

2023 年重庆一中高 2023 届 4 月月考

物理试题卷

一、选择题：本大题共 10 小题，共 43 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~7 题只有一项符合题目要求，每小题 4 分；第 8~10 题有多项符合题目要求，每小题 5 分，全部选对的得 5 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

1. 关于原子结构和微观粒子波粒二象性，下列说法正确的是 ()

- A. 光电效应揭示了光的粒子性
- B. 实际上原子中的电子没有确定的轨道，所以玻尔的氢原子模型是没有实际意义
- C. 电子的发现说明原子核内部有复杂结构
- D. 核反应过程中如果核子的平均质量减小，则要吸收能量

【答案】A

【解析】

【详解】A. 光电效应揭示了光的粒子性，故 A 正确；

B. 原子中的电子没有确定的轨道，在空间各处出现的概率是不一定的，而玻尔的氢原子模型，却作出了定态与跃迁的假设，故 B 错误；

C. 电子的发现说明原子内部有复杂结构，故 C 错误；

D. 核反应过程中如果核子的平均质量减小，就意味着核反应中有质量亏损，则要放出能量，故 D 错误。

故选 A。

2. 下列描述符合事实的是 ()

- A. 一个气泡从恒温水槽内缓慢向上浮起时向水中放出热量
- B. 晶体熔化时吸收热量，分子的平均动能增大，内能增加
- C. 液体温度越高，悬浮微粒越小，布朗运动越剧烈
- D. 液体的表面张力垂直于液面，使液体表面具有收缩趋势

【答案】C

【解析】

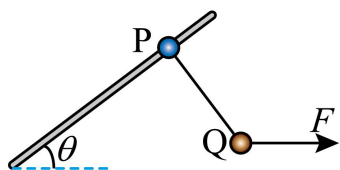
【详解】A. 一个气泡从恒温水槽内缓慢向上浮起过程，压强减小，体积增大，对外做功，气泡温度不变，因此内能不变，于是吸收热量，故 A 错误；

B. 晶体熔化时吸收热量，内能增加，但温度不变，分子平均动能不变，故 B 错误；

- C. 液体温度越高，悬浮微粒越小，布朗运动越剧烈，故 C 正确；
 D. 液体的表面张力使液面具有收缩的趋势，表面张力跟液面相切，故 D 错误。

故选 C。

3. 如图所示，倾角为 $\theta = 30^\circ$ 的固定细杆上套有一小球 P ，另一个小球 Q 通过细线与小球 P 连接，对小球 Q 施加一个水平向右的作用力 F ，系统静止时，两小球之间的细线恰好与细杆垂直，已知小球 $P-Q$ 的质量分别为 m 、 $2m$ ，重力加速度为 g ，下列说法正确的是（ ）



- A. 作用力 F 的大小为 $\sqrt{3}mg$
 B. 细杆对小球 P 的摩擦力 F_f 的大小为 $\frac{1}{2}mg$
 C. 细线张力 F_T 的大小为 $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$
 D. 细杆对小球 P 的弹力 F_N 的大小为 $\frac{3\sqrt{3}}{2}mg$

【答案】B

【解析】

【详解】AC. 设细线张力大小 F_T ，对小球 Q 受力分析，水平方向

$$F_T \sin \theta = F$$

竖直方向

$$F_T \cos \theta = 2mg$$

解得

$$F_T = \frac{2mg}{\cos \theta} = \frac{4\sqrt{3}}{3}mg$$

$$F = 2mg \tan \theta = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg$$

故 AC 错误；

BD. 对小球 P 受力分析，沿细杆方向

$$F_f = mg \sin \theta = \frac{1}{2}mg$$

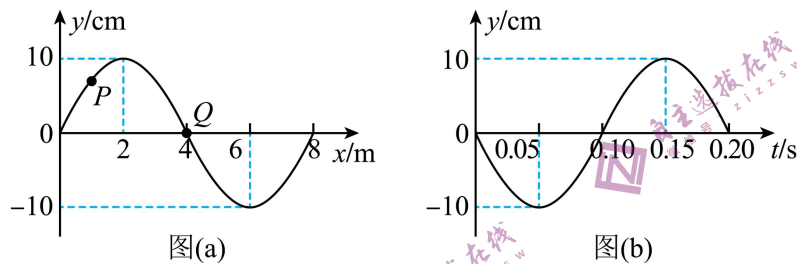
垂直细杆方向

$$F_N = mg \cos \theta + F_T = \frac{11\sqrt{3}}{6}mg$$

故 B 正确，D 错误。

故选 B。

4. 一列沿 x 轴传播的简谐横波，在 $t = 0.10\text{s}$ 时的波形如图 (a) 所示， P 、 Q 是波上的两个质点。图 (b) 是质点 Q 的振动图像。下列说法正确的是 ()



