

2023 届唐山市高考物理模拟卷

一、选择题：本题共 8 小题，每小题 6 分，共 48 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~5 题只有一项符合题目要求，第 6~8 题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

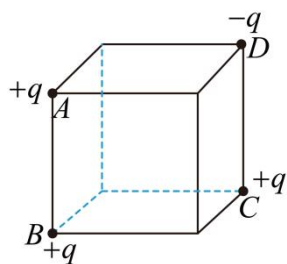
1. 关于原子物理，下列说法正确的是（ ）

- A. 爱因斯坦提出能量子概念并成功解释了黑体辐射规律
- B. 康普顿效应揭示了光的波动性
- C. 玻尔的原子理论能解释所有原子的光谱特征
- D. J.J.汤姆孙因发现电子获得诺贝尔奖，其儿子因观测到电子的衍射图样获得诺贝尔奖

2. 2022 年 7 月 14 日发表在《当代生物学》杂志上的一篇文章称，任何“减震功能”都会阻碍啄木鸟的啄食能力，实际上啄木鸟的头部更像是硬锤。将啄木鸟啄树干的过程简化如下，啄树干时啄木鸟头部的速度大小约为 555 cm/s 、方向垂直树干，喙与树干的作用时间约为 0.01 s 。若啄木鸟的头部质量为 20 g ，则啄木鸟（忽略身体与头部间的作用力）每次啄树干时对树干的平均作用力最小为（ ）

- A. 1.0 N B. 2.2 N C. 5.6 N D. 11.1 N

3. 如图，正方体的四个顶点 A 、 B 、 C 、 D 上固定着电荷量分别为 $+q$ 、 $+q$ 、 $+q$ 、 $-q$ ($q > 0$) 的点电荷，上表面的中心为 O_1 ，下表面的中心为 O_2 ，正方体的中心为 O ，则（ ）



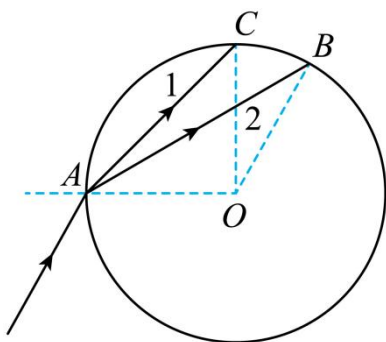
- A. O_1 点的电势大于 O_2 点的电势
- B. O_1 点的电势小于 O 点的电势
- C. O 点的电场强度大于 O_1 点的电场强度

D. 电子从 O_1 点沿直线运动到 O_2 点，电势能一直增大

4. 在地月系统中，若忽略其他星球的影响，可以将月球和地球看成在引力作用下都绕它们连线上的某点做匀速圆周运动，我们称为“模型一”，月球运行的周期记为 T_1 ；但在近似处理问题时，常常认为月球是绕地心做圆周运动，我们称为“模型二”，月球绕地心做圆周运动的运行周期记为 T_2 。已知月球和地球的质量分别为 m 和 M ，则 $\frac{T_2}{T_1}$ 为（ ）

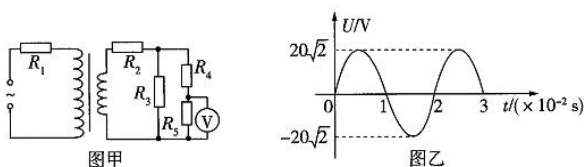
- A. $\frac{M+m}{M}$ B. $\frac{M}{M+m}$ C. $\sqrt{\frac{M+m}{M}}$ D. $\sqrt{\frac{M}{M+m}}$

5. 如图所示，某玻璃砖的横截面是以 O 为圆心、以 R 为半径的圆形，一束由 1、2 两种单色光组成的复色光在横截面所在平面内射向 A 点，光线与 OA 的夹角为 60° ，在 A 点经玻璃砖折射后分别射到圆上的 B 、 C 点， $\angle AOB = 120^\circ$ ， $\angle AOC = 90^\circ$ 。已知真空中的光速为 c ，下列说法正确的是（ ）



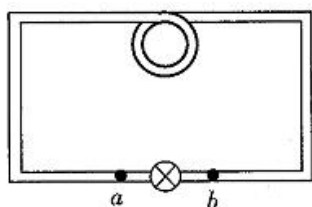
- A. 玻璃砖对 1、2 两种单色光的折射率的比值为 $\sqrt{2}$
- B. 适当减小光线在 A 点的入射角，光线 2 可能在玻璃砖中发生全反射
- C. 1、2 两束光线在玻璃砖中传播的时间之差为 $\frac{(3-\sqrt{3})R}{c}$
- D. 1、2 两束光线射出后相互平行

6. 如图甲所示的电路中，电路左侧接电压有效值恒定的正弦交流电源，理想变压器原、副线圈的匝数比为 3:1， R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 均为定值电阻， $R_1 = 10\ \Omega$ ， $R_2 = 5\ \Omega$ ， $R_3 = R_4 = R_5 = 10\ \Omega$ ，电压表为理想电表。已知 R_4 两端电压 U 随时间 t 变化的规律如图乙所示。下列说法正确的是（ ）



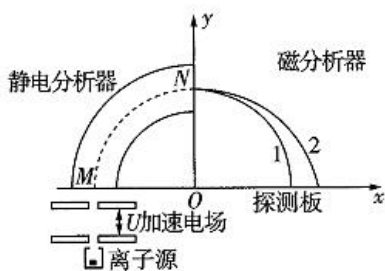
- A. 电压表的示数约为 28.3 V
- B. 通过 R_3 的电流每秒钟方向改变 100 次
- C. 通过 R_1 的电流大小为 2 A
- D. 交流电源输出电压的有效值为 220 V

7. 将一根绝缘细导线绕成如图所示的线圈，再将线圈和小灯泡构成闭合回路，线圈内部存在一方向垂直纸面向里的均匀磁场，已知小灯泡的电阻为 R ，细导线的电阻为 r ，矩形的面积为 S_1 ，小圆的面积为 S_2 ，磁感应强度大小随时间变化的规律为 $B = B_0 + kt$ ， B_0 和 k 均为大于零的常量，下列说法正确的是（ ）



