

重庆市 2022 年普通高中学业水平选择性考试

物理

【试题评析】

2022 年高考重庆普通高中学业水平选择性考试物理试题依据新课标考查要求，注重突出物理学科主干内容、联系生产生活实际，注重科学思维等关键能力的考查。试题合理选取实际情境，促进对学生核心素养的培养，引导考生综合能力提升，促进学生科学思维和正确价值观念的形成，助力素质教育。

2022 年高考重庆普通高中学业水平选择性考试物理试题主要有以下三个特点：

1. 试题创设联系生产生活实际、科学技术进步的真实情境，在具体的情境中考查学生对物理本质的理解。例如，第 1 题以吸附在竖直玻璃上质量为 m 的擦窗工具切入，考查摩擦力、物体平衡条件等基础知识，第 2 题以采用平行板电容器测量材料竖直方向尺度随温度变化的装置切入，考查电容器动态变化。

2. 试题考查学生建立物理模型，灵活运用所学物理知识解决实际问题的能力，促进学生核心素养的培养和发展。例如，第 3 题以低压卤素灯铭牌切入，需要根据理想变压器相关知识点解答；第 14 题，以青蛙捉飞虫的游戏切入，需要建立平抛运动模型，对分析解决实际问题的能力要求较高。

3. 实验题源于教材，而又灵活创新。物理学是以科学实验为基础，任何理论，都需要经过反复的科学实验验证，物理实验是培养学生物理学科素养的重要途径和方式。2022 年高考重庆高中学业水平选择性考试物理在实验原理的理解、实验方案的设计、实验仪器的选择、基本仪器的使用、实验数据的处理、实验结论的得出和解释、实验创新等方面加强设计，第 11 题探究热敏电阻，第 12 题探究动量守恒两道实验题均来源于教材，而又不同于教材实验，充分发挥对高中实验教学的积极导向作用，引导教学重视实验探究，切实提升实验能力。

综观整个试题，基础题，中等题占比较大，但是每一个题都不拘一格，看似“普通”，实则都对考生思维能力和科学素养考查，对高考选拔都有效度和信度。例如：选择题第 13 题，压轴题第 18 题，综合性强，具有一定难度，可有效提升试题的区分度，增加高考选拔的效度和信度。

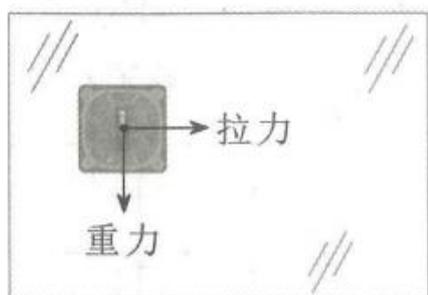
【物理解析】

注意事项：

1. 作答前，考生务必将自己的姓名、考场号、座位号填写在试卷的规定位置上。
2. 作答时，务必将答案写在答题卡上，写在试卷及草稿纸上无效。
3. 考试结束后，将答题卡、试卷、草稿纸一并交回。

一、单项选择题：本题共 7 小题，每小题 4 分，共 28 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。

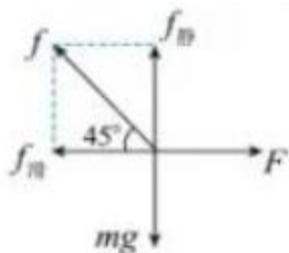
1. 如图所示，吸附在竖直玻璃上质量为 m 的擦窗工具，在竖直平面内受重力、拉力和摩擦力（图中未画出摩擦力）的共同作用做匀速直线运动。若拉力大小与重力大小相等，方向水平向右，重力加速度为 g ，则擦窗工具所受摩擦力（ ）



- A. 大小等于 mg B. 大小等于 $\sqrt{2}mg$
C. 方向竖直向上 D. 方向水平向左

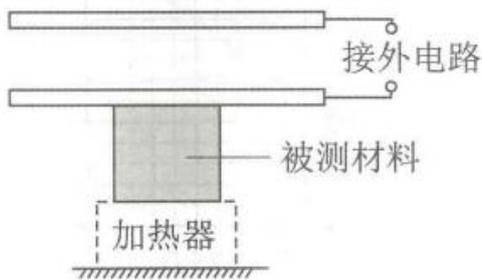
【参考答案】B

【名师解析】对擦窗工具受力分析如图。



水平方向拉力与擦窗工具所受滑动摩擦力等大反向，竖直方向重力与擦窗工具所受静摩擦力等大反向，所以擦窗工具所受摩擦力方向如图，大小为 $f = \sqrt{f_{\text{滑}}^2 + f_{\text{静}}^2} = \sqrt{2}mg$ ，选项 B 正确。

2. 如图为某同学采用平行板电容器测量材料竖直方向尺度随温度变化的装置示意图，电容器上极板固定，下极板可随材料尺度的变化上下移动，两极板间电压不变。若材料温度降低时，极板上所带电荷量变少，则（ ）



- A. 材料竖直方向尺度减小 B. 极板间电场强度不变
C. 极板间电场强度变大 D. 电容器电容变大

【参考答案】A

【名师解析】由于两极板间电压不变，若材料温度降低时，极板上所带电荷量变少，由 $C=Q/U$ 可知电容 C 减小，选项 D 错误；极板上所带电荷量变少，根据电荷决定电场可知，极板间电场强度减小，BC 错误；电容 C

减小，根据平行板电容器决定式， $C=\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ，可知 d 增大，材料竖直方向尺度减小，选项 A 正确。

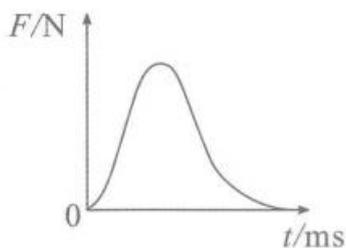
3. 低压卤素灯在家庭电路中使用时需要变压器降压。若将“12V 50W”的交流卤素灯直接通过变压器（视为理想变压器）接入电压为 220V 的交流电后能正常工作，则（ ）

