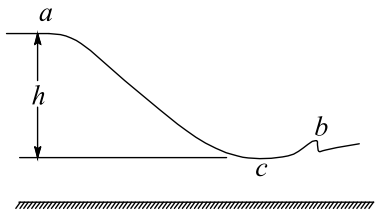
2022 年全国甲卷

1. 北京 2022 年冬奥会首钢滑雪大跳台局部示意图如图所示。运动员从 a 处由静止自由滑下，到 b 处起跳，c 点为 a、b 之间的最低点，a、c 两处的高度差为 h。要求运动员经过 c 点时对滑雪板的压力不大于自身所受重力的 k 倍，运动过程中将运动员视为质点并忽略所有阻力，则 c 点处这一段圆弧雪道的半径不应小于 (D)



A. $\frac{h}{k+1}$　　B. $\frac{h}{k}$　　C. $\frac{2h}{k}$　　D. $\frac{2h}{k-1}$

> 运动员从 a 到 c 根据动能定理有
>
> $mgh=\frac{1}{2}mv_c^2$
>
> 在 c 点有
>
> $F_{\mathrm{Nc}}-mg=m\frac{v_c^2}{R_c}$
>
> $F_{\mathrm{Nc}}\leq kmg$
>
> 联立有：$R_c\geqslant\frac{2h}{k-1}$
>
> 故选 D。

2. 长为 l 的高速列车在平直轨道上正常行驶，速率为 v_0，要通过前方一长为 L 的隧道，当列车的任一部分处于隧道内时，列车速率都不允许超过 v（$v<v_0$）。已知列车加速和减速时加速度的大小分别为 a 和 $2a$，则列车从减速开始至回到正常行驶速率 v_0 所用时间至少为 (C)

A. $\frac{v_0-v}{2a}+\frac{L+l}{v}$　　B. $\frac{v_0-v}{a}+\frac{L+2l}{v}$　　C. $\frac{3(v_0-v)}{2a}+\frac{L+l}{v}$　　D. $\frac{3(v_0-v)}{a}+\frac{L+2l}{v}$

> 由题知当列车的任一部分处于隧道内时，列车速率都不允许超过 v（$v<v_0$），则列车进隧道前必须减速到 v，则有
>
> $v=v_0-2at_1$
>
> 解得
>
> $t_1=\frac{v_0-v}{2a}$
>
> 在隧道内匀速有
>
> $t_2=\frac{L+l}{v}$

列车尾部出隧道后立即加速到 v_0，有

$v_0 = v + at_3$

解得

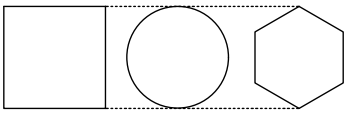
$t_3 = \frac{v_0 - v}{a}$

则列车从减速开始至回到正常行驶速率 v_0 所用时间至少为

$t = \frac{3(v_0 - v)}{2a} + \frac{L + l}{v}$

故选 C。

3. 三个用同样的细导线做成的刚性闭合线框，正方形线框的边长与圆线框的直径相等，圆线框的半径与正六边形线框的边长相等，如图所示。把它们放入磁感应强度随时间线性变化的同一匀强磁场中，线框所在平面均与磁场方向垂直，正方形、圆形和正六边形线框中感应电流的大小分别为 I_1、I_2 和 I_3。则（C）



A. $I_1 < I_3 < I_2$　　B. $I_1 > I_3 > I_2$　　C. $I_1 = I_2 > I_3$　　D. $I_1 = I_2 = I_3$

设圆线框的半径为 r，则由题意可知正方形线框的边长为 $2r$，正六边形线框的边长为 r；所以圆线框的周长为 $C_2 = 2\pi r$，面积为 $S_2 = \pi r^2$；同理可知正方形线框的周长和面积分别为

$C_1 = 8r$，$S_1 = 4r^2$

正六边形线框的周长和面积分别为

$C_3 = 6r$，$S_3 = \frac{1}{2} \times 6 \times r \times \frac{\sqrt{3}}{2} r = \frac{3\sqrt{3} r^2}{2}$

三线框材料粗细相同，根据电阻定律

$R = \rho \frac{L}{S_{\text{横截面}}}$

可知三个线框电阻之比为

$R_1 : R_2 : R_3 = C_1 : C_2 : C_3 = 8 : 2\pi : 6$

根据法拉第电磁感应定律有

$I = \frac{E}{R} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{S}{R}$

可得电流之比为：

$I_1 : I_2 : I_3 = 2 : 2 : \sqrt{3}$

即

$I_1 = I_2 > I_3$

故选 C。

4. 两种放射性元素的半衰期分别为 t_0 和 $2t_0$，在 $t = 0$ 时刻这两种元素的原子核总数为 N，在 $t = 2t_0$ 时刻，尚未衰变的原子核总数为 $\frac{N}{3}$，则在 $t = 4t_0$ 时刻，尚未衰变的原子核总数为 (C)

