

2018 年河南省郑州市高考一模试卷物理

一、选择题（ $4 \times 12 = 48$ ，1~8 单选，9~12 多选，全部选对得 4 分，选对但不全的得 2 分）

1.（4 分）有一条小虫清晨 6 时起从地面沿树杆向上爬到树顶时是下午 6 时，第二天清晨 6 时起从树顶沿树杆向下爬回地面时是下午 4 时，若小虫爬行速度时快时慢，则两天中相同钟点（时、分、秒）爬过树杆上相同高度的机会，下面说法正确的是（ ）

- A. 一定有一次
- B. 可能没有
- C. 可能有两次
- D. 一定没有

解析：本题可以看成 2 条小虫，都从清晨 6 点，一个从地面出发，一个从树顶出发，同时运动，

则两条小虫肯定会相遇，且只相遇一次，故 A 正确。

答案：A

2.（4 分）2016 年底以来，共享单车风靡全国各大城市，如图所示，单车的车锁内集成了嵌入式芯片、GPS 模块和 SIM 卡等，便于监控单车在路上的具体位置。用户仅需用手机上的客户端软件（APP）扫描二维码，即可自动开锁，骑行时手机 APP 上能实时了解单车的位置；骑行结束关锁后 APP 就显示计时、计价、里程等信息。此外，单车能够在骑行过程中为车内电池充电，满足定位和自动开锁等过程中的用电。根据以上信息判断下列说法正确的是（ ）



- A. 单车的位置信息是借助北斗卫星导航系统准确定位的
- B. 单车是利用电磁感应原理实现充电的
- C. 由手机 APP 上的显示信息，可求出骑行的平均速度
- D. 单车在被骑行过程中受到地面的摩擦力表现为阻力

解析：A、单车某个时刻的准确位置信息是借助通讯卫星定位确定的，故 A 错误；

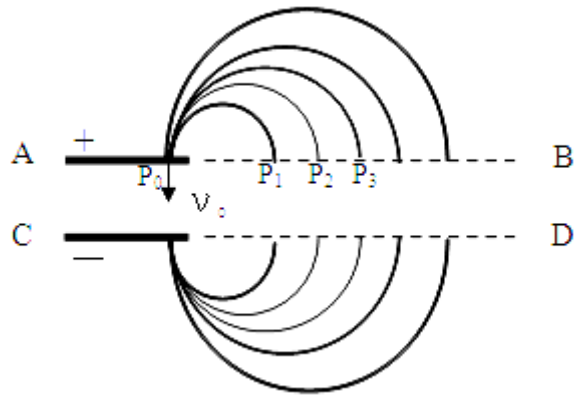
B、单车在运动过程通过电磁感应将机械能转化为电能从而实现充电，故 B 正确；

C、由手机 APP 上的显示信息包括路程和时间，没有说明具体的位移，故不可以求出骑行的平均速度，故 C 错误；

D、单车在骑行时，主动轮受到向前的摩擦力（动力），从动轮受到向后的摩擦力（阻力），故 D 错误。

答案：B

3.（4 分）美国物理学家劳伦斯于 1932 年发明的回旋加速器，应用带电粒子在磁场中做圆周运动的特点，能使粒子在较小的空间范围内经过电场的多次加速获得较大的能量，使人类在获得较高能量带电粒子方面前进了一步。下图为一种改进后的回旋加速器示意图，其中盒缝间的加速电场场强大小恒定，且被限制在 A、C 板间，如图所示。带电粒子从 P_0 处以速度 v_0 沿电场线方向射入加速电场，经加速后再进入 D 型盒中的匀强磁场做匀速圆周运动。对于这种改进后的回旋加速器，下列说法正确的是（ ）



- A. 带电粒子每运动一周被加速两次
- B. 带电粒子每运动一周 $P_1P_2 = P_2P_3$
- C. 加速粒子的最大速度与 D 形盒的尺寸有关
- D. 加速电场方向需要做周期性的变化

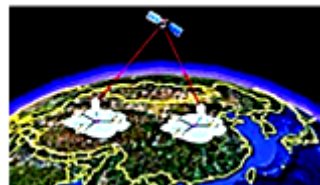
解析：A、带电粒子只有经过 AC 板间时被加速，即带电粒子每运动一周被加速一次。电场的方向不需改变，在 AC 间加速。故 A 错误，D 错误。

B、根据 $r = \frac{mv}{qB}$ ，则 $P_1P_2 = 2(r_2 - r_1) = \frac{2m\Delta v}{qB}$ ，因为每转一圈被加速一次，根据 $v^2 + v_1^2 = 2ad$ ，知每转一圈，速度的变化量不等，则 $P_1P_2 \neq P_2P_3$ 。故 B 错误。

