

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

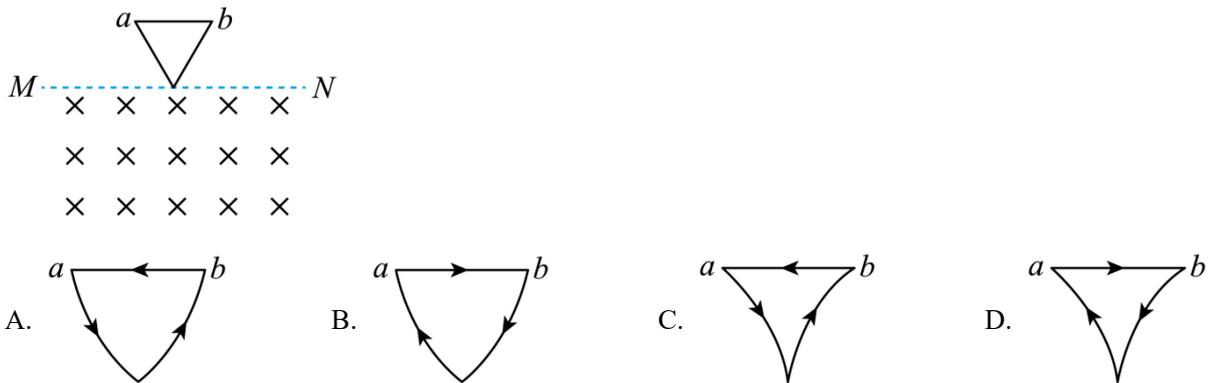
地球和月球质量之比约为81:1，半径之比约为4:1，则地球和月球的第一宇宙速度之比为

$$\frac{v_{地}}{v_{月}} = \sqrt{\frac{M_{地}R_{月}}{M_{月}R_{地}}} = \frac{9}{2} = 4.5$$

即所需最小抛射速度的比值约为4.5。

故选C。

3. 如图，水平面MN下方存在垂直纸面向里的匀强磁场，纸面为竖直平面。不可形变的导体棒ab和两根可形变的导体棒组成三角形回路框，其中ab处于水平位置框从MN上方由静止释放，框面始终在纸面内框落入磁场且ab未到达MN的过程中，沿磁场方向观察，框的大致形状及回路中的电流方向为（ ）



【答案】C

【解析】

【详解】由楞次定律“增反减同”可知回路框中感应电流方向为逆时针，根据所受定则可知左侧导体棒所受安培力斜向右上方，右侧导体棒所受安培力斜向左上方。

故选C。

4. X、Y、Z为大小相同的导体小球，X、Y所带电荷量均为q，Z所带电荷量为-5q。X、Y均放置在光滑绝缘水平面上，Y固定在P点，X与绝缘轻弹簧端相连，弹簧另一端固定，此时X静止在平衡位置O点，如图所示，将较远处的Z移近，先与X接触，然后与Y接触，再移回较远处，在此过程中，一直保持不变的是（ ）



A. X的平衡位置

B. Z的电荷种类

C. Y对X的库仑力方向

D. X、Y系统的电势能

【答案】B

【解析】

【详解】设 X、Y 两带电小球相距为 r ，开始时，X、Y 间的库仑斥力大小为

$$F = k \frac{q^2}{r^2}$$

X 受到的库仑力方向水平向左，由于 X 静止在平衡位置 O 点，则弹簧的弹力大小为 $F = k \frac{q^2}{r^2}$ ，方向水平向

右，将 Z 与 X 接触时，根据电荷分配原理可知，此时

$$q_X' = q_Z' = -2q$$

此时 X、Y 间的库仑力大小为

$$F' = k \frac{2q^2}{r^2}$$

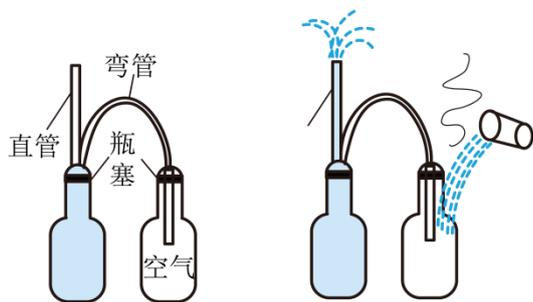
大小发生了变化，X 受到的库仑力方向为水平向右，X 的平衡位置发生了变化，X、Y 系统的电势能发生了变化；当 Z 再与 Y 接触时，根据电荷分配原理可知，此时