A. 该波沿 x 轴的负方向传播

B. 该波的波速为 80m/s

C. $t = 0.20\text{s}$ 时，质点 P 沿 y 轴正方向运动

D. 某人向着该静止的波源运动时观测到的频率小于 5Hz

【答案】C

【解析】

【详解】A. 由振动图像可知，在 $t = 0.1\text{s}$ 时质点 Q 在平衡位置向上振动，由波形图可知，该波沿 x 轴的正方向传播，选项 A 错误；

B. 该波的波速为

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{8}{0.2} \text{m/s} = 40\text{m/s}$$

选项 B 错误；

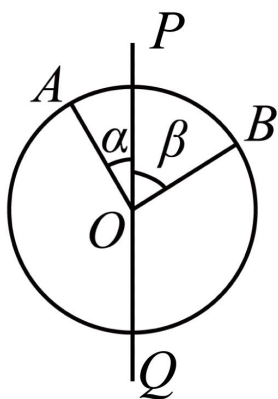
C. $t = 0.20\text{s}$ 时即在 a 图的时刻再经过半个周期，则质点 P 沿 y 轴正方向运动，选项 C 正确；

D. 该波的频率为 5Hz ，根据多普勒效应，某人向着该静止的波源运动时观测到的频率大于 5Hz ，选项 D 错误。

故选 C。

5. 如图所示， PQ 为某星球的自转轴， A 、 B 是该星球表面的两点，它们与星球中心 O 的连

线 OA 、 OB 与 PQ 的夹角分别为 $\alpha = 30^\circ$ 、 $\beta = 60^\circ$ ，在 A 、 B 两点放置质量为 m_A 、 m_B 的物体。设该星球的自转周期为 T 。半径为 R ，引力常量为 G 。则下列说法正确的是（ ）



- A. 放在 A 、 B 两处的物体随星球自转的向心力大小之比为 $\frac{\sqrt{3}m_A}{m_B}$
- B. 放在 A 、 B 两处的物体随星球自转的线速度大小之比为 $1:1$
- C. 该星球的第一宇宙速度为 $\frac{2\pi R}{T}$
- D. 若不考虑该星球的自转，在 B 点用弹簧测力计称量质量为 m_B 的物体，静止时示数为 F ，

则星球的质量 $\frac{FR^2}{Gm_B}$

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由图

$$r_A = R \sin \alpha$$

$$r_B = R \sin \beta$$

$$F_A = m_A \omega^2 r_A$$

$$F_B = m_B \omega^2 r_B$$

联立得

$$F_A : F_B = \frac{\sqrt{3}m_A}{3m_B}$$

故 A 错误；

B. 线速度

$$v = \omega r$$

则

$$v_A : v_B = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

故 B 错误；

C. 该星球的第一宇宙速度即近地卫星的线速度，轨道半径等于星球的半径，但周期不等于星球的自转周期，所以该星球的第一宇宙速度不等于 $\frac{2\pi R}{T}$ ，故 C 错误；

D. 若不考虑该星球的自转，在 B 点用弹簧测力计称量质量为 m_B 的物体，静止时示数为 F ，则

$$F = G \frac{Mm_B}{R^2}$$

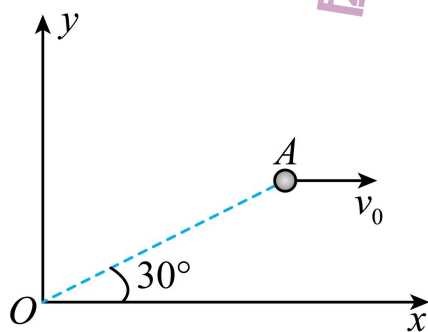
星球的质量

$$M = \frac{FR^2}{Gm_B}$$

故 D 正确。

故选 D。

6. 如图所示，在光滑的足够大水平桌面内建立 xOy 坐标系，水平桌面内存在一平行于 y 轴的匀强电场、质量为 m 的带电小球以某一水平速度从 O 点出发后，恰好通过 A 点。已知小球通过 A 点的速度大小为 v_0 ，方向沿 x 轴正方向，且 OA 连线与 Ox 轴的夹角为 30° 。则()



A. 匀强电场的电场强度方向一定沿 y 轴负方向

B. 小球从 O 点出发的初速度大小为 $2v_0$

C. 小球在这一过程中电势能增加 $\frac{2}{3}mv_0^2$

D. 电场力在这一过程中的冲量大小为 $\frac{\sqrt{3}}{6}mv_0$

【答案】C

【解析】

【详解】A. 带电小球带电正负未知，无法判断匀强电场的电场强度方向，故 A 错误；

B. 可看成平抛运动的逆运动，由题，位移方向与 Ox 轴夹角 30° ，设在 O 点时速度方向与 Ox 轴夹角 θ ，则

$$\tan \theta = 2 \tan 30^\circ = \frac{v_y}{v_0}$$

得

$$v_y = \frac{2\sqrt{3}}{3}v_0$$

小球从 O 点出发的初速度大小为

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \frac{\sqrt{21}}{3}v_0$$

故 B 错误；

C. 根据能量守恒，小球在这一过程中电势能增加

$$\Delta E_p = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{2}{3}mv_0^2$$