C、当粒子从 D 形盒中出来时，速度最大，根据 $r = \frac{mv}{qB}$ 得， $v = \frac{qBr}{m}$ 。知加速粒子的最大速度与 D 形盒的半径有关。故 C 正确。

答案：C

4. (4分) 2016年8月16日1时40分，我国在酒泉用长征二号丁运载火箭成功将世界首颗量子科学实验卫星“墨子号”发射升空。如图所示为“墨子号”卫星在距离地球表面500km高的轨道上实现两地通信的示意图。若已知地球表面重力加速度为 g ，地球半径为 R ，则下列说法正确的是()



- A. 工作时，两地发射和接受信号的雷达方向一直是固定的
- B. 卫星绕地球做匀速圆周运动的速度小于 7.9km/s
- C. 可以估算出“墨子号”卫星所受到的万有引力大小
- D. 可以估算出地球的平均密度

解析：A、由于地球自转的周期和“墨子号”的周期不同，转动的角速度不同，所以工作时，两地发射和接受信号的雷达方向不是固定的，故 A 错误。

B、 7.9km/s 是卫星绕地球做圆周运动的最大环绕速度，则卫星绕地球运动的速度小于 7.9km/s ，故 B 正确。

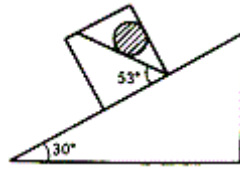
C、由于“墨子号”卫星的质量未知，则无法计算“墨子号”所受到的万有引力大小，故 C 错误。

D、根据万有引力等于重力，结合地球表面的重力加速度和半径可以求出地球的质量，结合地球的体积可以求出地球的平均密度，故 D 正确。

答案：BD

5. (4分) 在倾角为 30° 的光滑斜面上，有一个箱子，箱内有一个斜面，在斜面上放置一个

重 60N 的球，如图所示，当箱子在斜面上下滑时，球对箱子后壁和箱内斜面的压力分别是 ()



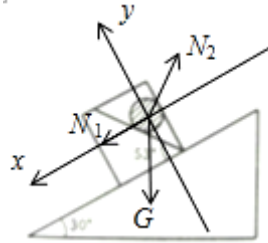
- A. 40N, 30N
- B. 30N, 50N
- C. $40\sqrt{3}$ N, $50\sqrt{3}$ N
- D. $50\sqrt{3}$ N, $60\sqrt{3}$ N

解析：对箱子和球整体分析，根据牛顿第二定律，有：

$$(M+m)g\sin 30^\circ = (M+m)a,$$

解得： $a = g\sin 30^\circ = 10 \times \frac{1}{2} = 5\text{m/s}^2$;

再隔离球受力分析，如图所示：



在平行斜面方向，有： $mg\sin 30^\circ + N_1 - N_2\sin 53^\circ = ma$,

在垂直斜面方向，有： $mg\cos 30^\circ - N_2\cos 53^\circ = 0$,

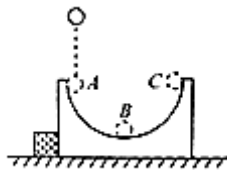
联立解得： $N_1 = 40\sqrt{3}$ N, $N_2 = 50\sqrt{3}$ N;

根据牛顿第三定律，球对箱子后壁的压力为 $40\sqrt{3}$ N，对箱内斜面的压力为 $50\sqrt{3}$ N;

故 ABD 错误，C 正确。

答案：C

6. (4 分) 将一个光滑的半圆形槽置于光滑的水平面上如图，槽左侧有一个固定在水平面上的物块。现让一个小球自左侧槽口 A 点正上方由静止开始落下，从 A 点落入槽内，则下列说法中正确的是 ()



- A. 小球在半圆槽内运动的过程中，机械能守恒
- B. 小球在半圆槽内运动的全过程中，小球与半圆槽组成的系统动量守恒
- C. 小球在半圆槽内由 B 点向 C 点运动的过程中，小球与半圆槽组成的系统动量守恒
- D. 小球从 C 点离开半圆槽后，一定还会从 C 点落回半圆槽

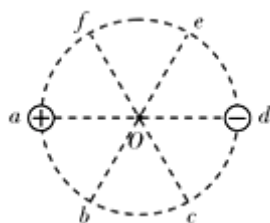
解析：A、只有重力或只有弹力做功时物体的机械能守恒。小球在半圆槽内运动由 B 到 C 过程中，除重力做功外，槽的支持力也对小球做功，小球机械能不守恒，由此可知，小球在半圆槽内运动的全过程中，小球的机械能守不守恒，故 A 错误。

