2020 年海南

1. 100 年前，卢瑟福猜想在原子核内除质子外还存在着另一种粒子 X，后来科学家用 α 粒子轰击铍核证实了这一猜想，该核反应方程为：${}_2^4\mathrm{He}+{}_4^9\mathrm{Be}\longrightarrow{}_6^{12}\mathrm{C}+{}_n^m\mathrm{X}$，则 (A)

A. $m=1$，$n=0$，X 是中子　　B. $m=1$，$n=0$，X 是电子

C. $m=0$，$n=1$，X 是中子　　D. $m=0$，$n=1$，X 是电子

> 根据电荷数和质量数守恒，则有
>
> $4+9=12+m$，$2+4=6+n$
>
> 解得 $m=1$，$n=0$，故 X 是中子。
>
> 故选 A。

2. 如图，上网课时小明把手机放在斜面上，手机处于静止状态。则斜面对手机的 (B)

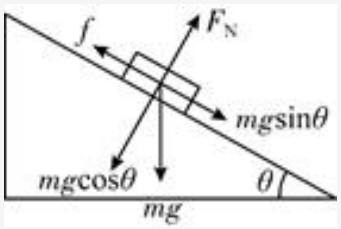


A. 支持力竖直向上

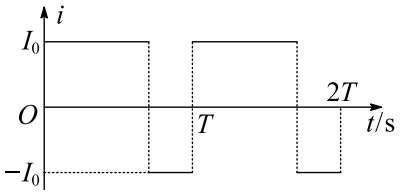
B. 支持力小于手机所受的重力

C. 摩擦力沿斜面向下

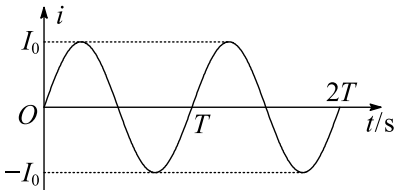
D. 摩擦力大于手机所受的重力沿斜面向下的分力

> 设手机的质量为 m，斜面倾角为 θ。对手机进行受力分析，如图所示
>
> 
>
>
> 由图可知支持力方向垂直斜面向上，摩擦力方向沿斜面向上，根据平衡条件则有
>
> $f=mg\sin\theta$，$F_\mathrm{N}=mg\cos\theta$
>
> 因 $\cos\theta<1$，故 $F_\mathrm{N}<mg$，且摩擦力等于手机所受的重力沿斜面向下的分力。
>
> 故选 B。

3. 两种电流的波形分别如图 甲 和图 乙 所示，其中图 乙 所示电流按正弦规律变化，分别用 I_1 和 I_2 表示两电流的有效值，则 (D)



图甲

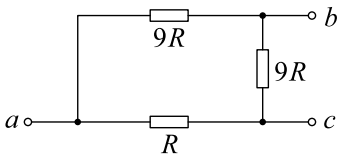


图乙

A. $I_1 : I_2 = 2 : 1$　　B. $I_1 : I_2 = 1 : 2$　　C. $I_1 : I_2 = 1 : \sqrt{2}$　　D. $I_1 : I_2 = \sqrt{2} : 1$

> 对图 甲 的交流电分析，可知一个周期内交流电的电流方向变化，而电流的大小不变，故图 甲 的电流有效值为 $I_1 = I_0$；对图 乙 的交流电分析可知，其为正弦式交流电，故其有效值为 $I_2 = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$，故 $I_1 : I_2 = \sqrt{2} : 1$。
>
> 故选 D。

4. 一车载加热器（额定电压为 24 V）发热部分的电路如图所示，a、b、c 是三个接线端点，设 ab、ac、bc 间的功率分别为 P_{ab}、P_{ac}、P_{bc}，则 (D)



A. $P_{ab} > P_{bc}$　　B. $P_{ab} = P_{ac}$　　C. $P_{ac} = P_{bc}$　　D. $P_{ab} < P_{ac}$

> 接 ab，则电路的总电阻为
>
> $R_{ab} = \frac{9R(R+9R)}{R+9R+9R} = \frac{90R}{19}$
>
> 接 ac，则电路的总电阻为
>
> $R_{ac} = \frac{R(9R+9R)}{R+9R+9R} = \frac{18R}{19}$
>
> 接 bc，则电路的总电阻为
>
> $R_{bc} = \frac{9R(R+9R)}{R+9R+9R} = \frac{90R}{19}$
>
> 由题知，不管接哪两个点，电压不变，为 $U = 24\,\mathrm{V}$，根据 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知 $P_{ab} = P_{bc} < P_{ac}$。
>
> 故选 D。

5. 下列说法正确的是 (A)

A. 单色光在介质中传播时，介质的折射率越大，光的传播速度越小

B. 观察者靠近声波波源的过程中，接收到的声波频率小于波源频率

C. 同一个双缝干涉实验中，蓝光产生的干涉条纹间距比红光的大

D. 两束频率不同的光，可以产生干涉现象

A．根据 $v=\frac{c}{n}$ 可知，单色光在介质中传播时，介质的折射率越大，光的传播速度越小，故 A 正确；

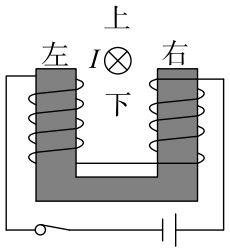
B．根据多普勒效应，若声波波源向观察者靠近，则观察者接收到的声波频率大于波源频率，故 B 错误；

