

2023年全国统一高考物理试卷（新课标）

1. 船上的人和水下的潜水员都能听见轮船的鸣笛声。声波在空气中和在水中传播时的
()

- A. 波速和波长均不同
- B. 频率和波速均不同
- C. 波长和周期均不同
- D. 周期和频率均不同

【考点】声波及其应用；机械波及其形成和传播；波长、频率和波速的关系

【专题】定性思想；推理法；波的多解性；理解能力

【答案】A

【分析】声波从一种介质到另一种介质，波的频率不变，波速变化；根据周期与频率关系分析周期的变化；根据波长与周期的关系式分析波长的变化。

【解答】解：声波在空气中和水中传播时，频率相同；周期 $T = \frac{1}{f}$ ，则声波在空气中和在水中传播时的周期相同；波速与介质有关，则声波在空气中和在水中传播时的波速不同；波长 $\lambda = vT$ ，则声波在空气中和在水中传播时的波长不同故A正确，BCD错误。故选：A。

【点评】本题考查波的传播，解题关键是知道波从一种介质到另一种介质，频率不变，波速变化。

2. 无风时，雨滴受空气阻力的作用在地面附近会以恒定的速率竖直下落。一质量为 m 的雨滴在地面附近以速率 v 下落高度 h 的过程中，克服空气阻力做的功为（重力加速度大小为 g ）
()

- A. 0
- B. mgh
- C. $\frac{1}{2}mv^2 - mgh$
- D. $\frac{1}{2}mv^2 + mgh$

【考点】动能定理

【专题】定量思想；推理法；动能定理的应用专题；推理能力

【答案】B

【分析】雨滴做匀速直线运动，在地面附近以速率 v 下落高度 h 的过程中，动能的变化量为零，根据动能定理列式求解克服阻力做功即可。

【解答】解：雨滴下落过程，在重力和阻力作用下做匀速直线运动，设克服空气阻力做的功为 W 克，则空气阻力对雨滴做功为 $-W$ 克，雨滴在地面附近以速率 v 下落高度 h 的过程中，由动能定理得： $mgh - W_{\text{克}} = 0$

解得： $W_{\text{克}} = mgh$

故B正确，ACD错误。

故选：B。

【点评】本题考查动能定理，解题关键是明确雨滴的运动情况和受力情况，结合动能定理列式求解即可。

3. 铯原子基态的两个超精细能级之间跃迁发射的光子具有稳定的频率，铯原子钟利用的两能级的能量差量级为 10^{-5}eV ，跃迁发射的光子的频率量级为（普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ，元电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{C}$ ）（ ）

A. 10^3Hz

B. 10^6Hz

C. 10^9Hz

D. 10^{12}Hz

【考点】玻尔理论与氢原子的能级跃迁

【专题】定量思想；推理法；原子的能级结构专题；理解能力。

【答案】C

【分析】根据两能级间的能级差求解能级跃迁过程中辐射出光子的能量，根据能量子公式求解光子的频率量级。

【解答】解：跃迁过程中，辐射处光子的能量为 $\Delta E = h\nu$

则跃迁发射的光子的频率为 $\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{10^{-5} \text{eV}}{6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}} = \frac{10^{-5} \times 1.60 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \text{Hz} \approx 2.4 \times 10^9 \text{Hz}$

频率量级为 10^9Hz ，故C正确，ABD错误。

故选：C。

【点评】 本题考查能级跃迁，解题关键是掌握能级跃迁公式，掌握能量子公式。

4. 2023 年 5 月，世界现役运输能力最大的货运飞船天舟六号，携带约 5800kg 的物资进入距离地面约 400km（小于地球同步卫星与地面的距离）的轨道，顺利对接中国空间站后近似做匀速圆周运动。对接后，这批物资（ ）

- A. 质量比静止在地面上时小
- B. 所受合力比静止在地面上时小
- C. 所受地球引力比静止在地面上时大
- D. 做圆周运动的角速度大小比地球自转角速度大

【考点】 万有引力定律的应用；人造卫星；同步卫星；线速度、角速度和周期、转速。

【专题】 比较思想；推理法；万有引力定律在天体运动中的应用专题；推理能力。

【答案】 D

【分析】 质量是物体的固有属性，物资进入太空后质量不发生变化；根据物体运动状态比较合力大小；根据万有引力公式比较引力大小；地球自转角速度等于同步卫星做匀速圆周运动的角速度，同步卫星和物资均绕地球做匀速圆周运动，根据万有引力等于向心力比较角速度大小。

【解答】 解：A、物资在空间站中的质量与静止在地面上的质量相等，故A错误；

B、若不考虑地球自转，物资静止在地面时，所受合力为零。物资在空间站中做匀速圆周运动，物资所受的合力为地球对物资的万有引力，则物体在空间站中所受合力比静止在地面上时大，故B错误；