- A. 通过灯泡的电流由 a 流向 b
- B. 闭合回路中的感应电动势为 $k(S_1 - S_2)$
- C. 通过小灯泡的电流大小为 $\frac{k(S_1 + S_2)}{R + r}$
- D. 小灯泡两端的电压为 $\frac{\sqrt{2}Rk(S_1 + S_2)}{R + r}$

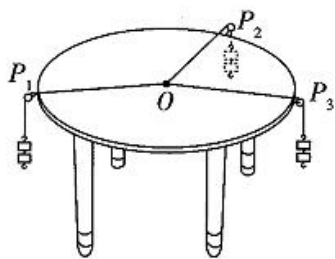
8. 某种质谱仪由加速电场、静电分析器和磁分析器组成。离子源和加速电压为 U 的加速电场位于 x 轴下方某处，第Ⅱ象限的静电分析器是中心线半径为 R 的四分之一圆弧通道，通道内有方向指向坐标原点 O 的均匀辐向电场，虚线为通道的中心线，第Ⅰ象限内有垂直于纸面的匀强磁场。现有粒子 1、2 从离子源飘出，经加速电场加速后垂直 x 轴进入静电分析器，沿中心线做匀速圆周运动后进入磁场，最终打在探测板上，粒子 1、2 在第Ⅰ象限内的运动轨迹如图所示，不计粒子重力和粒子间的相互作用。则（ ）



- A. 磁分析器中粒子 1 运动的时间大于粒子 2 运动的时间
- B. 磁分析器中粒子 1 运动的速率大于粒子 2 运动的速率
- C. 粒子 2 的比荷大于粒子 1 的比荷
- D. 静电分析器中心线处电场强度大小为 $\frac{2U}{R}$

二、非选择题：本题共 5 小题，共 62 分。

9. 某兴趣小组的同学为了验证“两个互成角度的力的合成规律”，设计了一个实验方案，在圆形桌子桌面上平铺一张白纸，在桌子边缘安装三个光滑的滑轮（滑轮上侧所在平面与桌面平行），滑轮 P_1 固定，滑轮 P_2 、 P_3 可沿桌边移动，如图所示。可供选择的实验器材有：刻度尺、三角板、铅笔、白纸、一根橡皮筋、三根细线、质量相同的钩码若干。



部分实验操作步骤如下：

- ①将橡皮筋中央处和两端点分别与三根细线相连；
- ②将连在橡皮筋中央的细线跨过固定滑轮 P_1 ，连接橡皮筋两端点的细线跨过可动滑轮 P_2 、 P_3 ；
- ③在三根细线的下端分别挂上一定数量的钩码，使连在橡皮筋中央的细线与橡皮筋的结点 O 静止。

(1) 为完成本实验，下列物理量必须测量或记录的是_____。（填选项前字母）

- A. 橡皮筋的原长
- B. 两端橡皮筋伸长后的长度

C.钩码的质量 D.三根细线所挂钩码的个数

(2) 在完成本实验的过程中，下列操作或描述正确的是_____。(填选项前字母)

A.连接橡皮筋两端点的细线长度必须相同

B.细线 OP_1 必须在 OP_2 与 OP_3 夹角的角平分线上

C.记录图中 O 点的蒞置和 OP_1 、 OP_2 、 OP_3 的方问

D.不改变 OP_1 所挂钩码的个数和 OP_1 的方向，改变 OP_2 与 OP_3 的夹角重复实验， O 点不用在桌面上同一位置

(3) 实验中，若桌面不水平_____ (填“会”或“不会”) 影响实验的结论。

10. 某同学在实验室测量一量程为 2 mA 的电流表 A 的内阻 R_A ，然后将其改装为量程为 2 V 的电压表，实验室提供的器材如下：

A.电压表 V (量程为 3 V ，内阻约为 $3\text{ k}\Omega$)

B.滑动变阻器 ($0\sim 10\Omega$ ，允许通过的最大电流为 1 A)

C.滑动变阻器 ($0\sim 3000\Omega$ ，允许通过的最大电流为 0.3 A)

D.电阻箱 (阻值 $0\sim 9999\Omega$)

E.电源 (电动势 4 V ，内阻很小)

F.开关、导线若干

(1) 该同学选用上述部分器材，首先设计了如图 1 所示的电路测电流表 A 的内阻 R_A 。

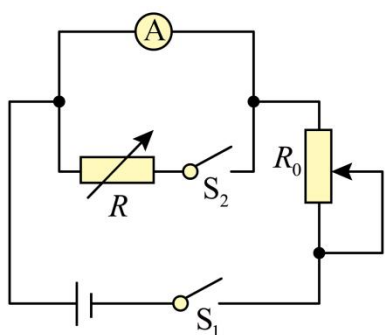


图1

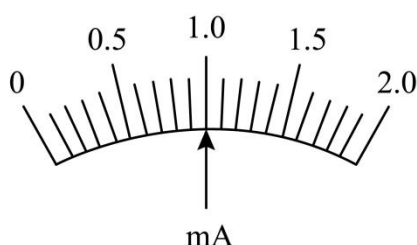


图2

①为了调节方便，实验中滑动变阻器应选_____ (填器材前的字母序号)；

②该同学在开关断开情况下，检查电路连接无误后，将 R_0 的阻值调至最大，后续的实验操作步骤依次是：
_____，最后记录 R 的阻值并整理好器材。（请按合理的实验顺序，选填下列步骤前的字母）