$$q_Y' = q_Z'' = -\frac{q}{2}$$

整个过程中 Z 始终为负电荷保持不变。

故选 B。

5. 某同学制作了一个小型喷泉装置，如图甲所示两个瓶子均用瓶塞密闭，两瓶用弯管连通，左瓶插有两端开口的直管。左瓶装满水，右瓶充满空气。用沸水浇右瓶时，左瓶直管有水喷出，如图乙所示，水喷出的过程中，装置内的气体（ ）



图甲

图乙

- A. 内能比浇水前大
- B. 压强与浇水前相等
- C. 所有分子的动能都比浇水前大

D. 对水做的功等于水重力势能的增量

【答案】A

【解析】

【详解】A. 用沸水浇右瓶时，装置内气体的温度升高，所以内能增大，故 A 正确；

B. 水能喷出的原因就是装置内气体的压强增大，故 B 错误；

C. 装置内气体的温度升高，气体分子的平均动能增大，但并不是所有分子的动能都增大，故 C 错误；

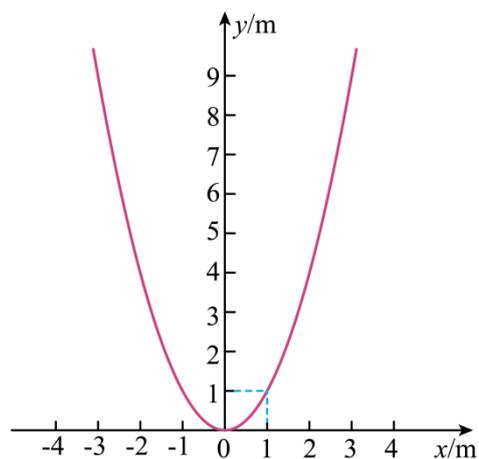
D. 水喷出时有动能，故瓶内气体对水做的功等于水动能的增量和重力势能增量之和，故 D 错误。

故选 A。

6. 如图，竖直平面内有一光滑绝缘轨道，取竖直向上为 y 轴正方向，轨道形状满足曲线方程 $y = x^2$ 。质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的小圆环套在轨道上，空间有与 x 轴平行的匀强电场，电场强度大小

$E = \frac{2mg}{q}$ ，圆环恰能静止在坐标 $(1, 1)$ 处，不计空气阻力，重力加速度 g 大小取 10 m/s^2 。若圆环由

$(3, 9)$ 处静止释放，则 ()



A. 恰能运动到 $(-3, 9)$ 处

B. 在 $(1, 1)$ 处加速度为零

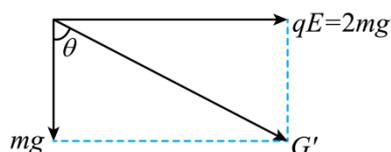
C. 在 $(0, 0)$ 处速率为 $10\sqrt{3} \text{ m/s}$

