

太原市 2017-2018 学年第一学期高二期中考试

一、单选选择题：本大题共 10 小题，每小题 3 分。请将正确选项填在括号中

1. 让橡胶棒与毛皮摩擦带电后，将橡胶棒置于潮湿的空气中，过一段时间后，发现该橡胶棒上带的电荷几乎都“消失了”。关于该现象，下列说法中正确的是

- A: 摩擦过程中橡胶棒由于正电荷转移到毛皮而带上负电荷
- B: 橡胶棒所带的电荷量可能是 $2.4 \times 10^{-19} \text{C}$
- C: 摩擦过程中先创生了负电荷，然后负电荷消失
- D: 该现象是由于电子的转移引起的，该电荷仍遵循电荷守恒定律

考点：摩擦起电及电荷的转移

解析：

A 项，摩擦过程中由于毛皮的电子转移到橡胶棒上，从而使橡胶棒带上负电荷，故 A 项错误。

B 项， $e = 1.6 \times 10^{-19}$ 任何带电体所带电荷量为 e 的整数倍，故 B 项错误。

C 项，D 项，电荷既不能创造，也不能消失，它只能从一个物体转移到另一个物体，或从物体的一部分转移到另一部分，故 D 项正确。

综上所述，本题正确答案为 D。

难度：☆

答案：D

2. 如图所示，两个电荷量均为 $+q$ 的小球用长为 l 的轻质绝缘细线连接，静止在光滑的绝缘水平面上。平衡时细线的张力大小为 F_1 。若将两小球的电荷量均增大为原来的两倍，在不改变电性及细绳长度的情况下，轻绳的张力变为 F_2 。若两个小球的半径 $r \ll l$ ，则 ()



A: $F_2 = 4F_1$

B: $F_2 = 2F_1$

C: $F_1 = \frac{2kq^2}{l^2}$

D: $F_2 = \frac{2kq^2}{l^2}$

考点：库仑定律

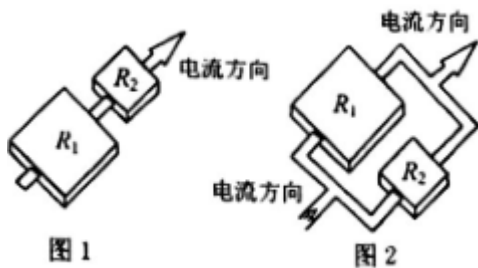
解析：由库仑定律可知 $F_1 = \frac{kq^2}{l^2}$ ， $F_2 = \frac{4kq^2}{l^2}$ 所以 C 项错误，D 项错误。所以 $F_2 = 4F_1$ ，故 A 项正确。

难度：☆

答案：A

3. R_1 和 R_2 是同种材料、厚度相同、表面为正方形的导体, 但 R_2 的尺寸比 R_1 的尺寸小。将两导体分别串联 (如图 1) 和并联 (如图 2) 接入电路, 通过两导体的电流方向如图中箭头所示, 则 ()

- A: 图 1 中 R_1 两端的电压大于 R_2 两端的电压
- B: 图 2 中通过 R_1 的电流小于通过 R_2 的电流
- C: 图 1 中 R_1 内自由电荷定向移动的速率小于 R_2 内自由电荷定向移动的速率
- D: 图 2 中 R_1 内自由电荷定向移动的速率大于 R_2 内自由电荷定向移动的速率



考点：串并联电路，电阻定律及电流的微观式

解析：A、根据电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{L}{d^2}$ 可知电阻与边长无关。故 $R_1 = R_2$, 所以当 R_1, R_2 串联时 R_1, R_2 分压相同故

A 错误;

B、当 R_1, R_2 并联时 R_1, R_2 两端电压相同, 又因为 $R_1 = R_2$, 所以通过 R_1, R_2 的电流相同, 故 B 错误;

C、D、因为 $I = nesv$, 又因为无论是串联还是并联通过 R_1, R_2 的电流相同, 由于 R_1 的横截面积大于 R_2 的横截面积所以 R_1 内自由电荷定向移动的速率小于 R_2 内自由电荷定向移动的速率, 故 C 正确; D 错误。