C．根据 $\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$，同一个双缝干涉实验中，蓝光的波长小于红光的波长，故蓝光产生的干涉条纹间距比红光的小，故 C 错误；

D．根据光的干涉的条件可知，两束频率不同的光不能产生干涉现象，故 D 错误。

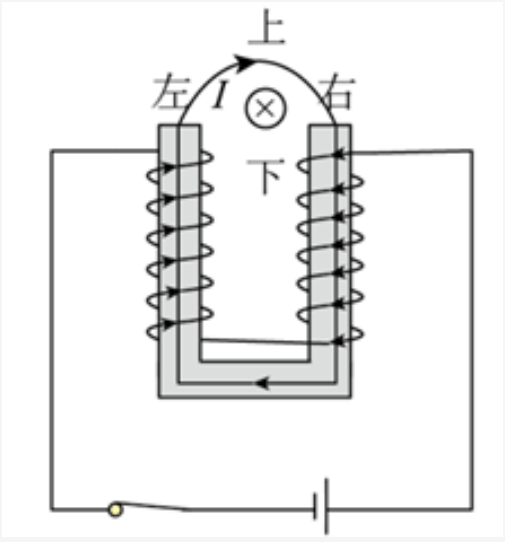
故选 A。

6. 如图，在一个蹄形电磁铁的两个磁极的正中间放置一根长直导线，当导线中通有垂直于纸面向里的电流 I 时，导线所受安培力的方向为 (B)



A．向上　　B．向下　　C．向左　　D．向右

根据安培定则，可知蹄形电磁铁的磁极分布情况，如图所示



故导线所处位置的磁感应线的切线方向为水平向右，根据左手定则，可以判断导线所受安培力的方向为向下。

故选 B。

7. 2020 年 5 月 5 日，长征五号 B 运载火箭在中国文昌航天发射场成功首飞，将新一代载

人飞船试验船送入太空，若试验船绕地球做匀速圆周运动，周期为 T，离地高度为 h，已知地球半径为 R，万有引力常量为 G，则 (B)

A. 试验船的运行速度为 $\frac{2\pi R}{T}$

B. 地球的第一宇宙速度为 $\frac{2\pi}{T}\sqrt{\frac{(R+h)^3}{R}}$

C. 地球的质量为 $\frac{2\pi(R+h)^3}{GT^2}$

D. 地球表面的重力加速度为 $\frac{4\pi^2(R+h)^2}{RT^2}$

A．试验船的运行速度为 $\frac{2\pi(R+h)}{T}$，故 A 错误；

B.近地轨道卫星的速度等于第一宇宙速度，根据万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}$；根据试验船受到的万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm_{船}}{(R+h)^2}=m_{船}\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2(R+h)$，联立两式解得第一宇宙速度 $v=\frac{2\pi}{T}\sqrt{\frac{(R+h)^3}{R}}$，故 B 正确；

C．根据试验船受到的万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm_{船}}{(R+h)^2}=m_{船}\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2(R+h)$，解得 $M=\frac{4\pi^2(R+h)^3}{GT^2}$，故 C 错误；

D．地球重力加速度等于近地轨道卫星向心加速度，根据万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}=mg$；根据试验船受到的万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm_{船}}{(R+h)^2}=m_{船}\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2(R+h)$，联立两式解得重力加速度 $g=\frac{4\pi^2(R+h)^3}{R^2T^2}$，故 D 错误。

故选 B。

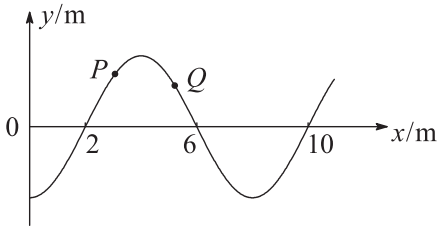
8. 太空探测器常装配离子发动机，其基本原理是将被电离的原子从发动机尾部高速喷出，从而为探测器提供推力，若某探测器质量为 490 kg，离子以 30 km/s 的速率（远大于探测器的飞行速率）向后喷出，流量为 3.0×10^{-3} g/s，则探测器获得的平均推力大小为 (C)

A. 1.47 N　　B. 0.147 N　　C. 0.09 N　　D. 0.009 N

对离子，根据动量定理有 $F\cdot\Delta t=\Delta mv$，而 $\Delta m=3.0\times10^{-3}\times10^{-3}\Delta t$ kg，解得 $F=0.09$ N，故探测器获得的平均推力大小为 0.09 N。

故选 C。

9. 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，波的周期为 0.2 s，某时刻的波形如图所示。则 (AC)



A. 该波的波长为 8 m

B. 该波的波速为 50 m/s

C. 该时刻质点 P 向 y 轴负方向运动

D. 该时刻质点 Q 向 y 轴负方向运动

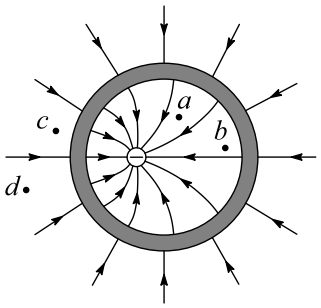
A．由波形图可知，波长为 8 m，故 A 正确；

B．根据公式 $v=\frac{\lambda}{T}$，代入数据解得 $v=40\,\mathrm{m/s}$，故 B 错误；

C、D．由题知，沿 x 轴正方向传播，根据“上下坡法”，可知该时刻质点 P 向 y 轴负方向运动，该时刻质点 Q 向 y 轴正方向运动，故 C 正确，D 错误。

故选 AC。

10. 空间存在如图所示的静电场，a、b、c、d 为电场中的四个点，则 (AD)



