小 (2 分) (3) D (2 分)

【解析】(1) 根据闭合电路欧姆定律, 本电路满足 $U = E - I(R_0 + r)$, 因此 $U-I$ 图像的纵截距等于电源电动势 E , 由图 2 可得 $E = 1.45$ V。图像斜率的绝对值 $k = R_0 + r$, 计算得 $k =$

$\left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \frac{1.45 - 0.70}{0.30} \Omega = 2.5 \Omega$, 已知 $R_0 = 1 \Omega$, 因此电源内阻

$r = k - R_0 = 2.5 \Omega - 1 \Omega = 1.50 \Omega$ 。

(2) 电流表测量的电流小于干路实际电流, 测量得到的内阻实际上是电源内阻与定值电阻串联后与电压表内阻的并联电阻(点拨: 将电压表和电源、定值电阻整体等效为新的电源), 因此内阻测量值小于真实值, 即测量值偏小。

(3) 对图 3 电路, 由闭合电路欧姆定律得 $E = I(R + r + R_A)$, 整理得 $\frac{1}{I} = \frac{1}{E}R + \frac{r + R_A}{E}$, 因此 $\frac{1}{I} - R$ 图像中斜率 $k = \frac{1}{E}$ 。

其中图线 a 斜率更大, 因此 $\frac{1}{E_a} > \frac{1}{E_b}$, 得 $E_a < E_b$ 。令 $\frac{1}{I} = 0$, 得图线与横轴交点横坐标 $R = -r - R_A$, 图 4 中两图线延长线交于横轴同一点, 说明交点横坐标相同, 因此 $r_a = r_b$, D 正确。

4. (1) B(1 分) C(1 分) D(1 分) (2) 1.47 V(2 分)
0.08 Ω (2 分) (3) 1.3 W(2 分)

【解析】(1) 没有电压表, 故需要把小量程电流表 A_1 串联定值电阻 R_0 , 改装成电压表, 所以 a 位置接入 B; b 位置测干路大电流, 选用大量程电流表 A_2 , 故接入 C; 干电池内阻很小, 滑动变阻器选最大阻值小的 R_1 , 调节方便, 便于多次测量, 故选 D。

(2) 改装后电压表电压 $U = I_1(R_{g1} + R_0)$, 两节电池总电动势为 $2E$, 总内阻为 $2r_0$, 已知 R_0 所在支路电流可忽略, 干路电流近似为 I_2 。由闭合电路欧姆定律得 $2E = I_1(R_{g1} + R_0) + 2I_2r_0$, 则有 $I_1 = \frac{2E}{R_{g1} + R_0} - \frac{2r_0}{R_{g1} + R_0}I_2$, 由图像可得 $2.94 \times 10^{-3} \text{ A} =$

$\frac{2E}{R_{g1} + R_0}, 0.16 \times 10^{-3} = \frac{2r_0}{R_{g1} + R_0}$, 解得 $E = 1.47 \text{ V}, r_0 = 0.08 \Omega$
(易错: 电路图中电源是两节干电池, 要求单节干电池的电动势和内阻, 因此表达式中电动势和内阻均是 2 倍)。

(3) 设通过单个电阻的电流为 I , 两个电阻并联, 总电流 $I_{\text{总}} = 2I$, 由闭合电路欧姆定律有 $E = U + I_{\text{总}} \cdot r_0$, 代入数值有 $1.47 \text{ V} = 1.31I^2 + 0.16I \text{ (V)}$, 解得通过单个电阻的电流为 $I = 1 \text{ A}$, 单个电阻的电压为 $U = 1.31 \text{ V}$, 因此单个电阻的实际功率为 $P = UI = 1.31 \times 1 \text{ W} \approx 1.3 \text{ W}$ 。

题组 12 ▶ 探究变压器原、副线圈匝数比与电压的关系

1. (1)AD(2分) (2)C(2分) (3)>(2分)

【解析】(1)变压器的工作原理是电磁感应,需要变化的电流产生变化的磁场,因此电源必须使用交流电源,图 A 为学生电源(含交流输出),图 B 为干电池(直流),A 正确,B 错误;测量变压器线圈两端的电压需要使用交流电压表,图 C 为直流电压表,图 D 为多用电表(可测交流电压),C 错误,D 正确。

