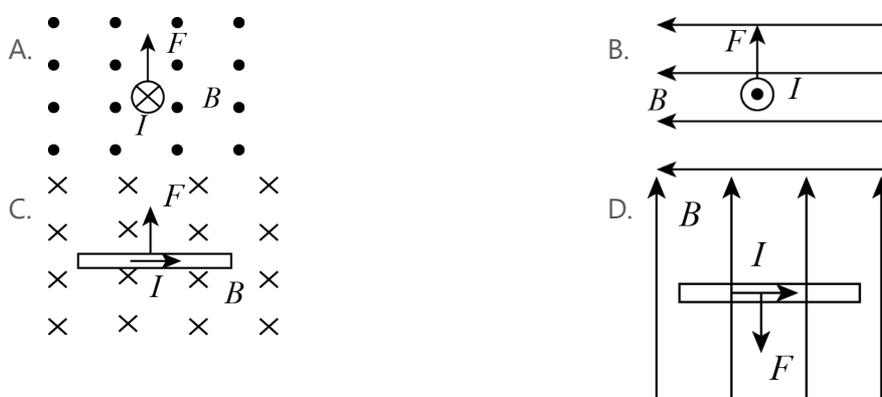


# 2018~2019学年四川成都青羊区成都石室中学（文庙校区）高二上学期期中物理试卷(详解)

## 一、选择题

(每题3分，共24分)

1. 如图中分别标明了通电直导线中电流 $I$ 、匀强磁场的磁感应强度 $B$ 和电流所受安培力 $F$ 的方向，其中正确的是（ ）



【答案】C

【解析】A选项：磁场向外，电流向里，故磁场方向与电流方向平行，所以通电直导线不受安培力的作用，故A错误；

B选项：磁场向左，电流向外，根据左手定则，安培力方向向下，故B错误；

C选项：磁场向里，电流向右，根据左手定则，安培力方向向上，故C正确；

D选项：磁场向上，电流向右，根据左手定则，安培力方向向外，故D错误。

故选C。

2. 某原子电离后其核外只有一个电子，若该电子在核的静电力作用下绕核做匀速圆周运动，那么电子运动（ ）

A. 半径越大，加速度越大

B. 半径越小，周期越大

C. 半径越大，角速度越小

D. 半径越小，线速度越小

【答案】C

【解析】方法一：根据原子核对电子的库仑力提供向心力，由牛顿第二定律得：

- A. 半径越大，加速度越小，故A错误；
- B. 半径越小，周期越小，故B错误；
- C. 半径越大，角速度越小，故C正确；
- D. 半径越小，线速度越大，故D错误。

故选C。

方法二：根据原子核对电子的库仑力提供向心力，由牛顿第二定律得

$$k\frac{e^2}{r^2} = ma = m\frac{4\pi^2 r}{T^2} = m\omega^2 r = m\frac{v^2}{r},$$

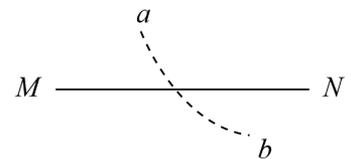
$$\text{可得 } a = \frac{ke^2}{mr^2},$$

$$\text{且 } T = \sqrt{\frac{m^4\pi^2 r^3}{ke^2}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{ke^2}{mr^3}}, \quad v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}},$$

- A. 半径越大，加速度越小，故A错误；
- B. 半径越小，周期越小，故B错误；
- C. 半径越大，角速度越小，故C正确；
- D. 半径越小，线速度越大，故D错误。

故选C。

3. 如图所示，直线MN是其电场中的一条电场线（方向未画出）。虚线是一带电的粒子只在电场力的作用下，由a到b的运动轨迹，轨迹为一抛物线。下列判断正确的是（ ）



- A. 粒子一定带正电
- B. 电场线MN的方向一定是由M指向N
- C. 带电粒子在b点的电势能一定小于在a点的电势能
- D. 带电粒子在a点的加速度一定大于在b点的加速度