故 C 正确；

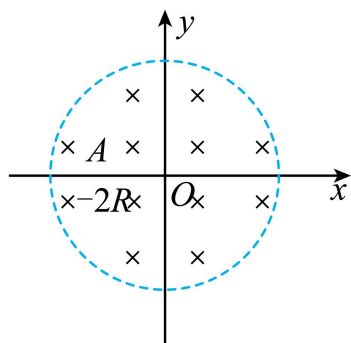
D. 电场力在这一过程中的冲量大小为

$$I = mv_y = \frac{2\sqrt{3}}{3}mv_0$$

故 D 错误。

故选 C。

7. 如图所示，在 xOy 平面上，一个以原点 O 为圆心，半径为 $4R$ 的圆形区域内存在着匀强磁场，磁场的方向垂直于纸面向里，在坐标 $(-2R, 0)$ 的 A 处静止着一个具有放射性的氮原子核 ${}^{13}_7\text{N}$ 。某时刻该核发生衰变，放出一个正电子和一个反冲核，已知正电子从 A 处射出时速度方向垂直于 x 轴，且后来通过了 y 轴，而反冲核刚好不离开磁场区域，不计重力影响和粒子间的相互作用。下列说法正确的是 ()



A. 氮原子核 ${}^{13}_7\text{N}$ 的衰变方程为 ${}^{13}_7\text{N} \rightarrow {}^{13}_8\text{O} + {}^0_{-1}\text{e}$

B. 正电子做圆周运动的半径为 $8R$

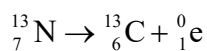
C. 正电子在磁场中做顺时针的圆周运动

D. 正电子最后过 y 轴时的坐标 $(0, -\frac{12\sqrt{7}R}{7})$

【答案】D

【解析】

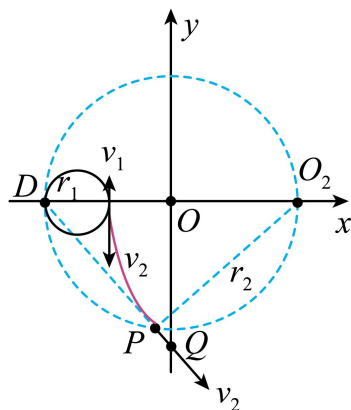
【详解】A. 氮原子核 ${}^{13}_7\text{N}$ 的衰变方程为



故 A 错误；

C. 正电子从 A 处射出时速度方向垂直于 x 轴，且后来通过了 y 轴，可知电子从 A 处射出时速度方向沿 y 轴负方向，根据左手定则可知，正电子在磁场中做逆时针的圆周运动，故 C 错误；

BD. 反冲核刚好不离开磁场区域，电子和反冲核在磁场中的运动轨迹如图所示



根据几何关系可知，反冲核做圆周运动的轨道半径为

$$r_1 = R$$

设反冲核的质量为 m_1 ，电荷量为 q_1 ，速度为 v_1 ；正电子的质量为 m_2 ，电荷量为 q_2 ，速度为 v_2 ，根据动量守恒可得

$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$

由

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

可知正电子做圆周运动的半径为

$$r_2 = \frac{q_1}{q_2} r_1 = 6R$$

由图可知正电子应在通过 y 轴前飞出圆形磁场区域，设出射点为 P ，其轨迹圆心在磁场边界与 x 轴的交点 O_2 处，过 P 点作出射速度方向的方向延长线交于磁场边界 D 点，且 D 点在 x 轴上；根据几何关系可得

$$\angle DO_2P = \angle OQD = \alpha$$

在直角三角形中，有

$$\cos \alpha = \frac{r_2}{8R} = \frac{3}{4}$$

则有

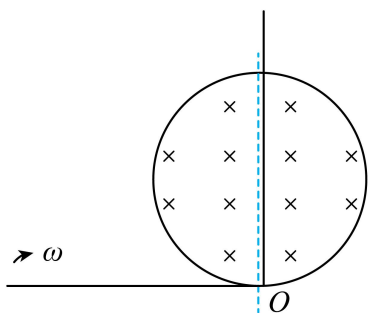
$$\tan \alpha = \frac{\sqrt{7}}{3}$$

$$OQ = \frac{OD}{\tan \alpha} = \frac{12\sqrt{7}R}{7}$$

故正电子最后过 y 轴时的坐标为 $(0, -\frac{12\sqrt{7}R}{7})$ ，故 B 错误，D 正确。

故选 D。

8. 如图所示，半径为 R 的金属圆环水平固定，电阻忽略不计。圆环内存在与环面垂直的匀强磁场，磁感应强度大小为 B 。导体棒长为 $2R$ ，其单位长度电阻值为 r 。 $t=0$ 时刻导体棒与圆环相切于 O 点，现使金属棒以 O 点为轴从图示位置起在水平面内顺时针匀速转过 180° ，角速度为 ω ，导体棒扫过整个环面时与环接触良好。则在该过程中（ ）