(2)已知 $n_b = 2n_a$,如果是理想变压器,有 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$,实际中存在损耗,根据表格数据可知 $U_b > 2U_a$,可知 U_b 为原线圈电压,原线圈的匝数为 n_b ,副线圈的匝数为 n_a ,且原线圈为高压侧,副线圈为低压侧。在变压器设计中,为了减小电阻损耗,低压大电流线圈使用较粗导线,高压小电流线圈使用较细导线,C 正确。

(3)理想变压器无漏磁,原、副线圈磁通量变化率相同,电压比等于匝数比。实际变压器存在漏磁,原线圈产生的磁场磁感线只有一部分穿过副线圈,即 $\Phi_1 > \Phi_2$,则 $\frac{U_1}{U_2} > \frac{n_1}{n_2}$ 。

2. (1)B(1分) (2)4、5(1分) 3、6(1分) (3)C(2分)

(4) $\frac{16R_1R_2}{R_2+4R_1}$ (2分)

【解析】(1)变压器的工作原理是互感现象,需要原线圈输入变化的电流(即交流电源)才能在副线圈产生感应电压,题图 B 接的是交流输出端。

(2)已测得匝数为 n (3、4 间)、 $2n$ (5、6 间)的副线圈电压,要得到一组新的不同匝数的数据,可将两个副线圈顺向串联,即连接 4、5 使两个线圈串联,总匝数为 $3n$,再在 3、6 间接入交流电压表测量总电压。

(3)由于实际变压器存在漏磁,则 $\frac{U_0}{U_1} > 4$, $\frac{U_0}{U_2} > 2$,故选 C。

(4)设原线圈电压为 U ,原线圈总功率等于两个副线圈功率之和,即 $\frac{U^2}{R} = \frac{U_1^2}{R_1} + \frac{U_2^2}{R_2}$,其中 $U_1 = \frac{n}{4n} \cdot U$, $U_2 = \frac{2n}{4n} \cdot U$,解得

等效电阻 $R = \frac{16R_1R_2}{R_2+4R_1}$ 。

关键点拨 一对多的变压器,可以把副线圈的电阻视为

并联的关系, R_1 等效电阻为 $\frac{n_0^2}{n_1^2}R_1$, R_2 等效电阻为 $\frac{n_0^2}{n_2^2}R_2$ 。

题组 13 ▶ 传感器与自动控制电路

1. (1) c (2 分) 电流表内阻已知, 采用内接法可消除系统误差 (2 分) (2) 19.5 (2 分) (3) 8.25 (2 分)

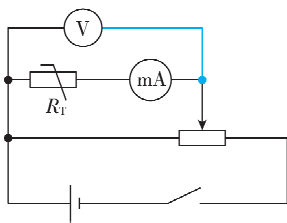
【解析】(1) 本题中电流表内阻已知, 伏安法测电阻时, 若采用电流表内接法, 电压表测量电流表和气压传感器的总电压, 可通过计算减去电流表内阻得到准确的传感器电阻, 消除电流表分压带来的系统误差, 因此 M 端接 c 。

(2) M 端接 c 时, 电压表读数是气压传感器和电流表的总电压, 由欧姆定律得 $R_{p1} + R_A = \frac{U}{I}$, 代入 $U = 2.0 \text{ V}$ 、 $I = 0.1 \text{ A}$ 、 $R_A = 0.5 \Omega$, 解得 $R_{p1} = 19.5 \Omega$ 。

(3) 由图 1 及题意可知, 集气室的气压 $p = p_0 + \rho gh = 1.06 \times 10^5 \text{ Pa}$, 从图 3 可得, 当 $p = 1.06 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时, 气压传感器的电阻 $R_{p2} = 5 \Omega$, 电路中气压传感器、电流表与电阻箱串联, 控制电路并联在 R 两端, 当 R 两端电压 $U_R = 6 \text{ V}$ 时关闭进水, 此时气压传感器和电流表的总电压为 $U' = E - U_R = 4 \text{ V}$, 由串联电路电流相等有 $\frac{U_R}{R} = \frac{U'}{R_{p2} + R_A}$, 代入数据解得 $R = 8.25 \Omega$ 。