B、小球在槽内运动的前半过程中，左侧物体对槽有作用力，小球与槽组成的系统动量不守恒。小球在槽内运动的后半过程中，小球有向心加速度，竖直方向的合力不为零，系统的动量也不守恒。故 B 错误。

C、小球自半圆槽的最低点 B 向 C 点运动的过程中，竖直方向的合力不为零，系统的动量也不守恒。系统在水平方向所受合外力为零，故小球与半圆槽在水平方向动量守恒，故 C 错误。
 D、小球离开 C 点以后，既有竖直向上的分速度，又有水平分速度，小球做斜上抛运动，水平方向做匀速直线运动，水平分速度与半圆槽的速度相同，所以小球一定还会从 C 点落回半圆槽，故 D 正确。

答案：D

7. (4 分) 如图所示，以 O 点为圆心的圆周上有六个等分点 a、b、c、d、e、f，等量正、负点电荷分别放置在 a、d 两点时，下列说法中正确的是()



- A. b、c、e、f 四点的场强相同
- B. b、c、e、f 四点的电势相等
- C. O 点的电势高于 b、c、e、f 四点的电势
- D. 将一带正电的试探电荷从 O 点移到 e 点，电场力做正功

解析：A、由题意可知，两点电荷在 e、f 处的电场强度各自进行矢量合成，则 e、f 处场强大小相等，而方向不相同，同理 b、c 电场强度大小相等，方向不同，因此它们的电场强度大小相等，方向不同，故 A 错误。

B、依据等量异种电荷，等势线的分布，可知，b、f 二点的电势相等，而 c、e 二点的电势相等，故 B 错误；

C、根据沿着电场线方向，电势降低，因此 O 点的电势高于 c、e 二点的电势，而低于 b、f 二点的电势，故 C 错误；

D、将一带正电的试探电荷从 O 点移到 e 点，即从高电势移动低电势，那么电势能降低，因此电场力做正功，故 D 正确。

答案：D

8. (4 分) 在光滑的水平面上有一静止的物体，现以水平恒力 F_1 推这一物体，作用一段时间后换成相反方向的水平恒力 F_2 推这一物体，当恒力 F_2 作用的时间与恒力 F_1 作用的时间相等时，物体恰好回到原处，此时物体的动能为 32J，则在整个过程中，恒力 F_1 、 F_2 做的功分别为()

- A. 16J、16J
- B. 8J、24J
- C. 32J、0J
- D. 48J、-16J

解析：设加速的末速度为 v_1 ，匀变速的末速度为 v_2 ，由于加速过程和匀变速过程的位移相反，又由于恒力 F_2 作用的时间与恒力 F_1 作用的时间相等，根据平均速度公式有

$$\frac{v_1}{2} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

解得

$$v_2 = -2v_1$$

根据动能定理，加速过程

$$W_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$$

匀变速过程

$$W_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

根据题意

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = 32\text{J}$$

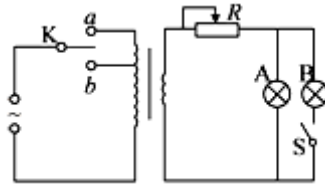
故

$$W_1 = 8\text{J}$$

$$W_2 = 24\text{J}$$

答案：B

9. (4分) 如图所示，理想变压器原线圈接有交流电源，保持输入电压不变。开始时单刀双掷开关K接a；S断开时，小灯泡A发光较暗，要使小灯泡A亮度增加，下列操作可行的是()



- A. 闭合开关 S
- B. 开关 K 接 b
- C. 把滑动变阻器滑片向左移动
- D. 把滑动变阻器滑片向右移动

解析：A、闭合开关 S，副线圈回路电阻变小，电流变大，滑动变阻器上的分压增大，并联部分的电压变小，灯泡 A 变暗，故 A 错误；

B、开关 k 接 b，输入端线圈匝数减小，则根据 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 可知，副线圈两端的电压增大，灯

泡 A 中电流增大，灯泡 A 变亮，故 B 正确；

C、把滑动变阻器滑片向左移动，副线圈回路总电阻变大，总电流变小，灯泡 A 两端的电压变小，灯泡 A 变暗，故 C 错误；

D、把滑动变阻器滑片向右移动，副线圈回路总电阻变小，总电流变大，灯泡 A 两端的电压变大，灯泡 A 变亮，故 D 正确。

答案：BD

10. (4分) 某星级宾馆安装一高档电梯，在电梯的底板上安装了一压力传感器，在竖直墙壁上的显示盘上可显示人对传感器的作用力，某乘客乘坐电梯从 1 层直接到 10 层，之后又从 10 层直接回到 1 层，用照相机进行记录了相关的信息，如图所示，则下列说法中正确的是()