- A. 卤素灯两端的电压有效值为 $6\sqrt{2}V$
B. 变压器原、副线圈的匝数比为 55 : 3
C. 流过卤素灯的电流为 0.24A
D. 卤素灯的电阻为 968Ω

【参考答案】B

【名师解析】低压卤素灯铭牌所标数值为交流电压有效值，即卤素灯两端的电压有效值为 12V，选项 A 错误；根据变压器变压公式，变压器原、副线圈的匝数比为 $n_1:n_2=220:12=55:3$ ，选项 B 正确；流过卤素灯的电流为 $I=P/U=50/12\approx 4.17A$ ，选项 C 错误；由欧姆定律 $I=U/R$ 可得卤素灯正常工作时的电阻为 $R=U/I=2.9\Omega$ ，选项 D 错误。

4. 在测试汽车的安全气囊对驾乘人员头部防护作用的实验中，某小组得到了假人头部所受安全气囊的作用力随时间变化的曲线（如图）。从碰撞开始到碰撞结束过程中，若假人头部只受到安全气囊的作用，则由曲线可知，假人头部（ ）

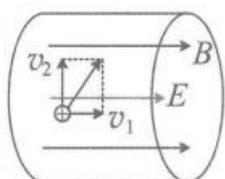


- A. 速度的变化量等于曲线与横轴围成的面积 B. 动量大小先增大后减小
 C. 动能变化正比于曲线与横轴围成的面积 D. 加速度大小先增大后减小

【参考答案】D

【名师解析】若假人头部只受到安全气囊的作用，则所受安全气囊的作用力随时间变化的曲线与横轴所围面积表示合外力冲量，由动量定理可知作用力随时间变化的曲线与横轴所围面积也表示动量的变化量，选项 AB 错误；由动能与动量的关系可知，动能变化与动量变化不是成正比，所以动能变化不是正比于曲线与横轴围成的面积，选项 C 错误；由牛顿第二定律可知，加速度大小先增大后减小，选项 D 正确。

5. 2021 年中国全超导托卡马克核聚变实验装置创造了新的纪录。为粗略了解等离子体在托卡马克环形真空室内的运动状况，某同学将一小段真空室内的电场和磁场理想化为方向均水平向右的匀强电场和匀强磁场(如图)，电场强度大小为 E ，磁感应强度大小为 B 。若某电荷量为 q 的正离子在此电场和磁场中运动，其速度平行于磁场方向的分量大小为 v_1 ，垂直于磁场方向的分量大小为 v_2 ，不计离子重力，则 ()

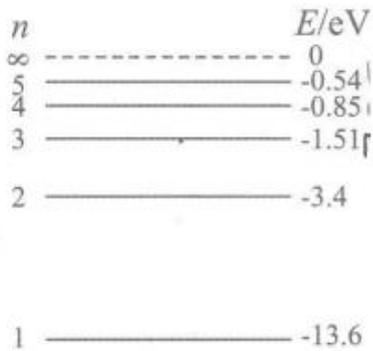


- A. 电场力的瞬时功率为 $qE\sqrt{v_1^2 + v_2^2}$ B. 该离子受到的洛伦兹力大小为 qv_1B
 C. v_2 与 v_1 的比值不断变大 D. 该离子的加速度大小不变

【参考答案】D

【名师解析】根据功率公式， $P=Fv\cos\theta$ ，电场力的瞬时功率为 $P=qEv_1$ ，选项 A 错误；由于 v_1 与磁场磁感应强度方向平行，该离子受到的洛伦兹力大小为 $f=qv_2B$ ，选项 B 错误；根据运动分解与合成，可知离子在垂直于磁场方向做匀速圆周运动，在平行磁场、电场方向做加速运动，即 v_2 不变， v_1 增大， v_2 与 v_1 的比值不断变小，选项 C 错误；离子受到的洛伦兹力大小不变，电场力不变，由牛顿第二定律可知，该离子的加速度大小不变，选项 D 正确。

6. 如图为氢原子的能级示意图。已知蓝光光子的能量范围为 $2.53 \sim 2.76\text{eV}$ ，紫光光子的能量范围为 $2.76 \sim 3.10\text{eV}$ 。若使处于基态的氢原子被激发后，可辐射蓝光，不辐射紫光，则激发氢原子的光子能量为 ()



- A. 10.20eV B. 12.09eV C. 12.75eV D. 13.06eV

【参考答案】C

【名师解析】由题意可知，处于基态的氢原子被激发后，可辐射蓝光，不辐射紫光，则由蓝光光子能量范围可知氢原子从 $n=4$ 能级向低能级 ($n=2$) 跃迁可以辐射蓝光，则需要激发氢原子到 $n=4$ 能级，所以激发氢原子的光子能量为 $\Delta E = E_4 - E_1 = (-0.85\text{eV}) - (-13.6\text{eV}) = 12.75\text{eV}$ ，选项 C 正确。

7. 如图 1 所示，光滑的平行导电轨道水平固定在桌面上，轨道间连接一可变电阻，导体杆与轨道垂直并接触良好（不计杆和轨道的电阻），整个装置处在垂直于轨道平面向上的匀强磁场中。杆在水平向右的拉力作用下先后两次都由静止开始做匀加速直线运动，两次运动中拉力大小与速率的关系如图 2 所示。其中，第一次对应直线①，初始拉力大小为 F_0 ，改变电阻阻值和磁感应强度大小后，第二次对应直线②，初始拉力大小为 $2F_0$ ，两直线交点的纵坐标为 $3F_0$ 。若第一次和第二次运动中的磁感应强度大小之比为 k 、电阻的阻值之比为 m 、杆从静止开始运动相同位移的时间之比为 n ，则 k 、 m 、 n 可能为 ()