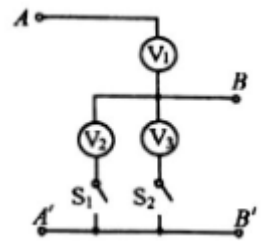
难度：☆☆

答案：C

4. 如图 V_1, V_2, V_3 是用相同表头改装成的三块电压表, 其量程分别为 6V、3V、6V。已

知 AA' 输入电压为 9V 则当 S_1, S_2 处于各个状态时, BB' 两端的电压不可能是 ()。

- A: 6V
- B: 4.5V
- C: 3V
- D: 2.25V



考点：电表的改装及串并联电路。

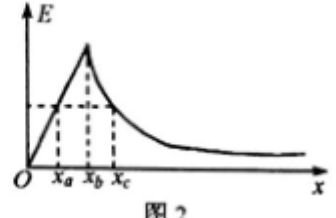
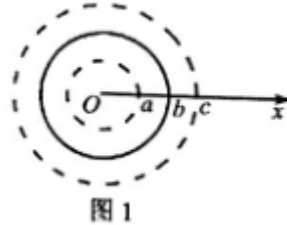
解析：根据电压表改装的特点, 因为三个电表的量程分别为 6V、3V、6V 所以 V_1, V_2, V_3 的内阻之比为 2:1:2, 当 AA 两端的输入电压为 9V 时, 当 S_1, S_2 都断开时电路断路 BB 两端电压为零; 当 S_1 闭合, S_2 断开时 V_1, V_2 串联连入电路所以 BB 两端电压为 V_2 的分压为 3V; 当 S_1 断开, S_2 闭合时 V_1, V_3 串联连入电路所以 BB 两端电压为 V_3 的分压为 4.5V; 当 S_1, S_2 都闭合时 V_2 和 V_3 并联在与 V_1 串联, 所以 BB 两端电压为 V_2 和 V_3 并联部分的分压为 2.25V。所以本题正确答案为 A。

难度：☆☆

答案：A

5. 如图 1 所示, 真空中有一半径为 R 、电荷量为 $+Q$ 的均匀带电球体 (实线), 以球心为坐标原点, 沿半径方向建立 x 轴。理论分析表明, x 轴上各点的场强随 x 变化关系如图 2 所示, 则 ()

- A. c 处场强和 a 处的场强大小相等、方向相反
- B. 球内部的电场为匀强电场
- C. a 、 c 两点处的电势一定相等
- D. 将一个正试探电荷沿 x 轴从 b 移到 c 的过程中, 电场力做正功



考点：电势，电势差与电场强度的关系

解析：A. 由图象可知, a 处与 c 处场强大小相等, 方向相同。故 A 错误;

B. 由图可得, 球内部的电场强度从圆心向外逐渐增大, 球内部的电场为非匀强电场。故 B 错误;

C. 由图象得, 电场线的方向一定是从圆心指向无穷远处, 沿电场线的方向电势降低, 所以 x_1 处的电势大于 x_2 处的电势。故 C 错误;

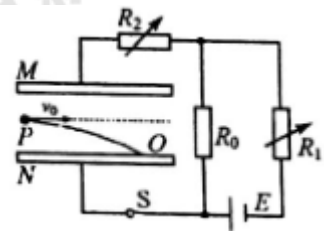
D. 从 b 移到 c 的过程中正试探电荷所受电场力与移动方向一致, 所以电场力做正功, D 正确

难度：☆☆☆

答案：D

6. 如图所示, M 、 N 是两块水平放置的平行金属板, R_0 为定值电阻, R_1 和 R_2 为可变电阻, 开关 S 闭合。质量为 m 的带正电的微粒从 P 点以水平速度 V_0 射入金属板间, 沿曲线打在 N 板上的 O 点。若经过下列调整后, 微粒仍从 P 点以水平速度 V_0 射入, 则 ()

- A. 保持 S 闭合, 增大 R_2 , 粒子打在 O 点右侧
- B. 保持 S 闭合, 增大 R_1 , 粒子打在 O 点左侧
- C. 断开 S , M 极板稍微上移, 粒子打在 O 点右侧
- D. 断开 S , M 极板稍微下移, 粒子打在 O 点左侧



考点：闭合电路欧姆定律，电容器

解析：A、保持开关 S 闭合, 增大 R_2 , 不会影响电阻 R 两端的电压, 故粒子打在 O 点, 故 A 错误;

B、保持开关 S 闭合, 由串并联电压关系可知, R_0 两端的电压为 $U = \frac{E}{R + R_1} \times R$, 增大 R_1 , U 将减小, 电容器两端

的电压减小, 故粒子受重力和电场力, 产生的加速度增大, 平行板两极板电压减小, 打到极板上, 竖直分运动

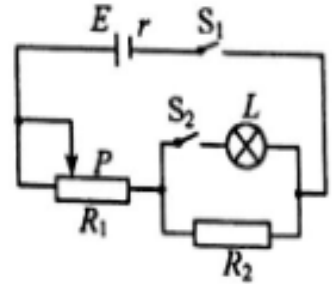
$\frac{d}{2} = \frac{1}{2}at^2$, 水平位移为 $x = v_0\sqrt{\frac{d}{a}}$, 水平位移将减小, 故粒子打在 O 点左侧, 故 B 正确;

C、D、断开开关，平行板带电量不变，平行板间的电场强度为 $E = \frac{U}{d}$ ，结合 $C = \frac{Q}{U}$ 及 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 可得 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$ ，