【答案】 C

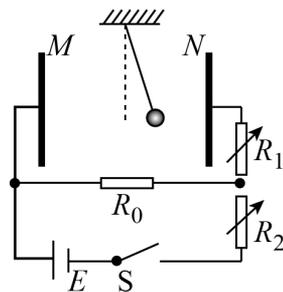
【解析】 AB. 由于该粒子只受电场力作用且做曲线运动，物体所受外力指向轨迹内侧，所以粒子的受力分析一定是由M指向N，但是由于粒子的电荷性质不清楚，所以电场线的方向无法确定，故A错误，B错误；

C. 粒子从a运动到b的过程中，电场力做正功，电势能减小，带电粒子在a点的电势能一定大于在b点的电势能，故C正确；

D. 由a到b的运动轨迹，轨迹为一抛物线，说明粒子一定受恒力，即带电粒子在a点的加速度等于在b点的加速度，故D错误。



如图所示， $M$ 、 $N$ 是平行板电容器的两个极板， $R_0$ 为定值电阻， $R_1$ 、 $R_2$ 为可调电阻，用绝缘细线将质量为 $m$ 、带正电的小球悬于电容器内部。闭合电键 $S$ ，小球静止时受到悬线的拉力为 $F$ 。调节 $R_1$ 、 $R_2$ ，关于 $F$ 的大小判断正确的是（ ）



- A. 保持 $R_2$ 不变，缓慢增大 $R_1$ 时， $F$ 将变小  
 B. 保持 $R_2$ 不变，缓慢增大 $R_1$ 时， $F$ 将变大  
 C. 保持 $R_1$ 不变，缓慢增大 $R_2$ 时， $F$ 将变小  
 D. 保持 $R_1$ 不变，缓慢增大 $R_2$ 时， $F$ 将变大

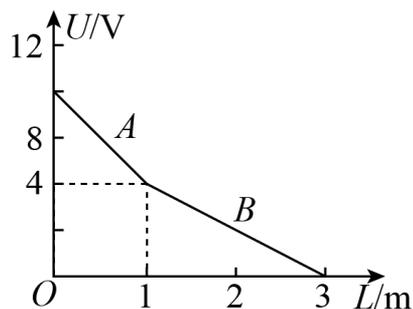
【答案】C

【解析】AB. 当 $R_2$ 不变时，增大 $R_1$ ，由于电容器相当于开路，所以电容器两端电压等于 $R_0$ 两端的电压，大小不变，所以库仑力不变， $F$ 不变，故AB错误；

CD. 当 $R_1$ 不变时，增大 $R_2$ ，由于 $R_0$ 与 $R_2$ 串联， $R_0$ 两端的电压会减小，即电容器两端电压减小，电场强度变弱，库仑力减小，悬线拉力 $F$ 为库仑力和重力的合力，故 $F$ 减小，故C正确，D错误。

故选C.

7. 两根材料相同的均匀导线A和B，其长度分别为 $L$ 和 $2L$ ，串联在电路中时沿长度方向电势的变化如图所示，则A和B导线的横截面积之比为（ ）



- A. 2:3  
 B. 1:3  
 C. 1:2  
 D. 3:1

【答案】B

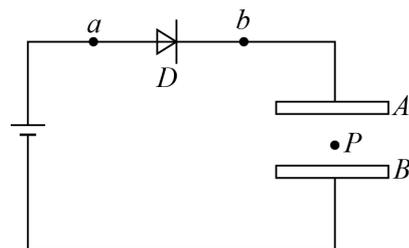
【解析】如图：A、B两端的电势差分别为6V、4V，电流相等，根据欧姆定律得， $\frac{R_A}{R_B} = \frac{3}{2}$

，根据电阻定律得， $R = \rho \frac{L}{S}$ ，则 $S = \frac{\rho L}{R}$ 。则横截面积之比 $\frac{S_A}{S_B} = \frac{1}{\frac{2}{3}} = \frac{3}{2}$ ，故B正确，ACD错误。

确，ACD错误。

故选B.

8. 如图所示,  $D$ 是一只二极管,  $AB$ 是平行板电容器, 在电容器两极板间有一带电微粒 $P$ 处于静止状态, 当两极板 $A$ 和 $B$ 间的距离增大一些的瞬间(两极板仍平行), 关于带电微粒 $P$ 的说法正确的是 ( )



- A. 向下运动
- B. 仍静止不动
- C. 若下板接地, 且上板上移, 则微粒电势升高
- D. 若下板接地, 且上板上移, 则微粒电势能升高

【答案】 C

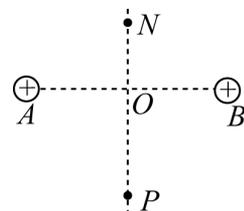
【解析】 当带电微粒 $P$ 静止时, 对其进行受力分析得 $Eq = mg$ , 即 $\frac{U}{d}q = mg$ .