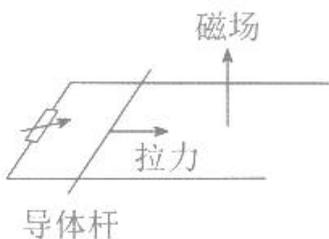


图 1

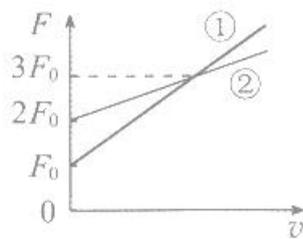


图 2

- A. $k = 2, m = 2, n = 2$ B. $k = 2\sqrt{2}, m = 2, n = \sqrt{2}$
 C. $k = \sqrt{6}, m = 3, n = \sqrt{2}$ D. $k = 2\sqrt{3}, m = 6, n = 2$

【参考答案】C

【名师解析】由题意，杆在水平向右的拉力作用下先后两次都由静止开始做匀加速直线运动，则在 $v=0$ 时分别有， $F_0=ma_1$ ， $2F_0=ma_2$ ，

设第一次和第二次运动中，杆从静止开始运动相同位移的时间分别为 t_1 和 t_2 ，则有

$$x = \frac{1}{2} a_1 t_1^2, \quad x = \frac{1}{2} a_2 t_2^2, \quad t_1:t_2 = n$$

联立解得： $n = \sqrt{2}$

第一次和第二次运动中，所受安培力 $F_A = BIL = \frac{B^2 L^2 v}{R}$ ，根据牛顿第二定律，

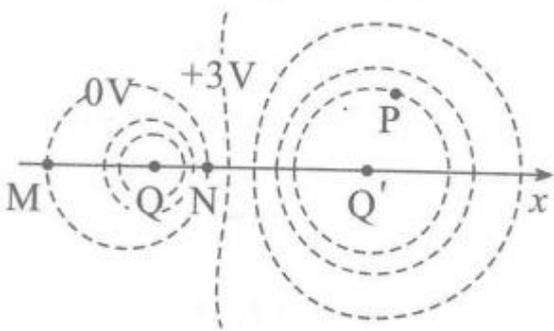
$$F - F_A = ma, \quad \text{即 } F = ma + \frac{B^2 L^2 v}{mR}$$

由此可知，拉力大小 F 与速率 v 的关系图像斜率为 $\frac{B^2 L^2}{mR}$ ，由第一次和第二次运动 F 与速率 v 的关系图像斜率

之比为 2:1，可得 $\frac{B_1^2 R_2}{R_1 B_2^2} = 2$ ，即 $\frac{k^2}{m} = 2$ ，可以取 $k^2 = 6$ ， $m = 3$ ，所以选项 C 正确。

二、多项选择题：本题共 3 小题，每小题 5 分，共 15 分。在每小题给出的四个选项中，有多项符合题目要求。全部选对的得 5 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

8. 如图为两点电荷 Q 、 Q' 的电场等势面分布示意图， Q 、 Q' 位于 x 轴上，相邻等势面的电势差为 3V。若 x 轴上的 M 点和 N 点位于 0V 等势面上， P 为某等势面上一点，则 ()



- A. N 点的电场强度大小比 M 点的大
- B. Q 为正电荷
- C. M 点的电场方向沿 x 轴负方向
- D. P 点与 M 点的电势差为 12V

【参考答案】AD

【名师解析】根据等差等势面越密电场强度越大，可知 N 点的电场强度大小比 M 点的大，选项 A 正确；根据

沿电场线方向电势降低，可知 M 点的电场方向沿 x 轴正方向， Q 为负电荷，选项 BC 错误；根据相邻等势面的电势差为 $3V$ ，可知 P 点与 M 点的电势差为 $4 \times 3V = 12V$ ，选项 D 正确。

9. 我国载人航天事业已迈入“空间站时代”。若中国空间站绕地球近似做匀速圆周运动，运行周期为 T ，轨道半径约为地球半径的 $\frac{17}{16}$ 倍，已知地球半径为 R ，引力常量为 G ，忽略地球自转的影响，则 ()

A. 漂浮在空间站中的宇航员不受地球的引力

B. 空间站绕地球运动的线速度大小约为 $\frac{17\pi R}{8T}$

C. 地球的平均密度约为 $\frac{3\pi}{GT^2} \left(\frac{16}{17}\right)^3$

D. 空间站绕地球运动的向心加速度大小约为地面重力加速度的 $\left(\frac{16}{17}\right)^2$ 倍

【参考答案】BD

【名师解析】漂浮在空间站中的宇航员受地球的引力，选项 A 错误；根据题述，空间站绕地球做匀速圆周运动的轨道半径约为地球半径的 $\frac{17}{16}$ 倍，即 $r = \frac{17}{16}R$ 。

根据匀速圆周运动规律， $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{17\pi R}{8T}$ ，选项 B 正确；

设空间站的质量为 m ，空间站绕地球做匀速圆周运动，万有引力提供向心力， $G \frac{Mm}{r^2} = mr \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$ ， $r = \frac{17}{16}R$ ，

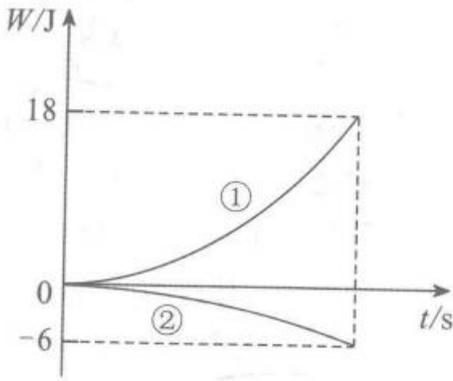
地球平均密度 $\rho = M/V$ ， $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ ，联立解得 $\rho = \frac{3\pi}{GT^2} \left(\frac{17}{16}\right)^3$ ，选项 C 错误；

根据万有引力定律和牛顿第二定律， $G \frac{Mm}{r^2} = ma$ ， $r = \frac{17}{16}R$ ，在地球表面， $G \frac{Mm}{R^2} = mg$ ，联立解得： $\frac{a}{g} = \left(\frac{16}{17}\right)^2$ ，