- A. 流过金属棒的电荷量为 0
- B. 金属棒转过 90° 时, 流过导体棒的感应电流大小为 $\frac{BR\omega}{r}$
- C. 金属棒转过 90° 时, 流过导体棒的感应电流大小为 $\frac{2BR\omega}{r}$
- D. 金属棒转过 150° 时, 棒受到的安培力大小为 $\frac{B^2 R^2 \omega}{2r}$

【答案】BD

【解析】

【详解】A. 金属棒匀速转过 180° 的过程中, 金属棒中始终有方向不变的电流, 则流过金属棒的电荷量不为 0, 选项 A 错误;

BC. 金属棒转过 90° 时, 流过导体棒的感应电流大小为

$$I = \frac{\frac{1}{2} B \omega (2R)^2}{2Rr} = \frac{BR\omega}{r}$$

选项 B 正确, C 错误;

D. 金属棒转过 150° 时, 导体棒切割磁感线的有效长度为 R , 则感应电流

$$I' = \frac{\frac{1}{2} B \omega R^2}{Rr} = \frac{BR\omega}{2r}$$

金属棒受到的安培力大小为

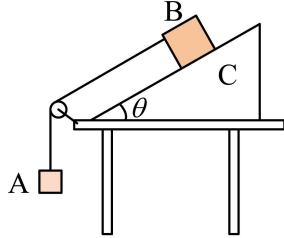
$$F = BI'R = \frac{B^2 R^2 \omega}{2r}$$

选项 D 正确。

故选 BD。

9. 如图所示, 倾角 $\theta = 37^\circ$ 的斜面体 C 置于粗糙水平桌面上, 物块 B 置于斜面上, B 通过细绳跨过固定于桌面边缘的光滑的定滑轮与物块 A 相连, 连接 B 的一段细绳与斜面平行。

已知 B 与 C 间的动摩擦因数为 $\mu = 0.75$ ，A、B 的质量均为 m ，重力加速度为 g 。现将 B 由静止释放，则在 B 下滑至斜面底端之前且 A 尚未落地的过程中，斜面体 C 始终静止不动，取 $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ 。下列说法正确的是（ ）



- A. 细绳的张力大小为 $\frac{1}{2}mg$
- B. 物块 B 的加速度大小为 g
- C. 水平桌面对 C 的摩擦力向水平向右
- D. 水平桌面对 C 的支持力与 B、C 的总重力大小相等

【答案】AD

【解析】

【详解】AB. 以 B 为研究对象，根据牛顿第二定律可得

$$T + mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$$

以 A 为研究对象，根据牛顿第二定律可得

$$mg - T = ma$$

联立解得

$$a = \frac{1}{2}g, \quad T = \frac{1}{2}mg$$

故 A 正确，B 错误；

CD. 以斜面 C 为对象，可知 B 对 C 的压力垂直于斜面向下，大小为

$$N = mg \cos \theta$$

B 对 C 的摩擦力沿斜面向下，大小为

$$f = \mu mg \cos \theta$$

水平方向有

$$N_x = N \sin \theta = mg \cos \theta \sin \theta = 0.48mg$$

$$f_x = \mu mg \cos \theta \cos \theta = 0.48mg$$

由于 $N_x = f_x$ ，可知水平桌面对 C 的摩擦力为零；

竖直方向有

$$N_y = N \cos \theta = mg \cos \theta \cos \theta = 0.64mg$$

$$f_y = \mu mg \cos \theta \sin \theta = 0.36mg$$

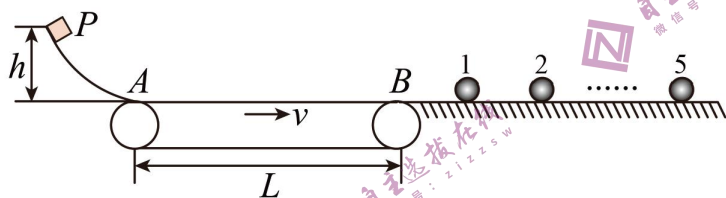
根据受力平衡可得水平桌面对 C 的支持力为

$$N = m_c g + N_y + f_y = m_c g + mg$$

故 C 错误，D 正确。

故选 AD。

10. 如图所示，以 $v = 5\text{m/s}$ 的速度顺时针匀速转动的水平传送带，左端与粗糙的弧形轨道平滑对接，右端与光滑水平面平滑对接。水平面上有位于同一直线上、处于静止状态的 5 个相同小球，小球质量 $m_0 = 0.2\text{kg}$ 。质量 $m = 0.1\text{kg}$ 的物体从轨道上高 $h = 4.0\text{m}$ 的 P 点由静止开始下滑，滑到传送带上的 A 点时速度大小 $v_0 = 7\text{m/s}$ ，物体和传送带之间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$ ，传送带 AB 之间的距离 $L = 3.4\text{m}$ 。物体与小球、小球与小球之间发生的都是弹性正碰，重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。下列说法正确的是 ()