C、由万有引力公式得： $F = \frac{GMm}{r^2}$

物资在空间站中离地球球心的距离大于在地面上时离球心的距离，则所受地球引力比静止在地面上时小，故C错误；

D、地球自转角速度等于同步卫星做匀速圆周运动的角速度，同步卫星和物资均绕地球做匀速圆周运动，万有引力等于向

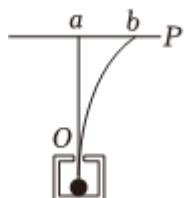
心力： $\frac{GMm}{r^2} = m\omega^2 r$

解得： $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$

由题意可知，空间站运动轨道离地面高度小于地球同步卫星与地面的距离，则空间站做圆周运动的半径小于同步卫星做圆周运动的半径，角速度大于同步卫星的角速度，则空间站做圆周运动的角速度大小比地球自转角速度大，故 D 正确。故选：D。

【点评】 本题考查万有引力定律在天体问题中的应用，解题关键是知道物资随太空舱做匀速圆周运动，万有引力等于向心力，结合万有引力公式和向心力公式分析即可。

5. 一电子和一 α 粒子从铅盒上的小孔 O 竖直向上射出后，打到铅盒上方水平放置的屏幕 P 上的 a 和 b 两点， a 点在小孔 O 的正上方， b 点在 a 点的右侧，如图所示。已知 α 粒子的速度约为电子速度的 $\frac{1}{10}$ ，铅盒与屏幕之间存在匀强电场和匀强磁场，则电场和磁场方向可能为 ()



- A. 电场方向水平向左、磁场方向垂直纸面向里
- B. 电场方向水平向左、磁场方向垂直纸面向外
- C. 电场方向水平向右、磁场方向垂直纸面向里
- D. 电场方向水平向右、磁场方向垂直纸面向外

【考点】 带电粒子在重力场、电场及磁场混合场中的运动，

【专题】 定性思想；推理法；带电粒子在复合场中的运动专题；推理能力。

【答案】 C

【分析】 沿直线运动到 a 点的粒子受力平衡，电场力等于洛伦兹力，运动到 b 点的粒子从 O 点射出时，所受合力水平向右； α 粒子带正电，受电场力方向与电场方向相同，电子带负电，受电场力方向与电场方向相反；根据左手定则判断粒子所受洛伦兹力的方向，根据选项分析即可。

【解答】 解：A、粒子刚从 O 点射出时，若电场方向水平向左， α 粒子所受电场力水平向左，若磁场方向垂直纸面向里，根据左手定则得， α 粒子所受洛伦兹力水平向左，则 α 粒子向左偏转，不会出现图示的轨迹，故A错误；

B、粒子刚从 O 点射出时，若电场方向水平向左， α 粒子所受电场力水平向左，电子所受电场力水平向右，若磁场方向垂直纸面向外，根据左手定则得， α 粒子所受洛伦兹力水平向右，电子所受洛伦兹力水平向左，沿直线运动到 a 点的粒子受力平衡，有： $qvB = qE$

已知 α 粒子的速度约为电子速度的 $\frac{1}{10}$ ，若 α 粒子沿直线运动到 a 点，则电子所受洛伦兹力大于电场力，电子向左偏转，若电子沿直线运动到 a 点，则 α 粒子所受洛伦兹力小于电场力， α 粒子向左偏转，不会出现图示的轨迹，故B错误；

C、粒子刚从 O 点射出时，若电场方向水平向右， α 粒子所受电场力水平向右，电子所受电场力水平向左，若磁场方向垂直纸面向里，根据左手定则得， α 粒子所受洛伦兹力水平向左，电子所受洛伦兹力水平向右，沿直线运动到 a 点的粒子受力平衡，有： $qvB = qE$

已知 α 粒子的速度约为电子速度的 $\frac{1}{10}$ ，若 α 粒子沿直线运动到 a 点，则电子所受洛伦兹力大于电场力，电子向右偏转，若电子沿直线运动到 a 点，则 α 粒子所受洛伦兹力小于电场力， α 粒子向右偏转，会出现图示的轨迹，故**C**正确；

D、粒子刚从 O 点射出时，若电场方向水平向右， α 粒子所受电场力水平向右，电子所受电场力水平向左，磁场方向垂直纸面向外，根据左手定则得， α 粒子所受洛伦兹力水平向右，电子所受洛伦兹力水平向左， α 粒子向右偏转，电子向左偏转，不会出现图示的轨迹，故**D**错误。

故选：**C**。

【点评】本题考查带电粒子在复合场中的运动，解题关键是分析好粒子的受力情况和运动情况。

6. 使甲、乙两条形磁铁隔开一段距离，静止于水平桌面上，甲的 N 极正对着乙的 S 极，甲的质量大于乙的质量，两者与桌面之间的动摩擦因数相等。现同时释放甲和乙，在它们相互接近过程中的任一时刻（ ）