D. 在 $(-1, 1)$ 处机械能最小

【答案】D

【解析】

【详解】AD. 由题意可知，圆环所受的电场力平行于 x 轴向右，如图所示



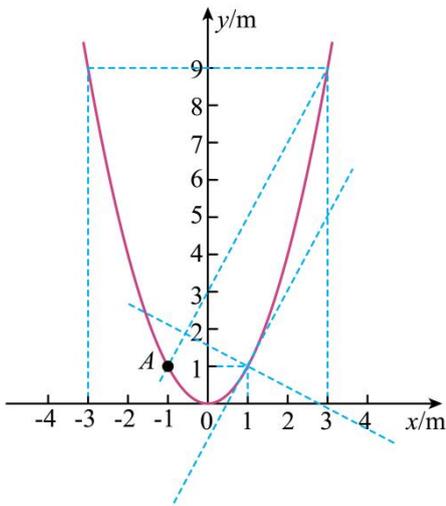
圆环所受重力与电场力的合力为

$$G' = \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2} = \sqrt{5}mg$$

又

$$\tan \theta = \frac{qE}{mg} = 2$$

根据题意可知，坐标 (1, 1) 处是等效最低点，过 (1, 1) 做轨道的切线，再过坐标 (3, 9) 作该切线的平行线，如图所示



根据题意写出该平行线的方程为

$$y - 9 = \tan \theta \cdot (x - 3)$$

即

$$y = 2x + 3$$

设该平行线与轨道的交点为 A，则 A 点的坐标满足方程

$$y = 2x + 3$$

$$y = x^2$$

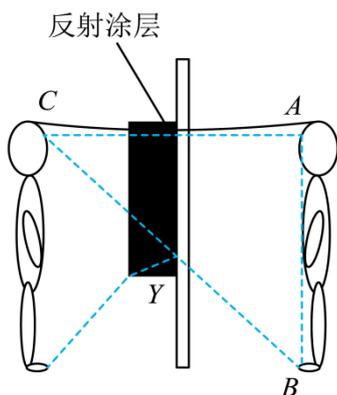
解得 A 点的坐标为 (-1, 1)，则圆环恰能运动到坐标 (-1, 1)。又圆环运动到该点时克服电场力做功最多，故机械能最小，故 A 错误，D 正确；

B. 圆环做曲线运动，在 (1, 1) 处加速度一定不为零，故 B 错误；

C. 设圆环到达 (0, 0) 处时的速度大小为 v，则圆环由 (3, 9) 处静止释放运动到 (0, 0) 处的过程，由动能定理得

$$mgy - qEx = \frac{1}{2}mv^2$$

射，所以头顶和脚部的光线通过平面镜时都会不同程度的发生折射，因为头部光线几乎垂直于平面镜，光线偏离原来方向的程度低，脚部反之，光路图如图所示。



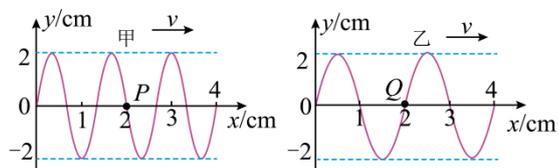
因此该同学仍能看到自己的全身像，则有

$$\Delta L_2 > \Delta L_1 > 0$$

故选 D。

二、多项选择题：本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分。每小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。

8. 甲、乙两列简谐横波在 $t = 0$ 时刻的波形如图所示，传播速度均为 1cm/s 。下列说法正确的是 ()



- A. 甲的周期为 2s
- B. 甲与乙的频率之比为 3:2
- C. $t = 0$ 时刻，质点 P 的位移为零
- D. $t = 0$ 时刻，质点 Q 的速度沿 y 轴正方向

【答案】 BC

【解析】

【详解】 A. 根据左图，可得

$$\frac{3}{2} \lambda_{\text{甲}} = 2\text{cm}$$

又

$$\lambda_{\text{甲}} = vT_{\text{甲}}$$

其中 $v = 1\text{cm/s}$ ，解得

$$T_{\text{甲}} = \frac{4}{3} \text{s}$$

故 A 错误；

B. 同理，根据右图，可得

$$\lambda_{\text{乙}} = 2 \text{cm}$$

又

$$\lambda_{\text{乙}} = vT_{\text{乙}}$$

可得

$$T_{\text{乙}} = 2 \text{s}$$

根据 $f = \frac{1}{T}$ 可得

$$\frac{f_{\text{甲}}}{f_{\text{乙}}} = \frac{T_{\text{乙}}}{T_{\text{甲}}} = \frac{3}{2}$$

故 B 正确；

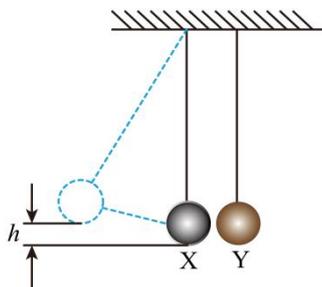
C. 由图可知， $t = 0$ 时刻，质点 P 在平衡位置，位移为零，故 C 正确；