- A. 物体从 P 点下滑到 A 点的过程中，克服摩擦力做的功为 1.55J
- B. 物体第一次向右通过传送带的过程中，摩擦生热为 1.2J
- C. 物体第一次与小球碰撞后，在传送带上向左滑行的最大距离为 $\frac{5}{18}\text{m}$
- D. 第 1 个小球最终的速度大小为 5m/s

【答案】AC

【解析】

【详解】A. 物体由 P 到 A 的过程，满足

$$mgh + W_f = \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$W_f = -1.55J$$

则克服摩擦力做的功为1.55J，故 A 正确；

B. 物体滑上传送带后，在滑动摩擦力作用下匀减速运动，加速度大小为

$$a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 5\text{m/s}^2$$

减速至与传送带速度相等时所用的时间

$$t_1 = \frac{v_0 - v}{a} = \frac{7 - 5}{5}\text{s} = 0.4\text{s}$$

匀减速运动的位移

$$s_1 = \frac{v_0 + v}{2} t_1 = \frac{7 + 5}{2} \times 0.4\text{m} = 2.4\text{m} < L = 3.4\text{m}$$

传送带位移

$$s_2 = vt_1 = 5 \times 0.4\text{m} = 2\text{m}$$

$$\Delta s = s_1 - s_2 = 0.4\text{m}$$

物体第一次向右通过传送带的过程中，摩擦生热为

$$Q = \mu mg \cdot \Delta s = 0.2J$$

故 B 错误；

C. 物体与小球 1 发生弹性正碰，设物体反弹回来的速度大小为 v_1 ，小球 1 被撞后的速度

大小为 u_1 ，由动量守恒和能量守恒定律得

$$mv = -mv_1 + mu_1$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mu_1^2$$

解得

$$v_1 = \frac{1}{3}v = \frac{5}{3}\text{m/s}$$

$$u_1 = \frac{2}{3}v = \frac{10}{3}\text{m/s}$$

物体被反弹回来后，在传送带上向左运动过程中，由运动学公式得

$$0 - v_1^2 = -2as$$

解得

$$s = \frac{5}{18} m$$

故 C 正确；

D. 由于小球质量相等，且发生的都是弹性正碰，它们之间将进行速度交换。由 C 可知，物体第一次返回还没到传送带左端速度就减小为零，接下来将再次向右做匀加速运动，直到速度增加到 v_1 ，再跟小球 1 发生弹性正碰，同理可得，第二次碰后，物体和小球的速度大小分别为

$$v_2 = \frac{1}{3} v_1 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 v$$

$$u_2 = \frac{2}{3} v_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{3} v$$

以此类推，物体与小球 1 经过 n 次碰撞后，他们的速度大小分别为

$$v_n = \left(\frac{1}{3}\right)^n v$$

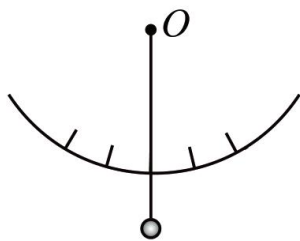
$$u_n = \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^{n-1} v$$

第 1 个小球最终的速度大小不可能为 $5m/s$ ，故 D 错误。

故选 AC。

二、非选择题：共 5 小题，共 57 分。

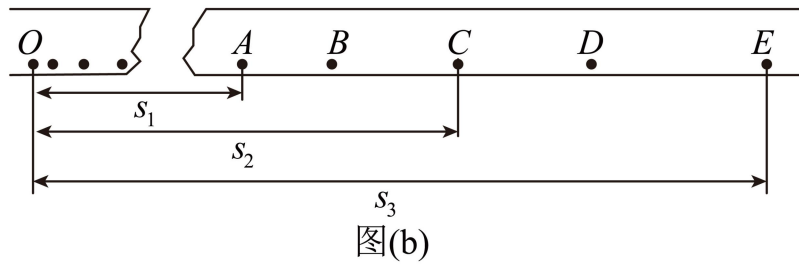
11. 为了方便测定物体运动的加速度，重庆一中物理兴趣小组设计制作了一个简易的加速度计，如图 (a) 所示。一轻杆上端装上转轴，并固定于竖直纸板上的 O 点，经杆下端固定一小球，杆可在竖直平面内自由转动。将此装置固定于运动物体上，当物体在水平方向上作匀加速或匀减速运动时，就可以通过杆所指的刻度读出物体运动的加速度。为了制作加速计的刻度盘。同学们进行了如下操作。



图(a)

(1) 让重锤做自由落体运动，利用打点计时器打出的纸带测量当地的重力加速度 g 。实验

中得到一条较理想纸带，打点计时器在纸带上连续打出了如图(b)所示的点。已知 s_1 、 s_2 、 s_3 和打点周期 T ，可求得当地重力加速度 $g =$ _____ (用题中所给字母表示)。