A. a 点的场强比 b 点的大

B. d 点的电势比 c 点的低

C. 质子在 d 点的电势能比在 c 点的小

D. 将电子从 a 点移动到 b 点，电场力做正功

A．根据电场线的疏密程度表示电场强度的大小，可知 a 点的电场线比 b 点的电场线更密，故 a 点的场强比 b 点的场强大，故 A 正确；

B．根据沿着电场线方向电势不断降低，可知 d 点的电势比 c 点的电势高，故 B 错误；

C．根据正电荷在电势越高的点电势能越大，可知质子在 d 点的电势能比在 c 点的电势能大，故 C 错误；

D．由图可知，a 点的电势低于 b 点的电势，而负电荷在电势越低的点电势能越大，故电子在 a 点的电势能高于在 b 点的电势能，所以将电子从 a 点移动到 b 点，电势能减小，故电场力做正功，故 D 正确。

故选 AD。

11. 小朋友玩水枪游戏时，若水从枪口沿水平方向射出的速度大小为 $10\,\mathrm{m/s}$，水射出后落到水平地面上。已知枪口离地高度为 $1.25\,\mathrm{m}$，$g=10\,\mathrm{m/s^2}$，忽略空气阻力，则射出的水 (BD)

A. 在空中的运动时间为 0.25 s

B. 水平射程为 5 m

C. 落地时的速度大小为 15 m/s　　D. 落地时竖直方向的速度大小为 5 m/s

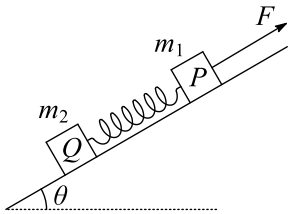
A．根据 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 得，运动时间 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times1.25}{10}}\,\mathrm{s}=0.5\,\mathrm{s}$，故 A 错误；

B．水平射程为 $x=v_0t=10\,\mathrm{m/s}\times0.5\,\mathrm{s}=5\,\mathrm{m}$，故 B 正确；

C、D．竖直方向分速度为 $v_y=gt=10\,\mathrm{m/s^2}\times0.5\,\mathrm{s}=5\,\mathrm{m/s}$，水平分速度为 $v_x=v_0=10\,\mathrm{m/s}$，落地速度为 $v=\sqrt{v_y^2+v_x^2}=5\sqrt{5}\,\mathrm{m/s}$，故 C 错误，D 正确。

故选 BD。

12. 如图，在倾角为 θ 的光滑斜面上，有两个物块 P 和 Q，质量分别为 m_1 和 m_2，用与斜面平行的轻质弹簧相连接，在沿斜面向上的恒力 F 作用下，两物块一起向上做匀加速直线运动，则 (BC)



A. 两物块一起运动的加速度大小为 $a=\frac{F}{m_1+m_2}$

B. 弹簧的弹力大小为 $T=\frac{m_2}{m_1+m_2}F$

C. 若只增大 m_2，两物块一起向上匀加速运动时，它们的间距变大

D. 若只增大 θ，两物块一起向上匀加速运动时，它们的间距变大

A．对整体受力分析，根据牛顿第二定律有 $F-(m_1+m_2)g\sin\theta=(m_1+m_2)a$，解得 $a=\frac{F}{m_1+m_2}-g\sin\theta$，故 A 错误；

B．对 m_2 受力分析，根据牛顿第二定律有 $F_{弹}-m_2g\sin\theta=m_2a$，解得 $F_{弹}=\frac{m_2F}{m_1+m_2}$，故 B 正确；

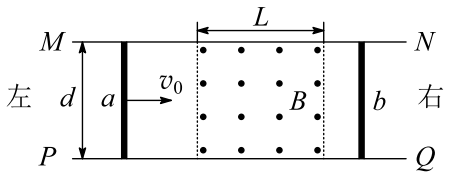
C．$F_{弹}=\frac{m_2F}{m_1+m_2}=\frac{F}{\frac{m_1}{m_2}+1}$，可知若只增大 m_2，两物块一起向上匀加速运动时，弹力变大，根据胡克定律，可知伸长量变大，故它们的间距变大，故 C 正确；

D．根据 $F_{弹}=\frac{m_2F}{m_1+m_2}$，可知只增大 θ，两物块一起向上匀加速运动时，弹力不变，根据胡克定律，可知伸长量不变，故它们的间距不变，故 D 错误。

故选 BC。

13. 如图，足够长的间距 $d=1\,\mathrm{m}$ 的平行光滑金属导轨 MN、PQ 固定在水平面内，导轨间存在一个宽度 $L=1\,\mathrm{m}$ 的匀强磁场区域，磁感应强度大小为 $B=0.5\,\mathrm{T}$，方向如图所示。一根质量 $m_a=0.1\,\mathrm{kg}$，阻值 $R=0.5\,\Omega$ 的金属棒 a 以初速度 $v_0=4\,\mathrm{m/s}$ 从左端开始沿导轨滑动，穿过磁场区域后，与另一根质量 $m_b=0.2\,\mathrm{kg}$，阻值 $R=0.5\,\Omega$ 的原来静置在