2. (1) ①见解析 (1 分) ② R_1 (1 分) ③ 1.0 (2 分) 9.1 (1 分) (2) 2 (2 分) 调大 R_3 的阻值 (1 分)

【解析】(1) ①因毫安表的内阻已知, 则采用电流表内接法, 电路如图;



②滑动变阻器为分压式接法, 为了测量更多组数据, 则选用阻值较小的 R_1 更适合电路调节;

③根据欧姆定律可知 $R_T = \frac{U}{I} - R_A = \frac{8.4}{8.0 \times 10^{-3}} \Omega - 50 \Omega = 1.0 \text{ k}\Omega$, 由图甲可知在热敏电阻温度为 27°C 时标称阻值为 $1.1 \text{ k}\Omega$, 则与厂家标称值相对误差为 $\left| \frac{1.1 - 1.0}{1.1} \right| \times 100\% \approx 9.1\%$ 。

(2) 由图甲可知, 温度达到 30°C 时热敏电阻的阻值为 $R'_T = 1.0 \text{ k}\Omega$, 则当 a 、 b 两点电势相等时有 $\frac{R'_T}{R_4} = \frac{R_3}{R_5}$, 解得电阻箱阻值为 $R_3 = 2 \text{ k}\Omega$ 。实验过程中, 发现加热器温度达到 31.5°C 时停止加热, 说明在温度达到 30°C 时 a 点电势低

于 b 点电势,为了让加热器在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时停止加热,则需要升高 a 点电势,即降低热敏电阻两端电势差 U_T ,则由 $\frac{R'_T}{R'_T+R_3} = \frac{U_T}{E}$ 可知,应调大 R_3 的阻值。

题组 14 ▶ 电表内阻的测量、电表改装

1. (1) R_{P1} (2 分) R_2 (2 分) (2) 2.40 (2 分) (3) 2.0 (2 分)

【解析】(1) 实验中滑动变阻器采用分压式接法, 应选用最大阻值较小的滑动变阻器, 所以为了尽可能精确测量, 滑动变阻器应该选用 R_{P1} ; 由于电阻箱接入电路之后与电压表串联, 实验过程中需电压表的示数改变明显, 所以电阻箱应选择阻值范围较大的 R_2 。

(2) 量程为 3 V 的电压表分度值为 0.1 V, 读数时需要估读到分度值的下一位, 所以此时电压表的示数为 2.40 V。

(3) 滑动变阻器阻值远小于电压表内阻, 因此电压表、电阻箱串联后和滑动变阻器滑片左侧部分并联时, 总电阻近似为滑片左侧部分电阻, 之后滑动变阻器滑片位置不变, 可视为分压不变, 滑片左侧部分的电压仍为 2.40 V。由欧姆定律可知, 电压表示数 U 与电阻箱阻值 R 的关系为 $2.40 \text{ V} =$

$U + \frac{U}{R_V} R$, 变形有 $\frac{1}{U} = \left(\frac{1}{2.40 R_V} R + \frac{1}{2.40} \right) \text{V}^{-1}$, 则 $\frac{1}{U} - R$ 图像的

斜率为 $k = \frac{1}{2.40 R_V} \text{V}^{-1} \cdot \text{k}\Omega^{-1} = \frac{\frac{1}{1.20} - \frac{1}{2.40}}{2.0} \text{V}^{-1} \cdot \text{k}\Omega^{-1} =$

$\frac{1}{4.80} \text{V}^{-1} \cdot \text{k}\Omega^{-1}$, 解得电压表的内阻为 $R_V = 2.0 \text{ k}\Omega$ 。

2. (3) $\frac{b}{k}$ (2 分) $\frac{1}{k}$ (2 分) (4) ① A (1 分) ② 2 (1 分)

③ 4 000 (2 分)

【解析】(3) 由题意有 $U = I(R_A + R)$, 所以 $\frac{1}{I} = \frac{1}{U} R + \frac{R_A}{U}$, 所以