当 $A$ 、 $B$ 之间距离增大时, 电容器的电容 $C$ 减小, 由 $Q = CU$ 得,  $Q$ 也减小, 但由于电路中连接了一个二极管, 它具有单向导电性, 不能放电, 故电容器 $A$ 、 $B$ 两极板上的电荷量不变, 场强不变, 电场力仍等于微粒的重力, 故带电微粒仍保持静止状态, 故C正确.

故选C.

## 二、多项选择题 (共20分)

9. 如图所示, 两个带等量正电荷的小球 $A$ 、 $B$ (可视为点电荷). 被固定在光滑绝缘的水平面上.  $P$ 、 $N$ 是小球 $A$ 、 $B$ 的连线的水平中垂线, 且 $PO = ON$ . 下列说法正确的是 ( )



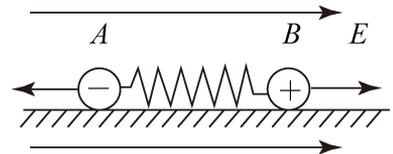
- A. 沿着 $P \rightarrow O \rightarrow N$ , 电场强度一定先减小后增加
- B. 沿着 $P \rightarrow O \rightarrow N$ , 电场强度可能先减小后增加
- C. 沿着 $P \rightarrow O \rightarrow N$ , 电势一定先增加后减小
- D. 沿着 $P \rightarrow O \rightarrow N$ , 电势一定先减小后增加

【答案】 BC

【解析】由等量同种电荷、电势和电场强度的分布特点，可以知道BC正确，AD错误。

故选BC。

10. 如图所示，质量分别为 $m_1$ 和 $m_2$ 的两个小球A、B，带有等量异种电荷，通过绝缘轻弹簧相连接，置于绝缘光滑的水平面上，突然加一水平向右的匀强电场后，两小球A、B将由静止开始运动，则从开始运动到第一次速度为零的过程中，下列说法中正确的是（设整个过程中不考虑电荷间库仑力的作用且弹簧不超过弹性限度）（ ）



- A. 当A小球所受电场力与弹簧弹力大小相等时，A小球速度达到最大
- B. 两小球加速度先增加，再减小
- C. 电场力对两球均做正功，两小球与弹簧组成的系统机械能增加
- D. 电场力对两球均做正功，两小球的电势能变大

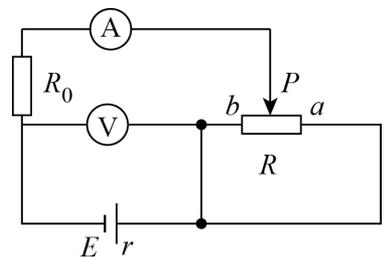
【答案】AC

【解析】AB. 刚开始 $Eq > kx$ ，故做加速度减小的加速运动，后做加速度变大的减速运动，故A正确，B错误；

CD. 电场力对小球做正功，故机械能变大，且电势能减小，故C正确，D错误。

故选AC。

11. 如图所示，电源的电动势和内阻分别为 $E$ 和 $r$ ，在滑动变阻器的滑片由 $a$ 向 $b$ 移动的过程中，下列各物理量变化情况为（ ）



- A. 电流表的读数先增大后减小
- B. 电源的总功率先减小后增大
- C. 电源输出功率先增大后减小
- D.  $\frac{\Delta U}{\Delta I}$  不变

【答案】BD

【解析】A 选项：根据闭合电路欧姆定律分析可知，电路中总电流 $I$ 先减小后增大，则电流表的读数先减小后增大，故A错误；

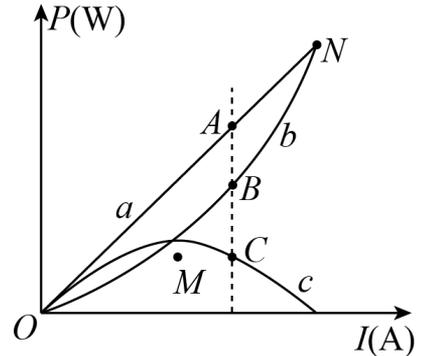
B 选项：当由 $a \rightarrow b$ 运动时， $R_{总}$ 先变大后变小，则 $R_{总}$ 先变小后变大，故B正确；