所以空间站绕地球运动的向心加速度大小约为地面重力加速度的 $\left(\frac{16}{17}\right)^2$ 倍，选项 D 正确。

10. 一物块在倾角为 45° 的固定斜面上受到方向与斜面平行、大小与摩擦力相等的拉力作用，由静止开始沿斜面向下做匀变速直线运动，物块与斜面间的动摩擦因数处处相同。若拉力沿斜面向下时，物块滑到底端的过程

中重力和摩擦力对物块做功随时间的变化分别如图曲线①、②所示，则（ ）



- A. 物块与斜面间的动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{2}}{3}$
- B. 当拉力沿斜面向上，重力做功为 9J 时，物块动能为 3J
- C. 当拉力分别沿斜面向上和向下时，物块的加速度大小之比为 1 : 3
- D. 当拉力分别沿斜面向上和向下时，物块滑到底端时的动量大小之比为 $1:\sqrt{2}$

【参考答案】BC

【名师解析】

对物体受力分析可知，平行于斜面向下的拉力大小等于滑动摩擦力，有 $F=f=\mu mg\cos 45^\circ$

由牛顿第二定律 $mg\sin 45^\circ = ma_2$ ，可知，物体下滑的加速度为 $a_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}g$

当拉力沿斜面向下时，物块滑到斜面底端的过程中重力和摩擦力对物块做功为

$$W_{G1} = mg \cdot \frac{1}{2} a_2 t^2 \cdot \sin 45^\circ = \frac{mg^2}{4} t^2$$

$$W_f = -\mu mg \cos 45^\circ \cdot \frac{1}{2} a_2 t^2 = -\frac{\mu mg^2}{4} t^2$$

代入数据联立解得： $\mu = 1/3$ ，选项 A 错误。

当拉力沿斜面向上，由牛顿第二定律， $mg\sin 45^\circ - F - f = ma_1$ ，解得 $a_1 = \frac{\sqrt{2}}{6}g$

当拉力分别沿斜面向上和向下时，物块的加速度大小之比为 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{3}$ ，选项 C 正确；

当拉力沿斜面向上时，重力做功为 $W_{G2} = mg \sin 45^\circ \cdot x = \frac{mg^2}{4} t^2$

合外力做功 $W_{\text{合}} = ma_2 \cdot x$

$$\text{二者比值 } \frac{W_{G2}}{W_{\text{合}}} = \frac{g \sin 45^\circ}{a_2} = 3$$

由此可知，当拉力沿斜面向上，重力做功为9J时，合外力做功3J，由动能定理可知，物块动能为3J，选项C正确；

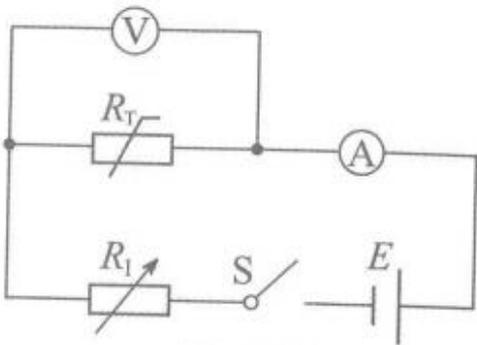
物块滑到底端时的动量大小为 $p = mv = m\sqrt{2ax}$

当拉力分别沿斜面向上和向下时，动量的大小之比为 $\frac{p_1}{p_2} = \sqrt{\frac{a_1}{a_2}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ ，选项D错误。

三、非选择题：共57分。第11~14题为必考题，每个试题考生都必须作答。第15~16题为选考题，考生根据要求作答。

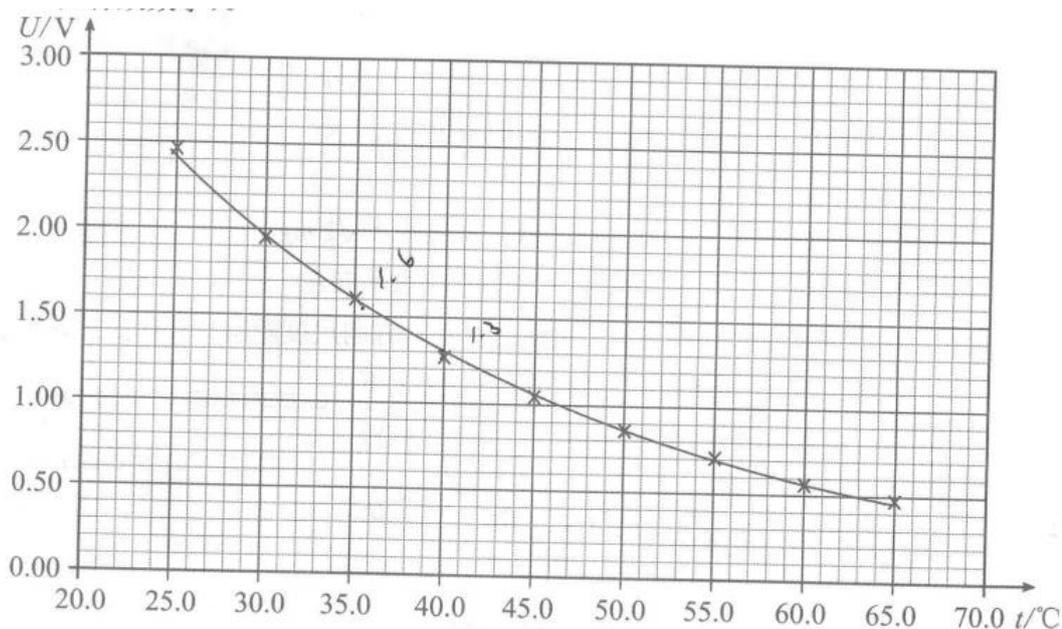
(一) 必考题：共45分。

11. (6分) 某兴趣小组研究热敏电阻在通以恒定电流时，其阻值随温度的变化关系。实验电路如图所示，实验设定恒定电流为 $50.0\mu\text{A}$ ，主要实验器材有：恒压直流电源 E 、加热器、测温仪、热敏电阻 R_T 、可变电阻 R_1 、电流表 A 、电压表 V 。