A. 闭合开关 S_1

B. 闭合开关 S_2

C. 调节 R 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度

D. 调节 R 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度的一半

E. 调节 R_0 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度的一半

F. 调节 R_0 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度

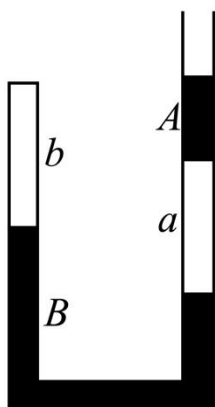
（2）上述实验测得电流表 A 内阻为 $100\ \Omega$ ，要将其改装成量程为 $2\ V$ 的电压表，应将一阻值为 _____ Ω 的电阻 R_1 与该电流表 _____（填“并联”或“串联”）进行改装。

（3）利用一标准电压表 V 对改装后的电压表进行校准。当标准电压表的示数为 $1.1\ V$ 时，电流表 A 的指针位置如图 2 所示，由此可以推测出所改装的电压表量程不是预期值，若 R_1 值计算无误，则要达到预期目的，无论电流表 A 的内阻测量是否准确，只需将一个阻值为 _____ Ω 的电阻与 R_1 _____（填“并联”或“串联”）即可。

11. 如图所示，左管口封闭、粗细均匀的 U 形玻璃管竖直放置，管内 A、B 两段水银柱封闭有长度均为 $10\ \text{cm}$ 的 a、b 两段气柱，水银柱 A 的长度为 $5\ \text{cm}$ ，水银柱 B 在左管中的液面比在右管中的液面高 $5\ \text{cm}$ ，已知大气压强为 $75\ \text{cmHg}$ ，环境温度为 $320\ K$ 。现将环境温度降低，使气柱 b 长度稳定时变为 $9\ \text{cm}$ ，求：

（1）降低后的环境温度；

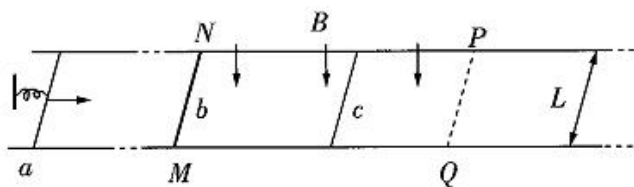
（2）水银柱 A 下降的高度。



12. 某汽车搭载了自动刹车系统，当前方遇到紧急情况时，若驾驶员没能及时刹车，系统会介入自动刹车。某次性能测试时，甲车跟随前方乙车在平直车道上匀速行驶，速度均为 72 km/h ，两车间距离为 d ，某时刻甲车侦测到乙车开始以 1 m/s^2 的加速度刹车，车距减为 25 m 时甲车以 3 m/s^2 的加速度自动刹车，假设刹车过程加速度恒定，两车恰好避免相撞，求 d 的大小。

13. 如图所示，两平行光滑长直导轨水平放置， MN 左侧绝缘，右侧导电，导轨间距为 L ，导电部分电阻可忽略不计。 $MNPQ$ 区域间有方向向下的匀强磁场，磁感应强度大小为 B 。导轨左侧距离 MN 足够远处固定一绝缘轻质弹簧，初始时质量为 $\frac{m}{3}$ 的棒 a 压缩弹簧（不拴接）后由静止释放，与静置在 MN 处的导体棒 b 发生弹性碰撞， a 、 b 碰撞前磁场内的导体棒 c 处于静止状态， b 、 c 间初始距离为 x 。导体棒运动过程中与导轨接触良好且始终与导轨垂直。 b 、 c 两棒的长度均为 L ，电阻均为 R ，质量均为 m 。

- (1) 若 a 脱离弹簧时的速度为 v ，求碰后瞬间导体棒 b 所受安培力大小；
- (2) 若 b 、 c 在磁场内共速时恰好未发生碰撞，求弹簧的最大弹性势能；
- (3) 若 a 脱离弹簧时的速度为 $8v_0$ ， c 出磁场时 b 、 c 恰未发生碰撞且 c 的速度为 v_0 ，将 MN 向左移动，改变磁场区域长度，使 b 、 c 间初始距离变为 kx ， b 出磁场后未与 c 发生碰撞，求 k 的取值范围。



一、选择题：本题共 8 小题，每小题 6 分，共 48 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~5 题只有一项符合题目要求，第 6~8 题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

1. 关于原子物理，下列说法正确的是（ ）

- A. 爱因斯坦提出能量子概念并成功解释了黑体辐射规律
- B. 康普顿效应揭示了光的波动性
- C. 玻尔的原子理论能解释所有原子的光谱特征
- D. J.J.汤姆孙因发现电子获得诺贝尔奖，其儿子因观测到电子的衍射图样获得诺贝尔奖

【答案】D

【解析】

【详解】A. 普朗克提出能量子概念并成功解释了黑体辐射规律，A 错误；

B. 康普顿效应揭示了光的粒子性，B 错误；

C. 玻尔的原子理论不能解释复杂原子的光谱特征，C 错误；

D. J.J.汤姆孙因发现电子获得诺贝尔奖，其儿子因观测到电子的衍射图样获得诺贝尔奖，D 正确。

故选 D。

2. 2022 年 7 月 14 日发表在《当代生物学》杂志上的一篇论文称，任何“减震功能”都会阻碍啄木鸟的啄食能力，实际上啄木鸟的头部更像是硬锤。将啄木鸟啄树干的过程简化如下，啄树干时啄木鸟头部的速度大小约为 555 cm/s、方向垂直树干，喙与树干的作用时间约为 0.01 s。若啄木鸟的头部质量为 20 g，则啄木鸟（忽略身体与头部间的作用力）每次啄树干时对树干的平均作用力最小为（ ）

- A. 1.0 N
- B. 2.2 N
- C. 5.6 N
- D. 11.1 N

【答案】D

【解析】

【详解】由动量定理可知

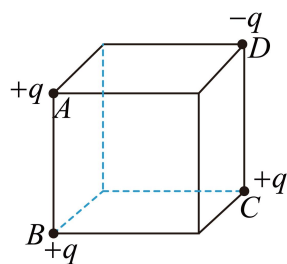
$$\bar{F}t = m\Delta v$$

其中 $t = 0.01 \text{ s}$ ， $m = 0.02 \text{ kg}$ ， $\Delta v_{\min} = 5.55 \text{ m/s}$ ，代入可得啄木鸟每次啄树干时对树干的平均作用力最小为

$$\bar{F} = 11.1 \text{ N}$$

故选 D。

3. 如图，正方体的四个顶点 A 、 B 、 C 、 D 上固定着电荷量分别为 $+q$ 、 $+q$ 、 $+q$ 、 $-q$ ($q > 0$) 的点电荷，上表面的中心为 O_1 ，下表面的中心为 O_2 ，正方体的中心为 O ，则 ()