C 选项：由于电源的内阻和外电阻的关系未知，无法判断电源输出功率如何变化，可能先减小后增大，也可能先增大后减小，故C错误；

D 选项：电流表的读数先减小后增大，电压表的读数先增大后减小，电压表与电流表读数的比值  $\frac{U}{I}$  一定先增大后减小，但  $\frac{\Delta U}{\Delta I} = r$  保持不变，故D正确。

故选 B D .

12. 某同学将一直流电源的总功率  $P_E$ 、输出功率  $P_R$  和电源内部的发热功率  $P_r$  随电流  $I$  变化的图线画在同一坐标系中，如图中的  $a$ 、 $b$ 、 $c$  所示。则下列说法中正确的是 ( )



- A. 图线  $b$  表示输出功率  $P_R$  随电流  $I$  变化的关系  
 B. 图中  $a$  线最高点对应的功率为最大输出功率  
 C. 在图线上  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点的纵坐标一定满足关系  $P_A = P_B + P_C$   
 D. 两个图线交点  $M$  与  $N$  的横坐标之比一定为  $1:2$ ，纵坐标之比一定为  $1:4$

【答案】 CD

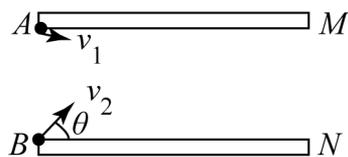
【解析】 A, B. 由电源消耗功率和电源内部消耗功率表达式  $P_E = EI$ ,  $P_r = I^2 r$ , 可知,  $a$  是直线, 表示的是电源消耗的总电功率,  $b$  是抛物线, 表示的是电源内电阻上消耗的功率,  $c$  表示外电阻的功率即为电源的输出功率  $P_R$ , 所以AB错误;

C. 在  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三条图线上分别取横坐标相同的  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点, 因为直流电源的总功率  $P_E$  等于输出功率  $P_R$  和电源内部的发热功率  $P_r$  的和, 所以这三点的纵坐标一定满足关系  $P_A = P_B + P_C$ , 所以C正确;

D. 当内电阻和外电阻相等时, 电源输出的功率最大, 此时即为  $b$ 、 $c$  线的交点  $M$  时的电流, 此时电流的大小为  $\frac{E}{R+r} = \frac{E}{2r}$ , 功率的大小为  $\frac{E^2}{4r}$ ,  $a$ 、 $b$  线的交点  $N$  表示电源的总功率  $P_E$  和电源内部的发热功率  $P_r$  随相等, 此时只有电源的内电阻, 所以此时的电流的大小为  $\frac{E}{r}$ , 功率的大小为  $\frac{E^2}{r}$ , 所以横坐标之比为  $1:2$ , 纵坐标之比为  $1:4$ , 所以D正确。

故选CD.

13. 长为 $L$ 、相距为 $d$ 的平行金属板 $M$ 、 $N$ 带等电量异种电荷， $A$ 、 $B$ 两带电粒子分别以不同速度 $v_1$ 、 $v_2$ 从金属板左侧同时射入板间，粒子 $A$ 从上板边缘射入，速度 $v_1$ 平行金属板，粒子 $B$ 从下板边缘射入，速度 $v_2$ 与下板成一夹角 $\theta$  ( $\theta \neq 0$ )，如图所示，粒子 $A$ 刚好从金属板右侧下板边缘射出，同时粒子 $B$ 刚好从上板边缘射出且速度方向平行金属板，两粒子在板间某点相遇但不相碰，不计粒子重力和空气阻力，则下列判断正确的是 ( )



- A. 两粒子的电荷量不一定相同  
 B. 两粒子一定带异种电荷  
 C. 粒子 $B$ 射出金属板的速度等于 $v_1$   
 D. 相遇时 $A$ 、 $B$ 两粒子的位移大小之比为 $1:2$