(1) 用加热器调节 R_T 的温度后，为使电流表的示数仍为 $50.0\mu\text{A}$ ，须调节_____ (选填一种给定的实验器材)。当 R_T 两端未连接电压表时，电流表示数为 $50.0\mu\text{A}$ ；连接电压表后，电流表示数显著增大，须将原电压表更换为内阻_____ (选填“远大于”“接近”“远小于”) R_T 阻值的电压表。

(2) 测得 R_T 两端的电压随温度的变化如图所示，由图可得温度从 35.0°C 变化到 40.0°C 的过程中， R_T 的阻值随温度的平均变化率是_____ $\text{k}\Omega \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ (保留2位有效数字)。



11 【参考答案】. ① 可变电阻 R_1 ②. 远大于 ③. 1.2

【名师解析】(1) 恒压直流电源 E 输出电压不变, 用加热器调节 R_T 的温度后, 为使电流表的示数仍为 $50.0\mu\text{A}$, 须调节可变电阻 R_1 。

连接电压表后, 电流表示数显著增大, 说明电压表与热敏电阻并联后的电阻显著减小, 由并联电阻公式

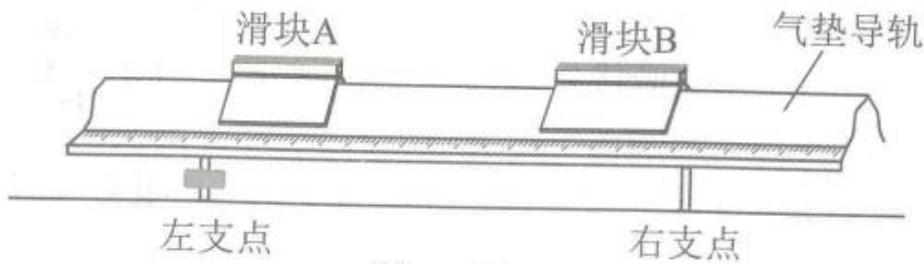
$$R_{\text{并}} = \frac{R_T R_V}{R_T + R_V} = \frac{R_T}{\frac{R_T}{R_V} + 1}$$

由此可知, 须将原电压表更换为内阻远大于 R_T 阻值的电压表。

(2) 由图可得温度为 35.0°C , 电压表示数为 1.6V , 实验设定恒定电流为 $50.0\mu\text{A}$, 由欧姆定律可得此温度热敏电阻的电阻值为 $32\text{k}\Omega$; 温度为 40.0°C , 电压表示数为 1.3V , 实验设定恒定电流为 $50.0\mu\text{A}$, 由欧姆定律可得此温度热敏电阻的电阻值为 $26\text{k}\Omega$; 温度从 35.0°C 变化到 40.0°C 的过程中, R_T 的阻值随温度的平均变化率

是 $\frac{\Delta R_T}{\Delta t} = \frac{26-32}{5} \text{ k}\Omega \cdot ^\circ\text{C}^{-1} = -1.2 \text{ k}\Omega \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, 负号表示随着温度升高热敏电阻的阻值减小。

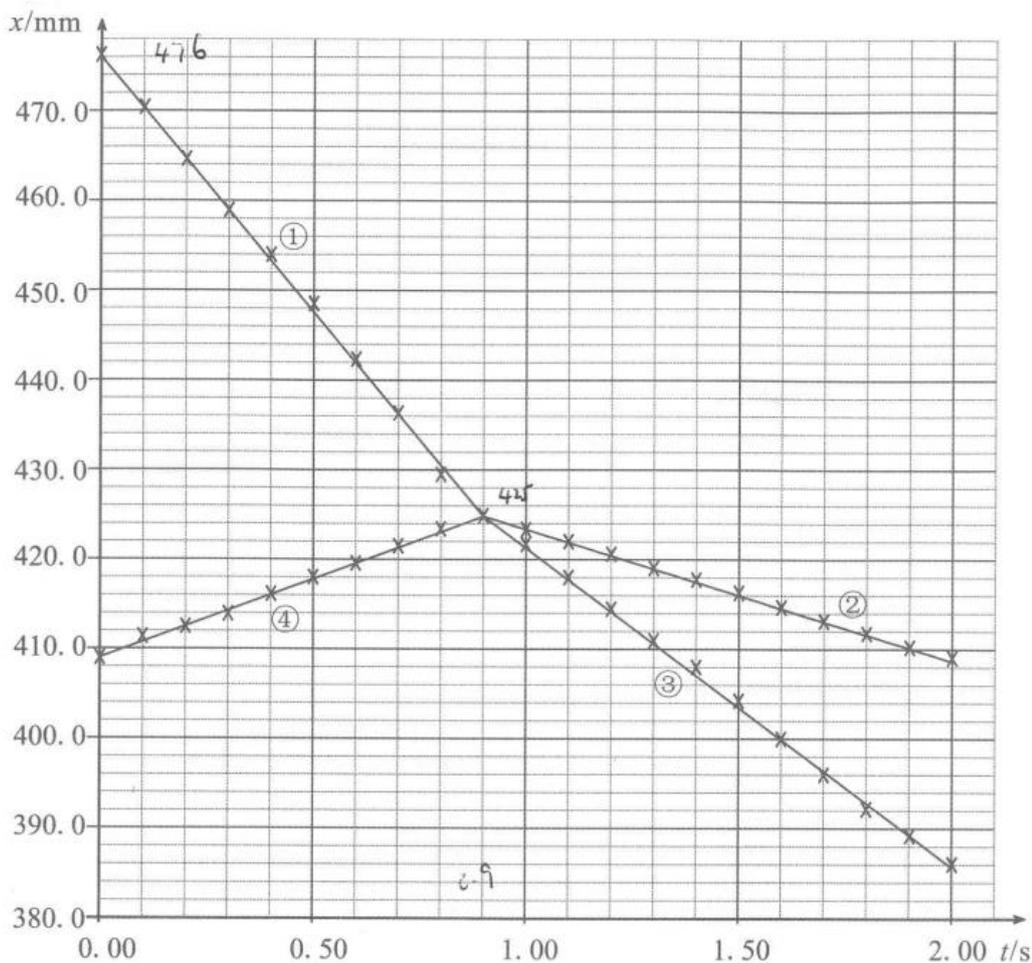
12. (9分) 如图为某小组探究两滑块碰撞前后的动量变化规律所用的实验装置示意图。带刻度尺的气垫导轨右支点固定, 左支点高度可调, 装置上方固定一具有计时功能的摄像机。