导轨上的金属棒 b 发生弹性碰撞，两金属棒始终与导轨垂直且接触良好，导轨电阻不计，则 (BD)



A. 金属棒 a 第一次穿过磁场时做匀减速直线运动

B. 金属棒 a 第一次穿过磁场时回路中有逆时针方向的感应电流

C. 金属棒 a 第一次穿过磁场区域的过程中，金属棒 b 上产生的焦耳热为 0.25 J

D. 金属棒 a 最终停在距磁场左边界 0.8 m 处

A．金属棒 a 第一次穿过磁场时受到安培力的作用，做减速运动，由于速度减小，感应电流减小，安培力减小，加速度减小，故金属棒 a 做加速度减小的减速直线运动，故 A 错误；

B．根据右手定则可知，金属棒 a 第一次穿过磁场时回路中有逆时针方向的感应电流，故 B 正确；

C．电路中产生的平均电动势为 $\overline{E}=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{BLd}{\Delta t}$，平均电流为 $\overline{I}=\frac{\overline{E}}{2R}$，金属棒 a 受到的安培力为 $\overline{F}=B\overline{I}d$。规定向右为正方向，对金属棒 a，根据动量定理得 $-B\overline{I}d\cdot\Delta t=m_av_a-m_av_0$，解得金属棒第一次离开磁场时速度 $v_a=1.5\,\mathrm{m/s}$。金属棒 a 第一次穿过磁场区域的过程中，电路中产生的总热量等于金属棒 a 机械能的减少量，即 $Q=\frac{1}{2}m_av_0^2-\frac{1}{2}m_av_a^2$，联立并代入数据得 $Q=0.6875\,\mathrm{J}$。由于两棒电阻相同，两棒产生的焦耳热相同，则金属棒 b 上产生的焦耳热 $Q_b=\frac{Q}{2}=0.34375\,\mathrm{J}$，故 C 错误；

D．规定向右为正方向，两金属棒碰撞过程根据动量守恒和机械能守恒得 $m_av_a=m_av_a'+m_bv_b$，$\frac{1}{2}m_av_a^2=\frac{1}{2}m_av_a'^2+\frac{1}{2}m_bv_b^2$，联立并代入数据解得金属棒 a 反弹的速度为 $v_a'=-0.5\,\mathrm{m/s}$。设金属棒 a 最终停在距磁场左边界 x 处，则从反弹进入磁场到停下来的过程，电路中产生的平均电动势为 $\overline{E}'=\frac{\Delta\Phi'}{\Delta t'}=\frac{B(L-x)d}{\Delta t'}$，平均电流为 $\overline{I}'=\frac{\overline{E}'}{2R}$，金属棒 a 受到的安培力为 $\overline{F}'=B\overline{I}'d$，规定向右为正方向，对金属棒 a，根据动量定理得 $-B\overline{I}'d\cdot\Delta t=0-m_av_a'$，联立并代入数据解得 $x=0.8\,\mathrm{m}$，故 D 正确。

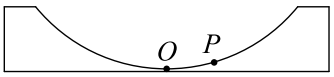
故选 BD。

14.（1）滑板运动场地有一种常见的圆弧形轨道，其截面如图所示，某同学用一辆滑板车和手机估测轨道半径 R（滑板车的长度远小于轨道半径）。主要实验过程如下：

(1) 用手机查得当地的重力加速度 g；

(2) 找出轨道的最低点 O，把滑板车从 O 点移开一小段距离至 P 点，由静止释放，用手机测出它完成 n 次全振动的时间 t，算出滑板车做往复运动的周期 $T=\frac{t}{n}$；

(3) 将滑板车的运动视为简谐运动，则可将以上测量结果代入公式 $R=\frac{gt^2}{4n^2\pi^2}$（用 T、g 表示）计算出轨道半径。



（2）某同学用如图（a）所示的装置测量重力加速度。

实验器材：有机玻璃条（白色是透光部分，黑色是宽度均为 $d=1.00\,\mathrm{cm}$ 的挡光片），铁架台，数字计时器（含光电门），刻度尺。

主要实验过程如下：

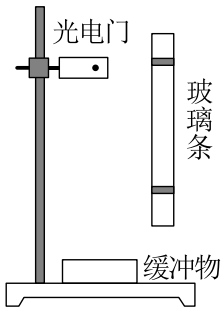
(1) 将光电门安装在铁架台上，下方放置承接玻璃条下落的缓冲物；

(2) 用刻度尺测量两挡光片间的距离，刻度尺的示数如图（b）所示，读出两挡光片间的距离 $L=15.40$ cm；

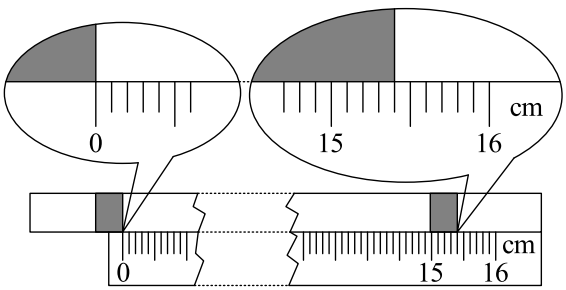
(3) 手提玻璃条上端使它静止在竖直方向上，让光电门的光束从玻璃条下端的透光部分通过；

