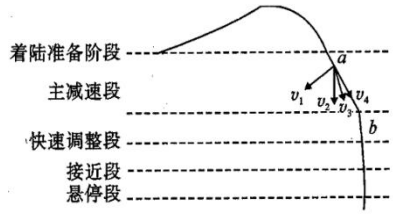
2020 年秋高二开学摸底考试物理试题（提高版）

考试时间：90 分钟　　考试总分：100 分　　考试范围：必修一+必修二+电场、恒定电流

第 I 卷（选择题)

一．选择题(本题共 12 小题;每小题 4 分,共 48 分。其中 1-8 题为单选题，9-12 为多选题，全部选对得 4 分，选对但不全得 2 分)

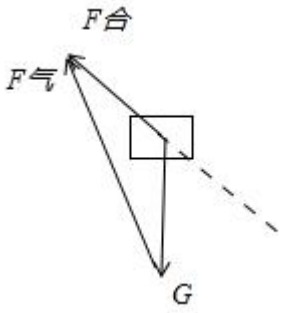
1.2019 年 1 月 3 日 10 时 26 分，“嫦娥四号”探测器自主着陆在月球背面南极－艾特肯盆地内的冯卡门撞击坑内，实现人类探测器首次在月球背面软着陆。“嫦娥四号”从距月面 15km 的近月轨道下降着陆必须实行动力下降，通过发动机喷气获得动力。其减速着陆的轨迹如图所示，其中 *ab* 段为主减速段，假设 *ab* 段轨迹为倾斜直线，则在 *ab* 段发动机喷气的方向可能是（　　）



A．v_1 方向　　B．v_2 方向　　C．v_3 方向　　D．v_4 方向

【答案】C

【解析】“嫦娥四号”落月前的接近段几乎是沿着一条倾斜的直线做减速运动，故受到的合力方向与运动方向相反，因受到的重力竖直向下，嫦娥四号沿虚线斜向下做减速运动，故所受到的合力沿虚线斜向上，如图所示



通过受力分析即可判断喷气的方向，喷气发动机的喷气方向为 v_3 方向，故选 C。

2.在同一高度，把三个质量相同的球 A，B，C 分别以相等的速率竖直上抛，竖直下抛和平抛，它们都落到同一水平地面上，则三个球在运动过程中，重力对它们做的功分别为 W_A，W_B，W_C，重力的平均功率分别为 P_A，P_B，P_C，则它们的大小关系为（ ）

A. $W_A>W_B=W_C$，$P_A>P_B=P_C$　　B. $W_A=W_B=W_C$，$P_A=P_B=P_C$

C. $W_A=W_B=W_C$，$P_B>P_C>P_A$　　D. $W_A>W_B>W_C$，$P_A>P_B>P_C$

【答案】C

【解析】根据功的公式可求解重力功为

$$W=mgh$$

故由于三个物体质量相同，下落高度相同，故

$$W_A=W_B=W_C$$

上抛物体用时间最长，平抛次之，而下抛物体用时间最短，即

$$t_A>t_C>t_B$$

根据

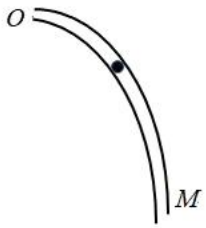
$$P=\frac{W}{t}$$

可知

$$P_B>P_C>P_A$$

故 C 正确，ABD 错误。

3.如图，在竖直平面内有一内壁光滑的抛物线形管道 OM，管道内径均匀，上方端点 O 切线水平。直径略小于管道内径的小球从 O 点无初速滑入管道，则（　　）



A．小球在管道内做平抛运动

B．小球在管道内运动时重力功率逐渐增大

C．小球在管道内运动时可能不受管道的弹力作用

D．小球在管道内运动时弹力对小球做负功

【答案】B

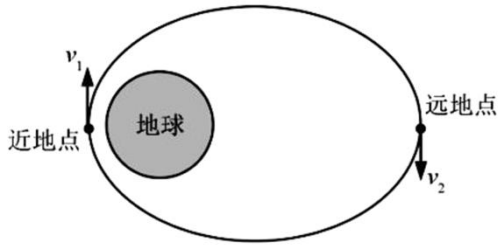
【解析】AC．因为小球无初速释放，可知小球在管道内运动时要受到重力以及管道的弹力作用，则小球在管道内不可能做平抛运动，选项 AC 错误；