(1) 要测量滑块的动量，除了前述实验器材外，还必需的实验器材是_____。

(2) 为减小重力对实验的影响，开动气泵后，调节气垫导轨的左支点，使轻推后的滑块能在气垫导轨上近似做_____运动。

(3) 测得滑块 B 的质量为 197.8g ，两滑块碰撞前后位置 x 随时间 t 的变化图像如图所示，其中①为滑块 B 碰前的图线。取滑块 A 碰前的运动方向为正方向，由图中数据可得滑块 B 碰前的动量为_____ $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (保留 2 位有效数字)，滑块 A 碰后的图线为_____ (选填 “②” “③” “④”)。



12 【参考答案】. (1). 天平 (2). 匀速直线 (3). -0.011 .③

【名师解析】(1) 要测量滑块的动量，需要测量滑块质量，因此需要天平。

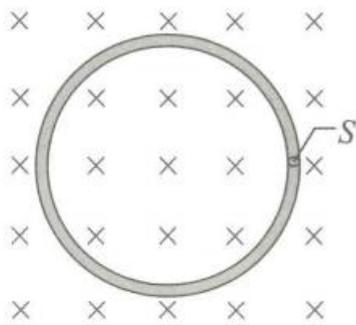
(2) 为了减小重力对实验的影响，应该让气垫导轨处于水平状态，故开动气泵后，调节气垫导轨的左支点，使轻推后的滑块能在气垫导轨上近似做匀速直线运动。

(3) 取滑块 A 碰撞前运动方向为正方向，根据两滑块碰撞前后位置 x 随时间 t 的变化图像可知滑块 B 碰撞前的速度为 $v_B = -0.058 \text{ m/s}$

滑块 B 碰撞前的动量为 $p_B = m_B v_B = 0.1978 \times (-0.058) \text{ kgm/s} = -0.011 \text{ kgm/s}$

两物块碰撞要符合碰撞的制约关系，图线④为碰撞前 A 物块的位移图像；由于碰撞后图线③的斜率大于图线②的斜率，所以图线③为碰撞后 A 物块的图线。

13. (12 分) 某同学以金属戒指为研究对象，探究金属物品在变化磁场中的热效应。如图所示，戒指可视为周长为 L 、横截面积为 S 、电阻率为 ρ 的单匝圆形线圈，放置在匀强磁场中，磁感应强度方向垂直于戒指平面。若磁感应强度大小在 Δt 时间内从 0 均匀增加到 B_0 ，求



(1) 戒指中的感应电动势和电流；

(2) 戒指中电流的热功率。

【参考答案】(1) $E = \frac{B_0 L^2}{4\pi\Delta t}$, $I = \frac{B_0 L S}{4\pi\rho\Delta t}$; (2) $P = \frac{B_0^2 L^3 S}{16\pi^2 \rho (\Delta t)^2}$

【名师解析】(1) 设戒指的半径为 r ，戒指的周长 $L = 2\pi r$

磁感应强度大小在 Δt 时间内从 0 均匀增加到 B_0 ，

戒指中产生的感应电动势为 $E = \frac{B_0}{\Delta t} \pi r^2$

即 $E = \frac{B_0 L^2}{4\pi\Delta t}$

由电阻定律，戒指的电阻 $R = \rho L/S$

由闭合电路欧姆定律，戒指中的感应电流 $I = E/R = \frac{B_0 L S}{4\pi\rho\Delta t}$;

(2)戒指中电流的热功率为 $P=I^2R=\frac{B_0^2L^3S}{16\pi^2\rho(\Delta t)^2}$

14. (18分) 小明设计了一个青蛙捉飞虫的游戏, 游戏中蛙和虫都在 xOy 竖直平面内运动。虫可以从水平 x 轴上任意位置处由静止开始做匀加速直线运动, 每次运动的加速度大小恒为 $\frac{5}{9}g$ (g 为重力加速度), 方向均与 x 轴负方向成 37° 斜向上 (x 轴向右为正)。蛙位于 y 轴上 M 点处, $OM = H$, 能以不同速率向右或向左水平跳出, 蛙运动过程中仅受重力作用。蛙和虫均视为质点, 取 $\sin 37^\circ = \frac{3}{5}$ 。

(1) 若虫飞出一段时间后, 蛙以其最大跳出速率向右水平跳出, 在 $y = \frac{3}{4}H$ 的高度捉住虫时, 蛙与虫的水平位移大小之比为 $2\sqrt{2}:3$, 求蛙的最大跳出速率。

(2) 若蛙跳出的速率不大于 (1) 问中的最大跳出速率, 蛙跳出时刻不早于虫飞出时刻, 虫能被捉住, 求虫在 x 轴上飞出的位置范围。

(3) 若虫从某位置飞出后, 蛙可选择在某时刻以某速率跳出, 捉住虫时蛙与虫的运动时间之比为 $1:\sqrt{2}$; 蛙也可选择在另一时刻以同一速率跳出, 捉住虫时蛙与虫的运动时间之比为 $1:\sqrt{17}$ 。求满足上述条件的虫飞出的所有可能位置及蛙对应的跳出速率。