电场强度不变，故加速度不变，M 极板稍微上移，不会影响离子的运动轨迹，故其还打在 O 点，故 C、D 错误；
答案：B

7. 已知电源内阻 $r=2\Omega$ ，灯泡电阻 $R_L=2\Omega$ ， $R_2=2\Omega$ 滑动变阻器 R_1 的最大阻值为 3Ω ，如图所示，将滑片 P 置于最左端，闭合开关 S_1, S_2 ，电源的输出功率为 P_0 ，则（ ）

- A. 将滑片 P 向右滑动， R_1 消耗的功率先增大后减小
- B. 将滑片 P 向右滑动，L 消耗的功率先增大后减小
- C. 当滑片 P 置于最右端时，电源输出功率仍为 P_0
- D. 若 p 位于最左端时断开 S_2 ，电源的输出功率达到最大值



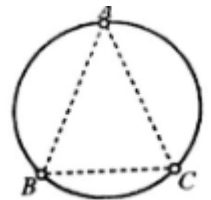
考点：闭合电路欧姆定律。

难度：☆☆☆

答案：C

8. 套有三个带电小环的光滑大圆环放在水平桌面，小环可在大环上自由滑动且电荷量保持不变，平衡后，三个小环构成一个等腰锐角三角形，三角形的边长大小关系是 $AB=AC>BC$ ，可以判断（ ）

- A. 三个小环电荷量的代数和可能为 0
- B. 三个小环所受大环的弹力大小关系为 $F_A>F_B=F_C$
- C. A 环可能与 B, C 环的电性相反
- D. 三个小环带电荷量的大小为 $Q_A<Q_B=Q_C$



考点：点电荷之间的作用力及受力平衡

解析：对 A 分析，弹力过圆心，根据平衡条件，要么 B 与 C 对 A 引力，要么对 A 斥力，才能处于平衡状态，因此 A 不可能受到一个斥力一个引力，所以 BC 带同种电，分析 B 根据平衡条件可得 AC 同种电，可得三个同种电，故 A 错误，c 错误。

B. 对各环受力分析，依据三角形法则可知， $F_A>F_B=F_C$ ，故 B 正确；

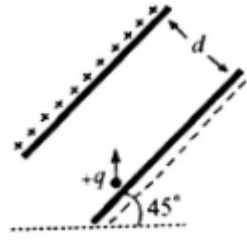
D. A 受到两斥力，设圆心 O， $AB=AC>BC$ ，可得 A 受 B 和 C 力相同，所以 $Q_b=Q_c$ 。又因为 BAC 是个锐角所以 $Q_A>Q_b=Q_c$ ，故 D 错误；

难度：☆☆☆☆

答案：B

9. 如图，平行板电容器两极板的间距为 d ，极板与水平面成 45° 角，上极板带正电。两极板电场强度为 E_0 。一电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子在电容器中靠近下极板处。以某一初动能竖直向上射出。不计重力，极板尺寸足够大。若粒子能打到上极板，则粒子的初动能的最小值为 ()

- A. $\frac{\sqrt{2}}{2}Eqd$ B. $\sqrt{2}Eqd$ C. $2Eqd$ D. $4Eqd$



考点：带电粒子在复合场中的运动。

解析：将粒子的速度 v 分解为垂直于板的 V_y 和平行于板的 V_x ，由于极板与水平面夹角 45° ，粒子的初速度方向

竖直向上，所以粒子初速度在垂直于板的方向的速度为 $V_y = V_0 \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}v_0$ ，

当电场足够大时，粒子到达上极板时速度恰好与上极板平行，即粒子垂直于极板方向的速度 $V_y' = 0$ ，

根据运动学公式有 $V_y'^2 - V_y^2 = 2 \frac{qE}{M} d$ ，

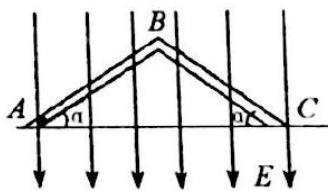
又知 $E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2$ 联立以上各式求得 $E_k^0 = 2E_0qd$ ，故 B 正确，ABD 错误。

故选 C。

难度：☆☆☆

答案：C

10. 如图所示，一个“V”形玻璃管倒置于竖直平面内，并处于场强大小为 $E=1 \times 10^3 \text{V/m}$ ，方向垂直向下的匀强电场中，一个重力为 $G=1 \times 10^{-3} \text{N}$ ，电荷量为 $q=2 \times 10^{-6} \text{C}$ 的带负电小滑块从 A 点由静止开始运动，小滑块与管壁的动摩擦因数 $\mu=0.5$ 。已知管长 $AB=BC=2\text{m}$ ，倾角 $\alpha=37^\circ$ ，不考虑经过 B 点时动能的损失，则 (取 $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$) ()。