B．小球在管道内运动过程中，竖直速度逐渐变大，根据 $P_G=mgv_y$ 可知，重力功率逐渐增大，选项 B 正确；

D．小球在管道内运动时弹力的方向与速度方向垂直，则弹力对小球不做功，选项 D 错误。

故选 B。

4.2018 年 12 月 8 日，肩负着亿万中华儿女探月飞天梦想的嫦娥四号探测器成功发射，实现人类航天器首次在月球背面巡视探测，率先在月背刻上了中国足迹。如图所示是该探测器在发射过程中的运动轨迹，设其在近地点、远地点的速度分别为 v_1、v_2，近地点到地心的距离为 r，地球质量为 M，引力常量为 G。则（　　）



A．$v_1 > v_2, v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$　　B．$v_1 < v_2, v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

C．$v_1 > v_2, v_1 > \sqrt{\frac{GM}{r}}$　　D．$v_1 < v_2, v_1 > \sqrt{\frac{GM}{r}}$

【答案】C

【解析】由开普勒第二定律可知，探测器在地球远地点的速度小于在近地点的速度，即 $v_1>v_2$；若探测器在距离地心 r 的圆轨道上做圆周运动，则由

$$G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$$

可知

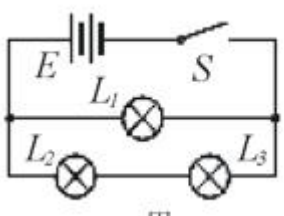
$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

因探测器从距离地心 r 的位置做离心运动，可知

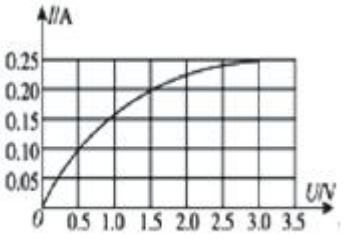
$$v_1 > v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

故选项 C 正确，ABD 错误。故选 C。

5.在如图甲所示的电路中，电源电动势为 3.0V，内阻不计，L_1、L_2、L_3 为相同规格的三个小灯泡，这种小灯泡的伏安特性曲线如图乙所示。当开关闭合后，下列判断不正确的是（　　）



甲



乙

A．灯泡 L_1 的电阻为 12 Ω

B．通过灯泡 L_1 电流是通过灯泡 L_2 电流的 2 倍

C．灯泡 L_1 两端电压是灯泡 L_2 两端电压的 2 倍

D．灯泡 L_2 的电阻为 7.5Ω

【答案】B

【解析】A．当开关闭合后，灯泡 L_1 的电压 U_1=3V，由图 2 读出其电流 I_1=0.25A，则灯泡 L_1 的电阻

$$R_1=\frac{U_1}{I_1}=\frac{3}{0.25}\Omega=12\Omega$$

故 A 正确；

BCD．灯泡 L_2、L_3 串联，电压 U_2=U_3=1.5V，由图读出其电流 I_2=I_3=0.20A，则

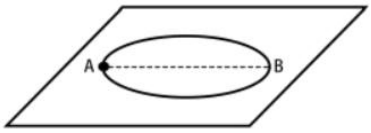
$$I_1=1.25I_2,\ U_1=2U_2$$

$$R_2=\frac{U_2}{I_2}=\frac{1.5}{0.20}\Omega=7.5\Omega$$

故 B 错误，CD 正确。

本题选择不正确的，故选 B。

6.水平放置的光滑圆环，半径为 R，AB 是其直径。一质量为 m 的小球穿在环上并静止于 A 点，沿 AB 方向水平向右的风力大小恒为 $F=mg$，小球受到轻扰而开始运动，则下列说法正确的是（　　）



A．运动中小球对环的最大压力为 $5mg$　　B．运动中小球对环的最大压力为 $\sqrt{26}mg$

C．小球运动过程中的最大速度为 $\sqrt{gR}$　　D．小球运动过程中的最大动能为 $\left(\sqrt{2}+1\right)mgR$

【答案】B

【解析】AB．小球在 B 点速度最大，水平面内，环对小球的作用力 F_1，根据牛顿第二定律

$$F_1-F=m\frac{v^2}{R}$$

根据动能定理

$$F\cdot 2R=\frac{1}{2}mv^2$$

解得

$$F_1=5F=5mg$$

小球穿在环上，所以竖直方向上，环对小球的作用力

$$F_2=mg$$

则环对小球的最大作用力为

$$F_{\mathrm{N}}=\sqrt{F_1^2+F_2^2}=\sqrt{(5mg)^2+(mg)^2}=\sqrt{26}mg$$

根据牛顿第三定律可知小球对环的最大压力为$\sqrt{26}mg$，A 错误，B 正确；

C．根据上述分析可知最大速度

$$v=2\sqrt{gR}$$

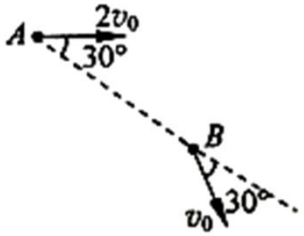
C 错误；

D．最大动能为

$$E_{\mathrm{k}}=\frac{1}{2}mv^2=2mgR$$

D 错误。故选 B。

7.在平行于纸面内的匀强电场中，有一电荷量为 q 的带正电粒子，仅在电场力作用下，粒子从电场中 A 点运动到 B 点，速度大小由 $2v_0$ 变为 v_0，粒子的初、末速度与 AB 连线的夹角均为 30°，如图所示，已知 A、B 两点间的距离为 d，则该匀强电场的电场强度为（　　）