14. 【参考答案】(1) $v_m = \frac{4}{3}\sqrt{gH}$; (2) $\frac{1-2\sqrt{6}}{3}H \leq x \leq 2H$;

(3) $v_1 = \frac{1}{5}\sqrt{30gH}$, $x_1 = \frac{26}{15}H$ 或 $v_2 = \frac{1}{15}\sqrt{30gH}$, $x_2 = \frac{14}{15}H$

【名师解析】(1) 虫子做匀加速直线运动, 青蛙做平抛运动, $x_{虫} = \frac{3H/4}{\tan 37^\circ} = H$

$$\frac{x_{蛙}}{x_{虫}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

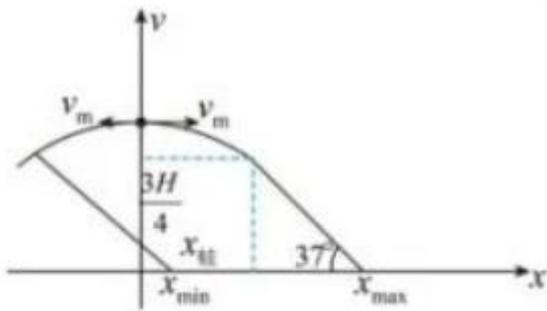
青蛙做平抛运动, 设在空中运动时间为 $t_{蛙}$, 由平抛运动规律, $x_{蛙} = v_m t_{蛙}$,

$$H - 3H/4 = \frac{1}{2}gt_{蛙}^2$$

联立解得： $t_{蛙} = \sqrt{\frac{H}{2g}}$ ， $v_m = \frac{4}{3}\sqrt{gH}$

(2) 设青蛙和虫若同时开始运动的时间均为 t ，相遇时有 $\frac{1}{2}gt^2 + \frac{1}{2}a_y t^2 = H$

解得： $t = \sqrt{\frac{3H}{2g}}$



则最小位置坐标为 $x_{min} = v_m t - \frac{1}{2}a_x t^2 = \frac{1-2\sqrt{6}}{3}H$

而 青蛙和虫不同时出发时需要二者轨迹相切，青蛙的平抛运动有

$$y = H - \frac{1}{2}gt^2, \quad x = v_m t$$

可得轨迹方程 $y = H - \frac{g}{2v_m^2}x^2$

虫的轨迹方程 $y = (x_{max} - x) \tan 37^\circ$

两轨迹相交， $(x_{max} - x) \tan 37^\circ = H - \frac{g}{2v_m^2}x^2$

整理可得 $\frac{g}{2v_m^2}x^2 - \frac{3}{4}x + \frac{3}{4}x_{max} - H = 0$

令 $\Delta = 0$ ，即 $\frac{9}{16} - 4 \times \frac{g}{2v_m^2}x^2 \left(\frac{3}{4}x_{max} - H \right) = 0$

解得： $x_{max} = 2H$

虫在 x 轴上飞出的位置范围为 $\frac{1-2\sqrt{6}}{3}H \leq x \leq 2H$

(3) 设青蛙在空中运动时间为 t_1 , 有

$$\frac{1}{2}gt_1^2 + \frac{1}{2}a_y(\sqrt{2}t_1)^2 = H$$

$$\frac{1}{2}gt_2^2 + \frac{1}{2}a_y(\sqrt{17}t_2)^2 = H$$

$$\text{解得: } t_1 = \sqrt{\frac{6H}{5g}}, \quad t_2 = \sqrt{\frac{3H}{10g}}$$

$$\text{而 } v_1t_1 + \frac{1}{2}a_x(\sqrt{2}t_1)^2 = x_1$$

$$\frac{1}{2}a_x(\sqrt{17}t_2)^2 - v_1t_2 = x_1$$

$$\text{解得: } v_1 = \frac{1}{5}\sqrt{30gH}, \quad x_1 = \frac{26}{15}H$$

$$\text{而 } v_1t_1 + \frac{1}{2}a_x(\sqrt{2}t_1)^2 = x_2$$

$$\frac{1}{2}a_x(\sqrt{17}t_2)^2 - v_2t_2 = x_2$$

$$\text{解得: } v_2 = \frac{1}{15}\sqrt{30gH}, \quad x_2 = \frac{14}{15}H$$

(二) 选考题: 共 12 分。请考生从第 15 题和第 16 题中任选一题作答, 若两题都做, 则按所做的第一题计分。

15. [选修 3-3] (12 分)

(1) (4 分) 2022 年 5 月 15 日, 我国自主研发的“极目一号” III 型浮空艇创造了海拔 9032 米的大气科学观测世界纪录。若在浮空艇某段上升过程中, 艇内气体温度降低, 体积和质量视为不变, 则艇内气体 () (视为理想气体)

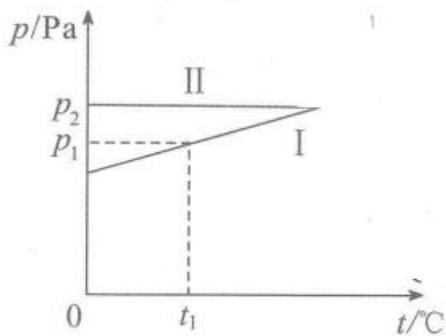
- A. 吸收热量 B. 压强增大 C. 内能减小 D. 对外做负功

【参考答案】C

【名师解析】由于浮空艇某段上升过程中, 体积和质量视为不变, 艇内气体不做功, 根据理想气体状态方程, 可知温度降低, 浮空艇内气体压强减小, 内能减小, 根据热力学第一定律, 艇内气体放出热量, 选项 C 正确。

(2) (8分) 某同学探究一封闭气缸内理想气体的状态变化特性, 得到压强 p 随温度 t 的变化如图所示。已知图线 I 描述的是体积为 V_1 的等容过程, 当温度为 t_1 时气体的压强为 p_1 ; 图线 II 描述的是压强为 p_2 的等压过程。