(4) 让玻璃条自由下落，测得两次挡光的时间分别为 $t_1=10.003\,\mathrm{ms}$ 和 $t_2=5.000\,\mathrm{ms}$；

(5) 根据以上测量的数据计算出重力加速度 $g=9.74$ $\mathrm{m/s^2}$（结果保留三位有效数字）。



图（a）



图（b）

(1) $\frac{t}{n}$，$\frac{gt^2}{4n^2\pi^2}$　(2) 15.40，竖直，9.74

（1）滑板车做往复运动的周期为 $T=\frac{t}{n}$；根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$，得 $R=\frac{gT^2}{4\pi^2}=\frac{gt^2}{4n^2\pi^2}$。

（2）两挡光片间的距离 $L=15.40\,\mathrm{cm}-0\,\mathrm{cm}=15.40\,\mathrm{cm}$；手提玻璃条上端使它静止在竖直方向上，让光电门的光束从玻璃条下端的透光部分通过。玻璃条下部挡光条通过光电门时玻璃条的速度为 $v_1=\frac{d}{t_1}=\frac{1.00\times10^{-2}}{10.003\times10^{-3}}\,\mathrm{m/s}=1\,\mathrm{m/s}$；玻璃条上部挡光条通过光电门时玻璃条的速度为 $v_2=\frac{d}{t_2}=\frac{1.00\times10^{-2}}{5.000\times10^{-3}}\,\mathrm{m/s}=2\,\mathrm{m/s}$；根据速度位移公式有 $v_2^2-v_1^2=2gL$，代入数据解得加速度 $g=\frac{v_2^2-v_1^2}{2L}=9.74\,\mathrm{m/s^2}$。

15. 在测量定值电阻阻值的实验中，提供的实验器材如下：电压表 V_1（量程 3 V，内阻 $r_1 = 3.0\,\mathrm{k\Omega}$），电压表 V_2（量程 5 V，内阻 $r_2 = 5.0\,\mathrm{k\Omega}$），滑动变阻器 R（额定电流 1.5 A，最大阻值 100 Ω），待测定值电阻 R_x，电源 E（电动势 6.0 V，内阻不计），单刀开关 S，导线若干：

回答下列问题：

(1) 实验中滑动变阻器应采用 分压 接法（填“限流”或“分压”）；

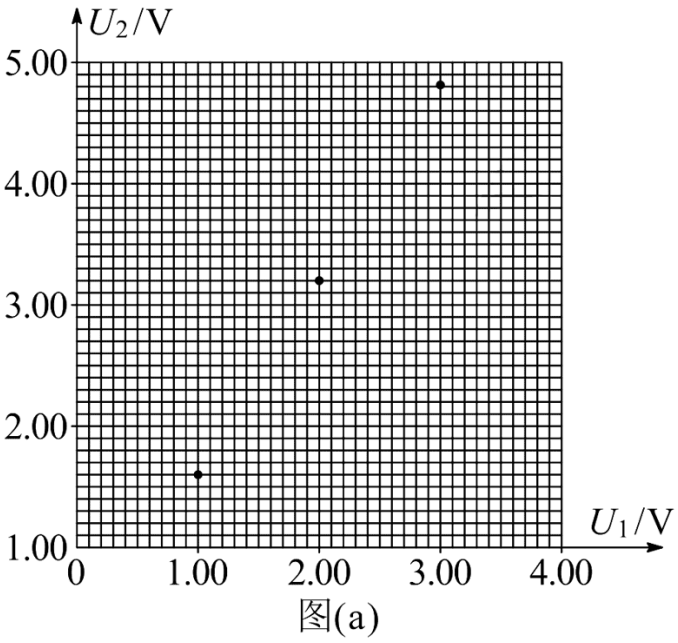
(2) 将虚线框中的电路原理图补充完整；

(3) 根据下表中的实验数据（U_1、U_2 分别为电压表 V_1、V_2 的示数），在图（a）给出的坐标纸上补齐数据点，并绘制 $U_2 - U_1$ 图像：

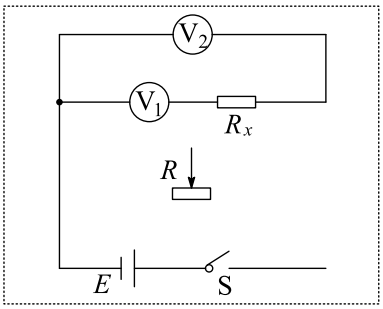
测量次数	1	2	3	4	5
U_1/ V	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
U_2/ V	1.61	2.41	3.21	4.02	4.82

(4) 由 $U_2 - U_1$ 图像得到待测定值电阻的阻值 $R_x = 1.82 \times 10^3$ Ω（结果保留三位有效数字）；

(5) 完成上述实验后，若要继续采用该实验原理测定另一个定值电阻 R_y（阻值约为 700 Ω）的阻值，在不额外增加器材的前提下，要求实验精度尽可能高，请在图（b）的虚线框内画出你改进的电路图。



图(a)