(2) 求得当地重力加速度后，还应测量的物理量是_____。

- A. 轻杆的长度 L B. 轻杆与竖直方向的夹角 θ
 C. 小球的质量 m D. 小球的直径 d

(3) 写出加速度 a 与 g 以及 (2) 中被测物理量之间的关系式 $a =$ _____ (用 g 以及 (2) 中被测物理量字母表示)。

【答案】 ①. $\frac{s_3 - 2s_2 + s_1}{4T^2}$ ②. B ③. $a = g \tan \theta$

【解析】

【详解】(1) [1]当地重力加速度

$$g = \frac{(s_3 - s_2) - (s_2 - s_1)}{4T^2} = \frac{s_3 - 2s_2 + s_1}{4T^2}$$

(2) [2]由牛顿第二定律可知

$$mg \tan \theta = ma$$

可得

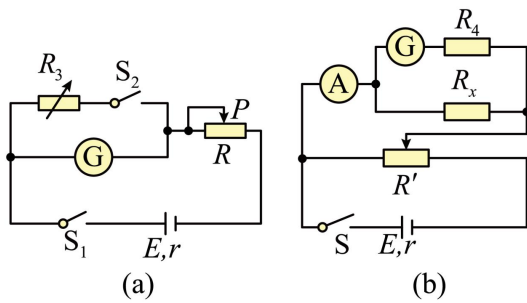
$$a = g \tan \theta$$

则还应测量的物理量是轻杆与竖直方向的夹角 θ ，故选 B。

(3) [3]加速度 a 与 g 以及被测物理量之间的关系式

$$a = g \tan \theta$$

12. 物理兴趣小组的同学在测量待测电阻 R_x 的阻值时，由于没有电压表，需先测量满偏电流为 $500\mu\text{A}$ 的电流计 G 的内阻，再将 G 改装成一量程为 5V 的电压表。实验室提供了如下的实验器材：



A. 电流计 G 量阻 $500\mu\text{A}$ ，内阻 R 约为几百欧姆

B. 量程 10mA 的电流表 A

C. 最大电阻为 30Ω 的滑动变阻器 R_1

D. 最大电阻为 $30\text{k}\Omega$ 的滑动变阻器 R_2

E. 电阻箱 R_3 ($0 \sim 9999.9\Omega$)

F. 电动势为 10V 的电源，内阻约为几欧姆

G. 开关、导线若干

(1) 利用如图 (a) 所示的电路按如下实验步骤测量电流计的内阻 R ;

① 调节滑动变阻器的滑动触头 P 的位置最左端。断开 S_2 、闭合 S_1 ，移动滑动触头 P 直到电流计的指针满偏;

② 保持 S_1 闭合及滑动变阻器的滑动触头 P 的位置不变，闭合 S_2 ;

③ 调节电阻箱的阻值直到电流计的指针指在满偏的 $\frac{3}{5}$ 处，此时电阻箱 R_3 的读数为 450Ω ，则电流计 G 的内阻 $R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ 。

(2) (a) 电路图中，滑动变阻器应为 (填 “ R_1 ” 或 “ R_2 ”)。

(3) 将该电流计 G 与定值电阻 R_4 串联可得量程为 5V 的电压表，则该定值电阻 $R_4 = \underline{\hspace{2cm}} \text{k}\Omega$ 。

(4) 该实验小组的同学接着利用如图 (b) 所示的电路测量 R_x 的阻值，通过调节图 (b) 中滑动变阻器的滑动触头，读出电流计 G 的读数为 $400\mu\text{A}$ ，电流表的读数为 8.4mA ，则测得 R_x 的阻值大小为 Ω 。

(5) 由于电流计 G 内阻的测量存在系统误差, R_x 的测量值_____真实值 (填“大于”或“小于”或“等于”)。

【答案】 ①. 300 ②. R_2 ③. 9.7 ④. 500 ⑤. 小于

【解析】

【详解】(1) ③[1]根据

$$\frac{2}{5}I_G R_3 = \frac{3}{5}I_G R$$

电流计 G 的内阻

$$R = 300\Omega$$

(2) [2]由“半偏法”测量电流表内阻的原理可知, 当闭合开关 S_2 时, 认为电路中的总电流不变, 这样必须要求滑动变阻器的阻值比电流计的内阻大得多, 即滑动变阻器应该选择 R_2 ;

(3) [3]根据

$$I_G(R + R_4) = 5V$$

得

$$R_4 = 9.7k\Omega$$

(4) [4]根据

$$I_{G1}(R_4 + R) = (I_A - I_{G1})R_x$$

代入数据得

$$R_x = 500\Omega$$

(5) 电压表改装时, 当闭合开关 S_2 时, 实际上电路中的总电阻变小, 总电流偏大, 当电流计的指针指在满偏的 $\frac{3}{5}$ 处时, 电阻箱的电流比 $\frac{2}{5}I_G$ 偏大, 所以电阻箱的电阻偏小, 若用改装后的电压表测量某电路电压, 电压表两端的电压偏小, 即电压测量值小于真实值, R_x 的测量值小于真实值。

13. 一束单色光斜向上且与水平方向夹角为 60° 射到橱窗的竖直玻璃柜门上, 恰巧的是反射光线与折射光线刚好垂直。已知光在真空中传播速度为 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。求:

(1) 该玻璃对这种色光的折射率;