有 $\frac{1}{U} = k$, $\frac{R_A}{U} = b$, 解得 $R_A = \frac{b}{k}$, $U = \frac{1}{k}$ 。

(4) ① 电阻表中电流从黑表笔流出, 经待测电阻后, 从红表笔流进电阻表, 黑表笔与内部电源正极相连, 红表笔与内部电源负极相连, 因此图中 A 接的是红表笔。

② 电阻表内阻越大, 中值电阻越大, 电阻表的倍率越

大, 根据闭合电路欧姆定律, 电阻表内阻 $R_{\text{内}} = \frac{E'}{I_g}$, 根据

并联电路分流规律可知, 与表头所在支路并联的支路电阻越大, 该支路的最大电流越小, 回路中满偏电流越小, 则电阻表内阻越大, 当 S 接 2 时, 满偏电流较小, 内阻较大, 为 “ $\times 100$ ” 挡位。

③ 根据闭合电路欧姆定律, 在 “ $\times 100$ ” 挡位进行欧姆调零后, 在两表笔间接入阻值为 $1\,000 \Omega$ 的定值电阻 R_4 , 稳定后

电流表的指针偏转到满偏角度的 $\frac{2}{3}$, 有 $E' = I_g R_{\text{内}} =$

$\frac{2}{3}I_g(R_{\text{内}}+R_4)$; 在两表笔间接入待测电阻 R_x , 稳定后电流表的指针偏转到满偏角度的 $\frac{1}{3}$, 可知有 $E' = \frac{1}{3}I_g(R_{\text{内}} + R_x)$, 联立解得 $R_x = 4\ 000\ \Omega$ 。

题组 15 ▶ 等温条件下一定质量气体压强与体积的关系

1. (1) 温度(2分) $p-\frac{1}{V}$ (2分) (2) AB(2分)

【解析】(1) 本实验的前提条件是温度不变、封闭气体质量一定,人手温度高于环境温度,手握注射器含空气柱的部分会改变气体温度,因此该操作是为了控制气体温度不变。

若压强 p 与体积 V 成反比,则 p 与 $\frac{1}{V}$ 成正比,可作 $p-\frac{1}{V}$ 图线,若为过原点的直线,可以更直观验证反比关系。

(2) 若封闭气体质量相同,环境温度不同时,根据理想气体状态方程得 $pV=CT$,温度越低, pV 越小,符合图像规律,故 A 正确;若环境温度相同,封闭气体质量不同时,根据理想气体状态方程得 $pV=CT$,气体质量越小, C 越小, pV 越小,符合图像规律,故 B 正确;若气密性不佳,实验过程中封闭气体质量会持续变化,得到的图线不会符合反比例关系,与题干矛盾,故 C 错误。

2. (1) BC(2分) (2) $\frac{1}{V}$ (2分) ②(2分)

(3) $\frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{p_1 - p_2}$ (2分)

【解析】(1) 为了确保气体的温度不变,实验中不能用手握注射器推拉活塞,并且要缓慢推动活塞,A 错误,B 正确;活塞上均匀涂抹润滑油是为了让气体密封良好,防止漏气,C 正确。

(2) 根据玻意耳定律有 $pV=C$,变形有 $p=\frac{C}{V}$,可知为直观反映压强与体积之间的关系,若以 p 为纵坐标,则应以 $\frac{1}{V}$ 为横坐标在坐标系中描点作图,此时的图像是一条过原点的倾斜直线;实验中压缩气体时,由测得数据发现 p 与 V 的乘积值越来越小,即在压强一定时,测量的体积值小于理论图像对应的体积值,则横坐标 $\frac{1}{V}$ 的测量值大于其理论值,即图像相对于理论图像向下偏,可知用上述方法作出的图线应为图乙中的②。

(3) 根据玻意耳定律有 $p_1(V_1 - \Delta V) = p_2(V_2 - \Delta V)$,解得 $\Delta V = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{p_1 - p_2}$ 。

题组 16 ▶ 测量玻璃折射率

1. (1) CD (2 分) (2) $\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$ (2 分) (3) $\frac{d_1+d_2}{d_3}$ (2 分)