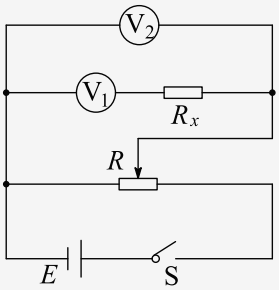


图（b）

(1) 分压　(2) 如图 甲 所示　(3) 如图 乙 所示　(4) 1.82×10^{3}　(5) 如图 丙 所示

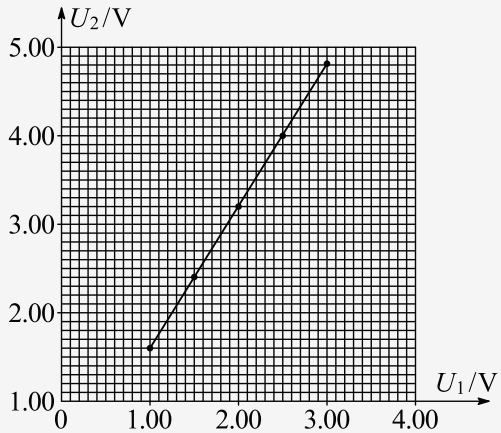
（1）电压表 V_1 和 R_x 串联后再和 V_2 并联，并联的总电阻远大于滑动变阻器电阻，为了调节变阻器时电表示数变化明显，且能获得更多组数据，选择分压接法。

（2）完整的电路图，如图 甲 所示。



图甲

（3）根据下表中的实验数据，绘制的 U_2-U_1 图像，如图 乙 所示。

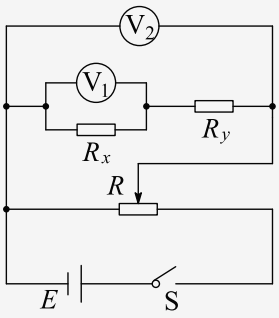


图乙

（4）根据实验电路图，则有 $R_x=\frac{U_2-U_1}{\frac{U_1}{r_1}}$，变形得 $U_2=\frac{R_x+r_1}{r_1}U_1$，则图线的斜率为 $k=\frac{R_x+r_1}{r_1}$。根据 U_2-U_1 图像可得斜率 $k=\frac{4.82-1.61}{3.00-1.00}=1.605$，则有 $1.605=\frac{R_x+r_1}{r_1}$，代入 $r_1=3.0\,\mathrm{k\Omega}$，解得 $R_x\approx1.82\times10^{3}\,\Omega$。

（5）因待测电阻 R_y（阻值约为 $700\,\Omega$）的阻值较小，若仍与电压表 V_1 串联，则所分得的电压过小，不利于测量，故待测电阻 R_x 与 R_y 串联后与其中一个电压表并联；

由于电源电动势只有 6 V，因两电阻之和与电压表 V_1 的阻值相当，故让两电阻与电压表 V_1 并联，再与电压表 V_2 串联，故改进后的电路图如图 丙 所示。

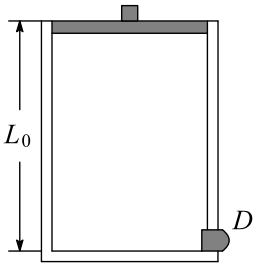


图丙

16. 如图，圆柱形导热气缸长 $L_0 = 60\,\mathrm{cm}$，缸内用活塞（质量和厚度均不计）密闭了一定质量的理想气体，缸底装有一个触发器 D，当缸内压强达到 $p = 1.5 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$ 时，D 被触发，不计活塞与缸壁的摩擦。初始时，活塞位于缸口处，环境温度 $t_0 = 27\,^\circ\mathrm{C}$，压强 $p_0 = 1.0 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$。

(1) 若环境温度不变，缓慢向下推活塞，求 D 刚好被触发时，到缸底的距离；

(2) 若活塞固定在缸口位置，缓慢升高环境温度，求 D 刚好被触发时的环境温度。



(1) 0.4 m　(2) 450 K

（1）设气缸横截面积为 S；D 刚好被触发时，到缸底的距离为 L，根据玻意耳定律得 $p_0 S L_0 = pSL$，代入数据解得 $L = \frac{p_0}{p} L_0 = \frac{1\times10^5}{1.5\times10^5} \times 0.6\,\mathrm{m} = 0.4\,\mathrm{m}$。

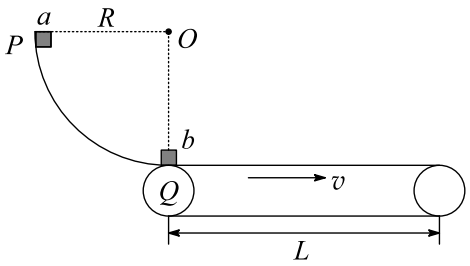
（2）此过程为等容变化，根据查理定律得 $\frac{p_0}{T_0} = \frac{p}{T}$，代入数据解得 $T = \frac{p}{p_0} T_0 = \frac{1.5\times10^5}{1\times10^5} \times (27 + 273)\,\mathrm{K} = 450\,\mathrm{K}$。