D. 根据同侧法可知 $t = 0$ 时刻，质点 Q 的速度沿 y 轴负方向，故 D 错误。

故选 BC。

9. 如图，小球 X、Y 用不可伸长的等长轻绳悬挂于同一高度，静止时恰好接触，拉起 X，使其在竖直方向上升高度 h 后由静止释放，X 做单摆运动到最低点与静止的 Y 正碰。碰后 X、Y 做步调一致的单摆运动，上升最大高度均为 $\frac{h}{4}$ ，若 X、Y 质量分别为 m_x 和 m_y ，碰撞前后 X、Y 组成系统的动能分别为 E_{k1} 和 E_{k2} ，

则 ()



A. $\frac{m_x}{m_y} = 1$

B. $\frac{m_x}{m_y} = 2$

C. $\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 2$

D. $\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 4$

【答案】AC

【解析】

【详解】小球 X 由最高点运动到与小球 Y 发生碰撞的过程，根据机械能守恒定律有

$$m_x gh = \frac{1}{2} m_x v_1^2 = E_{k1}$$

两球碰撞后一起上升到最高点的过程，根据机械能守恒定律有

$$E_{k2} = \frac{1}{2} (m_x + m_y) v_2^2 = (m_x + m_y) g \cdot \frac{h}{4}$$

两球碰撞过程，根据动量守恒有

$$m_x v_1 = (m_x + m_y) v_2$$

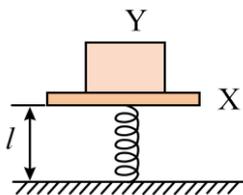
联立求得

$$\frac{m_x}{m_y} = 1$$

$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 2$$

故选 AC

10. 如图，原长为 l_0 的轻弹簧竖直放置，一端固定于地面，另一端连接厚度不计、质量为 m_1 的水平木板 X。将质量为 m_2 的物块 Y 放在 X 上，竖直下压 Y，使 X 离地高度为 l ，此时弹簧的弹性势能为 E_p ，由静止释放，所有物体沿竖直方向运动。则 ()



- A. 若 X、Y 恰能分离，则 $E_p = (m_1 + m_2) g (l_0 - l)$
- B. 若 X、Y 恰能分离，则 $E_p = (m_1 + m_2) gl$
- C. 若 X、Y 能分离，则 Y 的最大离地高度为 $\frac{E_p}{(m_1 + m_2) g} + (l_0 - l)$
- D. 若 X、Y 能分离，则 Y 的最大离地高度为 $\frac{E_p}{(m_1 + m_2) g} + l$

【答案】AD

【解析】

【详解】AB. 将质量为 m_2 的物块 Y 放在 X 上由静止释放，两物体一起向上加速，若 X、Y 恰能分离，则到达原长时速度刚好为零，则弹性势能刚好全部转化为系统的重力势能，由机械能守恒定律可知

$$E_p = (m_1 + m_2)g(l_0 - l)$$

故 A 正确，B 错误；

CD. 若 X、Y 能分离，则两物体到达原长时还有速度为 v ，有

$$E_p = (m_1 + m_2)g(l_0 - l) + \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2$$

经过原长后两物体分离，物体 Y 的动能全部变成重力势能，上升的高度为 h ，则有

$$\frac{1}{2}m_2v^2 = m_2gh$$

则 Y 的最大离地高度为

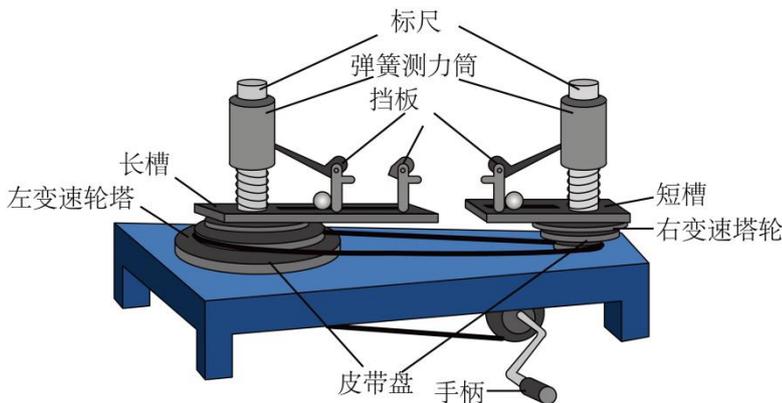
$$H = l_0 + h = \frac{E_p}{(m_1 + m_2)g} + l$$