- A. O_1 点的电势大于 O_2 点的电势
- B. O_1 点的电势小于 O 点的电势
- C. O 点的电场强度大于 O_1 点的电场强度
- D. 电子从 O_1 点沿直线运动到 O_2 点，电势能一直增大

【答案】B

【解析】

【详解】AB. 根据点电荷电势分布可知， A 、 D 两处的点电荷在 O_1O_2 连线上各点产生的电势大小相等，符号相反，叠加后合电势为零， B 、 C 两处的点电荷在 O_1O_2 连线上 O_2 上方产生的电场强度方向向上，则沿直线从 O_1 到 O_2 电势逐渐升高，故 A 错误，B 正确；

C. 根据电场强度的叠加原理可知， O 点电场强度为 B 、 D 两处点电荷产生场强的叠加，方向沿 BD 方向， A 、 D 两处点电荷在 O_1 点产生的场强沿 AD 方向， B 、 C 两处点电荷在 O_1 点产生的场强向上，根据点电荷到点的距离可知 A 、 D 两处点电荷在 O_1 点产生的场强大于 B 、 D 两处点电荷在 O 点产生的场强，故 C 错误；

D. 负电荷在电势低的位置电势能大，则电子从 O_1 沿直线运动到 O_2 ，电势能逐渐减小，故 D 错误；

故选 B。

4. 在地月系统中，若忽略其他星球的影响，可以将月球和地球看成在引力作用下都绕它们连线上的某点做匀速圆周运动，我们称为“模型一”，月球运行的周期记为 T_1 ；但在近似处理问题时，常常认为月球是绕地心做圆周运动，我们称为“模型二”，月球绕地心做圆周运动的运行周期记为 T_2 。已知月球和地球的质量分别为 m 和 M ，则 $\frac{T_2}{T_1}$ 为（ ）

- A. $\frac{M+m}{M}$ B. $\frac{M}{M+m}$ C. $\sqrt{\frac{M+m}{M}}$ D. $\sqrt{\frac{M}{M+m}}$

【答案】C

【解析】

【详解】根据题意，设地球和月球的距离为 r ，“模型一”时，地球的轨道半径为 r_2 ，月球的轨道半径为 r_1 ，由万有引力提供向心力有

$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T_1^2} r_1 = M \frac{4\pi^2}{T_1^2} r_2$$

又有

$$r = r_1 + r_2$$

解得

$$T_1 = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{G(M+m)}}$$

“模型二”时，由万有引力提供向心力有

$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T_2^2} r$$

解得

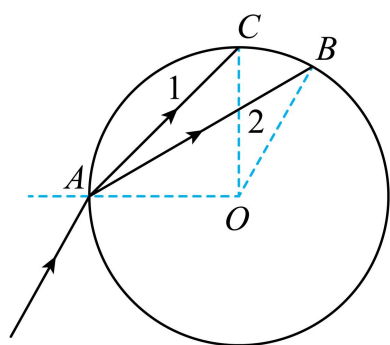
$$T_2 = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$$

则有

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m+M}{M}}$$

故选 C。

5. 如图所示，某玻璃砖的横截面是以 O 为圆心、以 R 为半径的圆形，一束由 1、2 两种单色光组成的复色光在横截面所在平面内射向 A 点，光线与 OA 的夹角为 60° ，在 A 点经玻璃砖折射后分别射到圆上的 B 、 C 点， $\angle AOB = 120^\circ$ ， $\angle AOC = 90^\circ$ 。已知真空中的光速为 c ，下列说法正确的是（ ）



- A. 玻璃砖对 1、2 两种单色光的折射率的比值为 $\sqrt{2}$
- B. 适当减小光线在 A 点的入射角，光线 2 可能在玻璃砖中发生全反射
- C. 1、2 两束光线在玻璃砖中传播的时间之差为 $\frac{(3-\sqrt{3})R}{c}$
- D. 1、2 两束光线射出后相互平行

【答案】C

【解析】

【详解】A. 由折射定律结合几何关系可知，玻璃砖对光线 1 的折射率

$$n_1 = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{\sqrt{6}}{2}$$

玻璃砖对光线 2 的折射率

$$n_2 = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$$

所以玻璃砖对 1、2 两种单色光的折射率之比为

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

故 A 错误；

B. 结合全反射和几何知识可知，当光线 2 在 A 点的折射角等于光线 2 在该玻璃砖中的临界角时，光线 2 能发生全发射，需要光线 2 在 A 点的入射角为 90° ，故 B 错误；

C. 由折射定律可知，光线 1、2 在玻璃砖中的传播速度分别为

$$v_1 = \frac{c}{n_1} = \frac{\sqrt{6}}{3}c, \quad v_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{\sqrt{3}c}{3}$$

由几何关系可知，光线 1、2 在玻璃砖中传播的距离分别为 $\sqrt{2}R$ 和 $\sqrt{3}R$ ，所以 1、2 两束光线在玻璃砖中的传播时间之差为

$$\Delta t = \frac{(3 - \sqrt{3})R}{c}$$

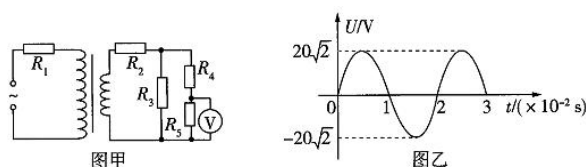
故 C 正确；

D. 由几何知识和光的可逆性可知，1、2 两束光线射出时与各自的法线成 60° 角，则不平行，故 D 错误。

故选 C。

6. 如图甲所示的电路中，电路左侧接电压有效值恒定的正弦交流电源，理想变压器原、副线圈的匝数比为 3: 1， R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 均为定值电阻，