- A. 根据图 (a) 和图 (e) 可估测出电梯向下制动时的加速度
- B. 根据图 (a) 和图 (c) 可知人的机械能在减小
- C. 根据图 (a) 和图 (b) 可估测出电梯向上制动时的加速度
- D. 根据图 (a) 和图 (d) 可知人的机械能在减小

解析：A、(e) 图表示电梯减速下降时这位同学超重时的示数，所以根据图 (a) 和图 (e)，能够求出的是电梯向下制动时的加速度，所以 A 正确。

B、(c) 图表示电梯减速上升时这位同学失重时的示数，此时电梯还在向上运动，对人做正功，

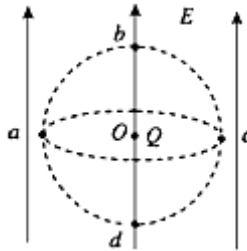
人的机械能在增加，所以 B 错误。

C、(b)图表示电梯加速上升时这位同学超重时的示数，此时能够求出的是电梯向上起动时的加速度，所以 C 错误。

D、(d)图表示电梯加速下降时这位同学失重时的示数，此时电梯在向下运动，对人做负功，人的机械能在减小，所以 D 正确。

答案：AD

11. (4分) 如图所示，空间分布着竖直向上的匀强电场 E ，现在电场区域内某点 O 处放置一负点电荷 Q ，并在以 O 点为球心的球面上选取 a 、 b 、 c 、 d 四点，其中 ac 连线为球的水平大圆直径， bd 连线与电场方向平行。不计空气阻力，则下列说法中正确的是()



A. b 、 d 两点的电场强度大小相等，电势相等

B. a 、 c 两点的电场强度大小相等，电势相等

C. 若从 a 点抛出一带正电小球，小球可能沿 a 、 c 所在圆周作匀速圆周运动

D. 若从 a 点抛出一带负电小球，小球可能沿 b 、 d 所在圆周作匀速圆周运动

解析：A、 Q 在 b 点与 d 点场强方向相反，与匀强电场叠加后 d 点场强大于 b 点场强。故 A 错误；

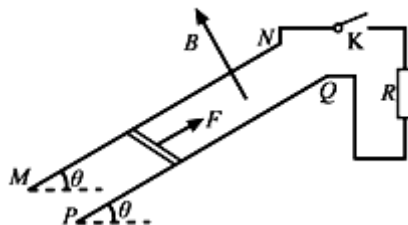
B、 a 、 c 两点的电场强度大小相等，点电荷在 ac 两点的电势相等，电场 E 在 ac 两点的电势相等，所以 ac 两点的电势相等。故 B 正确；

C、若能做匀速圆周运动，要使小球所受的合力大小不变，方向变化，则应为匀强电场力与重力相平衡，合力为 Q 所给的库仑力。故为正电荷沿水平面运动。故 C 正确

D、若从 a 点抛出一带负电小球，其所受合力不可能指向 Q 点，则不能做匀速圆周运动。故 D 错误。

答案：BC

12. (4分) 如图所示，两根足够长的光滑平行金属导轨 MN 、 PQ 相距为 L ，导轨平面与水平面的夹角 $\theta = 30^\circ$ ，导轨电阻不计，整个装置处于磁感应强度大小为 B 、方向垂直导轨平面向上的匀强磁场中。质量为 m 、长为 L 、电阻为 R 的金属棒垂直导轨放置，且始终与导轨接触良好。金属导轨的上端连接一个阻值也为 R 的定值电阻。现闭合开关 K ，给金属棒施加一个平行于导轨斜向上、大小为 $F=2mg$ 的恒力，使金属棒由静止开始运动。若金属棒上滑距离 s 时，金属棒开始匀速运动，则在金属棒由静止到刚开始匀速运动过程，下列说法中正确的是 (重力加速度为 g) ()



A. 金属棒的末速度为 $\frac{3mgR}{B^2L^2}$

B. 金属棒的最大加速度为 $1.4g$

C. 通过金属棒的电荷量 $\frac{BLs}{R}$

D. 定值电阻上产生的焦耳热为 $\frac{3}{4}mgs - \frac{9m^3g^2R^2}{4B^4L^4}$

解析：A、设金属棒匀速运动的速度为 v ，则感应电动势 $E=BLv$

$$\text{回路电流 } I = \frac{E}{2R} = \frac{BLv}{2R}$$

$$\text{安培力 } F_{\text{安}} = BIL = \frac{B^2L^2v}{2R}$$

金属棒匀速时，受力平衡有 $F = mg \sin 30^\circ + F_{\text{安}}$ ，即 $2mg = \frac{1}{2}mg + \frac{B^2L^2v}{2R}$