- A. B、A 两点间的电势差为 2000V
 B. 小滑块从 A 点第一次运动到 B 点的过程中电势能增大
 C. 小滑块第一次速度为零的位置在 C 点处
 D. 从开始运动到最后静止，小滑块通过的总路程为 3m

A 项，B、A 两点间的电势差 $U_{BA} = EL \sin 37^\circ = 1200\text{V}$ ，故 A 项错误。

B 项，小滑块从 A 点第一次运动到 B 点的过程中电场力做正功，电势能减小，故 B 项错误。

C 项，假设 V 形管是光滑的，则根据对称性，从 A 点静止释放小滑块后，正好能滑动到 C 点，但由于小滑块与管

壁之间存在摩擦力，所以小滑块第一次速度为零的位置不在 C 处，故 C 项错误。

D 项，小滑块最后静止在 B 点，设从开始运动到最后静止，小滑块通过的总路程为 x ，这期间重力做功 $-mgL\sin\alpha$ ，电场力做功 $qEL\sin\alpha$ ，摩擦力做功 $-u(qE-mg)x\cos\alpha$ ，由动能定理有： $-mgL\sin\alpha + qEL\sin\alpha - u(qE-mg)x\cos\alpha = 0$ ，解得 $x=3m$ ，所以小滑块通过的总路程为 $3m$ ，故 D 项正确。

综上所述，本题正确答案为 D。难度：☆☆☆

二、多项选择题：本题包含 5 小题，每小题 3 分，共 15 分。在所给的选项中最少有两个选项正确。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，选错的不得分。

11、铅蓄电池的电动势为 2V，下列说法正确的是（ ）

- A. 电路中每通过 2C 的电荷量，铅蓄电池把 2J 的化学能转化为电能。
- B. 铅蓄电池在未接入电路时，电池两端的电压等于 2V。
- C. 铅蓄电池在 1S 内总是将 2J 的化学能转变成电能。
- D. 铅蓄电池将化学能转化为电能的本领比一节 1.5V 的干电池大。

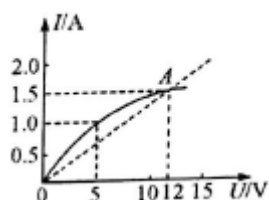
考点：电源电动势的概念。

解析：在电池未接入电路中时，电池两端的电压为 2V，B 正确。电源的电动势是表示电源将其它形式的能转化为电能的本领，铅蓄电池的电动势比一节干电池的电动势大，D 正确。

难度：☆

答案：BD

12、某导体中的电流随其两端的电压变化如图所示，由图可知



- A. 加 12V 电压时，导体的电阻约是 8Ω
- B. 加 12V 电压时，导体的电阻约为 5Ω
- C. 随着电压的升高，导体的电阻不断增大
- D. 电压升高为原来的 2 倍，导体的电功率增大为原来的 4 倍

考点：电流与电压图像与电阻变化的关系

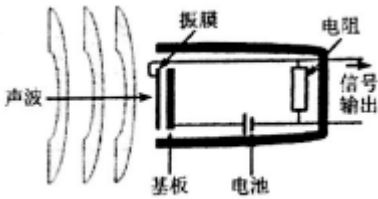
解析：在电流与电压的图像中斜率待变电阻的变化趋势，对应电阻的阻值应由对应的电压值除以对应的电流值，所以 A, C 正确。

难度：☆☆

答案：AC

新东方太原培训学校

13、电容式麦克风是利用电容器的充放电原理以超薄的金属或镀金的塑料薄膜为振膜感应音压。以改变导体间的静电压直接转化成电能讯号。如图所示，振膜与基板构成了一个电容器，当振膜在声波的作用下振动时，电容发生变化，电路中电流随之变化。则当振膜向右振动时



- A. 电容器的电容量增大
- B. 电容器的带电量增大
- C. 电容器两极板间的场强不变
- D. 电阻 R 上电流方向是向下的

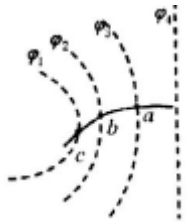
考点：考察电容器的动态分析

解析：由图可知，当声波向右振动。使两极板之间的距离减小，距离减小，使电容增大，使带电量增大。又由与两极板接入电源，所以电压不变，由电子流动的方向，可得电流方向与电子移动方向相反，所以 A, B, D 正确。

难度：☆☆

答案：ABD

14、如图所示虚线表示竖直平面内的四个等势面，相邻等势面间的电势差相等，一带负电的油滴，从右垂直等势面 ϕ_a 向左进入电场，在图中所示的竖直平面内运动，运动轨迹与等势面分别交于 abc 三点。已知带电油滴从 a 点运动到 c 点的过程中重力做功为 2.0J, 克服电场力做功为 1.2J, 则