取 0°C 为 273K , 求



①等容过程中, 温度为 0°C 时气体的压强;

②等压过程中, 温度为 0°C 时气体的体积。

【参考答案】 ① $p_0 = \frac{273p_1}{t_1 + 273}$; ② $V_2 = \frac{273p_1V_1}{p_2(t_1 + 273)}$

【名师解析】 ①在等容过程中, 设 0°C 时气体压强为 p_0 , 根据查理定律, $\frac{p_1}{t_1 + 273} = \frac{p_0}{273}$

解得 $p_0 = \frac{273p_1}{t_1 + 273}$

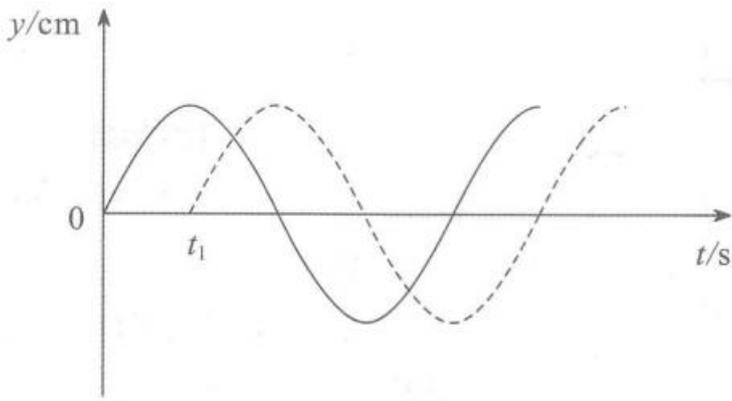
②当压强为 p_2 , 温度为 0°C 时, 设此时体积为 V_2 , 根据理想气体状态方程

$$\frac{p_1V_1}{t_1 + 273} = \frac{p_2V_2}{273}$$

解得: $V_2 = \frac{273p_1V_1}{p_2(t_1 + 273)}$

16. [选修 3-4] (12分)

(1) (4分) 某同学为了研究水波的传播特点, 在水面上放置波源和浮标, 两者的间距为 L 。 $t = 0$ 时刻, 波源开始从平衡位置沿 y 轴在竖直方向做简谐运动, 产生的水波沿水平方向传播 (视为简谐波), t_1 时刻传到浮标处使浮标开始振动, 此时波源刚好位于正向最大位移处, 波源和浮标的振动图像分别如图中的实线和虚线所示, 则 ()



- A. 浮标的振动周期为 $4t_1$ B. 水波的传播速度大小为 $\frac{L}{4t_1}$
- C. $\frac{3}{2}t_1$ 时刻浮标沿 y 轴负方向运动 D. 水波的波长为 $2L$

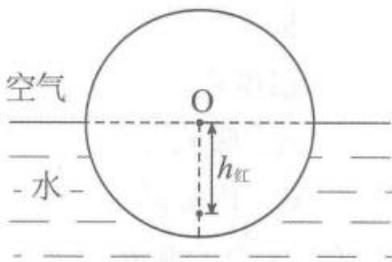
【参考答案】A

【名师解析】根据振动图像可知，波源的振动经过 $t_1=T/4$ 传递到浮标处，浮标振动周期 $T=4t_1$ ，选项 A 正确；

波速 $v=L/t_1$ ，选项 B 错误；根据虚线图像可知浮标在 $\frac{3}{2}t_1$ 时刻浮标沿 y 轴正方向运动，选项 C 错误；水波的

波长为 $\lambda=vT=L/t_1 \times 4t_1=4L$ ，选项 D 错误。

(2) (8分) 如图所示，水面上有一透明均质球，上半球露出水面，下半球内竖直中心轴上有红、蓝两种单色灯（可视为点光源），均质球对两种色光的折射率分别为 $n_{\text{红}}$ 和 $n_{\text{蓝}}$ 。为使从光源照射到上半球面的光，都能发生折射（不考虑光线在球内反射后的折射），若红灯到水面的最大距离为 $h_{\text{红}}$ ，



② 求蓝灯到水面的最大距离；

②两灯都装在各自到水面的最大距离处，蓝灯在红灯的上方还是下方？为什么？

【参考答案】① $\sqrt{\frac{n_{\text{蓝}}^2-1}{n_{\text{红}}^2-1}} \cdot h_{\text{红}}$ ；②蓝灯应该在红灯的下方。

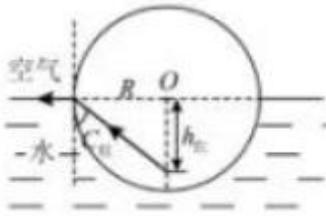
【名师解析】①为使从光源照射到上半球面的光，都能发生折射，关键是光线能够从水平方向折射出去。以

红光为例，当折射角最大达到临界角 C 时，光线平行水面射出，光路如图。

$$\text{假设球体半径为 } R, \sin C_{\text{红}} = 1/n_{\text{红}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + h_{\text{红}}^2}},$$

$$\sin C_{\text{蓝}} = 1/n_{\text{蓝}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + h_{\text{蓝}}^2}},$$

$$\text{联立解得: } h_{\text{蓝}} = \sqrt{\frac{n_{\text{蓝}}^2 - 1}{n_{\text{红}}^2 - 1}} \cdot h_{\text{红}}$$



② 蓝光的折射率 $n_{\text{蓝}}$ 大于红光的折射率 $n_{\text{红}}$ ，根据①问结果，变形

$$h_{\text{蓝}}^2 = \frac{n_{\text{蓝}}^2 - 1}{n_{\text{红}}^2 - 1} \cdot h_{\text{红}}^2$$

结合 $n_{\text{蓝}} > n_{\text{红}} > 1$ 可知， $h_{\text{蓝}} > h_{\text{红}}$

所以蓝灯应该在红灯的下方。