【解析】(1) 为了减小作图误差, C 和 D 的距离应适当大些, 故 A 错误; 要先画好直线 a , 用玻璃砖的一边对准直线 a 后用三角板轻贴玻璃砖的另一边, 移去玻璃砖后再画出另外一条直线 a' , 故 B 错误; 根据光的可逆性可知, 不论光以多大角度从 a 边射入, 经两次折射后都能从 a' 边射出, 故 C 正确; 若误将玻璃砖的两边对应直线 a 、 a' 间距画得偏小, 如图 1 所示, 入射角没有变化, 但折射角的测量值偏小, 故折射率测量值偏大, 故 D 正确。

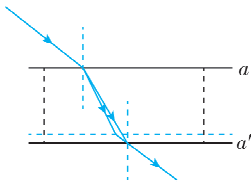


图 1

(2) 根据题意, 由折射定律可得折射率 $n_1 = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$ 。

(3) 根据折射定律有 $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$, 设 $hO = eD = d$, 如图 2 所示,

由几何关系可得 $\sin \alpha = \frac{d}{d_3}$, $\sin \beta = \frac{d}{d_1+d_2}$, 联立解得

$$n = \frac{d_1+d_2}{d_3}。$$

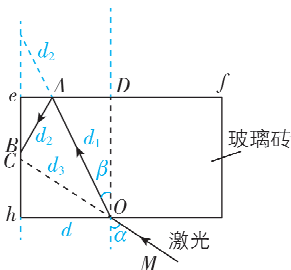


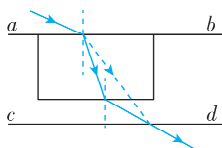
图 2

2. (1) 1.6 (2 分) (2) 偏小 (2 分) 不变 (2 分)

【解析】(1) 玻璃的折射率 $n = \frac{\sin \angle AOB}{\sin \angle DOC} = \frac{\frac{AB}{AO}}{\frac{CD}{CO}} = \frac{AB}{CD} = \frac{8}{5} = 1.6$ 。

(2) 在题图乙中分别作出实际光路图 (图中实线) 和以 ab 、 cd 为界面的实验光路图 (图中虚线), 比较实际光路图与实验光路图的折射角, 可知折射角测量值偏大, 则甲同学折射率的测量值偏小; 题图丙中玻璃砖形状对折射率的测量无影响, 即乙同学测得的折射率与真实值相

比不变。



题组 17 ▶ 力学创新实验

1. (2) ①控制变量法(2分) ② $\frac{1}{8}gt^2$ (2分) (3) $\sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$ (2分)
(5) 8.0~9.5 psi(2分)

【解析】(2) ①实验中保持篮球、释放高度、反弹平面不变,只改变球内气体压强,研究反弹高度与球内压强的关系,该方法为控制变量法。

②前两次撞击的时间间隔 t 是篮球第一次反弹后上升到最高点再落回地面的总时间,竖直上抛运动上升和下落时间

对称,下落时间为 $\frac{t}{2}$,根据自由落体运动规律有 $h_2 =$

$$\frac{1}{2}g\left(\frac{t}{2}\right)^2 = \frac{1}{8}gt^2。$$

(3) 篮球下落过程有 $v_1^2 = 2gh_1$,篮球上升过程,可以看成自由落体运动的逆过程,有 $v_2^2 = 2gh_2$,根据题意可知,恢复系

$$数 e = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}。$$

(5) 由题图乙可知,当反弹高度为 1.25 m 时,对应的球内气压为 8.0 psi,反弹高度为 1.45 m 时,对应的球内气压为 9.5 psi,所以理想的球内气体压强范围为 8.0~9.5 psi。

2. (1) 水平(2分) (4) D(2分) (5) 等于(2分)

【解析】(1) 为了减少其他力的影响,使小球与压力传感器之间的力在水平方向,长木板要调至水平状态。

(4) 设遮光条宽度为 d ,小球的质量为 m ,规定向右为正方向,则该过程小球的动量变化量 $\Delta p = m \frac{d}{\Delta t_B} - m \frac{d}{\Delta t_A}$,该过程