17. 如图，光滑的四分之一圆弧轨道 PQ 竖直放置，底端与一水平传送带相切，一质量 $m_a = 1\,\mathrm{kg}$ 的小物块 a 从圆弧轨道最高点 P 由静止释放，到最低点 Q 时与另一质量 $m_b = 3\,\mathrm{kg}$ 的小物块 b 发生弹性正碰（碰撞时间极短）。已知圆弧轨道半径 $R = 0.8\,\mathrm{m}$，传送带的长度 $L = 1.25\,\mathrm{m}$，传送带以速度 $v = 1\,\mathrm{m/s}$ 顺时针匀速转动，小物块与传送带间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$，$g = 10\,\mathrm{m/s^2}$。求

(1) 碰撞前瞬间小物块 a 对圆弧轨道的压力大小；

(2) 碰后小物块 a 能上升的最大高度；

(3) 小物块 b 从传送带的左端运动到右端所需要的时间。



(1) 30 N (2) 0.2 m (3) 1 s

（1）设小物块 a 下到圆弧最低点未与小物块 b 相碰时的速度为 v_a，根据机械能守恒定律有 $m_agR=\frac{1}{2}m_av_a^2$，代入数据解得 $v_a=4\,\mathrm{m/s}$。小物块 a 在最低点，根据牛顿第二定律有 $F_\mathrm{N}-m_ag=m_a\frac{v_a^2}{R}$，代入数据解得 $F_\mathrm{N}=30\,\mathrm{N}$。根据牛顿第三定律，可知小物块 a 对圆弧轨道的压力大小为 30 N。

（2）小物块 a 与小物块 b 发生弹性碰撞，根据动量守恒有 $m_av_a=m_av_a'+m_bv_b$，根据能量守恒有 $\frac{1}{2}m_av_a^2=\frac{1}{2}m_av_a'^2+\frac{1}{2}m_bv_b^2$，联立解得 $v_a'=-2\,\mathrm{m/s}$，$v_b=2\,\mathrm{m/s}$。小物块 a 反弹，根据机械能守恒有 $m_agh=\frac{1}{2}m_av_a'^2$，解得 $h=0.2\,\mathrm{m}$。

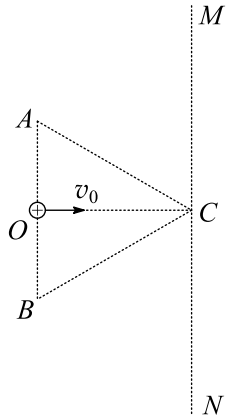
（3）小物块 b 滑上传送带，因 $v_b=2\,\mathrm{m/s}>v=1\,\mathrm{m/s}$，故小物块 b 先做匀减速运动，根据牛顿第二定律有 $\mu m_bg=m_ba$，解得 $a=2\,\mathrm{m/s^2}$。则小物块 b 由 2 m/s 减至 1 m/s，所走过的位移为 $x_1=\frac{v_b^2-v^2}{2a}$，代入数据解得 $x_1=0.75\,\mathrm{m}$，运动的时间为 $t_1=\frac{v_b-v}{a}$，代入数据解得 $t_1=0.5\,\mathrm{s}$。因 $x_1=0.75\,\mathrm{m}<L=1.25\,\mathrm{m}$，故小物块 b 之后将做匀速运动至右端，则匀速运动的时间为 $t_2=\frac{L-x_1}{v}=\frac{1.25-0.75}{1}\,\mathrm{s}=0.5\,\mathrm{s}$。故小物块 b 从传送带的左端运动到右端所需要的时间 $t=t_1+t_2=1\,\mathrm{s}$。

18. 如图，虚线 MN 左侧有一个正三角形 ABC，C 点在 MN 上，AB 与 MN 平行，该三角形区域内存在垂直于纸面向外的匀强磁场；MN 右侧的整个区域存在垂直于纸面向里的匀强磁场，一个带正电的离子（重力不计）以初速度 v_0 从 AB 的中点 O 沿 OC 方向射入三角形区域，偏转 60° 后从 MN 上的 P 点（图中未画出）进入 MN 右侧区域，偏转后恰能回到 O 点。已知离子的质量为 m，电荷量为 q，正三角形的边长为 d。