- A.** 甲的速度大小比乙的大
- B.** 甲的动量大小比乙的小
- C.** 甲的动量大小与乙的相等
- D.** 甲和乙的动量之和不为零

【考点】动量定理；牛顿第二定律，

【专题】比较思想；推理法；动量定理应用专题；推理能力。

【答案】**BD**

【分析】分别对甲和乙受力分析，根据牛顿第二定律求解加速度，进而比较速度大小；比较两物体所受合力大小，进而比较从开始运动到某一时刻物体所受合力的冲量，根据动量定理比较动量的大小。

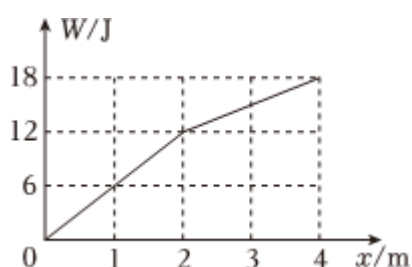
【解答】解：**A**、分别对甲和乙受力分析，设两者间的磁力为 F ，对甲，由牛顿第二定律得： $F - \mu m_{\text{甲}} g = m_{\text{甲}} a_{\text{甲}}$ 解得： $a_{\text{甲}} = \frac{F}{m_{\text{甲}}} - \mu g$ 对乙，由牛顿第二定律得： $F - \mu m_{\text{乙}} g = m_{\text{乙}} a_{\text{乙}}$ 解得： $a_{\text{乙}} = \frac{F}{m_{\text{乙}}} - \mu g$ 由题意可知， $m_{\text{甲}} > m_{\text{乙}}$ ，则 $a_{\text{甲}} < a_{\text{乙}}$ ，则在它们相近过

程中的任意时刻甲的速度大小比乙的小，故**A**错误；**BCD**、甲物体所受摩擦力大于乙物体所受摩擦力，则甲所受合力小于乙所受合力，从释放甲和乙到它们相互接近过程中的某一时刻，甲所受合力的冲量小于乙所受合力的冲量，根据动量定理得，合力的冲量等于动量的变化量，甲的动量大小比乙的小，甲和乙的动量之和不为零，故**BD**正确，**C**错误；

故选：**BD**。

【点评】本题考查动量定理，解题关键是对两物体做好受力分析，知道合力的冲量等于动量的变化量。

7. 一质量为 1kg 的物体在水平拉力的作用下，由静止开始在水平地面上沿 x 轴运动，出发点为 x 轴零点，拉力做的功 W 与物体坐标 x 的关系如图所示。物体与水平地面间的动摩擦因数为 0.4 ，重力加速度大小取 10m/s^2 。下列说法正确的是 ()



- A.** 在 $x = 1\text{m}$ 时，拉力的功率为 6W
- B.** 在 $x = 4\text{m}$ 时，物体的动能为 2J
- C.** 从 $x = 0$ 运动到 $x = 2\text{m}$ ，物体克服摩擦力做的功为 8J
- D.** 从 $x = 0$ 运动到 $x = 4\text{m}$ 的过程中，物体的动量最大为 $2\text{kg} \cdot \text{m/s}$

【考点】动量定理；功率、平均功率和瞬时功率；动能定理；功能关系、

【专题】定量思想；推理法；动能定理的应用专题；推理能力。

【答案】**BC**

【分析】 $W - x$ 图像的斜率为拉力 F ，根据图像求解拉力大小，根据牛顿第二定律求解物体的加速度，根据运动学公式求解物体的速度，根据 $P = Fv$ 求解拉力的功率；根据动能定理求解物体的动能；根据做功公式求解克服摩擦力公式；根据拉力大小与摩擦力大小的关系分析物体的运动情况，当物体速度最大时动量最大，根据 $p = mv$ 求解最大动量。

【解答】

解：**A**、 $W - x$ 图像的斜率为拉力 F ，由图像可知， $0 \sim 2\text{m}$ 内，拉力 $F_1 = \frac{\Delta W_1}{\Delta x_1} = \frac{12}{2}\text{N} = 6\text{N}$

$2 \sim 4m$ 内, 拉力 $F_2 = \frac{\Delta W_2}{\Delta x_2} = \frac{18-12}{4-2} N = 3N$

$0 \sim 2m$ 内, 对物体受力分析, 由牛顿第二定理得: $F_1 - \mu mg = ma$

代入数据解得: $a = 2m/s^2$

由匀变速直线运动速度—位移公式得: $v_1^2 = 2ax$

$x = 1m$ 时, 物体的速度大小为 $v_1 = \sqrt{2ax} = \sqrt{2 \times 2 \times 1} m/s = 2m/s$

拉力的功率 $P_1 = F_1 v_1 = 6 \times 2W = 12W$

故 **A** 错误;

