2022 年全国乙卷

1. 2022 年 3 月，中国航天员翟志刚、王亚平、叶光富在离地球表面约 400 km 的“天宫二号”空间站上通过天地连线，为同学们上了一堂精彩的科学课。通过直播画面可以看到，在近地圆轨道上飞行的“天宫二号”中，航天员可以自由地漂浮，这表明他们 (C)

A. 所受地球引力的大小近似为零

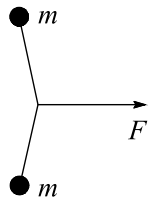
B. 所受地球引力与飞船对其作用力两者的合力近似为零

C. 所受地球引力的大小与其随飞船运动所需向心力的大小近似相等

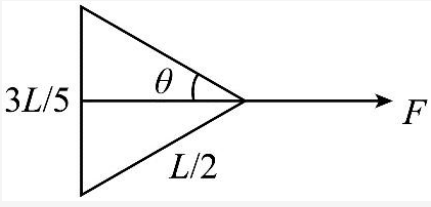
D. 在地球表面上所受引力的大小小于其随飞船运动所需向心力的大小

> ABC．航天员在空间站中所受万有引力完全提供做圆周运动的向心力，飞船对其作用力等于零，故 C 正确，AB 错误；
>
> D．根据万有引力公式 $F=G\frac{Mm}{r^2}$ 可知，在地球表面上所受引力的大小大于在飞船所受的万有引力大小，因此地球表面引力大于其随飞船运动所需向心力的大小，故 D 错误。
>
> 故选 C。

2. 如图，一不可伸长轻绳两端各连接一质量为 m 的小球，初始时整个系统静置于光滑水平桌面上，两球间的距离等于绳长 L。一大小为 F 的水平恒力作用在轻绳的中点，方向与两球连线垂直。当两球运动至二者相距 $\frac{3}{5}L$ 时，它们加速度的大小均为 (A)



A. $\frac{5F}{8m}$　　B. $\frac{2F}{5m}$　　C. $\frac{3F}{8m}$　　D. $\frac{3F}{10m}$

> 当两球运动至二者相距 $\frac{3}{5}L$ 时，如图所示由几何关系可知
>
> 
>
>
> $\sin\theta=\frac{\frac{3L}{10}}{\frac{L}{2}}=\frac{3}{5}$
>
> 设绳子拉力为 T，水平方向有 $2T\cos\theta=F$
>
> 解得 $T=\frac{5}{8}F$

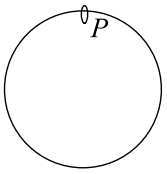
对任意小球由牛顿第二定律可得：$T = ma$

解得：$a = \frac{5F}{8m}$

故 A 正确，BCD 错误。

故选 A。

3. 固定于竖直平面内的光滑大圆环上套有一个小环，小环从大圆环顶端 P 点由静止开始自由下滑，在下滑过程中，小环的速率正比于（C）



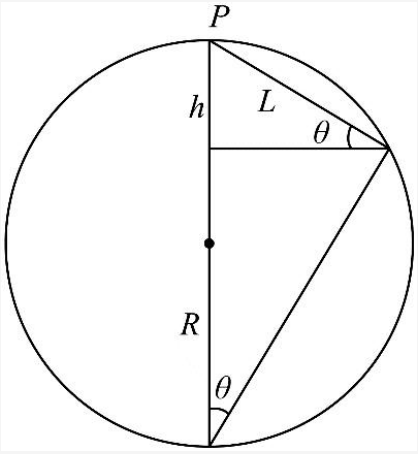
A. 它滑过的弧长

B. 它下降的高度

C. 它到 P 点的距离

D. 它与 P 点的连线扫过的面积

如图所示



设圆环下降的高度为 h，圆环的半径为 R，它到 P 点的距离为 L，根据机械能守恒定律得

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

由几何关系可得 $h = L\sin\theta$

$\sin\theta = \frac{L}{2R}$

联立可得 $h = \frac{L^2}{2R}$

可得 $v = L\sqrt{\frac{g}{R}}$

故 C 正确，ABD 错误。

故选 C。

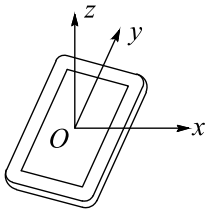
4. 一点光源以 113 W 的功率向周围所有方向均匀地辐射波长约为 $6\times10^{-7}\,\mathrm{m}$ 的光，在离点光源距离为 R 处每秒垂直通过每平方米的光子数为 3×10^{14} 个。普朗克常量为 $h=6.63\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$。$R$ 约为（B）

A. $1\times10^{2}\,\mathrm{m}$　　B. $3\times10^{2}\,\mathrm{m}$　　C. $6\times10^{2}\,\mathrm{m}$　　D. $9\times10^{2}\,\mathrm{m}$