【答案】AC

【解析】A选项：据题意知， $A$ 粒子做类平抛运动， $B$ 粒子运动的逆过程也是类平抛运动，设

$B$ 粒子的水平速度为 $v_B$ ，对于任一初速度为 $v$ 的类平抛运动，根据类平抛运动的规律得： $t = \frac{l}{v}$ ，因 $t$ 、 $l$ 相等，所以 $v$ 大小相等，又由 $y = \frac{1}{2}at^2$ ，又 $a = \frac{qE}{m}$ ，可得 $y = \frac{qEl^2}{2mv^2}$ ， $y$ 、 $l$ 、 $v$ 、 $E$ 都相等，则得 $\frac{q}{m}$ 必定相等，但电荷量不一定相等，故A正确；

B选项：两个粒子所受的电场力都向下，所以两粒子一定有相同的电荷，故B错误；

C选项：由上分析知，两个粒子的水平速度相等，水平方向都做匀速直线运动，所以粒子 $B$ 射出金属板的速度等于 $v_1$ ，故C正确；

D选项：相遇时两粒子水平位移大小，但竖直位移 $B$ 的大，所以位移大小不等，竖直位移比 $1:3$ 水平位移比 $1:1$ ，故D错误。

故选AC。

### 三、实验探究题 (共14分)

14. 某同学利用多用电表测量二极管的反向电阻。完成下列测量步骤：

- (1) 检查多用电表的机械零点。
- (2) 将红、黑表笔分别插入正、负表笔插孔，将选择开关拔至电阻测量挡适当的量程处。
- (3) 将红、黑表笔 \_\_\_\_\_，进行欧姆调零。
- (4) 测反向电阻时，将 \_\_\_\_\_ 表笔接二极管正极，另一支表笔接二极管负极，读出电表示数。
- (5) 为了得到准确的测量结果，应让电表指针尽量指向表盘中央；否则，在可能的条件下，应重新选择量程。并重复步骤 (3) (4)。
- (6) 测量完成后，将选择开关拨向 \_\_\_\_\_ 位置。

【答案】短接；红笔；OFF

【解析】(3) 将红黑表笔短接，即为欧姆调零。

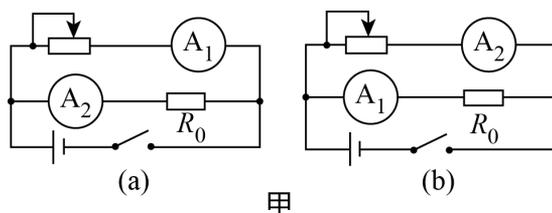
(4) 测量二极管的反向电阻时应将红笔接二极管的正极，黑笔接负极。

(6) 测量完成后应将开关打天OFF档。

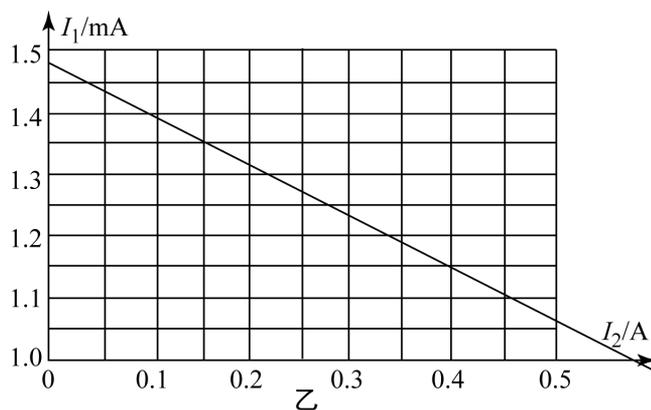
故答案为：短接；红笔；OFF。

15. 在测定一节干电池的电动势和内电阻的实验中，除备有：待测的干电池（电动势约为1.5V，内电阻1.0Ω左右）、电流表A<sub>1</sub>（量程0~3mA，最小刻度0.1mA，内阻忽略不计）、电流表A<sub>2</sub>（量程0~0.6A，最小刻度0.02A，内阻忽略不计）、定值电阻R<sub>0</sub>（1000Ω）、开关和导线若干等器材，还备有两滑动变阻器A. R<sub>1</sub>(0~20Ω, 10A) B. R<sub>2</sub>(0~200Ω, 1A)