故 C 错误，D 正确。

故选 AD。

三、非选择题：本题共 5 小题，共 54 分。其中第 13-15 小题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

11. 某学习小组使用如图所示的实验装置探究向心力大小与半径、角速度、质量之间的关系若两球分别放在长槽和短槽的挡板内侧，转动手柄，长槽和短槽随变速轮塔匀速转动，两球所受向心力的比值可通过标尺上的等分格显示，当皮带放在皮带盘的第一挡、第二挡和第三挡时，左、右变速轮塔的角速度之比分别为 $1:1$ ， $1:2$ 和 $1:3$ 。



- (1) 第三挡对应左、右皮带盘的半径之比为_____。
- (2) 探究向心力大小与质量之间的关系时，把皮带放在皮带盘的第一挡后，应将质量_____（选填“相同”或“不同”）的铝球和钢球分别放在长、短槽上半径_____（选填“相同”或“不同”）处挡板内

侧：

(3) 探究向心力大小与角速度之间的关系时，该小组将两个相同的钢球分别放在长、短槽上半径相同处挡板内侧，改变皮带挡位，记录一系列标尺示数。其中一组数据为左边 1.5 格、右边 6.1 格，则记录该组数据时，皮带位于皮带盘的第_____挡（选填“一”“二”或“三”）。

【答案】(1) 3 : 1 (2) ①. 不同 ②. 相同

(3) 二

【解析】

【小问 1 详解】

皮带传动线速度相等，第三挡变速轮塔的角速度之比为 1 : 3，根据 $v = \omega r$ 可知，第三挡对应左、右皮带盘的半径之比为 3 : 1。

【小问 2 详解】

[1][2]探究向心力大小与质量之间的关系时，需要保证两个物体做圆周运动的角速度相等、半径相等，质量不同，所以应将质量不同的铝球和钢球分别放在长、短槽上半径相同处挡板内侧。