> 一个光子的能量为 $E=h\nu$
>
> ν 为光的频率，光的波长与频率有以下关系 $c=\lambda\nu$
>
> 光源每秒发出的光子的个数为 $n=\frac{P}{h\nu}=\frac{P\lambda}{hc}$
>
> P 为光源的功率，光子以球面波的形式传播，那么以光源为原点的球面上的光子数相同，此时距光源的距离为 R 处，每秒垂直通过每平方米的光子数为 3×10^{14} 个，那么此处的球面的表面积为 $S=4\pi R^2$
>
> 则 $\frac{n}{S}=3\times10^{14}$
>
> 联立以上各式解得 $R\approx3\times10^{2}\,\mathrm{m}$
>
> 故选 B。

5. 安装适当的软件后，利用智能手机中的磁传感器可以测量磁感应强度 B。如图，在手机上建立直角坐标系，手机显示屏所在平面为 xOy 面。某同学在某地对地磁场进行了四次测量，每次测量时 y 轴指向不同方向而 z 轴正向保持竖直向上。根据表中测量结果可推知（BC）

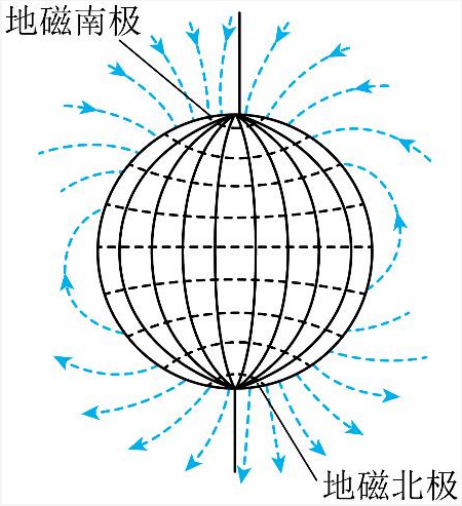
测量序号	$B_x/\mu\mathrm{T}$	$B_y/\mu\mathrm{T}$	$B_z/\mu\mathrm{T}$
1	0	21	−45
2	0	−20	−46
3	21	0	−45
4	−21	0	−45



A. 测量地点位于南半球　　B. 当地的地磁场大小约为 50 μT

C. 第 2 次测量时 y 轴正向指向南方　　D. 第 3 次测量时 y 轴正向指向东方

A. 如图所示



地球可视为一个磁偶极，磁南极大致指向地理北极附近，磁北极大致指向地理南极附近。通过这两个磁极的假想直线（磁轴）与地球的自转轴大约成 11.3 度的倾斜。由表中 z 轴数据可看出 z 轴的磁场竖直向下，则测量地点应位于北半球，A 错误；

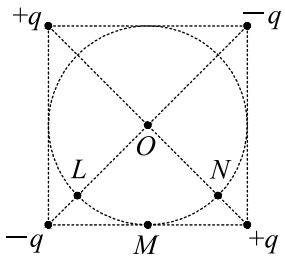
B. 磁感应强度为矢量，故由表格可看出此处的磁感应强度大致为 $B=\sqrt{B_x^2+B_z^2}=\sqrt{B_y^2+B_z^2}$

计算得 $B\approx 50\,\mu\mathrm{T}$。B 正确；

CD. 由选项 A 可知测量地在北半球，而北半球地磁场指向北方斜向下，则第 2 次测量，测量 $B_y<0$，故 y 轴指向南方，第 3 次测量 $B_x>0$ 故 x 轴指向北方而 y 轴则指向西方，C 正确、D 错误。

故选 BC。

6. 如图，两对等量异号点电荷 $+q$、$-q$（$q>0$）固定于正方形的 4 个顶点上。L、N 是该正方形两条对角线与其内切圆的交点，O 为内切圆的圆心，M 为切点。则 (AB)



A. L 和 N 两点处的电场方向相互垂直

B. M 点的电场方向平行于该点处的切线，方向向左

C. 将一带正电的点电荷从 M 点移动到 O 点，电场力做正功

D. 将一带正电的点电荷从 L 点移动到 N 点，电场力做功为零

A. 两个正电荷在 N 点产生的场强方向由 N 指向 O，N 点处于两负电荷连线的中垂线上，则两负电荷在 N 点产生的场强方向由 N 指向 O，则 N 点的合场强方向由 N 指向 O，

同理可知，两个负电荷在 L 处产生的场强方向由 O 指向 L，L 点处于两正电荷连线的中垂线上，两正电荷在 L 处产生的场强方向由 O 指向 L，则 L 处的合场方向由 O 指向 L，由于正方形两对角线垂直平分，则 L 和 N 两点处的电场方向相互垂直，故 A 正确；