(2) 此单色光在该玻璃中的传播速度。

【答案】(1) $\sqrt{3}$; (2) $\sqrt{3} \times 10^8 \text{ m/s}$

【解析】

【详解】(1) 光线射到玻璃上的入射角为 60° ，折射角为 30° ，则该玻璃对这种色光的折射率

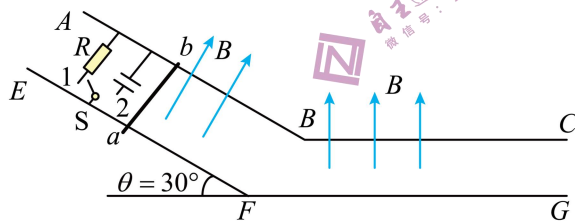
$$n = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$$

(2) 此单色光在该玻璃中的传播速度

$$v = \frac{c}{n} = \sqrt{3} \times 10^8 \text{ m/s}$$

14. 如图所示，斜面和水平面上固定有两条光滑的金属导轨 ABC 和 EFG ，斜面与水平面平滑连接，斜面倾角为 30° ，水平导轨足够长，导轨间距为 $L = 0.5 \text{ m}$ ，电阻不计。水平面有竖直向上的匀强磁场。斜面有垂直斜面向上的匀强磁场，磁感强度大小均为 $B = 2 \text{ T}$ 。一金属棒 ab 垂直导轨放置，与导轨接触良好。在外力作用下静止于斜面轨道上某处，棒 ab 质量 $m = 0.2 \text{ kg}$ ，电阻 $r = 1 \Omega$ 。在导轨上方有一单刀双置开关分别连接了一个电容器 C 和一个定值电阻 R ， $C = 0.1 \text{ F}$ ， $R = 1 \Omega$ ；开关 S 接 1，撤去外力。金属棒将由静止开始沿斜轨下滑，已知到达斜面底端前已获得最大速度、重力加速度为 g 。求：

- (1) 求金属棒能获得的最大速度；
- (2) 金属棒在水平轨道能滑行的距离；
- (3) 若金属棒以最大速度滑过斜面底端的瞬间，开关 S 接 2，求金属棒最终的速度。



【答案】(1) 2 m/s ; (2) 0.8 m ; (3) $\frac{4}{3} \text{ m/s}$

【解析】

【详解】(1) 当金属棒达到最大速度时，则

$$BIL = mg \sin 30^\circ$$

$$I = \frac{BLv_m}{r + R}$$

解得

$$v_m = 2 \text{ m/s}$$

(2) 在水平轨道运动至停止时，由动量定理

$$-B\bar{I}L\Delta t = 0 - mv_m$$

$$q = \bar{I}\Delta t = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t(r+R)}\Delta t = \frac{BLx}{R+r}$$

解得

$$x = 0.8 \text{ m}$$

(3) 若金属棒以最大速度滑过斜面底端的瞬间，开关 S 接 2，则电容器充电，金属棒受安培力作用速度逐渐减小，当金属棒产生的感应电动势等于电容器两板间电压时，金属棒做匀速运动，则

$$U = BLv$$

$$Q = CU$$

$$Q = \bar{I}\Delta t$$

由动量定理

$$-B\bar{I}L\Delta t = mv - mv_m$$

解得

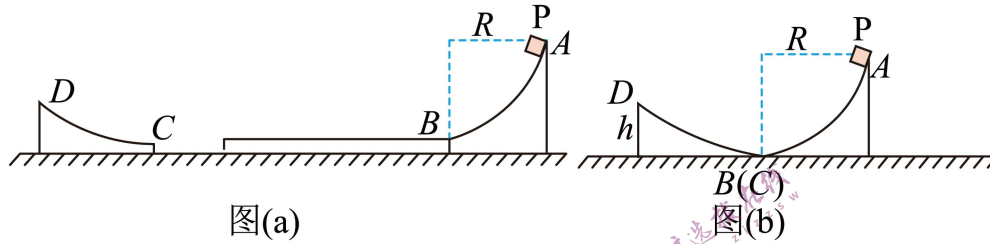
$$v = \frac{4}{3} \text{ m/s}$$

15. 北京成为世界上第一个既举办过夏季奥运会，又举办冬季奥运会的城市。我国运动员在 2022 北京冬奥会的赛场上顽强拼搏，最终收获 9 金、4 银、2 铜，位列奖牌榜第三、金牌数和奖牌数均创历史新高。如图 (a) 为某滑雪跳台的一种场地简化模型，右侧是一固定的四分之一光滑圆弧轨道 AB ，半径为 $R = 1.8 \text{ m}$ ，左侧是一固定的光滑曲面轨道 CD ，两轨道末端 C 与 B 等高，两轨道间有质量 $M = 4 \text{ kg}$ 的薄木板静止在光滑水平地面上，右端紧靠圆弧轨道 AB 的 B 端。薄木板上表面与圆弧面相切于 B 点。一质量 $m = 2 \text{ kg}$ 的小滑块 P （视为质点）从圆弧轨道 B 最高点由静止滑下，经 B 点后滑上薄木板，重力加速度大小为 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，滑块与薄木板之间的动摩擦因数为 $\mu = 0.4$ 。