【小问 3 详解】

根据 $F_n = m\omega^2 r$ ，其中一组数据为左边 1.5 格、右边 6.1 格，则角速度平方之比为

$$\frac{1.5}{6.1} \approx \left(\frac{1}{2}\right)^2$$

可知由于误差存在，角速度之比为 $\frac{1}{2}$ ，可知皮带位于皮带盘的第二挡。

12. 某实验小组欲测量某化学电池的电动势，实验室提供器材如下：

待测化学电池（电动势 1~1.5V，内阻较小）；

微安表（量程 100 μ A），内阻约 1500 Ω ）；

滑动变阻器 R_0 （最大阻值 25 Ω ）；

电阻箱 R_1 （0~9999 Ω ）；

电阻箱 R_2 （0~999.9 Ω ）；

开关 S、导线若干。

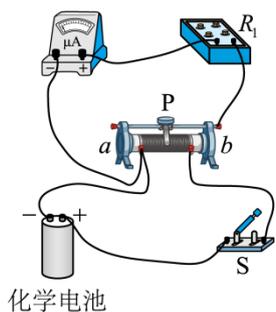


图1

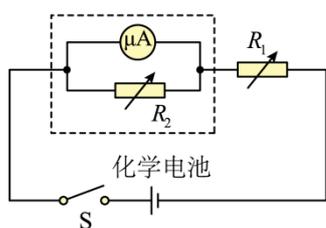


图2

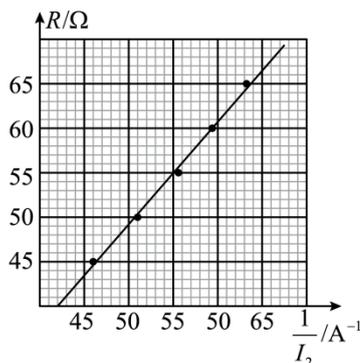


图3

(1) 该小组设计的实验方案首先需要扩大微安表的量程。在测量微安表内阻时，该小组连接实验器材，如图1所示闭合S前，滑动变阻器的滑片P应置于____端（选填“a”或“b”）；闭合S，滑动P至某一位置后保持不动，调节电阻箱 R_1 ，记录多组 R_1 的阻值和对应微安表示数，微安表示数用国际单位制表示为 I_1 后，绘制 $R_1 - \frac{1}{I_1}$ 图像，拟合直线，得出 $R_1 = 0.159 \times \frac{1}{I_1} - 1619$ ，可知微安表内阻为____ Ω ；

(2) 为将微安表量程扩大为25mA，把微安表与电阻箱 R_2 并联，并调整 R_2 的阻值为____ Ω （保留1位小数）；

(3) 微安表量程扩大后，按图2所示电路图连接实验器材。保持电阻箱____（选填“ R_1 ”或“ R_2 ”）的阻值不变，闭合S，调节电阻箱____（选填“ R_1 ”或“ R_2 ”）的阻值 R ，记录多组 R 和对应微安表示数，计算得出干路电流 I_2 后，作 $R - \frac{1}{I_2}$ 图像，如图3所示可知化学电池的电动势为____V（保留2位小数）。

【答案】 (1) ①. a ②. 1619

(2) 6.5 (3) ①. R_2 ②. R_1 ③. 1.16

【解析】

【小问1详解】

[1]如图1所示闭合S前，滑动变阻器的滑片P应置于端a，使微安表支路的电压从0开始调节；

[2]闭合S，滑动P至某一位置后保持不动，由于微安表支路的电阻远大于滑动变阻器的阻值，则可认为微安表支路的电压 U 保持不变，根据欧姆定律可得

$$U = I_1(R_1 + R_g)$$

可得

$$R_1 = U \cdot \frac{1}{I_1} - R_g$$

结合

$$R_1 = 0.159 \times \frac{1}{I_1} - 1619$$

可知微安表内阻为

$$R_g = 1619\Omega$$

【小问 2 详解】

为将微安表量程扩大为 25mA，把微安表与电阻箱 R_2 并联，则有

$$I_m = I_g + \frac{I_g R_g}{R_2}$$

解得

$$R_2 = \frac{I_g R_g}{I_m - I_g} = \frac{0.1 \times 1619}{25 - 0.1} \Omega \approx 6.5\Omega$$

【小问 3 详解】

[1][2]保持电阻箱 R_2 的阻值不变，闭合 S，调节电阻箱 R_1 的阻值 R ；

[3]设改装后电流表的内阻为 R_A ，待测化学电池内阻为 r ，根据闭合电路欧姆定律可得

$$E = I_2(R_A + r + R)$$

可得

$$R = E \cdot \frac{1}{I_2} - (R_A + r)$$

可知 $R - \frac{1}{I_2}$ 图像的斜率为

$$k = E = \frac{69 - 40}{67 - 42} \text{V} = 1.16\text{V}$$

13. 某同学借助安装在高处的篮球发球机练习原地竖直起跳接球。该同学站在水平地面上，与出球口水平距离 $l = 2.5 \text{ m}$ ，举手时手掌距地面最大高度 $h_0 = 2.0 \text{ m}$ 。发球机出球口以速度 $v_0 = 5 \text{ m/s}$ 沿水平方向发球。

从篮球发出到该同学起跳离地，耗时 $t_0 = 0.2 \text{ s}$ ，该同学跳至最高点伸直手臂恰能在头顶正上方接住篮球。

重力加速度 g 大小取 10 m/s^2 。求：

- (1) t_0 时间内篮球的位移大小；
- (2) 出球口距地面的高度。

【答案】 (1) $\frac{\sqrt{26}}{25} \text{ m}$

(2) 3.7 m

【解析】

【小问 1 详解】

在 t_0 时间内，篮球水平方向做匀速直线运动，位移为

$$x = v_0 t_0 = 5 \times 0.2 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