(1) 某同学发现上述器材中虽然没有电压表，但给出了两个电流表，于是他设计了如图甲所示的(a)、(b)两个实验电路，其中合理的是\_\_\_\_\_图所示的电路；在该电路中，为了操作方便且能准备地进行测量，滑动变阻器应选\_\_\_\_\_（填写器材前的字母代号）。



(2) 图乙为该同学根据选出的合理的实验电路，移动滑动变阻器，电流表A<sub>1</sub>和电流表A<sub>2</sub>分别测得多组I<sub>1</sub>和I<sub>2</sub>并画出I<sub>1</sub>-I<sub>2</sub>图线，则由图线可得被测电池的电动势E=\_\_\_\_\_V，内阻r=\_\_\_\_\_Ω（小数点后均保留两位小数）。



【答案】(1) (b) ; A

(2) 1.47(1.46~1.49) ; 0.84(0.81~0.86)

【解析】(1) 根据电流表改装为电压表的原理及欧姆定律可知，若将电流表A<sub>1</sub>与定值电阻

串联，则有 $U_1 = I_1 R_0 = 3 \times 10^{-3} \times 990V = 2.97V$ ，若将电流表A<sub>2</sub>与定值电阻

串联，则有：

$U_2 = I_2 R_0 = 0.6 \times 990\text{V} = 594\text{V}$ , 由此可以看出 $U_1$ 与电动势接近, 所以应将电流表 $A_1$ 与定值电阻串联使用, 故合理的是(b)图; 根据闭合电路欧姆定律可知: 电路中需要的最大电阻为:  $R_m = \frac{E}{\frac{1}{3}I_{A2}} = \frac{1.5}{0.2}\Omega = 7.5\Omega$ , 故滑动变阻器应选A.

故答案为: (b); A.

(2) 根据闭合欧姆定律可得:  $E = (I_1 + I_2)r + I_1 R_0$ , 整理得:

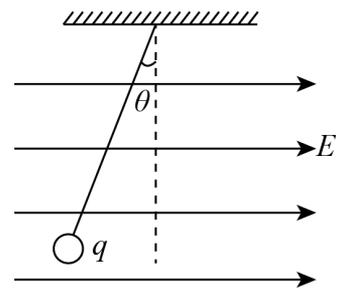
$$I_1 = \frac{1}{R_0 + r} E - \frac{r}{r + R_0} I_2, \text{ 由于 } R_0 \gg r, \text{ 所以 } I_1 \approx \frac{1}{R_0} E - \frac{r}{R_0} I_2, \text{ 根据图线斜率和截距的知识可得: } \frac{r}{R_0} = \frac{(1.48 - 1.35) \times 10^{-3}}{0.15 - 0} = 8.667 \times 10^{-4},$$

$$\frac{E}{R_0} = 1.48 \times 10^{-3}, \text{ 解得: } r \approx 0.86\Omega, E \approx 1.47\text{V}.$$

故答案为: 1.47(1.46 ~ 1.49); 0.84(0.81 ~ 0.86).

#### 四、计算题 (共42分)

16. 如图所示, 一质量为 $m$ 、带电量为 $q$ 的小球, 用绝缘细线悬挂在水平向右的匀强电场中, 静止时悬线向左与竖直方向成 $\theta$ 角, 重力加速度为 $g$ .



(1) 求电场强度 $E$ .

(2) 若在某时刻将细线突然剪断, 求: 经过 $t$ 时间小球的速度 $v$ .

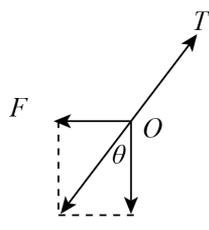
【答案】 (1)  $\frac{mg \tan \theta}{q}$

(2)  $\frac{gt}{\cos \theta}$

【解析】 (1) 小球受力如图, 由于电场力 $F$ 与场强方向相反, 说明小球带负电.

小球的电场力为:  $F = qE$ ;

受力分析如图所示; 由平衡条件得:  $Eq = mg \tan \theta$ ,



解得:  $E = \frac{mg \tan \theta}{q}$ .

故答案为:  $\frac{mg \tan \theta}{q}$ .