小球所受合力冲量 $I = Ft$,根据动量定理有 $I = \Delta p$,联立可得

$$Ft = md \left(\frac{1}{\Delta t_B} - \frac{1}{\Delta t_A} \right), \text{因此验证动量定理需绘制 } Ft -$$

$\left(\frac{1}{\Delta t_B} - \frac{1}{\Delta t_A} \right)$ 图像,若图像为过原点的直线则动量定理成立,故选 D。

(5) 小车受空气阻力和摩擦阻力时,小球的实际合力仍等于传感器示数 F ,因此动量增加量 $\Delta p = Ft$ 。

器材溯源 光电门、遮光条常应用于探究加速度与力、质量的关系和验证机械能守恒定律等力学实验;本题利用这套测速器材搭配压力传感器,验证动量定理。

3. (1) 10(2分) (2) D(2分) (3) 实线(2分)

【解析】(1) 一个周期内比重计上的标注点与浮标会等高 2 次,从第 0 次开始计数,故当比重计上的标注点与浮标等高

20 次时,经过了 10 个周期。

(2) 根据图 (b), 所得图线斜率约为 -2 , 故 $\ln \rho$ 与 $\ln T$ 之间的关系近似满足 $\ln \rho = -2 \ln T + C$, 其中 C 为常数, 可以推知

ρ 与 T 之间的近似关系为 $\rho \propto \frac{1}{T^2}$, 故选 D。

(3) 当比重计平衡后, 给它一个向下推力, 设比重计会下沉 x , 然后在浮力的作用下, 再上浮, 比重计往复小幅振动时变

化的浮力 $F = -\rho g \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 x$, 满足 $F = -kx$, 回复力系数为 $k =$

$\rho g \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2$, 证明此振动为简谐运动, 所有简谐运动的周期

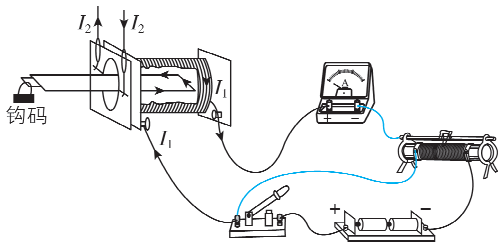
均与其振幅无关, 所以图像不变仍为实线。

题组 18 ▶ 电磁学创新实验

1. (1) 见解析(1分) (2) ①B(1分) ②2.0(2分)

③1.60(2分) (3) $\frac{kmg}{L_b}$ (2分)

【解析】(1) 要求电流表读数从零开始变化, 滑动变阻器采用分压式接法, 如图所示。



(2) ①螺线管内部磁场沿轴线水平, U 形导线中 L_a 段电流与磁场平行, 不受安培力; L_b 段电流与磁场垂直, 受到竖直方向的安培力, 平衡时钩码总重力与 L_b 段所受安培力大小相等, 故选 B。

②由 $N-I_2$ 图像可得, 斜率数值 $k = \frac{\Delta N}{\Delta I_2} = \frac{5-0}{2.5-0} = 2.0$ 。

③电流表量程为 3 A, 分度值为 0.1 A, 需要估读到下一位, 由图可知读数为 1.60 A。

(3) 钩码的重力与 L_b 段导线所受到的安培力平衡时, 满足

$Nmg = BI_2L_b$, 整理得 $N = \frac{BL_b}{mg}I_2$, 因此 $N-I_2$ 图线斜率 $k =$

$\frac{BL_b}{mg}$, 解得 $B = \frac{kmg}{L_b}$ 。

2. (1) 远大于(1分) ②48.0(1分) ③小于(1分)

(2) ②仍使灵敏电流计的示数为零(1分) ③1.44(2分)

1.33(2分) 没有(1分)

【解析】(1) 用半偏法测量灵敏电流计 G 的内阻, 为减小系统误差, 使闭合开关 S_2 前后, 干路电流不变, 应使滑动变阻器 R_1 的阻值远大于 R_g , 且能使电流计达到满偏, 电源也应选电动势较大的。

②闭合 S_2 前后认为干路电流不变, 调节电阻箱 R_2 , 使得 G 的示数为 $\frac{1}{2}I_g$, 此时流过电阻箱 R_2 的电流也为 $\frac{1}{2}I_g$, 故电流计内阻与电阻箱的阻值相等, 则 G 的内阻 $R_g = 48.0 \Omega$ 。