竖直方向做自由落体运动，位移为

$$h = \frac{1}{2} g t_0^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.2^2 \text{ m} = 0.2 \text{ m}$$

所以篮球的位移为

$$x_0 = \sqrt{x^2 + h^2} = \sqrt{1.04} \text{ m} = \frac{\sqrt{26}}{25} \text{ m}$$

【小问 2 详解】

从发出球到接住球经过的时间为

$$t = \frac{l}{v_0} = \frac{2.5}{5} \text{ s} = 0.5 \text{ s}$$

所以该同学起跳离地到接住球经历的时间为

$$t_1 = t - t_0 = 0.3 \text{ s}$$

同学起跳后上升的高度为

$$h_1 = \frac{1}{2} g t_1^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.3^2 = 0.45 \text{ m}$$

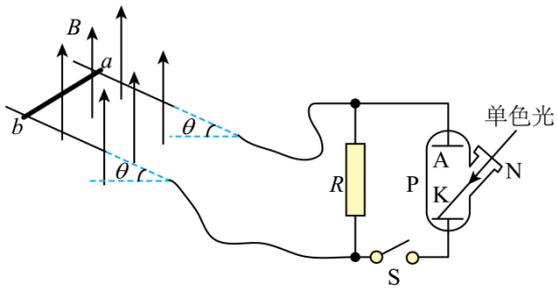
整个过程篮球下降的高度

$$h_2 = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.5^2 \text{ m} = 1.25 \text{ m}$$

所以出球口距地面的高度为

$$H = h_0 + h_1 + h_2 = 2 \text{ m} + 0.45 \text{ m} + 1.25 \text{ m} = 3.7 \text{ m}$$

14. 如图，两根相距无限长 平行光滑金属轨固定放置。导轨平面与水平面的夹角为 θ ($\sin\theta=0.6$)。导轨间区域存在竖直向上的匀强磁场，磁感应强度大小为 B 。将导轨与阻值为 R 的电阻、开关 S 、真空器件 P 用导线连接， P 侧面开有可开闭的通光窗 N ，其余部分不透光； P 内有阴极 K 和阳极 A ，阴极材料的逸出功为 W 。断开 S ，质量为 m 的的导体棒 ab 与导轨垂直且接触良好，沿导轨由静止下滑，下滑过程中始终保持水平，除 R 外，其余电阻均不计重力加速度大小为 g 。电子电荷量为 e ，普朗克常数为 h 。



- (1) 求 \$ab\$ 开始下滑瞬间的加速度大小；
- (2) 求 \$ab\$ 速度能达到的最大值；
- (3) 关闭 \$N\$，闭合 \$S\$，\$ab\$ 重新达到匀速运动状态后打开 \$N\$，用单色光照射 \$K\$，若 \$ab\$ 保持运动状态不变，求单色光最大频率。