联立解得： $v = \frac{3mgR}{B^2L^2}$ ，故 A 正确；

B、金属棒开始运动时，加速度最大，即 $F - mg\sin 30^\circ = ma$ ，代入数据 $2mg - \frac{1}{2}mg = ma$ ，

解得 $a=1.5g$ ，故 B 错误；

C、根据感应电量公式 $q = \frac{\Delta\Phi}{R_{\text{总}}} = \frac{BLs}{2R}$ ，故 C 错误；

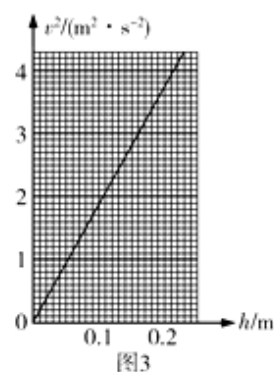
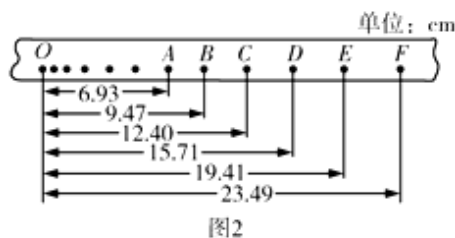
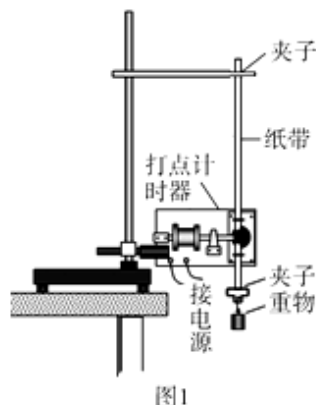
D、对金属棒运用动能定理，有 $Fs - mgs \sin 30^\circ - Q = \frac{1}{2}mv^2$ ，其中定值电阻上产生的焦耳

热为 $Q_R = \frac{1}{2}Q = \frac{3}{4}mgs - \frac{9m^3g^2R^2}{4B^4L^4}$ ，故 D 正确。

答案：AD

二、非选择题题（共 6 小题，满分 52 分）

13.（6 分）如图 1 所示为验证机械能守恒定律的实验装置。现有器材为：带铁夹的铁架台、电磁打点计时器、纸带、带铁夹的重物、天平。



(1) 为完成实验，还需要的器材有_____。

- A. 米尺
- B. 0~6V 直流电源
- C. 秒表
- D. 0~6V 交流电源

解析：通过打点计时器计算时间，故不需要秒表。
打点计时器应该与交流电源连接。

需要刻度尺测量纸带上两点间的距离。

故选 AD。

答案：AD。

(2) 某同学用图 1 所示装置打出的一条纸带如图 2 所示，相邻两点之间的时间间隔为 0.02s，根据纸带计算出打下 D 点时重物的速度大小为_____m/s。（结果保留三位有效数字）

解析：由图可知 CE 间的距离为： $x=19.41-12.40=7.01\text{cm}=0.0701\text{m}$ ；则由平均速度公式可得，

$$D \text{ 点的速度 } v_D = \frac{x}{2T} = \frac{0.0701}{0.04} = 1.75\text{m/s}.$$

答案：1.75。

(3) 采用重物下落的方法，根据公式 $\frac{1}{2}mv^2=mgh$ 验证机械能守恒定律，对实验条件的要求是_____，为验证和满足此要求，所选择的纸带第 1、2 点间的距离应接近_____。

解析：用公式 $\frac{1}{2}mv^2=mgh$ 时，对纸带上起点的要求是重锤是从初速度为零开始，

打点计时器的打点频率为 50 Hz，打点周期为 0.02 s，重物开始下落后，在第一个打点周期内重物下落的高度所以所选的纸带最初两点间的距离接近 2mm， $h=\frac{1}{2}gT^2=\frac{1}{2}\times 9.8\times 0.02^2\text{m}\approx 2\text{mm}$ 。