A．$\frac{\sqrt{3}mv_0^2}{qd}$，方向竖直向上　　B．$\frac{\sqrt{3}mv_0^2}{qd}$，方向斜向左下方

C．$\frac{3mv_0^2}{qd}$，方向竖直向上　　D．$\frac{\sqrt{21}mv_0^2}{2qd}$，方向斜向左下方

【答案】D

【解析】以向右为 x 轴正方向，向下为 y 轴正方向建立直角坐标系，x 轴方向的速度由 $2v_0$ 减为 $v_0\cos 60^\circ$，

故 E_x 向左，y 轴方向的速度由 0 增加到 $v_0\sin 60^\circ$ ，故 E_y 向下，故电场强度方向斜向左下方。利用 $v^2-v_0^2=2ax$ 以及牛顿第二定律，有

$$(v_0\cos 60^\circ)^2-(2v_0)^2=-2\frac{qE_x}{m}d\cos 30^\circ$$

$$(v_0\sin 60^\circ)^2=2\frac{qE_y}{m}d\sin 30^\circ$$

电场强度

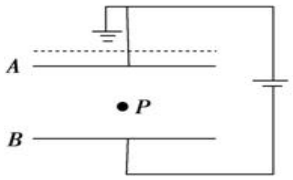
$$E=\sqrt{E_x^2+E_y^2}$$

解得

$$E=\frac{\sqrt{21}mv_0^2}{2qd}$$

故 ABC 错误，D 正确。故选 D。

8.如图所示，平行板电容器两极板 A 和 B 分别与电源的正、负极相连且 A 板接地，P 为两极板间的一点，在 P 点有一带负电的油滴恰好平衡。现保持 B 板不动，将 A 板慢慢向上平移到图中虚线所示的位置，这时（　　）



A．电容器两极板间的电势差减小　　B．P 点的场强增大

C．P 点的电势降低　　D．固定在 P 点的负电荷的电势能将减少

【答案】C

【解析】A．电容器两极板分别于电源连接，可知两板间的电势差不变，选项 A 错误；

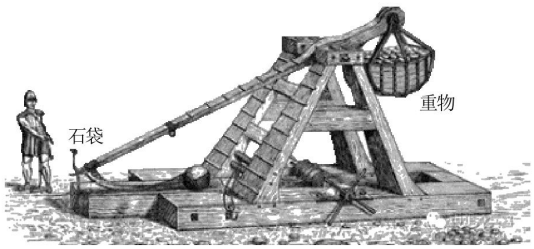
B．根据 $E=\frac{U}{d}$，因 U 不变，d 变大，可知 P 点的场强减小，选项 B 错误；

C．两板场强减小，根据 $U=Ed$ 可知，P 点与 B 板的电势差减小，可知 P 点的电势降低，选项 C 正确；

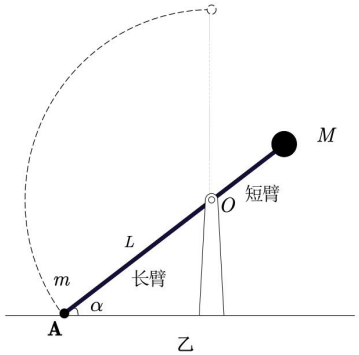
D．P 点的电势降低，则固定在 P 点的负电荷的电势能将变大，选项 D 错误。故选 C。

9.如图甲所示，在公元 1267～1273 年闻名于世的“襄阳炮”其实是一种大型抛石机。将石块放在长臂一端的石袋中，在短臂端挂上重物。发射前将长臂端往下拉至地面，然后突然松开，石袋中的石块过最高点时就被抛出。现将其简化为图乙所示。将一质量 $m=80$ kg 的可视为质点的石块装在长 $L=\frac{40}{3}$ m 的长臂末端的

石袋中，初始时长臂与水平面成$\alpha=30°$。松开后，长臂转至竖直位置时，石块被水平抛出，落在水平地面上。石块落地点与 O 点的水平距离 $s=100\ \mathrm{m}$。忽略长臂、短臂和石袋的质量，不计空气阻力和所有摩擦，$g=10\ \mathrm{m/s^2}$，下列说法正确的是（　　）