- A. 油滴在 a 点的动能比在 c 点的动能大 0.8J
- B. 油滴在 c 点受到的电场力大于在 a 点受到的电场力
- C. 油滴在 ab 段动能的增量与在 bc 段动能的增量一定相等
- D. 油滴在 ab 段机械能的改变量与在 bc 段机械能的改变量相等

考点：带电粒子在电场中的运动、功能关系。

解析：由题意可知，a 点的动能比 c 点的动能要小，所以 A 项错误。由电场线的疏密可以得到 c 点的电场线要比 a 点的电场线密，所以 c 点的所受电场力要大于 a 点所受的电场力，B 正确。由于相邻等势面间的电势差相等。所以 a 到 b 电场力做功等于 b 到 c 电场力做功， $w_g - w_e = \Delta E_k$ ，由于克服电场力做功相同，所以 a 到 b 和 c 到 d 机械能变化相同

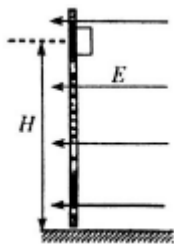
难度：☆☆☆

答案：BD

15、如图所示，离地高 H 处有一质量为 m，带电量为 +q 的物体处于电场强度随时间变化规律为 $E = E_0 - kt$ (E_0 和 k 均为大于零的常数，水平向左为电场正方向) 的均匀电场中，物体与竖直绝缘墙壁的动摩擦因数为 μ ，已知 $\mu q E_0 > mg$ ， $t=0$ 时，将物体从墙上由静止释放，若物体所受的最大静摩擦力等于滑动摩擦力，当物体下滑 h ($h < H$) 时恰好脱

新东方太原培训学校

离墙面，此时速度大小为 v ，最终落在地面上，则



- A. 物体落地前做加速度一直增大的加速运动
- B. 物体从脱离墙壁到落地前的运动轨迹是直线
- C. 物体克服摩擦力做的功等于 $mgH - \frac{1}{2}mv^2$
- D. 物体与墙壁脱离的时刻等于 E_0/k

考点：电场力与重力等结合的功能问题

解析：竖直方向上，由牛顿第二定律有： $mg - \mu qE = ma$ ，随着电场强度 E 的减小，加速度 a 逐渐增大，做变加速运动，当 $E=0$ 时，加速度增大到重力加速度 g ，此后物块脱离墙面，故 A 正确。物体脱离墙面时的速度向下，之后所受合外力与初速度不在同一条直线上，所以运动轨迹为曲线。故 B 错误。当物体与墙面脱离时电场强度为零，所以 $E = E_0 - kt = 0$ ，解得时间 $t = E_0/k$ 故 D 正确

难度：☆☆☆

答案：ACD

三、实验题：本题包含 2 个小题，共 15 分。请将答案填在题中横线上或按要求作答。

16. 为了测量一个“12V、6W”的小灯泡在不同电压下的功率，给定了以下器材：

电流表： $0 \sim 0.6A$ ， $0 \sim 3A$ ，内阻较小；电压表： $0 \sim 3V$ ， $0 \sim 15V$ ，内阻很大；

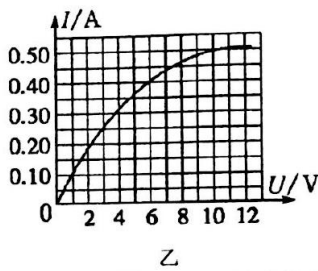
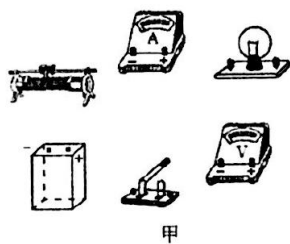
滑动变阻器；阻值范围 $0 \sim 20 \Omega$ ，允许最大电流 $1A$ ；

电源： $12V$ ，内阻不计；开关一个，导线若干。

实验时要求加在小灯泡两端的电压可从 $0 \sim 12V$ 变化。

(1) 电压表应选择量程 _____ V；电流表应选择量程 _____ A；滑动变阻器应采用 _____ (选填“分压”或“限流”)接法。

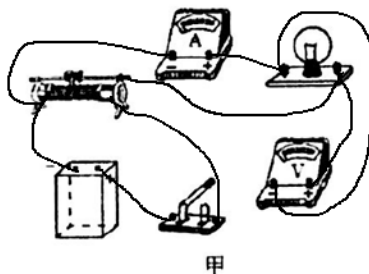
(2) 将图甲中的实物图连接成实验电路；



③某位同学测得小灯泡的伏安特性曲线如图 乙所示，由图可知，通过小灯泡的电流大小为 $0.40A$ 时，加在它两端的电压为 _____ V，此时小灯泡的实际功率为 _____ W。（保留 2 位有效数字）