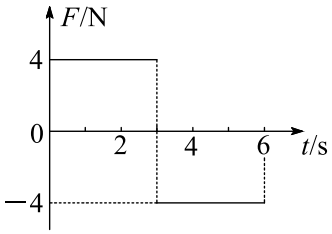
B. 正方形底边的一对等量异号电荷在 M 点产生的场强方向向左，而正方形上方的一对等量异号电荷在 M 点产生的场强方向向右，由于 M 点离上方一对等量异号电荷距离较远，则 M 点的场方向向左，故 B 正确；

C. 由图可知，M 和 O 点位于两等量异号电荷的等势线上，即 M 和 O 点电势相等，所以将一带正电的点电荷从 M 点移动到 O 点，电场力做功为零，故 C 错误；

D. 由图可知，L 点的电势低于 N 点电势，则将一带正电的点电荷从 L 点移动到 N 点，电场力做功不为零，故 D 错误。

故选 AB。

7. 质量为 $1\,\mathrm{kg}$ 的物块在水平力 F 的作用下由静止开始在水平地面上做直线运动，F 与时间 t 的关系如图所示。已知物块与地面间的动摩擦因数为 0.2，重力加速度大小取 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$。则 (AD)



A. $4\,\mathrm{s}$ 时物块的动能为零

B. $6\,\mathrm{s}$ 时物块回到初始位置

C. $3\,\mathrm{s}$ 时物块的动量为 $12\,\mathrm{kg\cdot m/s}$

D. $0\sim6\,\mathrm{s}$ 时间内 F 对物块所做的功为 $40\,\mathrm{J}$

物块与地面间的摩擦力为 $f=\mu mg=2\,\mathrm{N}$

AC. 对物块从 $0\sim3\,\mathrm{s}$ 内由动量定理可知 $(F-f)t_1=mv_3$

即 $(4-2)\times3=1\times v_3$

得 $v_3=6\,\mathrm{m/s}$

3 s 时物块的动量为 $p=mv_3=6\,\mathrm{kg\cdot m/s}$

设 3 s 后经过时间 t 物块的速度减为 0，由动量定理可得 $-(F+f)t=0-mv_3$

即 $-(4+2)t=0-1\times 6$

解得 $t=1\,\mathrm{s}$

所以物块在 4 s 时速度减为 0，则此时物块的动能也为 0，故 A 正确，C 错误；

B. $0\sim 3\,\mathrm{s}$ 物块发生的位移为 x_1，由动能定理可得 $(F-f)x_1=\frac{1}{2}mv_3^2$

即 $(4-2)x_1=\frac{1}{2}\times 1\times 6^2$

得 $x_1=9\,\mathrm{m}$

$3\,\mathrm{s}\sim 4\,\mathrm{s}$ 过程中，对物块由动能定理可得 $-(F+f)x_2=0-\frac{1}{2}mv_3^2$

即 $-(4+2)x_2=0-\frac{1}{2}\times 1\times 6^2$

得 $x_2=3\,\mathrm{m}$

$4\,\mathrm{s}\sim 6\,\mathrm{s}$ 物块开始反向运动，物块的加速度大小为 $a=\frac{F-f}{m}=2\,\mathrm{m/s^2}$

发生的位移为 $x_3=\frac{1}{2}\times 2\times 2^2\,\mathrm{m}=4\,\mathrm{m}<x_1+x_2$

即 6 s 时物块没有回到初始位置，故 B 错误；

D. 物块在 6 s 时的速度大小为 $v_6=2\times 2\,\mathrm{m/s}=4\,\mathrm{m/s}$

$0\sim 6\,\mathrm{s}$ 拉力所做的功为 $W=(4\times 9-4\times 3+4\times 4)\,\mathrm{J}=40\,\mathrm{J}$

故 D 正确。

故选 AD。

8. 一种可用于卫星上的带电粒子探测装置，由两个同轴的半圆柱形带电导体极板（半径分别为 R 和 $R+d$）和探测器组成，其横截面如图 a 所示，点 O 为圆心。在截面内，极板间各点的电场强度大小与其到 O 点的距离成反比，方向指向 O 点。4 个带正电的同种粒子从极板间通过，到达探测器。不计重力。粒子 1、2 做圆周运动，圆的圆心为 O、半径分别为 r_1、r_2（$R<r_1<r_2<R+d$）；粒子 3 从距 O 点 r_2 的位置入射并从距 O 点 r_1 的位置出射；粒子 4 从距 O 点 r_1 的位置入射并从距 O 点 r_2 的位置出射，轨迹如图 b 中虚线所示。则（BD）