甲



乙

A．石块水平抛出时的初速度为 25 m/s

B．重物重力势能的减少量等于石块机械能的增加量

C．石块从 A 到最高点的过程中，石袋对石块做功 $1.16\times10^5\ \mathrm{J}$

D．石块圆周运动至最高点时，石袋对石块的作用力大小为 $1.42\times10^4\ \mathrm{N}$

【答案】CD

【解析】A．石块平抛运动的高度

$$h=L+L\sin30°=\frac{40}{3}\mathrm{m}+\frac{40}{3}\times\frac{1}{2}\mathrm{m}=20\mathrm{m}$$

根据 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 得

$$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times20}{10}}\mathrm{s}=2\mathrm{s}$$

故石块水平抛出时的初速度

$$v_0=\frac{s}{t}=\frac{100}{2}\mathrm{m/s}=50\mathrm{m/s}$$

选项 A 错误；

B．转动过程中，重物的动能也在增加，因此重物重力势能的减少量不等于石块机械能的增加量，选项 B 错误；

C．石块从 A 到最高点的过程中，石袋对石块做功

$$W=\frac{1}{2}mv_0^2+mgh=\frac{1}{2}\times80\times50^2\mathrm{J}+80\times10\times20\mathrm{J}=1.16\times10^5\mathrm{J}$$

选项 C 正确；

D．石块圆周运动至最高点时，有

$$F+mg=m\frac{v_0^2}{L}$$

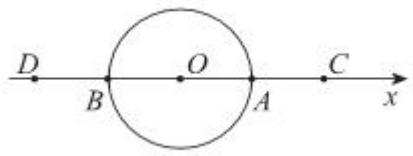
所以

$$F=m\frac{v_0^2}{L}-mg=1.42\times10^4\text{N}$$

选项 D 正确。

故选 CD。

10.已知均匀带电的球壳在球外空间产生的电场等效于电荷集中于球心处产生的电场。如图所示，一个均匀带正电的金属球壳的球心位于 x 轴上的 O 点，球壳与 x 轴相交于 A、B 两点，球壳半径为 r，带电量为 Q。现将球壳 A 处开有半径远小于球半径的小孔，减少的电荷量为 q，不影响球壳上电荷的分布。已知球壳外侧两点 C、D 到 A，B 两点的距离均为 r，则此时（　　）



A．O 点的电场强度大小为零　　B．C 点的电场强度大小为 $\frac{k(Q-4q)}{4r^2}$

C．C 点的电场强度大小为 $\frac{k(Q-q)}{4r^2}$　　D．D 点的电场强度大小为 $\frac{k(9Q-4q)}{36r^2}$

【答案】BD

【解析】A．根据电场强度的合成可得，O 点的电场强度大小

$$E_O=\frac{kq}{r^2}$$

故 A 错误；

BC．C 点的电场强度大小

$$E_C=\frac{kQ}{4r^2}-\frac{kq}{r^2}=\frac{k(Q-4q)}{4r^2}$$

故 B 正确，C 错误；

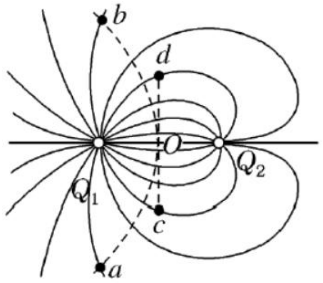
D．根据电场强度的合成可得，D 点的电场强度大小

$$E_D=\frac{kQ}{4r^2}-\frac{kq}{9r^2}=\frac{k(9Q-4q)}{36r^2}$$

故 D 正确。

故选 BD。

11.如图所示，实线为两个点电荷Q_1、Q_2产生的电场的电场线，虚直线 *cd* 为Q_1、Q_2连线的垂直平分线，*O* 为垂足，*c*、*d* 两点在垂直平分线上且关于Q_1、Q_2连线对称。一电子只在电场力的作用下从 *a* 点沿虚曲线途经 *O* 点运动到 *b* 点。下列说法正确的是（　　）