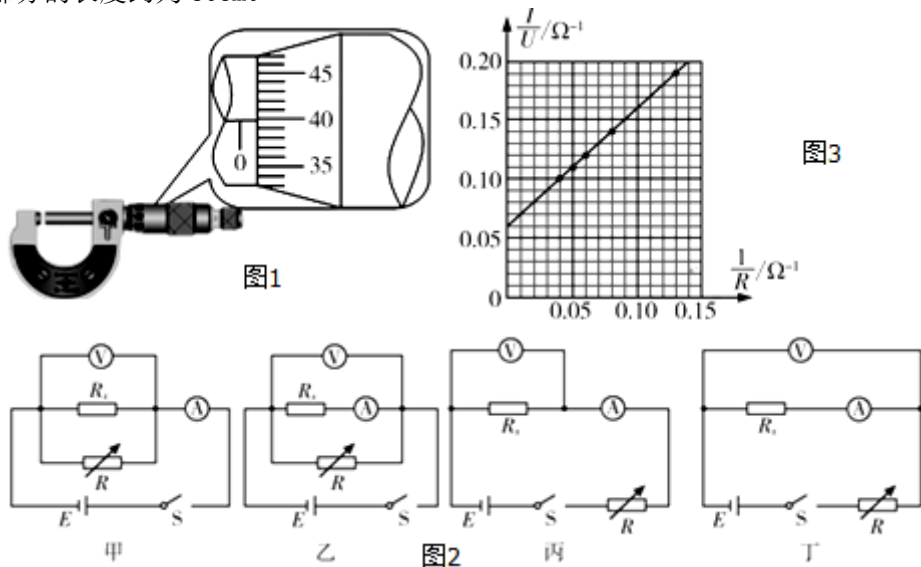
答案：重物的初速度为零，2mm。

(4) 该同学根据纸带算出了相应点的速度，作出 v^2-h 图象如图 3 所示，则图线斜率的物理意义是_____。

解析：由机械能守恒 $mgh=\frac{1}{2}mv^2$ 得 $v^2=2gh$ ，由此可知：图象的斜率 $k=2g$ 。

答案：当地重力加速度的 2 倍。

14. (9 分) 在“测定金属丝的电阻率”实验中，所用的测量仪器均已校准。待测金属丝接入电路部分的长度约为 50cm。



(1) 用螺旋测微器测量金属丝的直径，某一次测量结果（接近多次测量的平均值）如图 1 所示，其读数为_____mm。

解析：由图示螺旋测微器可知，其读数为： $0\text{mm}+39.9\times 0.01\text{mm}=0.399\text{mm}$ 。

答案：0.399。

(2)用伏安法测金属丝的电阻 R_x 的阻值（约为 15Ω ），实验室提供了如下器材：

- A. 电池组 E（电动势为 3V，内阻约为 1Ω ）
- B. 电流表 A_1 （量程为 $0\sim 0.6A$ ，内阻约为 0.5Ω ）
- C. 电流表 A_2 （量程为 $0\sim 3A$ ，内阻为 0.02Ω ）
- D. 电压表 V_1 （量程为 $0\sim 3V$ ，内阻约为 $5k\Omega$ ）
- E. 电压表 V_2 （量程为 $0\sim 15V$ ，内阻为 $15k\Omega$ ）
- F. 电阻箱 R（阻值范围为 $0\sim 99.99\Omega$ ，额定电流为 $1A$ ）
- G. 开关 S，导线若干

为使测量尽可能准确，电流表应选用_____，电压表应选用_____；（填器材前的字母标号）应采用图 2 给出的_____电路进行测量。

解析：电源电动势为 3V，则电压表选 D，通过电阻丝的最大电流约为： $I = \frac{U}{R} = \frac{3}{15} = 0.2A$ ，电

流表选择 B；

由题意可知，电压表内阻远大于待测电阻阻值，电流表应选择外接法；

由题意可知，待测电阻阻值约为 15Ω ，电阻箱最大阻值为 99.99Ω ，

为测多组实验数据，电阻箱应与待测电阻并联，如果串联所测实验数据太少，应选择图甲所示实验电路。

答案：B；D；甲。

(3)根据记录的电阻箱阻值 R 及对应电流表示数 I 和电压表示数 U，在坐标纸上作 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图象如图 2 所示，根据图象可得金属丝的电阻 $R_x =$ _____ Ω （保留两位有效数字）。

解析：由图甲所示实验电路，根据并联电路特点与欧姆定律得： $I = \frac{U}{R_x} + \frac{U}{R}$ ，整理得： $\frac{1}{U} =$

$\frac{1}{R} + \frac{1}{R_x}$ ， $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图象的截距： $b = \frac{1}{R_x} = 0.06$ ，则待测电阻阻值： $R_x = \frac{1}{b} = \frac{1}{0.06} \approx 17\Omega$ 。

答案：17。

(4)根据以上数据估算金属丝的电阻率约为_____（填选项前的字母标号）。

- A. $4 \times 10^{-2} \Omega \cdot m$
- B. $4 \times 10^{-3} \Omega \cdot m$
- C. $4 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$
- D. $4 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

解析：由电阻定律可知： $R_x = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{L}{\pi(\frac{d}{2})^2}$ ，电阻率： $\rho = \frac{\pi d^2 R_x}{4L} =$

$\frac{3.14 \times (0.399 \times 10^{-3})^2 \times 17}{4 \times 0.50} \approx 4 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ ，故选 C。