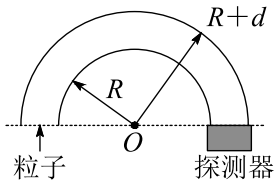


图 a

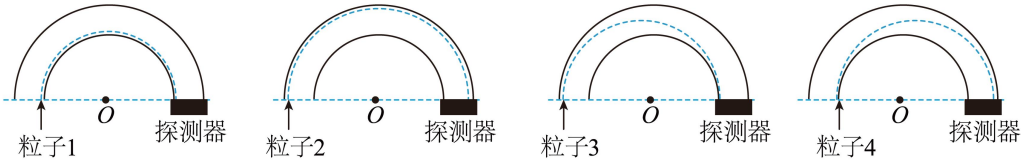


图 b

A. 粒子 3 入射时的动能比它出射时的大

B. 粒子 4 入射时的动能比它出射时的大

C. 粒子 1 入射时的动能小于粒子 2 入射时的动能

D. 粒子 1 入射时的动能大于粒子 3 入射时的动能

C. 在截面内，极板间各点的电场强度大小与其到 O 点的距离成反比，可设为 $Er=k$

带正电的同种粒子 1、2 在均匀辐向电场中做匀速圆周运动，则有 $qE_1=m\frac{v_1^2}{r_1}$，$qE_2=m\frac{v_2^2}{r_2}$

可得 $\frac{1}{2}mv_1^2=\frac{qE_1r_1}{2}=\frac{qE_2r_2}{2}$

即粒子 1 入射时的动能等于粒子 2 入射时的动能，故 C 错误；

A. 粒子 3 从距 O 点 r_2 的位置入射并从距 O 点 r_1 的位置出射，做向心运动，电场力做正功，则动能增大，粒子 3 入射时的动能比它出射时的小，故 A 错误；

B. 粒子 4 从距 O 点 r_1 的位置入射并从距 O 点 r_2 的位置出射，做离心运动，电场力做负功，则动能减小，粒子 4 入射时的动能比它出射时的大，故 B 正确；

D. 粒子 3 做向心运动，有 $qE_2>m\frac{v_3^2}{r_2}$

可得 $\frac{1}{2}mv_3^2<\frac{qE_2r_2}{2}=\frac{1}{2}mv_1^2$

粒子 1 入射时的动能大于粒子 3 入射时的动能，故 D 正确。

故选 BD。

9. 用雷达探测一高速飞行器的位置。从某时刻（$t=0$）开始的一段时间内，该飞行器可视为沿直线运动，每隔 1 s 测量一次其位置，坐标为 x，结果如下表所示：

t/s	0	1	2	3	4	5	6
x/m	0	507	1094	1759	2505	3329	4233

回答下列问题：

(1) 根据表中数据可判断该飞行器在这段时间内近似做匀加速运动，判断的理由是：

相邻 1 s 内的位移之差接近 $\Delta x = 80\,\mathrm{m}$；

(2) 当 $x = 507\,\mathrm{m}$ 时，该飞行器速度的大小 v =547 m/s；

(3) 这段时间内该飞行器加速度的大小 a =79 m/s^2（保留 2 位有效数字）。

(1) 相邻 1 s 内的位移之差接近 $\Delta x = 80\,\mathrm{m}$ (2) 547 (3) 79

（1）第 1 s 内的位移 507 m，第 2 s 内的位移 587 m，第 3 s 内的位移 665 m，第 4 s 内的位移 746 m，第 5 s 内的位移 824 m，第 6 s 内的位移 904 m，则相邻 1 s 内的位移之差接近 $\Delta x = 80\,\mathrm{m}$，可知判断飞行器在这段时间内做匀加速运动；

（2）当 $x = 507\,\mathrm{m}$ 时飞行器的速度等于 0 ~ 2 s 内的平均速度，则 $v_1 = \frac{1094}{2}\,\mathrm{m/s} = 547\,\mathrm{m/s}$

（3）根据 $a = \frac{x_{36}-x_{03}}{9T^2} = \frac{4233-2\times1759}{9\times1^2}\,\mathrm{m/s^2} \approx 79\,\mathrm{m/s^2}$

10. 一同学探究阻值约为 550 Ω 的待测电阻 R_x 在 0 ~ 5 mA 范围内的伏安特性。可用器材有：电压表 V（量程为 3 V，内阻很大），电流表 A（量程为 1 mA，内阻为 300 Ω），电源 E（电动势约为 4 V，内阻不计），滑动变阻器 R（最大阻值可选 10 Ω 或 1.5 kΩ），定值电阻 R_0（阻值可选 75 Ω 或 150 Ω），开关 S，导线若干。

(1) 要求通过 R_x 的电流可在 0 ~ 5 mA 范围内连续可调，在答题卡上将图 a 所示的器材符号连线，画出实验电路的原理图；

(2) 实验时，图 a 中的 R 应选最大阻值为10 Ω（填“10 Ω”或“1.5 kΩ”）的滑动变阻器，R_0 应选阻值为75 Ω（填“75 Ω”或“150 Ω”）的定值电阻；