$R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = R_4 = R_5 = 10 \Omega$ ，电压表为理想电表。已知 R_4 两端电压 U 随时间 t 变化的规律如图乙所示。下列说法正确的是（ ）



A. 电压表的示数约为 28.3 V

B. 通过 R_3 的电流每秒钟方向改变

100 次

C. 通过 R_1 的电流大小为 2 A

D. 交流电源输出电压的有效值为 220

V

【答案】BC

【解析】

【详解】A. 由图乙可知， R_4 两端电压的最大值为 $20\sqrt{2}$ V，通过 R_4 的电流有效值为

$$I_0 = \frac{20}{10} \text{ A} = 2 \text{ A}$$

交流电压表的示数等于电压的有效值，故电压表的示数为

$$U_5 = I_0 R_5 = 20 \text{ V}$$

A 错误；

B. 由图乙可知交变电流的频率为 50 Hz，一个周期内电流方向改变 2 次，故通过 R_3 的电流每秒钟方向改变 100 次，B 正确；

CD. 根据电路的串并联规律可知，通过 R_3 的电流为 4 A，则通过 R_2 的电流为 $I_2 = 6 \text{ A}$ ， R_2 两端的电压为

$$U_2 = I_2 R_2 = 30 \text{ V}$$

由变压器原、副线圈匝数比与电压、电流的关系可知，原线圈两端的电压为

$$U_0 = 3 \times (30 + 40) \text{ V} = 210 \text{ V}$$

通过原线圈的电流为

$$I_1 = \frac{I_2}{3} = 2 \text{ A}$$

故电阻 R_1 两端的电压为

$$U_1 = I_1 R_1 = 20 \text{ V}$$

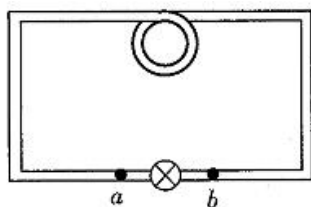
故交流电源输出电压的有效值为

$$U_{\text{有}} = U_0 + U_1 = 230 \text{ V}$$

C 正确，D 错误。

故选 BC。

7. 将一根绝缘细导线绕成如图所示的线圈，再将线圈和小灯泡构成闭合回路，线圈内部存在一方向垂直纸面向里的均匀磁场，已知小灯泡的电阻为 R ，细导线的电阻为 r ，矩形的面积为 S_1 ，小圆的面积为 S_2 ，磁感应强度大小随时间变化的规律为 $B = B_0 + kt$ ， B_0 和 k 均为大于零的常量，下列说法正确的是（ ）



- A. 通过灯泡的电流由 a 流向 b
- B. 闭合回路中的感应电动势为 $k(S_1 - S_2)$
- C. 通过小灯泡的电流大小为 $\frac{k(S_1 + S_2)}{R + r}$
- D. 小灯泡两端的电压为 $\frac{\sqrt{2}Rk(S_1 + S_2)}{R + r}$

【答案】AC

【解析】

【详解】A. 由磁感应强度的变化规律可知，闭合回路中的磁感应强度向内，磁通量增加，由楞次定律可知，通过小灯泡的电流由 a 流向 b ，A 正确；

B. 矩形线圈产生的感应电动势为

$$E_1 = S_1 \frac{\Delta B}{\Delta t} = kS_1$$

小圆线圈产生的感应电动势为

$$E_2 = S_2 \frac{\Delta B}{\Delta t} = kS_2$$

由楞次定律可知，两部分线圈产生的感应电动势方向相同，所以总电动势为

$$E = E_1 + E_2 = k(S_1 + S_2)$$

B 错误；

C. 通过小灯泡的电流大小为

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{k(S_1 + S_2)}{R+r}$$

C 正确；

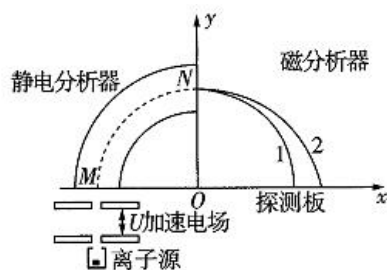
D. 通过小灯泡的电流是恒定电流，小灯泡两端的电压为

$$U = IR = \frac{Rk(S_1 + S_2)}{R+r}$$

D 错误。

故选 AC。

8. 某种质谱仪由加速电场、静电分析器和磁分析器组成。离子源和加速电压为 U 的加速电场位于 x 轴下方某处，第Ⅱ象限的静电分析器是中心线半径为 R 的四分之一圆弧通道，通道内有方向指向坐标原点 O 的均匀辐向电场，虚线为通道的中心线，第Ⅰ象限内有垂直于纸面的匀强磁场。现有粒子 1、2 从离子源飘出，经加速电场加速后垂直 x 轴进入静电分析器，沿中心线做匀速圆周运动后进入磁场，最终打在探测板上，粒子 1、2 在第Ⅰ象限内的运动轨迹如图所示，不计粒子重力和粒子间的相互作用。则（ ）