A．Q_1的电荷量小于Q_2的电荷量

B．*c*、*d* 两点的电势相同，场强相同

C．电子过 *O* 点时的加速度大于过 *a* 点时的加速度

D．电子在 *O* 点时的电势能小于在 *a* 点时的电势能

【答案】CD

【解析】A．根据电场线的分布可知两电荷带异种电荷，根据电场线的疏密程度分布可知Q_1电荷量大于Q_2的电荷量，A 错误；

B．根据场强的叠加法则可知，c、d 两点的电场强度大小相等，方向不同；根据对称性可知c、d 两点的电势相等，B 错误；

C．电场线的疏密程度表示场强的弱强，所以

$$E_O > E_a$$

电子仅受电场力，根据牛顿第二定律

$$qE = ma$$

可知电子过 *O* 点时的加速度大于过 *a* 点时的加速度，C 正确；

D．电子带负电，电子所受合外力指向轨迹的凹侧，所以Q_1带正电，Q_2带负电，沿电场线方向电势降低，则

$$\varphi_O > \varphi_a$$

根据电势能

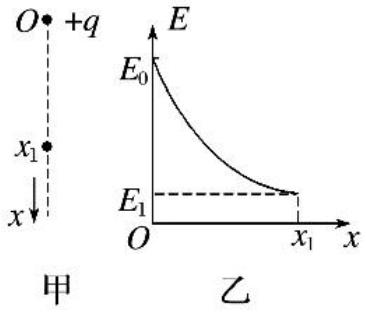
$$E_{\mathrm{p}} = q\varphi$$

电子带负电，所以

$$E_{pO} < E_{pa}$$

D 正确。故选 CD。

12.某空间区域的竖直平面内存在电场，其中竖直的一条电场线如图甲所示，一个质量为 m、电荷量为 q 的带正电小球，在电场中从 O 点由静止开始沿电场线竖直向下运动．以 O 为坐标原点，取竖直向下为 x 轴的正方向，小球的机械能 E 与位移 x 的关系如图乙所示，则(不考虑空气阻力)(　　)



A．电场强度大小恒定，方向沿 x 轴负方向

B．从 O 到 x_1 的过程中，小球的速率越来越大，加速度越来越大

C．从 O 到 x_1 的过程中，相等的位移内，小球克服电场力做的功越来越大

D．到达 x_1 位置时，小球速度的大小为 $\sqrt{\frac{2(E_1-E_0+mgx_1)}{m}}$

【答案】BD

【解析】A.小球的机械能变化是由电场力做功引起的，由题图乙可知，从 O 到 x_1 机械能在减小，即电场力做负功，又因为小球带正电，故场强方向沿 x 轴负方向，$E-x$ 图线切线的斜率的绝对值为电场力大小，由图象可知，从 O 到 x_1 斜率的绝对值在减小，故 $F_{电}$在减小，即场强减小，故 A 错误．

B.由牛顿第二定律 $mg-F_{电}=ma$ 可知 a 在增大，故 B 正确．

C.因为电场力逐渐减小，故相等位移内，小球克服电场力做的功越来越小，故 C 错误．

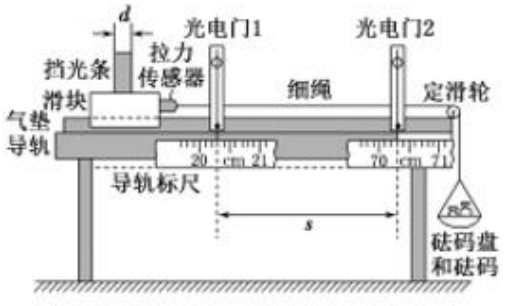
D.从 O 到 x_1 由动能定理得 $mgx_1+E_1-E_0=\frac{1}{2}mv^2-0$，$v=\sqrt{\frac{2(E_1-E_0+mgx_1)}{m}}$，D 正确．

第 II 卷（非选择题)

二．实验题：(本题共 2 小题,共 14 分）

13.（6 分）如图所示的装置，可用于探究恒力做功与速度变化的关系。水平轨道上安装两个光电门，滑块上固定有拉力传感器和挡光条，细线一端与拉力传感器连接，另一端跨过定滑轮挂上砝码盘。通过调整砝码盘里砝码的质量让滑块做匀速运动以实现平衡摩擦力，再进行后面的操作，并在实验中获得以下测量数

据：滑块（含拉力传感器和挡光条）的质量 M，平衡摩擦力时砝码和砝码盘的总质量 m_0，挡光条的宽度 d，光电门 1 和 2 的中心距离 s。



（1）安装好实验器材后，从图中读出两光电门中心之间的距离 s=_____cm。

（2）某次实验过程：固定滑块，保持平衡摩擦力时砝码盘中砝码不变的基础上再放入适量重物，释放滑块，滑块加速运动过程中拉力传感器的读数为 F，滑块通过光电门 1 和 2 的挡光时间分别为 t_1、t_2（滑块通过光电门 2 后，砝码盘才落地），已知重力加速度为 g，该实验要验证的表达式是_____。

（3）该实验是否需要满足砝码和砝码盘的总质量远小于滑块（含拉力传感器和挡光条）的质量_____（填“需要”或“不需要”）。

【答案】50. 00　　$(F-m_0g)s=\frac{1}{2}M\left(\frac{d}{t_2}\right)^2-\frac{1}{2}M\left(\frac{d}{t_1}\right)^2$　　不需要