(1) 求小滑块 P 滑到 B 点时对轨道的压力大小；

(2) 若木板只与 C 端发生 1 次碰撞，薄木板与轨道碰撞为弹性碰撞且碰撞时间极短，运动过程滑块所受摩擦力不变，滑块未与木板分离，求薄木板的运动时间 t 和最小长度 L ；

(3) 如图 (b) 撤去木板，将两轨道 C 端和 B 端平滑对接后固定。忽略轨道上 B 、 C 距地的高度， D 点与地面高度差 $h = 1.2\text{m}$ ，小滑块 P 仍从圆弧轨道 AB 最高点由静止滑下，滑块从 D 点飞出时速率为多少？从 D 点飞出时速度与水平方向夹角 θ 可调，要使得滑块从 D 点飞出后落到地面水平射程最大，求最大水平射程 s_m 及对应的夹角 θ 。



【答案】(1) 60N ；(2) 1.5s ， 4.5m ；(3) $2\sqrt{3}\text{m/s}$ ， $\frac{6\sqrt{3}}{5}\text{m}$ ， 30°

【解析】

【详解】(1) 根据题意可知，小滑块由 A 到 B 的过程中，机械能守恒，由机械能守恒定律有

$$mgR = \frac{1}{2}mv_B^2$$

在 B 点，由牛顿第二定律有

$$F - mg = m\frac{v_B^2}{R}$$

解得

$$F = 3mg = 60\text{N}$$

$$v_B = \sqrt{2gR} = 6\text{m/s}$$

由牛顿第三定律可知，小滑块 P 滑到 B 点时对轨道的压力

$$F' = F = 60\text{N}$$

(2) 设木板与挡板第一次碰撞时，滑块速度为 v_1 ，木板速度为 v_2 ，在滑块滑上木板到木板第一次与挡板碰撞的过程中，由动量守恒定律有

$$mv_B = mv_1 + Mv_2$$

由于只发生一次碰撞，则有

$$mv_1 = Mv_2$$

解得

$$v_1 = 3 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 1.5 \text{ m/s}$$

整个过程木板所受摩擦力不变，滑块滑上木板后，小滑块做匀减速直线运动，由牛顿第二定律有

$$\mu mg = ma$$

解得

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

设从滑上木板到第一次碰撞的运动时间为 t_1 ，则有

$$v_1 = v_B - at_1$$

解得

$$t_1 = 0.75 \text{ s}$$

由于无能量损失，则木板原速率返回，做匀减速运动，由对称性可知，木板运动到 B 端时，速度恰好为零，小滑块的速度为零，运动时间

$$t_2 = t_1 = 0.75 \text{ s}$$

则薄木板的运动时间为

$$t = t_1 + t_2 = 1.5 \text{ s}$$

由上述分析可知，当薄木板返回 B 端时，小滑块停在薄木板左端，小滑块的位移即薄木板的最小长度，由于小滑块一直做匀减速运动，则有

$$L = \frac{v_B^2}{2a} = 4.5 \text{ m}$$

(3) 根据题意可知，图(b)中，小滑块由 A 点到 D 点的过程中机械能守恒，由机械能守恒定律有

$$mgR = mgh + \frac{1}{2}mv_D^2$$

解得

$$v_D = \sqrt{2g(R-h)} = 2\sqrt{3} \text{ m/s}$$

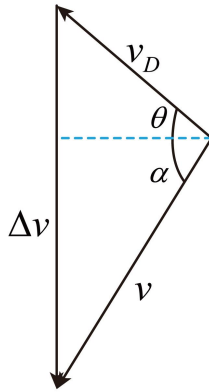
设从 D 点飞出时速度方向与水平方向夹角为 θ ，小滑块落地的速度大小为 v ，落地速度方向与水平方向夹角为 α ，从 D 点飞出到落到所用时间为 t ，根据动能定理有

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_D^2 = mgh$$

解得

$$v = 6 \text{ m/s}$$

画出速度矢量关系图，如图所示



由几何关系可知，图像的面积为

$$S = \frac{1}{2} \cdot \Delta v \cdot v_D \cos \theta$$

又有

$$\Delta v = gt$$

$$x = v_D \cos \theta \cdot t$$

则

$$S = \frac{1}{2}gx$$

可知，面积最大时，水平位移最大，由上述分析可知， v_D 、 v 固定不变，则当

$$\theta + \alpha = 90^\circ$$

水平位移最大，又有

$$v_D \cos \theta = v \cos \alpha$$

可得

$$\tan \theta = \frac{v_D}{v} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

解得

$$\theta = 30^\circ$$

即从 D 点飞出时速度与水平方向夹角为 30° 时，水平射程最大，则有

$$\frac{1}{2}gx = \frac{1}{2}v_D v = 6\sqrt{3} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

解得

$$x = \frac{6\sqrt{3}}{5} \text{ m}$$