解析：(1) 由于小灯泡的规格为“12V、6W”，即电流为 0.5A，所以电流表应选择量程 0~0.6A。电压表应选择量程 0~15V；滑动变阻器应选择分压接法。

(2) 在连实物图时，要注意滑动变阻器的分压接法，并采用电流表的外接法；



(3) 电流为 0.40A 时，再参考小灯泡的伏安特性曲线找出此时的电压值为 6.0V，所以此时小灯泡的实际功率为 2.4W。

难度：☆☆

17. 在测定金属丝的电阻率的实验中，某同学进行了如下测量：

(1) 用米尺测量金属丝的长度 l 为 1.000m，用螺旋测微器测量金属丝的直径，从图中读出金属丝的直径为 _____ mm。

(2) 若实验所用电流表的内阻 $R_A = 2.0\Omega$ ，电压表内阻约为 $2k\Omega$ ，那么，测量金属丝电阻 R_x 的最佳电路应是图 2 中的 _____ (选填“甲”或“乙”) 电路。按照规定的电路连接好线路后，调节滑动变阻器，当电流表的读数为 0.50A 时，电压表示数如图 3 所示，读数为 _____ V。求得该金属丝的电阻 $R =$ _____ Ω (保留 2 位有效数字)。

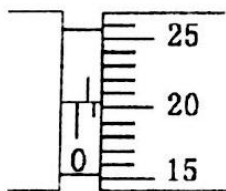
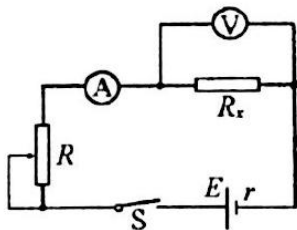
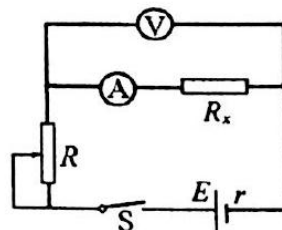


图 1



甲



乙

图 2

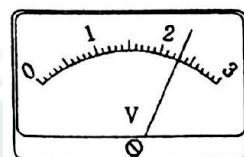


图 3

(3) 由以上数据求得该金属丝的电阻率 $\rho =$ _____ $\Omega \cdot m$ (保留 2 位有效数字)。

解析：(1) 螺旋测微器基本读数， $1\text{mm} + 20.4$ (估读) $\times 0.1\text{mm} = 1.204\text{mm}$ ($1.201 \sim 1.204$ 均可)

(2) 电路应使用内接法，选择图乙；读数时注意精度和估读，应为 2.30V ；根据 $R = \frac{U}{I} - R_A$ 得 $R = 2.6\Omega$ 。

(3) 根据公式 $\rho = \frac{R\pi d^2}{4l}$ 得 ρ 约为 $2.9 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ 。(或 3.0×10^{-6})

难度：☆☆

四、计算题：本题包含 4 小题，共 40 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

18. (9 分) 微型直流电动机的内阻一定，把它接入电压为 $U_1 = 0.3\text{V}$ 的电路时，电动机不转，测得此时流过电动机的电流是 $I_1 = 0.6\text{A}$ ；若把电动机接入电压为 $U_2 = 2.0\text{V}$ 的电路中，电动机正常工作，工作电流 $I_2 = 1.0\text{A}$ ，求：

(1) 电动机线圈的电阻 R ；

(2) 电动机正常工作时输出的机械功率。

考点分析：电功率

解析：(1) 由欧姆定律可求出电动机绕组(线圈)的直流电阻为： $R = \frac{U_1}{I_1} = 0.5\Omega$

(2) 转化的热功率为： $P_{\text{热}} = I_2^2 R = 0.5\text{W}$

输入电动机的总功率为： $P = U_2 I_2 = 2.0\text{W}$

电机正常工作时的输出功率为： $P_{\text{出}} = P - P_{\text{热}} = 1.5\text{W}$

答：(1) 电动机线圈的电阻 R 是 0.5Ω ；

(2) 电动机正常工作时的输出功率 1.5W

难度：☆☆

19. (9 分) 如图所示的电路中，电源电动势 $E = 10\text{V}$ ， $R_1 = 2\Omega$ ， $R_2 = 6\Omega$ ，电容 $C = 100\mu\text{F}$ ，电源内阻 $r = 2\Omega$ 。求闭合开关稳定后：