答案：C。

(5)关于本实验的误差，下列说法中正确的是_____（填选项前的字母标号）。

- A. 用螺旋测微器测量金属丝的直径时，由于读数引起的误差属于系统误差
- B. 由电流表和电压表内阻引起的误差属于偶然误差
- C. 若将电流表和电压表内阻计算在内，可以消除由测量仪表引起的系统误差
- D. 用 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图象处理数据求金属丝的电阻可以减小偶然误差。

解析：A、读数引起的误差是由人为因素引起的，属于偶然误差，用螺旋测微器测量金属丝的直径时，由于读数引起的误差属于偶然误差，故 A 错误；

B、由电流表和电压表内阻引起的误差属于系统误差，不是偶然误差，故 B 错误；

C、若将电流表和电压表内阻计算在内，可以消除由测量仪表引起的系统误差，故 C 正确；

D、用 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图象处理数据求金属丝的电阻可以减小偶然误差，不能消除系统误差，故 D

正确。

答案：CD。

15. (8分) 科研人员乘气球进行科学考察。气球、座舱、压舱物和科研人员的总质量为 990kg。气球在空中停留一段时间后，发现气球漏气而下降，及时堵住。堵住时气球下降速度为 1 m/s，且做匀加速运动，4s 内下降了 12m。为使气球安全着陆，向舷外缓慢抛出一定的压舱物。此后发现气球做匀减速运动，下降速度在 5 分钟内减少了 3m/s。若空气阻力和泄漏气体的质量均可忽略，重力加速度 $g=9.89\text{m/s}^2$ ，求抛掉的压舱物的质量。

解析：由牛顿第二定律得：

$$mg - f = ma$$

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

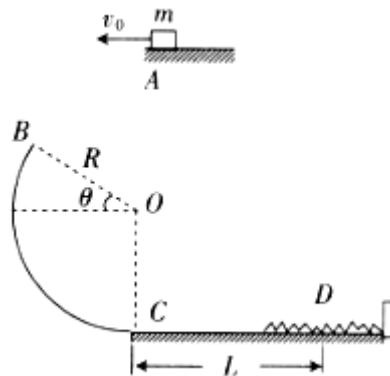
$$\text{抛物后减速下降有：} f - (m - m') g = (m - m') a'$$

$$\Delta v = a' \Delta t$$

$$\text{解得：} m' = m \frac{a + \Delta v / \Delta t}{g + \Delta v / \Delta t} = 101 \text{ kg}$$

答案：抛掉的压舱物的质量为 101kg。

16. (9分) 如图所示，半径 $R=0.4\text{m}$ 的光滑圆弧轨道 BC 固定在竖直平面内，轨道的上端点 B 和圆心 O 的连线与水平方向的夹角 $\theta = 30^\circ$ ，下端点 C 为轨道的最低点且与粗糙水平面相切，一根轻质弹簧的右端固定在竖直挡板上。质量 $m=0.1\text{kg}$ 的小物块（可视为质点）从空中的 A 点以 $v_0=2\text{m/s}$ 的速度被水平抛出，恰好从 B 点沿轨道切线方向进入轨道，经过 C 点后沿水平面向右运动至 D 点时，弹簧被压缩至最短，此时弹簧的弹性势能 $E_{pm}=0.8\text{J}$ ，已知小物块与水平面间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$ ， g 取 10m/s^2 。求：



(1) 小物块从 A 点运动至 B 点的时间。

解析：小物块恰好从 B 点沿切线方向进入轨道，由几何关系有 $v_y = \frac{v_0}{\tan \theta}$

根据平抛运动的规律可得： $v_y = gt$ ，

解得： $t = 0.35\text{s}$ 。

答案：小物块从 A 点运动至 B 点的时间为 0.35s。

(2) 小物块经过圆弧轨道上的 C 点时，对轨道的压力大小。

解析：小物块由 B 点运动到 C 点，由机械能守恒定律有：

$$mgR(1 + \sin \theta) = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

解得： $v_B = \frac{v_0}{\sin \theta} = 4\text{m/s}$;

在 C 点处，由牛顿第二定律有： $F - mg = m\frac{v_C^2}{R}$

解得： $F = 8\text{ N}$,

根据牛顿第三定律，小物块经过圆弧轨道上 C 点时对轨道的压力 F' 大小为 8 N。

答案：小物块经过圆弧轨道上的 C 点时，对轨道的压力大小为 8N。

(3) C、D 两点间的水平距离 L。

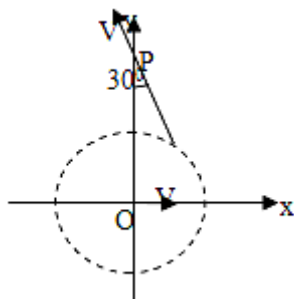
解析：小物块从 B 点运动到 D 点，由能量守恒定律有：

$$E_{\text{Dm}} = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgR(1 + \sin \theta) - \mu mgL$$