(3) 测量多组数据可得 R_x 的伏安特性曲线。若在某次测量中，电压表、电流表的示数分别如图 b 和图 c 所示，则此时 R_x 两端的电压为2.30 V，流过 R_x 的电流为4.20 mA，此组数据得到的 R_x 的阻值为548 Ω（保留 3 位有效数字）。

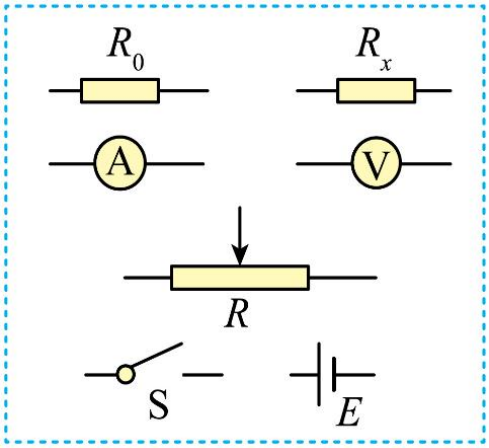


图 a

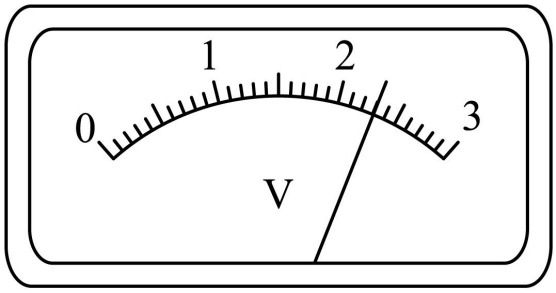


图 b

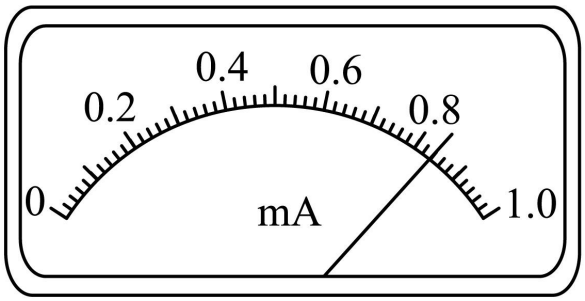
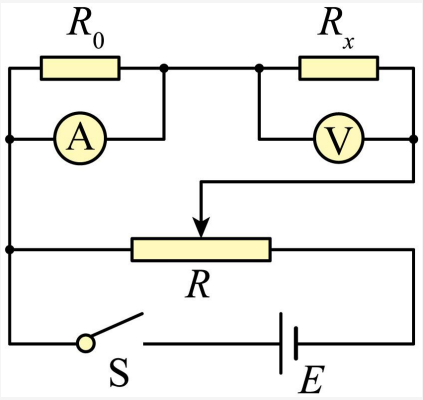


图 c

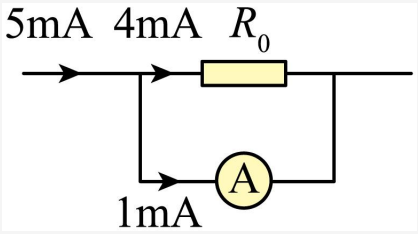
(1) 电路图见详解　(2) 10 Ω，75 Ω　(3) 2.30，4.20，548

（1）电流表内阻已知，电流表与 R_0 并联扩大电流表量程，进而准确测量通过 R_x 的电流，电压表单独测量 R_x 的电压；滑动变阻器采用分压式接法，电表从 0 开始测量，满足题中通过 R_x 的电流从 $0 \sim 5\,\mathrm{mA}$ 连续可调，电路图如下



（2）电路中 R 应选最大阻值为 10 Ω 的滑动变阻器，方便电路的调节，测量效率高、实验误差小；

通过 R_x 的电流最大为 5 mA，需要将电流表量程扩大为原来的 5 倍，根据并联分流的规律示意图如下



根据并联分流，即并联电路中电流之比等于电阻的反比，可知 $\frac{4\,\mathrm{mA}}{1\,\mathrm{mA}}=\frac{300\,\Omega}{R_0}$

解得 $R_0=75\,\Omega$

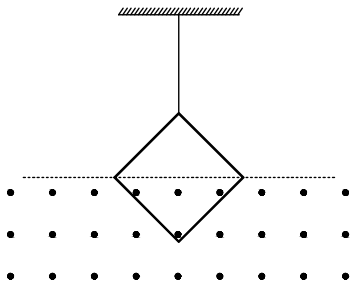
（3）电压表每小格表示 0.1 V，向后估读一位，即 $U=2.30\,\mathrm{V}$；电流表每小格表示 0.02 mA，本位估读，即 0.84 mA，电流表量程扩大 5 倍，所以通过 R_x 的电流为 $I=4.20\,\mathrm{mA}$；