B、滑动摩擦力 $f = \mu mg = 0.4 \times 1 \times 10N = 4N$

$0 \sim 4m$ 内, 对物体由动能定理得: $W - fx = E_k$

代入数据解得: $E_k = 2J$

故 **B** 正确;

C、从 $x = 0$ 运动到 $x = 2m$, 物体克服摩擦力做的功为 $W_{克} = fx = 4 \times 2J = 8J$

故 **C** 正确;

D、 $0 \sim 2m$ 过程中, 拉力大于摩擦力, 物体做匀加速运动, $2m \sim 4m$ 时, 拉力小于摩擦力, 物体做匀减速运动, 则当 $x = 2m$ 时, 物体的速度最大, 动量最大, 物体的速度大小为: $v_2 = \sqrt{2ax} = \sqrt{2 \times 2 \times 2} m/s = 2\sqrt{2} m/s$

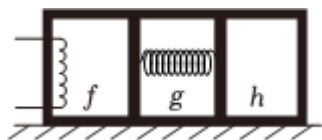
物体的最大动量为: $p = mv = 1 \times 2\sqrt{2} kg \cdot m/s = 2\sqrt{2} kg \cdot m/s$

故 **D** 错误。

故选: **BC**。

【点评】本题考查动能定理、功的计算、动量, 解题关键是知道 $W - x$ 图像的斜率表示力 F , 分析好物体的受力情况和运动情况, 结合牛顿第二定律、运动学公式、动能定理列式求解即可。

8. 如图, 一封闭着理想气体的绝热汽缸置于水平地面上, 用轻弹簧连接的两绝热活塞将汽缸分为 f 、 g 、 h 三部分, 活塞与汽缸壁间没有摩擦。初始时弹簧处于原长, 三部分中气体的温度、体积、压强均相等。现通过电阻丝对 f 中的气体缓慢加热, 停止加热并达到稳定后 ()



- A. h 中的气体内能增加
- B. f 与 g 中的气体温度相等
- C. f 与 h 中的气体温度相等
- D. f 与 h 中的气体压强相等

【考点】理想气体及理想气体的状态方程。

【专题】定性思想；推理法；理想气体状态方程专题；推理能力。

【答案】AD

【分析】电阻丝加热后， f 中的气体内能增大，体积增大，向右推动活塞，导致 h 中的体积减小，外界对气体做功，结合热力学第一定律得出 h 中的内能变化趋势；

根据对左边活塞的受力分析得出 g 中气体体积的变化趋势，结合一定质量的理想气体状态方程列出得出 g 与 f 中气体的温度大小关系；

将两个活塞和弹簧组成的系统当成整体，对其受力分析，结合其平衡状态得出 f 和 h 中气体的压强大小关系；分析出 h 中气体变化前后的状态参量，利用一定质量的理想气体状态方程联立等式得出 f 与 h 中的气体温度的大小关系。

【解答】解：A、当电阻丝对 f 中的气体缓慢加热时， f 中的气体内能增大，温度升高，根据一定质量的理想气体状态方程 $pV = CT$ 可知， f 中的气体的压强增大，则会向右推动活塞，而 h 中的气体体积减小，外界对气体做正功，因为活塞和气缸绝热，根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ 可知， h 中的气体内能增加，故A正确；

B、初始状态下，三部分气体的状态参量完全相同，当系统再次稳定时，对左侧活塞分析可得：

$$p_f S = F + p_g S$$

因为 f 中的气体温度升高，则 f 中的气体压强增大，则弹簧对左边活塞的弹力水平向左，由此可知弹簧处于压缩状态。

分别对 f 和 g 中的气体，根据一定质量的理想气体状态方程可得：

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_f V_f}{T_f}$$

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_g V_g}{T_g}$$

其中， $V_f > V_g$

联立解得： $T_f > T_g$ ，故**B**错误；

CD、根据题意可知，两个活塞和弹簧组成的整体会向右移动一段距离，因此最终 f 中的气体体积增大， h 中的体积减小，压强增大，将两绝热活塞和弹簧当成整体，可知再次稳定时 f 和 h 中的压强再次相等，对 h 中的气体，根据一定质量的理想气体状态方程可得：

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_h V_h}{T_h}$$

联立解得： $T_f > T_h$ ，故**C**错误，**D**正确；

故选：**AD**。

【点评】 本题主要考查了一定质量的理想气体的状态方程，解题的关键点是理解再次稳定后的状态参量，结合一定质量的理想气体状态方程即可完成分析。

9. 在“观察电容器的充、放电现象”实验中，所用器材如下：电池、电容器、电阻箱、定值电阻、小灯泡、多用电表、电流表、秒表、单刀双掷开关以及导线若干。

(1) 用多用电表的电压挡检测电池的电压。检测时，红表笔应该与电池的 正极（填“正极”或“负极”）接触。

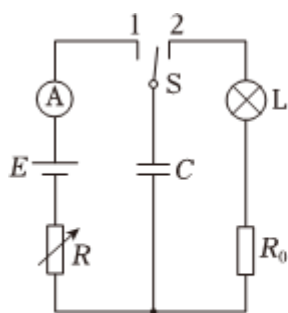
(2) 某同学设计的实验电路如图 (a) 所示。先将电阻箱的阻值调为 R_1 ，将单刀双掷开关 S 与“1”端相接，记录电流随时间的变化。电容器充电完成后，开关 S 再与“2”端相接，相接后小灯泡亮度变化情况可能是 C。（填正确答案标号）