【答案】 (1) $0.6g$

(2)
$$\frac{15mgR}{16B^2L^2}$$

(3)
$$\frac{3emgR}{4hBL} + \frac{W}{h}$$

【解析】

【小问 1 详解】

金属杆由静止释放瞬间，金属杆还没有切割磁感线，没有感应电流，不受安培力，根据牛顿第二定律得

$$mg \sin \theta = ma$$

解得

$$a = 0.6g$$

【小问 2 详解】

当金属杆匀速运动时，速度最大，设为 \$v_m\$，由平衡条件得

$$mg \tan \theta = BIL$$

而金属杆产生的感应电动势

$$E = BLv_m \cos \theta$$

感应电流为

$$I = \frac{E}{R}$$

联立解得

$$v_m = \frac{15mgR}{16B^2L^2}$$

【小问3 详解】

若 ab 保持运动状态不变，可知 P 中不产生光电流，设单色光的最大频率为 ν ，根据光电效应方程可知

$$eU = E_{km} = h\nu - W$$

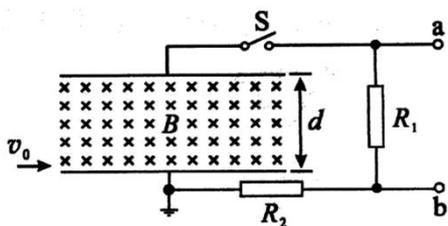
同时

$$B \frac{U}{R} L = mg \tan \theta$$

解得

$$\nu = \frac{3emgR}{4hBL} + \frac{W}{h}$$

15. 电容为 C 的平行板电容器两极板间距为 d ，极板水平且足够长，下极板接地，将电容器与开关 S 、电阻 R_1 和 R_2 连接成如图所示电路， a 、 b 是两个输出端， S 断开极板间充满垂直纸面向里的匀强磁场，磁感应强度大小为 B 。由质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的带电粒子组成的粒子束以水平速度 v_0 沿下极板边缘进入极板间区域，单位时间进入的粒子数为 n 。带电粒子不计重力且不与下极板接触，忽略极板边缘效应和带电粒子间相互作用。



- (1) 为使带电粒子能落在电容器上极板，求极板间距的最大值 d_m ；
- (2) 满足 (1) 的前提下，求电容器所带电荷量的最大值 Q_m ；
- (3) 已知 $R_1 = 2R$ ， $R_2 = R$ ，闭合 S ，电容器重新达到稳定状态后，为使 a 、 b 端接入任意负载时进入极板间的带电粒子全部落在上极板，求 R 应满足的条件和此时 a 、 b 间输出功率的最大值。

【答案】(1) $\frac{2mv_0}{qB}$

(2) $C Bd \left(v_0 - \frac{Bqd}{2m} \right)$

(3) $R \leq \frac{Bd}{3nq} \left(v_0 - \frac{Bqd}{2m} \right)$, $P_{ab} = \frac{n^2 q^2 R}{2}$

【解析】

【小问 1 详解】

由题意可知带电粒子在两极板间做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力有

$$qv_0B = m\frac{v_0^2}{r}$$

为使带电粒子能落在电容器上极板，则有

$$r \geq \frac{d}{2}$$

联立可得

$$d \leq \frac{2mv_0}{qB}$$

即最大值为

$$d_m = \frac{2mv_0}{qB}$$

小问 2 详解】

当电容器所带电荷量最大时，板间电势差最大，粒子束恰好不能到达上极板，将粒子入射速度分解为向右的两个速度，一个速度产生的洛伦兹力平衡电场力，做匀速直线运动；另一个速度提供洛伦兹力，做匀速圆周运动；即

$$v_0 = v_1 + v_2$$

其中

$$qE = qv_1B$$

粒子以 v_2 做匀速圆周运动，有

$$qv_2B = m\frac{v_2^2}{r'}$$

粒子恰好不到达上极板则有

$$d = 2r'$$

联立各式可得

$$E = B\left(v_0 - \frac{Bqd}{2m}\right)$$

此时两极板所带电荷量最大为

$$Q_m = CU_m = CE d = CBd \left(v_0 - \frac{Bqd}{2m} \right)$$

【小问3 详解】

根据题意可知当 R_1 和 R_2 两端总电压不大于 U_m 时电荷才能全部被吸收，闭合 S，电容器重新达到稳定状态后，电流恒定，有

$$I = nq$$

根据欧姆定律有

$$I(R_1 + R_2) \leq U_m = Ed$$

其中

$$R_1 = 2R, \quad R_2 = R$$

联立解得

$$R \leq \frac{Bd}{3nq} \left(v_0 - \frac{Bqd}{2m} \right)$$

当 ab 间接入负载时，设 ab 的电流为 I_{ab} ，由于总电流恒定，则 R_1 的电流为

$$I_1 = I - I_{ab}$$

ab 间的功率为

$$P_{ab} = U_{ab} I_{ab} = (I - I_{ab}) R_1 \cdot I_{ab} = 2R(nqI_{ab} - I_{ab}^2)$$

所以当 $I_{ab} = \frac{1}{2}nq$ 时， P_{ab} 最大，最大值为

$$P_{ab} = \frac{n^2 q^2 R}{2}$$