根据欧姆定律可知 $R_x=\frac{U}{I}=\frac{2.30}{4.20\times10^{-3}}\,\Omega\approx548\,\Omega$

11. 如图，一不可伸长的细绳的上端固定，下端系在边长为 $l=0.40\,\mathrm{m}$ 的正方形金属框的一个顶点上。金属框的一条对角线水平，其下方有方向垂直于金属框所在平面的匀强磁场。已知构成金属框的导线单位长度的阻值为 $\lambda=5.0\times10^{-3}\,\Omega/\mathrm{m}$；在 $t=0$ 到 $t=3.0\,\mathrm{s}$ 时间内，磁感应强度大小随时间 t 的变化关系为 $B(t)=0.3-0.1t$（SI）。求：

(1) $t=2.0\,\mathrm{s}$ 时金属框所受安培力的大小；

(2) 在 $t=0$ 到 $t=2.0\,\mathrm{s}$ 时间内金属框产生的焦耳热。



(1) $0.04\sqrt{2}\,\mathrm{N}$ (2) $0.016\,\mathrm{J}$

（1）金属框的总电阻为 $R=4l\lambda=4\times0.4\times5\times10^{-3}\,\Omega=0.008\,\Omega$

金属框中产生的感应电动势为 $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{\Delta B\times\frac{l^2}{2}}{\Delta t}=0.1\times\frac{1}{2}\times0.4^2\,\mathrm{V}=0.008\,\mathrm{V}$

金属框中的电流为 $I=\frac{E}{R}=1\,\mathrm{A}$

$t=2.0\,\mathrm{s}$ 时磁感应强度为 $B_2=(0.3-0.1\times2)\,\mathrm{T}=0.1\,\mathrm{T}$

金属框处于磁场中的有效长度为 $L=\sqrt{2}l$

此时金属框所受安培力大小为 $F_A=B_2IL=0.1\times1\times\sqrt{2}\times0.4\,\mathrm{N}=0.04\sqrt{2}\,\mathrm{N}$

（2）$0 \sim 2.0\,\mathrm{s}$ 内金属框产生的焦耳热为 $Q = I^2Rt = 1^2 \times 0.008 \times 2\,\mathrm{J} = 0.016\,\mathrm{J}$

12. 如图 a，一质量为 m 的物块 A 与轻质弹簧连接，静止在光滑水平面上：物块 B 向 A 运动，$t = 0$ 时与弹簧接触，到 $t = 2t_0$ 时与弹簧分离，第一次碰撞结束，A、B 的 $v - t$ 图像如图 b 所示。已知从 $t = 0$ 到 $t = t_0$ 时间内，物块 A 运动的距离为 $0.36v_0t_0$。A、B 分离后，A 滑上粗糙斜面，然后滑下，与一直在水平面上运动的 B 再次碰撞，之后 A 再次滑上斜面，达到的最高点与前一次相同。斜面倾角为 θ（$\sin\theta = 0.6$），与水平面光滑连接。碰撞过程中弹簧始终处于弹性限度内。求

(1) 第一次碰撞过程中，弹簧弹性势能的最大值；

(2) 第一次碰撞过程中，弹簧压缩量的最大值；

(3) 物块 A 与斜面间的动摩擦因数。

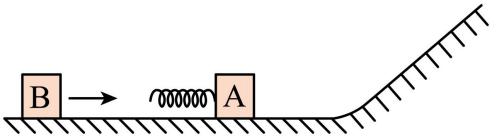


图 a

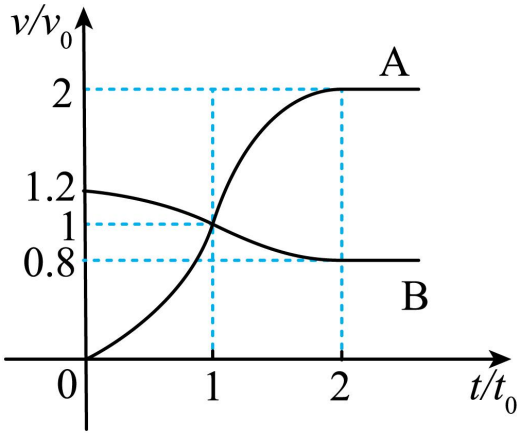


图 b

(1) $0.6mv_0^2$　(2) $0.768v_0t_0$　(3) 0.45

（1）当弹簧被压缩最短时，弹簧弹性势能最大，此时 A、B 速度相等，即 $t = t_0$ 时刻，根据动量守恒定律 $m_B \cdot 1.2v_0 = (m_B + m)v_0$