【解析】(1)[1]刻度尺的分度值为 1mm，光电门 1 处刻度尺读数为 20.30cm，光电门 2 处刻度尺读数为 70.30cm，故两光电门中心之间的距离

$$s=70.30-20.30\text{cm}=50.00\text{cm}$$

(2)[2]由于光电门的宽度 d 很小，所以我们用很短时间内的平均速度代替瞬时速度；滑块通过光电门 1 速度为

$$v_1=\frac{d}{t_1}$$

滑块通过光电门 2 速度为

$$v_2=\frac{d}{t_2}$$

根据功能关系需要验证的关系式为

$$(F-m_0g)s=\frac{1}{2}Mv_2^2-\frac{1}{2}Mv_1^2=\frac{1}{2}M(\frac{d}{t_2})^2-\frac{1}{2}M(\frac{d}{t_1})^2$$

(3)[3]该实验中由于已经用传感器测出绳子拉力大小，不是将砝码和砝码盘的重力作为小车的拉力，故不需

要满足砝码和砝码盘的总质量远小于滑块的质量；

14.（8 分）小明同学想要设计一个既能测量电源电动势和内阻，又能测量定值电阻阻值的电路。

他用了以下的实验器材中的一部分，设计出了图(a)的电路图：

a．电流表 A_1(量程 0.6A，内阻很小)；电流表 A_2(量程 300 μA，内阻 r_A=1000Ω)；

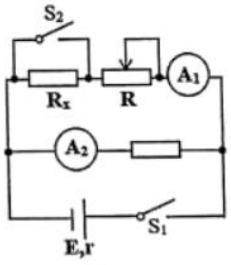
b．滑动变阻器 R(0-20Ω)；

c，两个定值电阻 R_1=1000Ω，R_2=9000Ω；

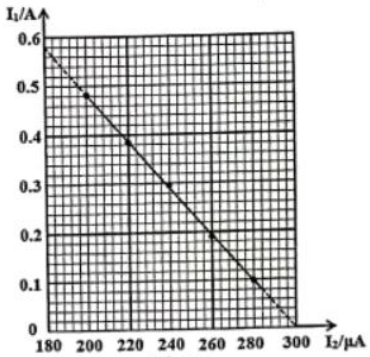
d．待测电阻 R_x；

e．待测电源 E(电动势约为 3V，内阻约为 2Ω)

f．开关和导线若干



图（a）



图（b）

(1)根据实验要求，与电流表 A_2 串联的定值电阻为_____(填“R_1”或“R_2”)

(2)小明先用该电路测量电源电动势和内阻，将滑动变阻器滑片移至最右端，闭合开关 S_1，调节滑动变阻器，分别记录电流表 A_1、A_2 的读数 I_1、I_2，得 I_1 与 I_2 的关系如图(b)所示。根据图线可得电源电动势 E=_____V；电源内阻 r=_____Ω，(计算结果均保留两位有效数字)

(3)小明再用该电路测量定值电阻 R_x 的阻值，进行了以下操作：

①闭合开关 S_1、S_2，调节滑动变阻器到适当阻值，记录此时电流表 A_1 示数 I_a，电流表 A_2 示数 I_b；

②断开开关 S_2，保持滑动变阻器阻值不变，记录此时电流表 A_1 示数 I_c，电流表 A_2 示数 I_d；后断开 S_1；

③根据上述数据可知计算定值电阻 R_x 的表达式为_____。若忽略偶然误差，则用该方法测得的阻值与其真实值相比_____(填“偏大”、“偏小”或“相等”)

【答案】R_2　　3.0　　2.1　　$\left(\frac{I_d}{I_c}-\frac{I_b}{I_a}\right)(r_A+R_2)$　　相等

【解析】（1）电流表 A_2 与 R_2 串联，可改装为量程为 $U=I_g(r_A+R_2)=300\times10^{-6}(1000+9000)V=3V$ 的

电压表，故选 R_2 即可；

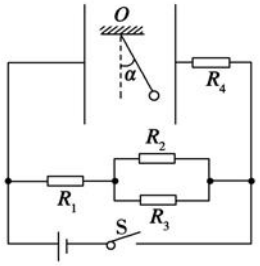
（2）由图可知电流表 A_2 的读数对应的电压值即为电源的电动势，则 E=3.0V；内阻

$$r=\frac{\Delta U}{\Delta I}=\frac{3.0-1.80}{0.58}\Omega=2.1\Omega$$

（3）由题意可知：$I_aR=I_b(r_A+R_2)$ ，$I_c(R+R_x)=I_d(r_A+R_2)$；联立解得 $R_x=(\frac{I_d}{I_c}-\frac{I_b}{I_a})(r_A+R_2)$；由以上分析可知，若考虑电流表 A_1 内阻的影响，则表达式列成：$I_a(R+r_{A1})=I_b(r_A+R_2)$ ，$I_c(r_{A1}+R+R_x)=I_d(r_A+R_2)$，最后求得的 R_x 表达式不变，则用该方法测得的阻值与其真实值相比相等。