A. 磁分析器中粒子 1 运动的时间大于粒子 2 运动的时间

B. 磁分析器中粒子 1 运动的速率大于粒子 2 运动的速率

C. 粒子 2 的比荷大于粒子 1 的比荷

D. 静电分析器中心线处电场强度大小为 $\frac{2U}{R}$

【答案】BD

【解析】

【详解】D. 粒子在加速电场中的运动过程，由动能定理可得

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

解得粒子出加速电场时的速度

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

在静电分析器中，电场力提供粒子做圆周运动所需的向心力，有

$$qE = m\frac{v^2}{R}$$

得

$$E = \frac{2U}{R}$$

D 正确；

C. 粒子进入磁分析器后，洛伦兹力提供粒子做圆周运动所需的向心力，有

$$qvB = m\frac{v^2}{r}$$

得

$$r = \frac{mv}{qB}$$

将 $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ 代入得

$$\frac{q}{m} = \frac{2U}{B^2 r^2}$$

由题图可知粒子 2 的轨迹半径大于粒子 1 的轨迹半径，所以粒子 2 的比荷小于粒子 1 的比荷，

C 错误；

B. 因 $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ ，粒子 1 的比荷大于粒子 2 的比荷，所以在磁分析器中粒子 1 运动的速率

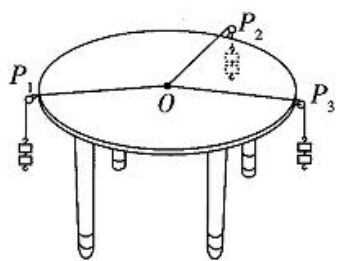
大于粒子 2 运动的速率，B 正确；

A. 粒子 1 运动轨迹所对的弧长短，速率大，由 $t = \frac{s}{v}$ 可知，在磁分析器中粒子 1 运动的时间小于粒子 2 运动的时间，A 错误。

故选 BD。

二、非选择题：本题共 5 小题，共 62 分。

9. 某兴趣小组的同学为了验证“两个互成角度的力的合成规律”，设计了一个实验方案，在圆形桌子桌面上平铺一张白纸，在桌子边缘安装三个光滑的滑轮（滑轮上侧所在平面与桌面平行），滑轮 P_1 固定，滑轮 P_2 、 P_3 可沿桌边移动，如图所示。可供选择的实验器材有：刻度尺、三角板、铅笔、白纸、一根橡皮筋、三根细线、质量相同的钩码若干。



部分实验操作步骤如下：

- ①将橡皮筋中央处和两端点分别与三根细线相连；
- ②将连在橡皮筋中央的细线跨过固定滑轮 P_1 ，连接橡皮筋两端点的细线跨过可动滑轮 P_2 、 P_3 ；
- ②在三根细线的下端分别挂上一定数量的钩码，使连在橡皮筋中央的细线与橡皮筋的结点 O 静止。

(1) 为完成本实验，下列物理量必须测量或记录的是_____。（填选项前字母）

- A. 橡皮筋的原长 B. 两端橡皮筋伸长后的长度
- C. 钩码的质量 D. 三根细线所挂钩码的个数

(2) 在完成本实验的过程中，下列操作或描述正确的是_____。（填选项前字母）

- A. 连接橡皮筋两端点的细线长度必须相同
- B. 细线 OP_1 必须在 OP_2 与 OP_3 夹角的角平分线上
- C. 记录图中 O 点的位置和 OP_1 、 OP_2 、 OP_3 的方向
- D. 不改变 OP_1 所挂钩码的个数和 OP_1 的方向，改变 OP_2 与 OP_3 的夹角重复实验， O 点不用在

桌面上同一位置

(3) 实验中, 若桌面不水平_____ (填“会”或“不会”) 影响实验的结论。

【答案】 ①. D ②. CD##DC ③. 不会

【解析】

【详解】(1) [1]橡皮筋伸长后的拉力大小等于所挂钩码的重力, 所以钩码的个数必须测量, 又钩码质量相同, 则不用测量钩码的质量, 橡皮筋的原长和伸长后的长度不用测量。

故选 D。

(2) [2]A. 连接橡皮筋两端点的细线长度不影响橡皮筋的拉力大小, 故长度不用相同, A 错误;

B. 细线 OP_1 上力的方向与细线 OP_2 、 OP_3 上两力的合力方向相反, 由于 OP_2 、 OP_3 上两力的合力方向是任意的, 故 OP_1 不需要在角平分线上, B 错误;

C. 实验中, 需要测量 OP_1 、 OP_2 和 OP_3 上力的大小和方向, 故必须记录图中 OP_3 点的位置和 OP_1 、 OP_2 、 OP_3 的方向以及结点 O 静止时三根细线所挂钩码的个数, C 正确;

D. 不改变 OP_1 所挂钩码的个数和方向, 改变 OP_2 与 OP_3 的夹角重复实验, OP_1 上的力大小保持不变, 另两个力的合力只要跟它等大反向即可保持 O 点平衡, 故 O 点的位置可以改变, D 正确。

故选 CD。

(3) [3]若桌面不水平, 三根线上的拉力大小也为各自所挂钩码重力大小, 不会影响实验结论。

10. 某同学在实验室测量一量程为 2 mA 的电流表 A 的内阻 R_A , 然后将其改装为量程为 2 V 的电压表, 实验室提供的器材如下:

A. 电压表 V (量程为 3 V, 内阻约为 3 k Ω)

B. 滑动变阻器 (0~10 Ω , 允许通过的最大电流为 1 A)

C. 滑动变阻器 (0~3000 Ω , 允许通过的最大电流为 0.3 A)

D. 电阻箱 (阻值 0~9999 Ω)

E. 电源 (电动势 4 V, 内阻很小)

F.开关、导线若干

(1) 该同学选用上述部分器材，首先设计了如图 1 所示的电路测电流表 A 的内阻 R_A 。

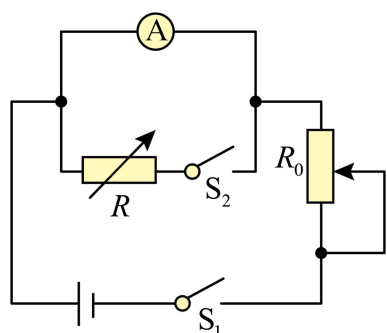


图1

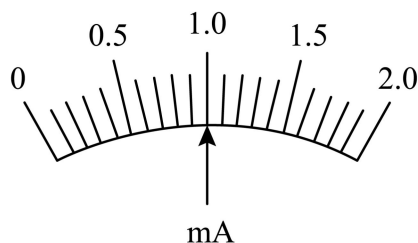


图2

①为了调节方便，实验中滑动变阻器应选_____（填器材前的字母序号）；

②该同学在开关断开情况下，检查电路连接无误后，将 R_0 的阻值调至最大，后续的实验操作步骤依次是：_____，最后记录 R 的阻值并整理好器材。（请按合理的实验顺序，选填下列步骤前的字母）