根据能量守恒定律 $E_{p\max} = \frac{1}{2}m_B(1.2v_0)^2 - \frac{1}{2}(m_B + m)v_0^2$

联立解得 $m_B = 5m$，$E_{p\max} = 0.6mv_0^2$

（2）解法一：同一时刻弹簧对 A、B 的弹力大小相等，根据牛顿第二定律 $F = ma$

可知同一时刻 $a_A = 5a_B$

则同一时刻 A、B 的瞬时速度分别为 $v_A = a_At$，$v_B = 1.2v_0 - \frac{a_At}{5}$

根据位移等速度在时间上的累积可得 $s_A = v_At$（累积），$s_B = v_Bt$（累积）

又 $s_A = 0.36v_0t_0$

解得 $s_B = 1.128v_0t_0$

第一次碰撞过程中，弹簧压缩量的最大值 $\Delta s = s_B - s_A = 0.768 v_0 t_0$

解法二：B 接触弹簧后，压缩弹簧的过程中，A、B 动量守恒，有 $m_B \times 1.2 v_0 = 6 m v_0 = m_B v_B + m v_A$

对方程两边同时乘以时间 Δt，有 $6 m v_0 \Delta t = 5 m v_B \Delta t + m v_A \Delta t$

$0 - t_0$ 之间，根据位移等速度在时间上的累积，可得 $6 m v_0 t_0 = 5 m s_B + m s_A$

将 $s_A = 0.36 v_0 t_0$ 代入可得 $s_B = 1.128 v_0 t_0$

则第一次碰撞过程中，弹簧压缩量的最大值 $\Delta s = s_B - s_A = 0.768 v_0 t_0$

（3）物块 A 第二次到达斜面的最高点与第一次相同，说明物块 A 第二次与 B 分离后速度大小仍为 $2v_0$，方向水平向右，设物块 A 第一次滑下斜面的速度大小为 v_A，设向左为正方向，根据动量守恒定律可得 $m v_A' - 5m \cdot 0.8 v_0 = m \cdot (-2 v_0) + 5 m v_B'$

根据能量守恒定律可得 $\frac{1}{2} m v_A'^2 + \frac{1}{2} \cdot 5m \cdot (0.8 v_0)^2 = \frac{1}{2} m \cdot (-2 v_0)^2 + \frac{1}{2} \cdot 5 m v_B'^2$

联立解得 $v_A' = v_0$

方法一：设在斜面上滑行的长度为 L，上滑过程，根据动能定理可得 $-mgL \sin\theta - \mu mgL \cos\theta = 0 - \frac{1}{2} m (2 v_0)^2$

下滑过程，根据动能定理可得 $mgL \sin\theta - \mu mgL \cos\theta = \frac{1}{2} m v_0^2 - 0$

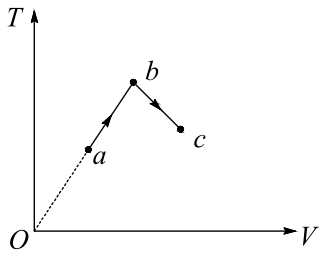
联立解得 $\mu = 0.45$

方法二：根据牛顿第二定律，可以分别计算出滑块 A 上滑和下滑时的加速度，$mg \sin\theta + \mu mg \cos\theta = m a_{上}$，$mg \sin\theta - \mu mg \cos\theta = m a_{下}$

上滑时末速度为 0，下滑时初速度为 0，由匀变速直线运动的位移速度关系可得 $2 a_{上} x = (2 v_0)^2 - 0$，$2 a_{下} x = v_A'^2 = v_0^2$

联立可解得 $\mu = 0.45$

13.（1）一定量的理想气体从状态 a 经状态 b 变化到状态 c，其过程如 $T - V$ 图上的两条线段所示，则气体在（ABD）



A. 状态 a 处的压强大于状态 c 处的压强

B. 由 a 变化到 b 的过程中，气体对外做功

C. 由 b 变化到 c 的过程中，气体的压强不变

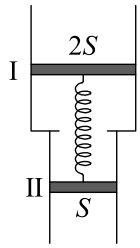
D. 由 a 变化到 b 的过程中，气体从外界吸热

E. 由 a 变化到 b 的过程中，从外界吸收的热量等于其增加的内能

（2）如图，一竖直放置的汽缸由两个粗细不同的圆柱形筒组成，汽缸中活塞 I 和活塞 II 之间封闭有一定量的理想气体，两活塞用一轻质弹簧连接，汽缸连接处有小卡销，活塞 II 不能通过连接处。活塞 I 、II 的质量分别为 $2m$、m，面积分别为 $2S$、S，弹簧原长为 l。初始时系统处于平衡状态，此时弹簧的伸长量为 $0.1l$，活塞 I 、II 到汽缸连接处的距离相等，两活塞间气体的温度为 T_0。已知活塞外大气压强为 p_0，忽略活塞与缸壁间的摩擦，汽缸无漏气，不计弹簧的体积。