三．解答题：共 4 个 题，共 38 分。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，有数值计算的题必须明确写出数据值和单位。

15.（8 分）如图所示，一电荷量 q=3×10^{-4}C 带正电的小球，用绝缘细线悬于竖直放置足够大的平行金属板中的 O 点．S 合上后，小球静止时，细线与竖直方向的夹角α=37°．已知两板相距 d=0.1m，电源电动势 E=12V，内阻 r=2Ω，电阻 R_1=4Ω，R_2=R_3=R_4=12Ω．g 取 10m/s^2，sin37°=0.6，cos37°=0.8．求：



(1)流过电源的电流；

(2)两板间的电场强度的大小；

(3)小球的质量．

【答案】（1）1A；（2）100N/C；（3）4×10^{-3}kg

【解析】（1）外电路电阻

$$R=\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}+R_1=10\Omega$$

电路中总电流

$$I=\frac{E}{R+r}=\frac{12}{10+2}\text{A}=1\text{A}$$

（2）路端电压

$$U=E-Ir=10\text{V}$$

两板间的场

$$E_0=\frac{U}{d}=\frac{10}{0.1}\text{V/m}=100\text{V/m}$$

（3）设小球质量为 m, 由共点力平衡条件有

$$mg\tan\theta=E_0q$$

解得

$$m=4\times10^{-3}\text{kg}$$

16.（10 分）2022 年，北京将与张家口一同举办第 24 届冬奥会。俯式冰撬（又叫钢架雪车）是冬奥会的比赛项目之一，其赛道可简化为长度为 $x=1200\text{m}$，起点和终点高度差为 $h=120\text{m}$ 的斜坡，比赛时，触发信号灯亮起后，质量为 $M=60\text{kg}$ 的运动员从起点开始，以 $F=40\text{N}$，平行赛道的恒力推动质量 m=40kg 的冰橇开始沿斜坡向下运动，出发 $t_1=8\text{s}$ 内发生的位移为 $x_1=48\text{m}$，8s 末迅速登上冰橇与冰橇一起沿直线运动直到终点。设运动员登上冰橇前后冰橇速度不变，不计空气阻力（取赛道倾角余弦值为 1，正弦值为 0.1，$g=10\text{m/s}^2$），求：