(1) 通过电阻 R_1 的电流和 R_2 两端的电压；

(2) 然后将开关 S 断开，求这以后通过 R_1 的电荷量。

考点分析：电容器，欧姆定律

解析：(1) 闭合开关 S，稳定后电容器相当于断开，根据全电路欧姆定律得： $I = \frac{E}{R_1 + R_2 + r} = 1A$ 。

$$R_2 \text{ 的分压 } U_2 = E \frac{R_2}{R_1 + R_2 + r} = 6V。$$

(2) 闭合开关 S 时，电容器两端的电压即 R_2 两端的电压 6V；

开关 S 断开后，电容器两端的电压等于电源的电动势： $E=10V$ ；

则通过 R_1 的电荷量为 $Q = C(E - U_2) = 4 \times 10^{-4} C$

答：(1) 闭合开关 S，稳定后电阻 R 的电流是 1A， R_2 两端电压为 6V

(2) 将开关 S 断开，这以后流过 R_1 的电荷量是 $4 \times 10^{-4} C$ 。

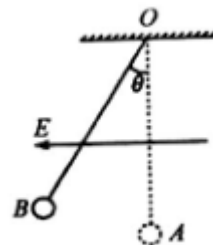
难度：☆☆☆

20. (11 分) 选做题：本题包含 A、B 两题，请任选一题做答。如两题都做，按 A 题计分。

A. 长为 l 的绝缘细线，一端拴一质量为 m 的带正电小球，另一端悬挂在 O 点，静止时细线竖直、小球位于 A 点。当小球处于电场强度大小为 E 、方向水平的匀强电场中时，细线偏离竖直方向的角度为 $\theta = 37^\circ$ ，此时小球静止在 B 点。取 $\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$ ，则：

(1) 小球所带电荷量是多少？

(2) 若将小球从 B 点拉到 A 点由静止释放，求小球再次回到 B 点时细线拉力的大小。



解析

【考点】受力平衡；牛顿第二定律；动能定理

(1) 小球静止在 B 点，合力为零，由平衡条件求小球所带电荷量。

(2) 小球从 A 运动到 B，由动能定理求出小球到达 B 点的速度，再由牛顿第二定律求细线的拉力。

解：(1) 小球所带电荷量为 q ，细线的拉力为 F 。小球静止在 B 点时，由平衡条件得：

$$F \sin \theta = qE$$

$$F \cos \theta = mg$$

$$\text{计算得出：} q = \frac{3mg}{4E}$$

(2) 设小球在 B 点的速度为 v ，细线的拉力为 T 。小球从 A 运动到 B，由动能定理得：

$$qEl \sin \theta - mgl(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv^2$$

在 B 点，由牛顿第二定律得：

$$T - mg \cos \theta - qE \sin \theta = m \frac{v^2}{l}$$

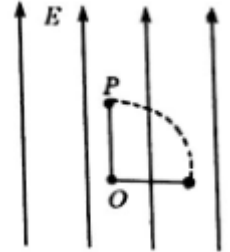
$$\text{计算得出：} T = \frac{7mg}{4}$$

答：(1) 小球所带电荷量是 $q = \frac{3mg}{4E}$

(2) 若将小球从 B 点拉到 A 点由静止释放, 小球再次回到 B 点时细线拉力的大小是 $T = \frac{7mg}{4}$

B. 如图所示, 空间存在着强度方向竖直向上的匀强电场, 在电场内一长为 L 的绝缘细线, 一端固定在 O 点, 一端拴着质量 m 、电荷量 q 的小球. 现将细线拉直到水平位置, 让小球由静止释放, 小球向上运动达到最高点 P 时, 细线受到的拉力恰好达到它所能承受的最大值

而断裂. 已知匀强电场强度大小 $E = \frac{3mg}{q}$. 求:



- (1) 细线能承受的最大拉力;
- (2) 从 P 点开始小球沿水平方向的位移为 L 时, 小球距 O 点的高度。

解析

【考点】匀强电场中电势差和电场强度的关系; 牛顿第二定律; 动能定理

【分析】根据动能定理求出小球到达最高点时的速度;

在最高点对小球受力分析, 根据牛顿第二定律列方程求细线承受的拉力;

细线断裂后小球做类平抛运动, 根据牛顿第二定律求出竖直方向的加速度, 然后由平抛运动规律求解。

【解答】解: (1) 设小球运动到最高点时速度为 v , 对该过程由动能定理有:

$$(qE - mg)L = \frac{1}{2}mv^2$$

解得: $v = \sqrt{4gL}$

在最高点对小球受力分析, 由牛顿第二定律得:

$$T + mg - qE = m\frac{v^2}{L}$$

解得: $T = 6mg$

(2) 小球在细线断裂后, 在竖直方向的加速度设为 a , 根据牛顿第二定律则:

$$a = \frac{qE - mg}{m} = 2g$$

小球水平方向做匀速直线运动, 竖直方向做匀加速直线运动, 根据运动学公式, $x = vt = L$

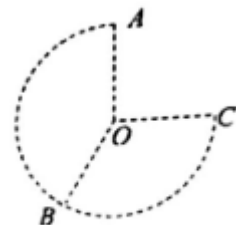
$$y = \frac{1}{2}at^2$$

则小球与 O 点的高度:

$$h = \frac{L}{4} + L = 1.25L$$

21. (11分) 选做题: 本题包含 A、B 两题, 请任选一题做答。如两题都做, 按 A 题计分。

A. 空间有一与纸面平行的匀强电场, 纸面内的 A、B、C 三点位于以 O 点为圆心, 半径 $R = 0.2m$ 的圆周上, 并且 $\angle AOC = 90^\circ$, $\angle BOC = 120^\circ$, 如图所示。现把电荷量 $q = -2 \times 10^{-5} C$ 的试探电荷从 A 移到 B, 电场力做功 $W_{AB} = -2 \times 10^{-4} J$; 从 B 移到 C, 电场力做功为 $W_{BC} = 6 \times 10^{-4} J$ 。求:



- (1) AB 两点的电势差 U_{AB} 与 BC 两点的电势差 U_{BC} ;
- (2) 该匀强电场场强方向和大小。

解 (1)

$$W_{AB} = qU_{AB}$$

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

代入数据解得 $U_{AB} = 10V$

$$W_{BC} = qU_{BC}$$

$$U_{BC} = \frac{W_{BC}}{q}$$

代入数据解得 $U_{BC} = -30V$

(2) 取 $\varphi_B = 0V, \varphi_A = 10V, \varphi_C = 30V$

连接 BC 两点取 BC 三等分点为 D, 则 $\varphi_D = 10V$

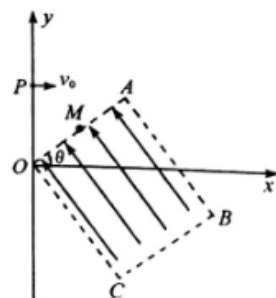
可证 A、O、D 三点在同一条直线上

因此, A、O、D 为等势面, 所以 CO 为其中一条电场线, 因此电场强度的方向为垂直 OA 向左

$$E = \frac{U_{CO}}{d_{CO}} = \frac{20V}{0.2m} = 100V/m$$

B. 如图, 直角坐标系 xOy 位于同一竖直平面内, 其中 x 轴水平, y 轴竖直。 xOy 平面内长方形区域 OABC 内有方向垂直 OA 的匀强电场, OA 的长为 l , 与 x 轴间的夹角

$\theta = 30^\circ$ 。一质量为 m 、电荷量为 q 的带正电小球(可看成质点)从 y 轴上的 P 点沿 x 轴正方向以一定速度射出, 恰好从 OA 的中点 M 垂直 OA 进入电场区域。



(1) 求 P 点的纵坐标及小球从 P 点射出时的速度大小 v_0 。

(2) 已知 $E = \frac{\sqrt{3}mg}{2q}$ ，若小球不能从 BC 边界离开电场，OC 长度应满足什么条件？

解析：

【考点】平抛运动；牛顿第二定律；运动的合成与分解

(1) 小球从 P 到 M 做平抛运动，根据平抛运动的规律及几何关系即可求解 P 的纵坐标 y_p 及小球从 P 射出时的速度

v_0 ；

(2) 根据运动的合成与分解，将重力分解为垂直于电场线和平行于电场线，沿电场线合力为 0，做匀速直线运动，垂直电场线根据牛顿第二定律求出加速度，做匀加速直线运动，根据运动学规律列出两个方向的运动学方程即可求解；

解：(1) 设小球从 P 到 M 所用时间为 t_1

$$\text{竖直方向： } y_p - \frac{l}{2} \sin \theta = \frac{1}{2} g t_1^2 \quad v_y = g t_1$$

$$\text{水平方向： } \frac{l}{2} \cos \theta = v_0 t_1$$

$$\text{由几何关系： } \frac{v_0}{\tan \theta} = g t_1$$

$$\text{计算得出： } y_p = \frac{5}{8} l$$

$$v_0 = \frac{\sqrt{gl}}{2}$$

(2) 设小球到达 M 时速度为 v_M ，进入电场后加速度为 a

$$v_M = \frac{v_0}{\sin \theta}$$

$$mg \cos \theta = qE$$

小球在电场中沿 v_M 方向做匀速直线运动，沿与 v_M 垂直方向做加速度为 a 的匀加速运动，设边界 OC 的长度为 d 时，

小球不从 BC 边射出，在电场中运动时间为 t_2

$$mg \sin \theta = ma$$

$$a = g \sin \theta = 5 \text{ m/s}^2$$

$$d > v_M t_2$$

$$\frac{l}{2} = \frac{1}{2} a t_2^2$$

计算得: $d > \sqrt{2l}$