A. 迅速变亮，然后亮度趋于稳定

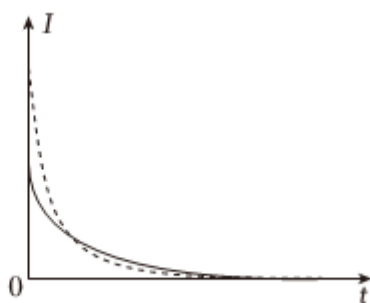
B. 亮度逐渐增大，然后趋于稳定

C. 迅速变亮，然后亮度逐渐减小至熄灭

(3) 将电阻箱的阻值调为 R_2 ($R_2 > R_1$)，再次将开关 S 与“1”端相接，再次记录电流随时间的变化情况。两次得到的电流 I 随时间 t 变化如图 (b) 中曲线所示，其中实线是电阻箱阻值为 R_2 （填“ R_1 ”或“ R_2 ”）时的结果，曲线与坐标轴所围面积等于该次充电完成后电容器上的 电荷量（填“电压”或“电荷量”）。



图(a)



图(b)

【考点】观察电容器及其充、放电现象

【专题】实验题；定性思想；推理法；电容器专题；推理能力

【答案】（1）正极；（2）**C**；（3） R_2 ，电荷量。

【分析】（1）根据多用电表的内部构造分析出正确的表笔连接方式；

（2）电容器放电过程中，电流逐渐减小；

（3）根据闭合电路欧姆定律分析电阻的大小， $I - t$ 图像中图线与坐标轴所围面积表示充电完成后电容器上的电荷量。

【解答】解：（1）使用多用电表测电压时，多用电表应满足“红进黑出”，则红表笔应与电源的正极接触；

（2）开关 S 与 “2” 端相接，电容器放电，电容器充当电源，放电过程电流逐渐减小，放电完成后，电路中电流为零，则灯泡迅速变亮，然后亮度逐渐减小至熄灭，故 **AB** 错误，**C** 正确。

故选：**C**。

（3）开关 S 与 “1” 端相接，电容器充电，由图像可得，开关 S 与 “1” 端相接瞬间，实线的电流小于虚线的电流，电源电动势为定值，则实线对应的电阻箱阻值更大，即实线是电阻箱阻值为 R_2 时的结果；

由 $q = It$ 得， $I - t$ 图像中，曲线与坐标轴所围面积等于该次充电完成后电容器上的电荷量。

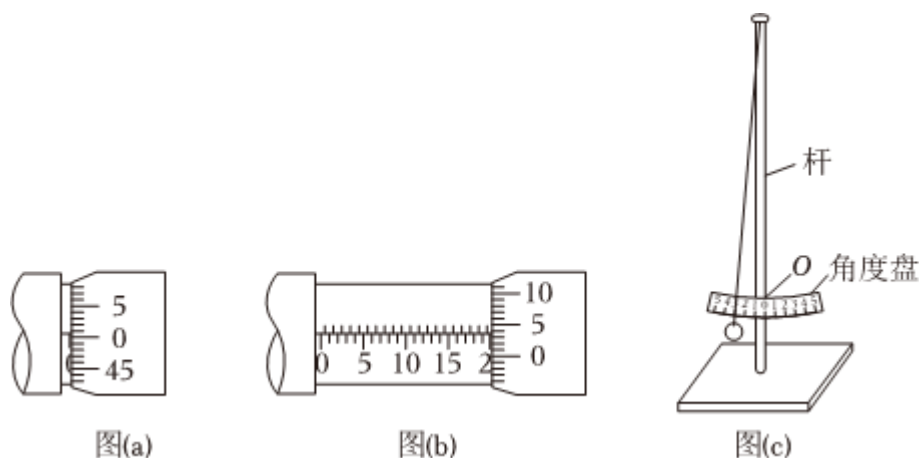
故答案为：（1）正极；（2）**C**；（3） R_2 ，电荷量。

【点评】本题考查多用电表的使用和电容器的充放电过程，知道电容器充放电过程电流逐渐减小， $I - t$ 图像中图线与坐标轴所围面积表示充电完成后电容器上的电荷量。

10. 一学生小组做“用单摆测量重力加速度的大小”实验。

（1）用实验室提供的螺旋测微器测量摆球直径。首先，调节螺旋测微器，拧动微调旋钮使测微螺杆和测砧相触时，发现固定刻度的横线与可动刻度上的零刻度线未对齐，如图（a）所示，该示