(1)冰橇与赛道间的动摩擦因数及比赛中运动员的最大速度；

(2)运动员登上冰橇与冰撬一起沿直线运动直到终点的过程中合外力对运动员及冰橇构成的系统所做的功。



【答案】(1)0.05，36m/s；(2) $5.76\times10^4\text{J}$

【解析】(1)以冰橇为研究对象，受力分析，受四个力：重力，支持力，推力和摩擦力，将重力沿着斜坡向下和垂直于斜坡向下分解，得

$$G_1=mg\sin\theta=40\text{N}$$

$$G_2=mg\cos\theta=400\text{N}$$

由题意可知，第一个过程，冰橇做初速度为零的匀加速直线运动，由题意

$$x_1=\frac{1}{2}a_1t_1^2$$

则冰橇的加速度为

$$a_1=\frac{2x_1}{t_1^2}=1.5\text{m/s}^2$$

根据牛顿第二定律得

$$F+G_1-\mu G_2=ma_1$$

求得

$$\mu=0.05$$

8s 末冰橇的速度为

$$v_1=a_1t_1=12\text{m/s}$$

此后，运动员与冰橇一起继续匀加速运动，加速度为

$$a_2=\frac{(m+M)g\sin\theta-\mu(m+M)g\cos\theta}{m+M}=0.5\text{m/s}^2$$

其中

$$\sin\theta=0.1$$

$$\cos\theta=1$$

运动的位移为

$$x_2=x-x_1=1152\text{m}$$

则由运动学公式，可得运动员比赛中的最大速度为

$$v_2=\sqrt{v_1^2+2ax_2}=36\text{m/s}$$

(2)由动能定理可知，运动员登上冰橇与冰撬一起沿直线运动直到终点的过程中合外力对运动员及冰橇构成的系统所做的功为

$$W_{合}=\frac{1}{2}(m+M)v_2^2-\frac{1}{2}(m+M)v_1^2$$

代入数据解得

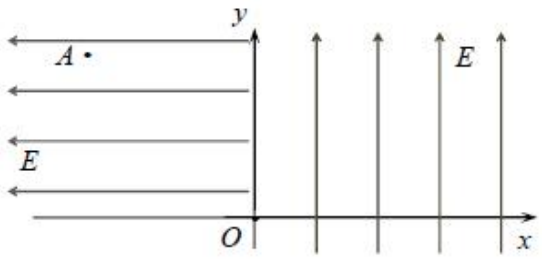
$$W_{合}=5.76\times10^4\text{J}$$

17.（10 分）如图所示为某显像设备内电场的简化模型。 在 y 轴左侧存在水平向左的匀强电场，右侧存在竖直向上的匀强电场，场强大小均为 E。 电子枪在 A 处无初速释放一质量为 m，电荷量为 e 的电子，A 点的坐标为（$-L$，L），不计电子重力。 求：

(1)电子进入第一象限的速度大小；

(2)电子从释放到达 x 轴所需的时间；

(3)若在 B 点 $(-L,\frac{L}{2})$ 无初速释放电子，则电子经过 x 轴上的点到 O 点的距离。



【答案】(1) $\sqrt{\frac{2eEL}{m}}$；(2) $2\sqrt{\frac{2mL}{eE}}$；(3) $\sqrt{2}L$

【解析】(1)由动能定理则有

$$eEL=\frac{1}{2}mv^2-0$$

可得

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

(2)在 A 处释放加速运动至 y 轴后，做类平抛运动到达 x 轴，设匀加速直线运动时间为 t_1，则有

$$t_1=\frac{v}{a}$$

$$a=\frac{eE}{m}$$

可得

$$t_1=\sqrt{\frac{2mL}{eE}}$$

进入第一象限后，由 y 轴分运动得

$$L=\frac{1}{2}at_2^2$$

可得

$$t_2=\sqrt{\frac{2mL}{eE}}$$

粒子由释放到 x 轴的时间

$$t=t_1+t_2=2\sqrt{\frac{2mL}{eE}}$$

(3)粒子在第一象限运动时间为 t_3，则有

$$\frac{L}{2}=\frac{1}{2}at_3^2$$

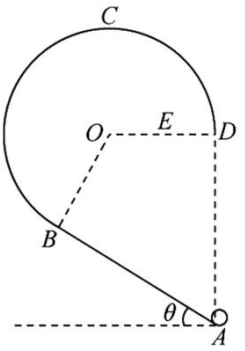
则粒子到达 x 轴时有

$$x=vt_3$$

则电子经过 x 轴上的点到 O 点的距离为

$$x=\sqrt{2}L$$

18.（10 分）如图所示，在竖直平面内有一固定光滑绝缘轨道，其中 AB 部分是倾角为θ=37°的直轨道， BCD 部分是以 O 为圆心、半径为 R 的圆弧轨道，两轨道相切于 B 点， D 点与 O 点等高， A 点在 D 点的正下方。圆的水平直径下方有水平向左的电场，质量为 m、带电荷量为 q 的小球从 A 点由静止开始沿斜面向上运动，已知小球刚好能沿圆轨道经过最高点 C ，然后经过 D 点落回到 AB 之间某点。已知 sin37°=0.6，cos37°=0.8，重力加速度大小为 g。求：



(1)小球在 C 点的速度的大小；

(2)小球在 AB 段运动过程中电场力所做的功；

(3)小球从 D 点运动落到 AB 上某点的时间。

【答案】(1)$v_C=\sqrt{gR}$；(2)$2.8mgR$；(3)$t=\frac{56-16\sqrt{3}}{37}\sqrt{\frac{R}{g}}$

【解析】(1)当小球在最高点时

$$mg=m\frac{v_C^2}{R}$$

解得

$$v_C=\sqrt{gR}$$

(2)小球从 A 点到 C 点的过程有

$$qE\cdot 2R-mgh=\frac{1}{2}mv_C^2$$

$$h=R+R\cos\theta+(R+R\sin\theta)\tan\theta=3R$$

得

$$qE=\frac{7}{4}mg$$

小球在 AB 段运动过程中电场力所做的功

$$W=qE(R+R\sin\theta)$$

解得

$$W=2.8mgR$$

(3)小球从 C 点运动到 D 点的过程

$$mgR=\frac{1}{2}mv_D^2-\frac{1}{2}mv_C^2$$

解得

$$v_D=\sqrt{3gR}$$

设小球落点到 A 的水平距离为 x，竖直距离为 y，

$$x=\frac{1}{2}\frac{qE}{m}t^2$$

$$y=2R-(v_Dt+\frac{1}{2}gt^2)$$

由几何关系有

$$\frac{y}{x}=\tan\theta$$

联立这三个方程得

$$t=\frac{56-16\sqrt{3}}{37}\sqrt{\frac{R}{g}}$$