(2) 剪断细线后小球做初速度为0的匀加速直线运动, 经过1s时小球的速度为 $v$ . 小

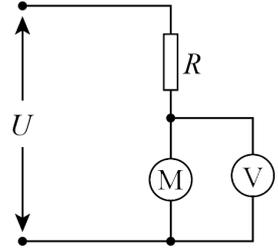
$$\text{球所受合外力为: } F_{\text{合}} = \frac{mg}{\cos \theta},$$

$$\text{根据牛顿第二定律得, 加速度为: } a = \frac{g}{\cos \theta},$$

$$\text{由运动学公式得: } v = at = \frac{gt}{\cos \theta}.$$

$$\text{故答案为: } \frac{gt}{\cos \theta}.$$

17. 如图所示是一提升重物用的直流电动机工作时的电路图, 电动机内电阻 $r = 2\Omega$ , 电路中另一电阻 $R = 20\Omega$ , 直流电压 $U_1 = 220\text{V}$ , 电压表示数 $U_2 = 120\text{V}$ . 试求:



(1) 通过电动机的电流.

(2) 输入电动机的电功率.

(3) 若电动机以 $v = 5\text{m/s}$ 匀速竖直向上提升重物, 求该重物的质量. ( $g$ 取 $10\text{m/s}^2$ )

**【答案】** (1) 5A

(2) 600W

(3) 11kg

**【解析】** (1) 由电路中的电压关系可得电阻 $R$ 的电压 $U_R = U - U_V = (220 - 120)\text{V} = 100\text{V}$

$$\text{流过电阻} R \text{的电流 } I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{100}{20} \text{A} = 5\text{A} \text{ 即通过电动机的电流 } I_M = I_R = 5\text{A}$$

故答案为: 5A.

(2) 电动机的电压 $U_M = U_V = 120\text{V}$ , 输入电动机的功率 $P_{\text{电}} = I_M \cdot U_M = 600\text{W}$ .

故答案为: 600W.

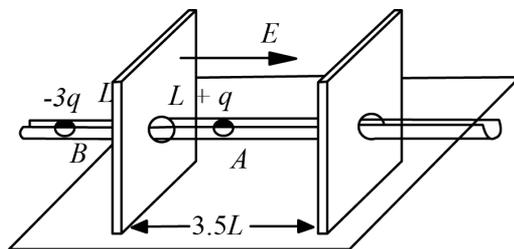
(3) 电动机的发热功率 $P_{\text{热}} = I^2 r = 50\text{W}$ ,

$$\text{电动机输出的机械功率 } P_{\text{出}} = P_{\text{电}} - P_{\text{热}} = 550\text{W},$$

$$\text{又因 } P_{\text{出}} = Fv = mgv, \text{ 所以 } m = \frac{P_{\text{出}}}{gv} = \frac{550}{10 \times 5} = 11\text{kg}.$$

故答案为: 11kg.

如图所示，沿水平方向放置一条平直光滑槽，它垂直穿过开有小孔的两平行薄板，板相距 $3.5L$ 。槽内有两个质量均为 $m$ 的小球 $A$ 和 $B$ ， $A$ 球带电量为 $+q$ ， $B$ 球带电量为 $-3q$ ，两球由长为 $2L$ 的轻杆相连，组成一带电系统。最初 $A$ 和 $B$ 分别静止于左板的两侧，离板的距离均为 $L$ 。若视小球为质点，不计轻杆的质量，现在两板之间加上与槽平行场强为 $E$ 的向右的匀强电场后（设槽和轻杆由特殊绝缘材料制成，不影响电场的分布），带电系统开始运动。试求：



- (1) 从开始运动到 $B$ 球刚进入电场时，带电系统电势能的改变量 $\Delta\varepsilon$ 。
- (2) 以右板电势为零，带电系统从运动到速度第一次为零时 $A$ 球所在位置的电势中 $\varphi$ 为多大。
- (3) 带电系统从开始运动到速度第一次为零所需的时间。

**【答案】** (1)  $-EqL$

(2)  $U_A = EL$

(3)  $3\sqrt{\frac{Lm}{qE}}$

**【解析】** (1) 设球 $B$ 刚进入电场时，电场力做功使带电系统电势能减少 $\Delta\varepsilon = -EqL$ 。

故答案为： $-EqL$ 。

(2) 设 $B$ 进入电场后带电系统又运动了 $s$ 速度变为零，由动能定理得

$EqL + Eqs - 3Eqs = 0$ 解得 $s = \frac{L}{2}$ ，即离右板距离为 $L$ 带电系统速度第一次为零，以右板电势为零，速度第一次为零的位置电势大于零，所以带电系统速度第一次为零时，球 $A$ 所在位置的电势为 $U_A = EL$ 。