(1) 求弹簧的劲度系数；

(2) 缓慢加热两活塞间的气体，求当活塞 II 刚运动到汽缸连接处时，活塞间气体的压强和温度。



(1) $k=\frac{40mg}{l}$　(2) $p_2=p_0+\frac{3mg}{S}$，$T_2=\frac{4}{3}T_0$

AC. 根据理想气体状态方程可知 $T=\frac{p}{nR}\cdot V$

即 $T-V$ 图像的斜率为 $\frac{p}{nR}$，故有 $p_a=p_b>p_c$

故 A 正确，C 错误；

B. 理想气体由 a 变化到 b 的过程中，因体积增大，则气体对外做功，故 B 正确；

DE. 理想气体由 a 变化到 b 的过程中，温度升高，则内能增大，由热力学第一定律有 $\Delta U=Q+W$

而 $\Delta U>0$，$W<0$，则有 $\Delta U=Q-|W|$

可得 $Q>0$，$Q>\Delta U$

即气体从外界吸热，且从外界吸收的热量大于其增加的内能，故 D 正确，E 错误；

故选 ABD。

（1）设封闭气体的压强为 p_1，对两活塞和弹簧的整体受力分析，由平衡条件有 $mg+p_0\cdot 2S+2mg+p_1S=p_0S+p_1\cdot 2S$

解得 $p_1=p_0+\frac{3mg}{S}$

对活塞 I 由平衡条件有 $2mg+p_0\cdot 2S+k\cdot 0.1l=p_1\cdot 2S$

解得弹簧的劲度系数为 $k=\frac{40mg}{l}$

（2）缓慢加热两活塞间的气体使得活塞 II 刚运动到汽缸连接处时，对两活塞和弹簧的整体由平衡条件可知，气体的压强不变依然为 $p_2=p_1=p_0+\frac{3mg}{S}$

即封闭气体发生等压过程，初末状态的体积分别为 $V_1=\frac{1.1l}{2}\times 2S+\frac{1.1l}{2}\times S=\frac{3.3lS}{2}$，$V_2=l_2\cdot 2S$

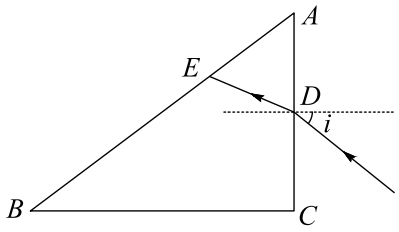
由气体的压强不变，则弹簧的弹力也不变，故有 $l_2=1.1l$

有等压方程可知 $\frac{V_1}{T_0}=\frac{V_2}{T_2}$

解得 $T_2=\frac{4}{3}T_0$

14.（1）介质中平衡位置在同一水平面上的两个点波源 S_1 和 S_2，二者做简谐运动的振幅相等，周期均为 0.8 s。当 S_1 过平衡位置向上运动时，S_2 也过平衡位置向上运动。若波速为 5 m/s，则由 S_1 和 S_2 发出的简谐横波的波长均为4 m。P 为波源平衡位置所在水平面上的一点，与 S_1、S_2 平衡位置的距离均为 10 m，则两波在 P 点引起的振动总是相互加强的；当 S_1 恰好在平衡位置向上运动时，平衡位置在 P 处的质点向下运动。

（2）一细束单色光在三棱镜 ABC 的侧面 AC 上以大角度由 D 点入射（入射面在棱镜的横截面内），入射角为 i，经折射后射至 AB 边的 E 点，如图所示，逐渐减小 i，E 点向 B 点移动，当 $\sin i=\frac{1}{6}$ 时，恰好没有光线从 AB 边射出棱镜，且 $DE=DA$。求棱镜的折射率。



$n=1.5$

（1）因周期 $T=0.8\,\mathrm{s}$，波速为 $v=5\,\mathrm{m/s}$，则波长为 $\lambda=vT=4\,\mathrm{m}$。

（2）因两波源到 P 点的距离之差为零，且两振源振动方向相同，则 P 点的振动是加强的；

（3）因 $S_1P=10\,\mathrm{m}=2.5\lambda$，则当 S_1 恰好的平衡位置向上运动时，平衡位置在 P 点的质点向下振动。

因为当 $\sin i=\frac{1}{6}$ 时，恰好没有光线从 AB 边射出，可知光线在 E 点发生全反射，设临界角为 C，则 $\sin C=\frac{1}{n}$

由几何关系可知，光线在 D 点的折射角为 $r = 90° - 2C$

则 $\frac{\sin i}{\sin r} = n$

联立可得 $n = 1.5$