数为 0.007mm；螺旋测微器在夹有摆球时示数如图（b）所示，该示数为 20.034mm，则摆球的直径为 20.027mm。



（2）单摆实验的装置示意图如图（c）所示，其中角度盘需要固定在杆上的确定点 O 处，摆线在角度盘上所指的示数为摆角的大小。若将角度盘固定在 O 点上方，则摆线在角度盘上所指的示数为 5° 时，实际摆角 大于 5° （填“大于”或“小于”）。

（3）某次实验所用单摆的摆线长度为 81.50cm ，则摆长为 82.5cm 。实验中观测到从摆球第 **1** 次经过最低点到第 **61** 次经过最低点的时间间隔为 54.60s ，则此单摆周期为 1.82s ，该小组测得的重力加速度大小为 9.83m/s^2 。（结果均保留**3**位有效数字， π^2 取 **9.870**）

【考点】用单摆测定重力加速度

【专题】定量思想；推理法；单摆问题；分析综合能力

【答案】（1）0.007；20.034；20.027；（2）大于；（3）82.5；1.82；9.83

【分析】（1）根据螺旋测微器的读数规则得出对应的示数；

（2）根据角度盘的工作原理得出实际摆角是否大于 5° ；

（3）根据几何关系得出摆长的大小和周期的大小，结合单摆的周期公式得出重力加速度的大小。

【解答】解：（1）测量前测微螺杆和测砧相触时，图（a）的示数为

$$d_0 = 0\text{mm} + 0.7 \times 0.01\text{mm} = 0.007\text{mm}$$

螺旋测微器的分度值为 0.01mm ，需要估读到分度值的下一位，则图中的读数为：

$$d_1 = 20\text{mm} + 3.4 \times 0.01\text{mm} = 20.034\text{mm}$$

因此摆球的直径为：

$$d = d_1 - d_0 = 20.034\text{mm} - 0.007\text{mm} = 20.027\text{mm}$$

(2) 角度盘的大小一定，则在规定的位置安装角度盘，测量的角度准确，但将角度盘固定在规定位置的上方时，角度盘到悬挂点的距离将会变短，因此在保持角度相同的情况下，摆线在刻度盘上扫过的弧长会变短，则摆线在角度盘上所指的示数为 5° 时，其实实际摆角大于 5° ；

(3) 根据几何关系可知，摆长为：

$$l = l_0 + \frac{d}{2} = 81.50\text{cm} + \frac{2.0027}{2}\text{cm} = 82.5\text{cm}$$

一次全振动过程中单摆经过最低点两次，则单摆的周期为：

$$T = \frac{2t}{n} = \frac{54.60}{30}\text{s} = 1.82\text{s}$$

根据单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可得：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

代入数据解得： $g = 9.83\text{m/s}^2$ 。

故答案为：(1) 0.007；20.034；20.027；(2) 大于；(3) **82.5；1.82；9.83**

【点评】 本题主要考查了单摆测量重力加速度的实验，根据实验原理掌握正确的实验操作，结合单摆的周期公式即可完成分析。

- 11.** 将扁平的石子向水面快速抛出，石子可能会在水面上一跳一跳地飞向远方，俗称“打水漂”。要使石子从水面跳起产生“水漂”效果，石子接触水面时的速度方向与水面的夹角不能大于 θ 。为了观察到“水漂”，一同学将一石子从距水面高度为 h 处水平抛出，抛出速度的最小值为多少？(不计石子在空中飞行时的空气阻力，重力加速度大小为 g)

【考点】 平抛运动。

【专题】 定量思想；推理法；平抛运动专题；推理能力。

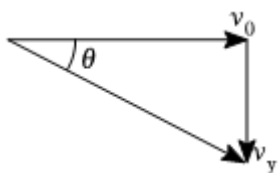
【答案】 抛出速度的最小值为 $\frac{\sqrt{2gh}}{\tan \theta}$ 。

【分析】 根据平抛运动竖直方向和水平方向的速度关系分析解答。

【解答】 解：根据平抛运动规律可知竖直方向有

$$v_y^2 = 2gh$$

结合题意石子接触水面时的速度方向与水面的夹角不能大于 θ ，可知抛出速度的最小值满足，如图：



$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_0}$$

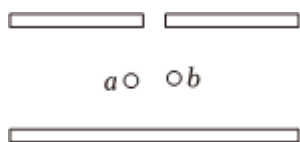
解得

$$v_0 = \frac{\sqrt{2gh}}{\tan \theta}$$

答：抛出速度的最小值为 $\frac{\sqrt{2gh}}{\tan \theta}$ 。

【点评】 本题考查平抛运动，解题关键掌握平抛运动有关速度的计算公式。

- 12.** 密立根油滴实验的示意图如图所示。两水平金属平板上下放置，间距固定，可从上板中央的小孔向两板间喷入大小不同、带电量不同、密度相同的小油滴。两板间不加电压时，油滴 a 、 b 在重力和空气阻力的作用下竖直向下匀速运动，速率分别为 v_0 、 $\frac{v_0}{4}$ ；两板间加上电压后（上板为正极），这两个油滴很快达到相同的速率 $\frac{v_0}{2}$ ，均竖直向下匀速运动。油滴可视为球形，所受空气阻力大小与油滴半径、运动速率成正比，比例系数视为常数。不计空气浮力和油滴间的相互作用。