解得： $L = 1.2\text{m}$ 。

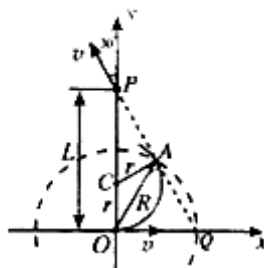
答案：C、D 两点间的水平距离为 1.2m。

17. (10 分) 一匀强磁场，磁场方向垂直于 xy 平面，在 xy 平面上，磁场分布在以 O 为中心的一个圆形区域内。一个质量为 m，电荷量为 q 的带电粒子，由原点 O 开始运动，初速度为 v，方向沿 x 正方向。后来，粒子经过 y 轴上的 P 点，此时速度方向与 y 轴的夹角为 30° ，P 到 O 的距离为 L，如图所示。不计重力的影响。求磁场的磁感应强度 B 的大小及 xy 平面上磁场区域的半径 R。



解析：粒子在磁场中受到洛伦兹力作用，做匀速圆周运动，则有 $Bqv = m\frac{v^2}{r}$

据此并由题意可得，粒子在磁场中的轨迹的圆心 C 必在 y 轴上，且 P 点在磁场区之外。过 P 沿速度方向作延长线，它与 x 轴相交于 Q 点。作圆弧过 O 点与 x 轴相切，并且与 PQ 相切，切点 A 即粒子离开磁场区的地点。这样也求得圆弧轨迹的圆心 C，如图所示：



由图中几何关系得： $L = 3r$ 。

由以上两式可得： $B = \frac{3mv}{qL}$ 。

图中 OA 的长度即圆形磁场区的半径 R，由图中几何关系可得 $R = \frac{\sqrt{3}}{3}L$ 。

答案：磁场的磁感应强度 $B = \frac{3mv}{qL}$ 。

xy 平面上磁场区域的半径 $R = \frac{\sqrt{3}}{3}L$ 。

18. (10 分) 飞船在远离星球的宇宙深处航行时，其它星体对飞船的万有引力作用很微弱，可忽略不计，此时飞船将不受外力作用而做匀速直线运动。设想有一质量为 M 的宇宙飞船，正以速度 v_0 在宇宙中飞行。飞船可视为横截面积为 S 的圆柱体（如图所示）。某时刻飞船监测到前面有一片尘埃云。已知尘埃云分布均匀，密度为 ρ 。假设尘埃与飞船发生的是弹性碰撞，且不考虑尘埃间的相互作用。为了保证飞船能以速度 v_0 匀速穿过尘埃云，在刚进入尘埃云时，飞船立即开启内置的离子加速器。已知该离子加速器是利用电场加速带电粒子，形成向外发射的高速（远远大于飞船速度）粒子流，从而对飞行器产生推力的。若发射的是一价阳离子，每个阳离子的质量为 m，加速电压为 U，元电荷为 e。在加速过程中飞行器质量的变化可忽略。求单位时间内射出的阳离子数。



解析：设在很短的时间 Δt 内，与飞船碰撞的尘埃的质量为 m' ，所受飞船的作用力为 f' 。飞船与尘埃发生的是弹性碰撞，设飞船的方向为正方向，根据动量守恒定律和能量守恒定律得

$$Mv_0 = Mv_1 + m'v_2$$

$$\frac{1}{2}Mv_0^2 = \frac{1}{2}Mv_1^2 + \frac{1}{2}m'v_2^2$$

解得： $v_2 = \frac{2M}{M+m'}v_0$ ，由于 $M \gg m'$ ，所以碰撞后尘埃的速度 $v_2 = 2v_0$ 。

对尘埃，根据动量定理：

$$f' \Delta t = m'v_2$$

$$\text{其中 } m' = \rho S v_0 \Delta t$$

$$\text{则飞船所受到的阻力 } f' = 2\rho S v_0^2$$

设一个离子在电场中加速后获得的速度为 v 。

根据动能定理可得

$$eU = \frac{1}{2}mv^2$$

设单位时间内射出的离子数为 n ，在很短的时间 Δt 内，根据动量定理可得：

$$F \Delta t = n \Delta t m v$$

$$\text{则飞船所受动力 } F = n m v$$

$$\text{飞船做匀速运动 } F = f'$$

$$\text{解得： } n = \sqrt{\frac{2}{eUm}} \rho S v_0^2$$

答案：单位时间内射出的阳离子数为 $\sqrt{\frac{2}{eUm}} \rho S v_0^2$ 。