- A. 闭合开关 S_1
- B. 闭合开关 S_2
- C. 调节 R 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度
- D. 调节 R 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度的一半
- E. 调节 R_0 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度的一半
- F. 调节 R_0 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度

(2) 上述实验测得电流表 A 内阻为 $100\ \Omega$ ，要将其改装成量程为 $2\ V$ 的电压表，应将一阻值为_____ Ω 的电阻 R_1 与该电流表_____（填“并联”或“串联”）进行改装。

(3) 利用一标准电压表 V 对改装后的电压表进行校准。当标准电压表的示数为 $1.1\ V$ 时，电流表 A 的指针位置如图 2 所示，由此可以推测出所改装的电压表量程不是预期值，若 R_1 值计算无误，则要达到预期目的，无论电流表 A 的内阻测量是否准确，只需将一个阻值为_____ Ω 的电阻与 R_1 _____（填“并联”或“串联”）即可。

【答案】 ①. C ②. AFBD ③. 900 ④. 串联 ⑤. 7200 ⑥. 并联

【解析】

【详解】(1) ①[1]在电流表满偏时电路中的总电阻为

$$R = \frac{E}{I} = \frac{4}{2 \times 10^{-3}} \Omega = 2000 \Omega$$

滑动变阻器选择 C。

②[2]半偏法测电流表内阻的实验步骤：第一步，按原理图连接好电路；第二步，闭合开关 S_1 ，调节滑动变阻器 R ，使电流表指针满偏；第三步，闭合开关 S_2 ，改变电阻箱 R ，使电流表指针半偏，此时电阻箱的阻值就是电流表内阻，故步骤为 AFBD。

(2) [3][4]根据欧姆定律有

$$R_1 = \frac{U - I_g R_g}{I_g} = 900 \Omega$$

即将一阻值为 900Ω 的电阻 R_1 与该电流表串联进行改装。

(3) [[5][6]当标准电压表的示数为 $1.1 V$ 时，改装的电压表指针恰好是量程的一半，由此可以推测出所改装的电压表量程是 $2.2 V$ 。根据欧姆定律，电流表内阻的真实值 R_g 满足

$$2.2 V = I_g (R_g + 900 \Omega)$$

解得

$$R_g = 200 \Omega$$

则需要串联的分压电阻为 800Ω ，根据

$$800 \Omega = \frac{900 \times R'}{900 + R'} \Omega$$

解得

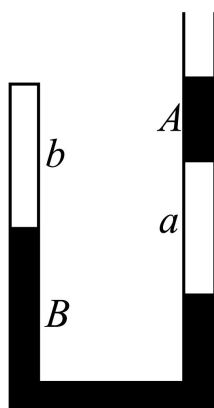
$$R' = 7200 \Omega$$

要达到预期目的，只需将一个阻值为 7200Ω 的电阻与 R_1 并联即可。

11. 如图所示，左管口封闭、粗细均匀的 U 形玻璃管竖直放置，管内 A 、 B 两段水银柱封闭有长度均为 10 cm 的 a 、 b 两段气柱，水银柱 A 的长度为 5 cm ，水银柱 B 在左管中的液面比在

右管中的液面高 5 cm，已知大气压强为 75 cmHg，环境温度为 320 K。现将环境温度降低，使气柱 b 长度稳定时变为 9 cm，求：

- (1) 降低后的环境温度；
- (2) 水银柱 A 下降的高度。



【答案】(1) 280.32 K；(2) 2.24 cm

【解析】

【详解】(1) 初始时，右管中气柱 a 的压强为

$$p_1 = 75 \text{ cmHg} + 5 \text{ cmHg} = 80 \text{ cmHg}$$

左管中气柱 b 的压强为

$$p_2 = p_1 - 5 \text{ cmHg} = 75 \text{ cmHg}$$

温度降低后，气柱 a 的压强不变，气柱 b 的压强为

$$p'_2 = p_1 - 7 \text{ cmHg} = 73 \text{ cmHg}$$

对气柱 b ，根据理想气体状态方程有

$$\frac{p_2 L_2 S}{T_1} = \frac{p'_2 L'_2 S}{T_2}$$

解得

$$T_2 = 280.32 \text{ K}$$

(2) 气柱 a 发生等压变化，有

$$\frac{L_1 S}{T_1} = \frac{L'_1 S}{T_2}$$

解得

$$L'_1 = 8.76 \text{ cm}$$

则水银柱 A 下降的高度为

$$h = 1 \text{ cm} + 10 \text{ cm} - 8.76 \text{ cm} = 2.24 \text{ cm}$$

12. 某汽车搭载了自动刹车系统，当前方遇到紧急情况时，若驾驶员没能及时刹车，系统会介入自动刹车。某次性能测试时，甲车跟随前方乙车在平直车道上匀速行驶，速度均为 72 km/h ，两车间距离为 d ，某时刻甲车侦测到乙车开始以 1 m/s^2 的加速度刹车，车距减为 25 m 时甲车以 3 m/s^2 的加速度自动刹车，假设刹车过程加速度恒定，两车恰好避免相撞，求 d 的大小。

【答案】 75 m

【解析】

【详解】假设在乙车停止前两车恰好不发生相撞，乙车减速 t_0 时间后甲车开始减速，甲车开始减速后经 t_1 时间二者恰好避免相撞，根据匀变速直线运动规律有

$$v_0 - a_1(t_0 + t_1) = v_0 - a_2 t_1$$

根据位移关系有

$$25 \text{ m} + (v_0 - a_1 t_0) t_1 - \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = v_0 t_1 - \frac{1}{2} a_2 t_1^2$$