- (1) 求油滴 a 和油滴 b 的质量之比；
- (2) 判断油滴 a 和油滴 b 所带电荷的正负，并求 a 、 b 所带电荷量的绝对值之比。

【考点】 带电粒子在电场中的运动综合。

【专题】 定量思想；推理法；带电粒子在电场中的运动专题；推理能力。

【答案】 (1) 油滴 a 和油滴 b 的质量之比为 8：1；

(2) 油滴 a 带负电，油滴 b 带正电， a 、 b 所带电荷量的绝对值之比为 4：1。

【分析】 (1) 根据质量的计算公式得出油滴的质量比值关系，结合其运动状态和空气阻力的计算公式得出油滴的质量之比； (2) 根据油滴的变速类型得出油滴所带电荷的电性，结合其受力分析得出电荷量的绝对值的比值关系。

【解答】 解： (1) 设油滴的半径为 r ，密度为 ρ ，根据质量公式可得，油滴的质量为：

$$m = \frac{4}{3}\rho\pi r^3$$

根据题意可知，速度为 v 时，空气阻力的大小为：

$$f = kvr$$

当油滴匀速下落时，则油滴处于平衡状态，由此可得：

$$f = mg$$

$$\text{联立解得：} r = \sqrt{\frac{3kv}{4\pi\rho g}}$$

根据上述表达式可知，油滴的半径与 \sqrt{v} 成正比

则油滴的半径之比为：

$$\frac{r_a}{r_b} = \sqrt{\frac{v_0}{\frac{1}{4}v_0}} = 2$$

根据质量的计算公式可知，油滴 a 和油滴 b 的质量之比为：

$$\frac{m_a}{m_b} = \frac{r_a^3}{r_b^3} = \frac{8}{1}$$

(2) 当两板加上电压后（上板为正极），这两个油滴很快达到相同的速率 $\frac{v_0}{2}$ ，根据 (1) 中的分析可知，油滴 a 做的是减速运动，油滴 b 做的是加速运动，由此可判断出油滴 a 带负电，油滴 b 带正电。

当油滴再次达到平衡状态时，根据其受力特点可得：

$$\text{油滴 } a: |q_a|E + f_a = m_ag$$

$$\text{油滴 } b: f_b - |q_b|E = m_bg$$

其中，根据油滴的前后速度的比值关系可知：

$$f_a = \frac{1}{2}m_ag$$

$$f_b = 2m_bg$$

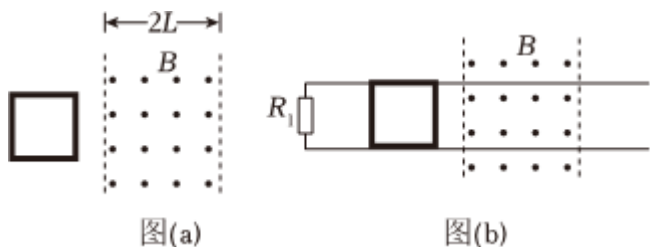
$$\text{联立解得：} \frac{|q_a|}{|q_b|} = \frac{4}{1}$$

答：(1) 油滴 a 和油滴 b 的质量之比为 8: 1；

(2) 油滴 a 带负电，油滴 b 带正电， a 、 b 所带电荷量的绝对值之比为 4: 1。

【点评】本题主要考查了带电粒子在电场中的运动，熟悉球体的体积公式，根据物体的运动状态结合受力分析即可完成解答，整体难度不大。

- 13.** 一边长为 L 、质量为 m 的正方形金属细框，每边电阻为 R_0 ，置于光滑的绝缘水平桌面（纸面）上。宽度为 $2L$ 的区域内存在方向垂直于纸面的匀强磁场，磁感应强度大小为 B ，两虚线为磁场边界，如图（a）所示。



（1）使金属框以一定的初速度向右运动，进入磁场。运动过程中金属框的左、右边框始终与磁场边界平行，金属框完全穿过磁场区域后，速度大小降为它初速度的一半，求金属框的初速度大小。

（2）在桌面上固定两条光滑长直金属导轨，导轨与磁场边界垂直，左端连接电阻 $R_1 = 2R_0$ ，导轨电阻可忽略，金属框置于导轨上，如图（b）所示。让金属框以与（1）中相同的初速度运动，进入磁场。运动过程中金属框的上、下边框处处与导轨始终接触良好。求在金属框整个运动过程中，电阻 R_1 产生的热量。