(1) 求三角形区域内磁场的磁感应强度；

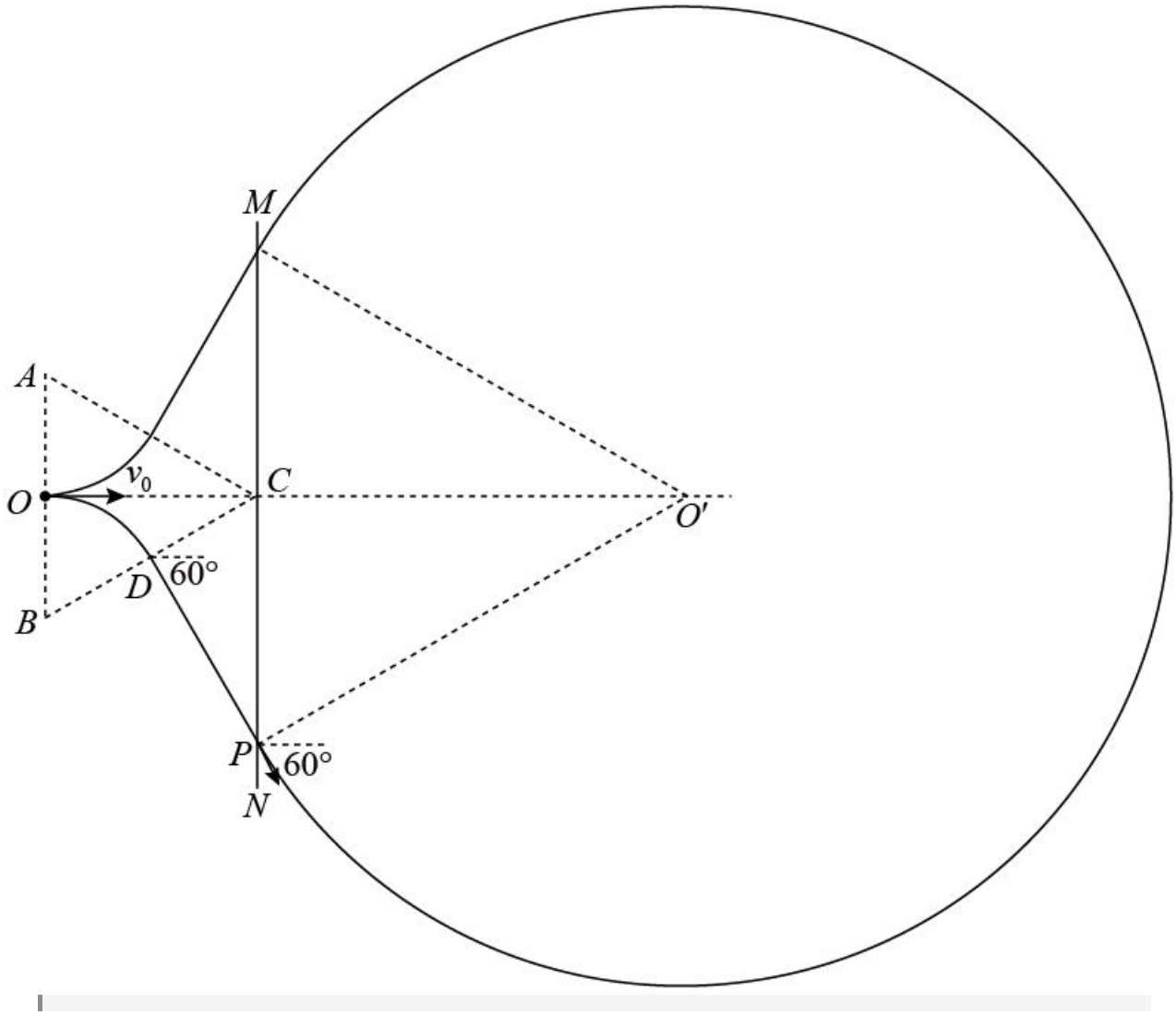
(2) 求离子从 O 点射入到返回 O 点所需要的时间；

(3) 若原三角形区域存在的是一磁感应强度大小与原来相等的恒定磁场，将 MN 右侧磁场变为一个与 MN 相切于 P 点的圆形匀强磁场，让离子从 P 点射入圆形磁场，速度大小仍为 v_0，方向垂直于 BC，始终在纸面内运动，到达 O 点时的速度方向与 OC 成 120° 角，求圆形磁场的磁感应强度。



(1) $B=\frac{2mv_0}{qd}$ (2) $t=\frac{(11\pi+3\sqrt{3})d}{3v_0}$ (3) 若三角形 ABC 区域磁场方向向里，$B_2=\frac{6mv_0}{5qd}$；若三角形 ABC 区域磁场方向向外，$B_3=\frac{2mv_0}{qd}$

（1）画出粒子运动轨迹如图。



粒子在三角形 ABC 中运动时，有 $qBv_0 = m\frac{v_0^2}{r}$，$T = \frac{2\pi r}{v_0}$，又粒子出三角形磁场时偏转 60°，由几何关系可知 $r = \frac{d}{2}$，联立解得 $B = \frac{2mv_0}{qd}$，$t_1 = \frac{T}{6} = \frac{\pi d}{6v_0}$。

（2）粒子从 D 运动到 P，由几何关系可知 $CP = d$，$DP = CP\sin 60°$，运动时间 $t_2 = \frac{DP}{v_0} = \frac{\sqrt{3}d}{2v_0}$。粒子在 MN 右侧运动的半径为 $r' = 2d$，则有 $qB'v_0 = m\frac{v_0^2}{r'}$，$T' = \frac{2\pi r'}{v_0}$，运动时间 $t_3 = \frac{5}{6}T' = \frac{10\pi d}{3v_0}$。故粒子从 O 点射入到返回 O 点所需要的时间 $t = 2(t_1 + t_2) + t_3 = \frac{11\pi d}{3v_0} + \frac{\sqrt{3}d}{v_0}$。

（3）若三角形 ABC 区域磁场方向向外，则粒子运动轨迹如图中①所示，有 $R + R\cos 60° = d - \frac{d}{2}\cos 60°$，解得 $R = \frac{1}{2}d$，此时根据 $qB_3v_0 = m\frac{v_0^2}{R}$ 有 $B_3 = \frac{2mv_0}{qd}$；若三角形 ABC 区域磁场方向向里，则粒子运动轨迹如图中②所示，有 $R' + R'\cos 60° = d + \frac{d}{2}\cos 60°$，解得 $R' = \frac{5}{6}d$，此时根据 $qB_2v_0 = m\frac{v_0^2}{R'}$ 有 $B_2 = \frac{6mv_0}{5qd}$。