其中 $v_0 = 20 \text{ m/s}$, $a_1 = 1 \text{ m/s}^2$, $a_2 = 3 \text{ m/s}^2$ ，联立解得

$$t_0 = 10 \text{ s}, t_1 = 5 \text{ s} \quad (\text{另一解舍去})$$

两车恰好不发生碰撞时前车的速度为

$$v_1 = v_0 - a_1(t_0 + t_1) = 5 \text{ m/s}$$

假设成立。 t_0 时间内两车间距离的减少量为

$$x_1 = v_0 t_0 - \left(v_0 t_0 - \frac{1}{2} a_1 t_0^2 \right)$$

根据距离关系可知

$$d = 25 \text{ m} + x_1 = 75 \text{ m}$$

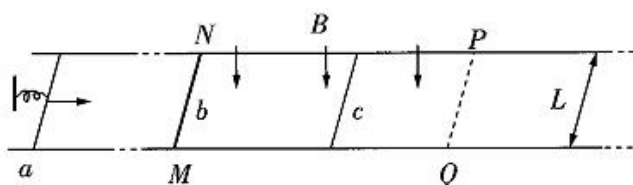
13. 如图所示，两平行光滑长直导轨水平放置， MN 左侧绝缘，右侧导电，导轨间距为 L ，导电部分电阻可忽略不计。 $MNPQ$ 区域间有方向向下的匀强磁场，磁感应强度大小为 B 。

导轨左侧距离 MN 足够远处固定一绝缘轻质弹簧，初始时质量为 $\frac{m}{3}$ 的棒 a 压缩弹簧（不拴接）后由静止释放，与静置在 MN 处的导体棒 b 发生弹性碰撞， a 、 b 碰撞前磁场内的导体棒 c 处于静止状态， b 、 c 间初始距离为 x 。导体棒运动过程中与导轨接触良好且始终与导轨垂直。 b 、 c 两棒的长度均为 L ，电阻均为 R ，质量均为 m 。

(1) 若 a 脱离弹簧时的速度为 v ，求碰后瞬间导体棒 b 所受安培力大小；

(2) 若 b 、 c 在磁场内共速时恰好未发生碰撞，求弹簧的最大弹性势能；

(3) 若 a 脱离弹簧时的速度为 $8v_0$ ， c 出磁场时 b 、 c 恰未发生碰撞且 c 的速度为 v_0 ，将 MN 向左移动，改变磁场区域长度，使 b 、 c 间初始距离变为 kx ， b 出磁场后未与 c 发生碰撞，求 k 的取值范围。



【答案】(1) $\frac{B^2 L^2 v}{4R}$; (2) $\frac{2B^4 L^4 x^2}{3mR^2}$; (3) $3 \leq k < 4$

【解析】

【详解】(1) a 、 b 发生弹性碰撞，根据动量守恒定律和机械能守恒定律有

$$\frac{m}{3}v = \frac{m}{3}v_1 + mv_2$$

$$\frac{1}{2} \times \frac{m}{3}v^2 = \frac{1}{2} \times \frac{m}{3}v_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

解得

$$v_1 = -\frac{v}{2}, v_2 = \frac{v}{2}$$

回路总电阻 $R_{\text{总}} = 2R$ ，根据法拉第电磁感应定律有

$$E_1 = BLv_2$$

回路中电流

$$I_1 = \frac{E_1}{R_{\text{总}}}$$

碰后瞬间导体棒 b 所受安培力大小为

$$F_1 = BI_1L$$

联立解得

$$F_1 = \frac{B^2L^2v}{4R}$$

(2) b 、 c 在磁场中共速时二者恰未发生碰撞，即二者的相对位移为 x ，设 a 、 b 碰后瞬间 b 的速度为 v_3 ， b 、 c 共速时的速度为 $v_{\text{共}}$ ，对碰后的导体棒 b 根据动量定理有

$$-BL\bar{I}t = mv_{\text{共}} - mv_3$$

对导体棒 c 根据动量定理有

$$BL\bar{I}t = mv_{\text{共}}$$

又

$$q = \bar{I}t = \frac{\Delta\Phi}{R_{\text{总}}} = \frac{BLx}{R_{\text{总}}}$$

根据 (1) 中分析可知，碰撞前瞬间 a 的速度是碰撞后瞬间 b 速度的两倍，则碰撞前瞬间 a 的速度为 $2v_3$ ，根据能量守恒定律可知弹簧的最大弹性势能等于碰撞前瞬间 a 的动能，则有

$$E_p = \frac{1}{2} \times \frac{m}{3} (2v_3)^2$$

联立解得

$$E_p = \frac{2B^4L^4x^2}{3mR^2}$$

(3) 对 a 、 b 碰撞过程根据动量守恒和能量守恒有

$$\frac{m}{3} \times 8v_0 = \frac{m}{3} v_4 + mv_5$$

$$\frac{1}{2} \times \frac{m}{3} \times (8v_0)^2 = \frac{1}{2} \times \frac{m}{3} v_4^2 + \frac{1}{2} mv_5^2$$

解得

$$v_5 = 4v_0$$

c 出磁场时 b 、 c 恰未发生碰撞，此时二者的相对位移为 x ，根据动量守恒定律有

$$mv_5 = mv_6 + mv_0$$

根据动量定理有

$$\frac{B^2 L^2 x}{2R} = mv_0$$

将 MN 向左移动，改变磁场的长度， b 的初速度未变， c 到 PQ 的距离不变，则 c 出磁场时的速度始终不变，且 c 出磁场时 b 到 PQ 的距离为

$$s = (k-1)x$$

b 出磁场后未与 c 发生碰撞，有两个临界条件，① b 出磁场时的速度为 v_0 ，② b 到 MN 时的速度恰为零，当 b 出磁场时的速度为 v_0 时，根据动量定理有

$$-\frac{B^2 L^2 (k-1)x}{2R} = mv_0 - mv_6$$

解得

$$k = 3$$

当 b 出磁场时的速度为零时，根据动量定理有

$$-\frac{B^2 L^2 (k-1)x}{2R} = 0 - mv_6$$

解得

$$k = 4$$

综上, k 的取值范围为

$$3 \leq k < 4$$