③闭合开关时电流计与电阻箱并联, 电路总电阻减小, 由闭合电路欧姆定律可知, 干路电流变大, 当电流计半偏时流过电阻箱的电流大于流过电流计的电流, 电阻箱阻值小于电流计内阻, 实验认为电流计内阻等于电阻箱阻值, 则电流计内阻的测量值小于真实值。

(2) ②③根据实验原理, 每次改变 R_1 、 R_2 的阻值, 都应使灵敏电流计 G 的示数为零, 则灵敏电流计上下两端点电势相等, 则始终有 $E = U + Ir$, 变形可得 $U = E - Ir$, 可得图丁中纵截

距表示电源电动势 $E = 1.44 \text{ V}$, 内阻为 $r = \frac{1.44 - 0.8}{0.48} \Omega \approx$

1.33Ω , 本实验中电流表测干路电流, 电流计两端电势相等, 电压表示数等于路端电压, 电表内阻对电源内阻的测量没有影响。

3. (1) 不均匀(1分) (2) 8.0(2分) (3) 3.0(2分) 10(2分) (4) 大于(2分)

【解析】(1) 根据闭合电路欧姆定律可得 $I = \frac{E}{r + R_{\text{滑}} + R}$, 可知

电流不是随着 R 线性变化的, 而 R 随着 F (等于 mg) 线性变化, 所以电流不是随着物体的质量 m 线性变化, 则质量刻度是不均匀的。

(2) 由图(c)可知该图线的斜率为 $k = \frac{2}{10} \text{ kg} \cdot \text{A} =$

$0.2 \text{ kg} \cdot \text{A}$, 纵轴截距为 $b = -2 \text{ kg}$, 所以 m 与 $\frac{1}{I}$ 的函数关系

式为 $m = \frac{0.2}{I} - 2 (\text{kg})$, 当电流 $I = 20 \text{ mA} = 0.02 \text{ A}$ 时, 代入上

式解得物体的质量为 $m = 8.0 \text{ kg}$ 。

(3) 由图(a)可知力敏电阻的阻值 R 与压力 F 的函数关系

式为 $R = \frac{3}{2}F + 10 (\Omega)$, 又因为秤盘上放置质量为 m 的物体

时, 根据受力平衡与牛顿第三定律可知压力 $F = mg$, 代入上式得到力敏电阻 R 与秤盘上放置物体质量 m 的关系式为

$R = \frac{3}{2}mg + 10 (\Omega) = 15m + 10 (\Omega)$, 设电源的电动势为 E , 滑

动变阻器接入电路的阻值为 $R_{\text{滑}}$, 在图(b)中根据闭合电路

欧姆定律有 $E = I(r + R_{\text{滑}} + R)$, 代入数据有 $E = I(10 + R_{\text{滑}} +$

$15m + 10) (\text{V}) = I(15m + 20 + R_{\text{滑}}) (\text{V})$, 变形得 $m = \frac{E}{15} \cdot \frac{1}{I} -$

$\frac{20 + R_{\text{滑}}}{15} (\text{kg})$, 结合上面得到的 m 与 $\frac{1}{I}$ 的函数关系式 $m =$

$\frac{0.2}{I} - 2 (\text{kg})$, 可得数学关系为 $\frac{E}{15} = 0.2 + \frac{20 + R_{\text{滑}}}{15} = 2$, 所以电源的

电动势为 $E = 3.0 \text{ V}$, 滑动变阻器接入电路的阻值 $R_{\text{滑}} = 10 \Omega$ 。

(4) 若电源电动势减小, 内阻变大, 进行了步骤 a 操作, 当

测量时, 由于电源电动势减小, 导致电流测量值偏小, 力敏电阻测量值偏大, 质量测量结果偏大。

器材溯源

滑动变阻器、电阻、电流表等器材是电学实验的核心器材。本实验结合力敏电阻的力电转换特性, 把力学信号转化为电学信号, 是闭合电路欧姆定律在传感器类问题中的创新应用。