故答案为： $U_A = EL$ 。

(3) 设 $A$ 球运动了 $L$ 时速度为 $v_1$ ，由动能定理得

$$qEL = \frac{1}{2} \cdot 2mv_1^2.$$

$$\text{解得 } v_1 = \sqrt{\frac{qEL \cos}{m}}.$$

$$\text{由 } L = \frac{0 - v_1}{2} t_1 \text{ 得运动时间为 } t_1 = 2\sqrt{\frac{Lm}{qE}}.$$

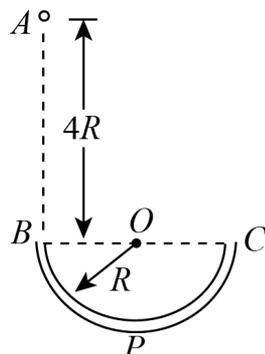
$$A \text{ 球运动 } s \text{ 时加速度为 } a_2, a_2 = -\frac{2Eq}{2m} = -a_1.$$

$$\text{由 } 0 = v_1 + a_2 t_2, \text{ 得 } t_2 = \frac{1}{2} t_1.$$

$$\text{所以带电系统速度第一次为零所需的时间为 } t_{\text{总}} = t_1 + t_2 = 3\sqrt{\frac{Lm}{qE}}.$$

$$\text{故答案为: } 3\sqrt{\frac{Lm}{qE}}.$$

19. 如图所示，光滑绝缘的细圆管弯成半径为 $R$ 的半圆形，固定在竖直面内，管口 $B$ 、 $C$ 的连线水平。质量为 $m$ 的带正电小球从 $B$ 点正上方的 $A$ 点自由下落， $A$ 、 $B$ 两点间距离为 $4R$ 。从小球（小球直径小于细圆管直径）进入管口开始，整个空间中突然加上一个斜向左上方的匀强电场，小球所受电场力在竖直方向上的分力方向向上，大小与重力相等，结果小球从管口 $C$ 处离开圆管后，又能经过 $A$ 点。设小球运动过程中电荷量没有改变，重力加速度为 $g$ ，求：



- (1) 小球到达 $B$ 点时的速度大小。  
 (2) 小球受到的电场力大小。  
 (3) 小球经过管口 $C$ 处时对圆管壁的压力。

【答案】 (1)  $v_B = 2\sqrt{2gR}$

(2)  $\sqrt{2}mg$

(3)  $3mg$ ; 方向水平向右

【解析】 (1) 小球从 $A$ 开始自由下落到到达管口 $B$ 的过程中，只有重力做功，机械能守恒，

则有：

$$mg \cdot 4R = \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$\text{解得, } v_B = 2\sqrt{2gR}.$$

$$\text{故答案为: } v_B = 2\sqrt{2gR}.$$

- (2) 设电场力的水平分力和竖直分力分别为 $F_x$ 和 $F_y$ ，则 $F_y = mg$ ，方向竖直向上。

小球从 $B$ 到 $C$ 的过程中，电场力的水平分力 $F_x$ 做负功，根据动能定理得

$$-F_x \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2,$$

小球从 $C$ 处离开圆管后，做类平抛运动，竖直方向做匀速运动，水平方向做匀加速运动，则：

$$y = 4R$$

$$x = 2R = \frac{1}{2}a_x t^2 = \frac{F_x}{2m} t^2,$$

$$t = \frac{4R}{v_C}.$$

$$\text{联立解得, } F_x = mg$$

$$\text{故电场力的大小为 } F = qE = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{2}mg.$$

$$\text{故答案为: } \sqrt{2}mg.$$

( 3 ) 小球经过管口  $C$  处时, 由电场力的水平分力和管子的弹力的合力提供向心力,

由牛顿运动定律得  $F_x + N = m \frac{v_C^2}{R}$  得  $N = 3mg$ , 方向向左.

根据牛顿第三定律可知, 小球经过管口  $C$  处时对圆管壁的压力大小

$N' = N = 3mg$ , 方向水平向右.

故答案为:  $3mg$ ; 方向水平向右.