【考点】电磁感应中的能量类问题；动量定理；焦耳定律；洛伦兹力；导体切割磁感线时产生的感应电动势

【专题】定量思想；推理法；电磁感应——功能问题；理解能力；推理能力；分析综合能力；应用数学处理物理问题的能力。

【答案】（1）金属框的初速度大小为 $\frac{B^2 L^3}{m R_0}$ ；

（2）金属框整个运动过程中，电阻 R_1 产生的热量为 $\frac{3B^4 L^6}{25mR_0^2}$ 。

【分析】（1）根据法拉第电磁感应定律得出感应电动势的大小，结合电流的定义式和动量定理联立等式得出金属框的初速度；（2）理解不同位置的电动势的计算和电路中的电阻计算，根据动量定理分析出金属框进入磁场和离开磁场的速度，结合能量守恒定律得出产生的总焦耳热，根据电阻的比值关系和电路构造得出电阻 R_1 产生的焦耳热再求和即可。

【解答】解：（1）根据法拉第电磁感应定律可得，金属框进入磁场过程中，设运动的时间为 t ，感应电动势的平均值为： $\bar{E} = BL\bar{v}$

其中， $\bar{v} = \frac{L}{t}$

根据电荷量的定义式可知，金属框进入磁场过程中流过金属框的电荷量为：

$$q_1 = \bar{I}_t = \frac{\bar{E}}{4R_0} t = \frac{BL^2}{4R_0}$$

根据楞次定律可知，金属框进入磁场和离开磁场的过程中电流方向相反，但安培力始终水平向左，设两个过程中的电荷量的绝对值之和为 q ，则

$$q = 2q_1 = \frac{2BL^2}{4R_0} = \frac{BL^2}{2R_0}$$

对整个过程，选择水平向右的方向为正方向，设金属框的初速度为 v_0 ，对金属框根据动量定理可得：

$$-qBL = \frac{1}{2}mv_0 - mv_0$$

$$\text{联立解得： } v_0 = \frac{B^2L^3}{mR_0}$$

(2) 设金属框进入磁场的末速度为 v_1 ，因为导轨电阻忽略不计，此时金属框上下部分被短路，根据电路构造可知此时电路中的总电阻为：

$$R_{\text{总}} = R_0 + \frac{2R_0^2}{2R_0 + R_0} = \frac{5R_0}{3}$$

金属框进入磁场的过程中，以水平向右为正方向，则

$$-\frac{B^2L^3}{R_{\text{总}}} = mv_1 - mv_0$$

$$\text{解得： } v_1 = \frac{2B^2L^3}{5mR_0}$$

根据能量守恒定律可得： $\frac{1}{2}mv_0^2 = Q_1 + \frac{1}{2}mv_1^2$

根据电阻的比值关系可得此过程中电阻 R_1 产生的热量为：

$$Q_{R1} = \frac{2}{15}Q_1$$

$$\text{联立解得： } Q_{R1} = \frac{7B^4L^6}{125mR_0^2}$$

金属框完全在磁场中过程，金属框的左右两边框同时切割磁感线，可等效为两个电源并联和 R_1 构成回路，此时回路的为：

$$R_{\text{总}1} = R_1 + \frac{R_0}{2} = \frac{5R_0}{2}$$

假设金属框的右边能够到达磁场右边界，且速度为 v_2 ，以水平向右为正方向，根据动量定理可得：

$$-\frac{B^2L^3}{R_{\text{总}1}} = mv_2 - mv_1$$

$$\text{解得： } v_2 = 0$$

可知金属框的右边恰好能到达磁场右边界，根据能量守恒定律可得此过程产生的总热量为：

$$Q_2 = \frac{1}{2}m_v^2$$

此过程中电阻 R_1 产生的热量为： $Q_{R1}' = \frac{4}{5}Q_2$

$$\text{联立解得： } Q_{R1}' = \frac{8B^4L^6}{125m_R^2}$$

整个过程中电阻 R_1 产生的热量为：

$$Q_{\text{总}} = Q_{R1} + Q_{R1}'$$

$$\text{代入数据解得： } Q_{\text{总}} = \frac{3B^4L^6}{25m_R^2}$$

答：（1）金属框的初速度大小为 $\frac{B^2L^3}{mR_0}$ ；

（2）金属框整个运动过程中，电阻 R_1 产生的热量为 $\frac{3B^4L^6}{25m_R^2}$ 。

【点评】 本题主要考查了电磁感应的功能关系，要熟悉公式间的推导，利用动量定理计算出金属框的速度，解题的关键点是理解能量的转化关系，特别是利用电阻的比值关系和电路构造计算出对应电阻产生的热量，整体计算量不大，但比较考验学生的分析能力。