A. $\frac{N}{12}$　　B. $\frac{N}{9}$　　C. $\frac{N}{8}$　　D. $\frac{N}{6}$

根据题意设半衰期为 t_0 的元素原子核数为 x，另一种元素原子核数为 y，依题意有

$x + y = N$

经历 $2t_0$ 后有

$\frac{1}{4}x + \frac{1}{2}y = \frac{N}{3}$

联立可得

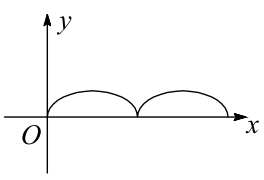
$x = \frac{2}{3}N$，$y = \frac{1}{3}N$

在 $t = 4t_0$ 时，原子核数为 x 的元素经历了 4 个半衰期，原子核数为 y 的元素经历了 2 个半衰期，则此时未衰变的原子核总数为

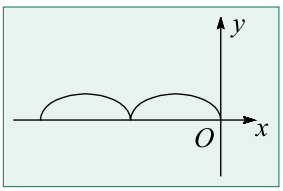
$n = \frac{1}{2^4}x + \frac{1}{2^2}y = \frac{N}{8}$

故选 C。

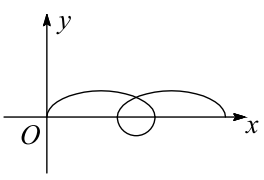
5. 空间存在着匀强磁场和匀强电场，磁场的方向垂直于纸面（xOy 平面）向里，电场的方向沿 y 轴正方向。一带正电的粒子在电场和磁场的作用下，从坐标原点 O 由静止开始运动。下列四幅图中，可能正确描述该粒子运动轨迹的是 (B)



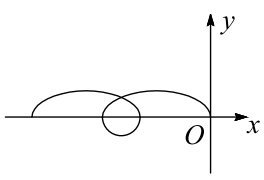
A.



B.



C.



D.

解法一：

AC．在 xOy 平面内电场的方向沿 y 轴正方向，故在坐标原点 O 静止的带正电粒子在电场力作用下会向 y 轴正方向运动。磁场方向垂直于纸面向里，根据左手定则，可判断出向 y 轴正方向运动的粒子同时受到沿 x 轴负方向的洛伦兹力，故带电粒子向 x 轴负方向偏转。AC 错误；

BD．运动的过程中在电场力对带电粒子做功，粒子速度大小发生变化，粒子所受的洛伦兹力方向始终与速度方向垂直。由于匀强电场方向是沿 y 轴正方向，故 x 轴为匀强电场的等势面，从开始到带电粒子偏转再次运动到 x 轴时，电场力做功为 0，洛伦兹力不做功，故带电粒子再次回到 x 轴时的速度为 0，随后受电场力作用再次进入第二象限重复向左偏转，故 B 正确，D 错误。

故选 B。

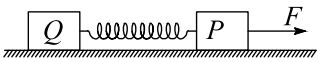
解法二：

粒子在 O 点静止，对速度进行分解，分解为向 x 轴正方向的速度 v，向 x 轴负方向的速度 v'，两个速度大小相等，方向相反。使得其中一个洛伦兹力平衡电场力，即 $qBv' = qE$

则粒子在电场、磁场中的运动，可视为，向 x 轴负方向以速度 $v' = \frac{E}{B}$ 做匀速直线运动，同时在 x 轴上方做匀速圆周运动。

故选 B。

6. 如图，质量相等的两滑块 P、Q 置于水平桌面上，二者用一轻弹簧水平连接，两滑块与桌面间的动摩擦因数均为 μ。重力加速度大小为 g。用水平向右的拉力 F 拉动 P，使两滑块均做匀速运动；某时刻突然撤去该拉力，则从此刻开始到弹簧第一次恢复原长之前（ AD ）



A．P 的加速度大小的最大值为 $2\mu g$

B．Q 的加速度大小的最大值为 $2\mu g$

C．P 的位移大小一定大于 Q 的位移大小

D．P 的速度大小均不大于同一时刻 Q 的速度大小

设两物块的质量均为 m，撤去拉力前，两滑块均做匀速直线运动，则拉力大小为 $F = 2\mu mg$

撤去拉力前对 Q 受力分析可知，弹簧的弹力为

$T_0 = \mu mg$

AB．以向右为正方向，撤去拉力瞬间弹簧弹力不变为 μmg，两滑块与地面间仍然保持相对滑动，此时滑块 P 的加速度为

$-T_0 - \mu mg = ma_{P1}$

解得

$a_{P1}=-2\mu g$

此刻滑块 Q 所受的外力不变，加速度仍为零，滑块 P 做减速运动，故 PQ 间距离减小，弹簧的伸长量变小，弹簧弹力变小。根据牛顿第二定律可知 P 减速的加速度减小，滑块 Q 的合外力增大，合力向左，做加速度增大的减速运动。

故 P 加速度大小的最大值是刚撤去拉力瞬间的加速度为 $2\mu g$。

Q 加速度大小最大值为弹簧恢复原长时

$-\mu mg=ma_{Qm}$

解得

$a_{Qm}=-\mu g$

故滑块 Q 加速度大小最大值为 μg，A 正确，B 错误；

C．滑块 PQ 水平向右运动，PQ 间的距离在减小，故 P 的位移一定小于 Q 的位移，C 错误；

D．滑块 P 在弹簧恢复到原长时的加速度为

$-\mu mg=ma_{P2}$

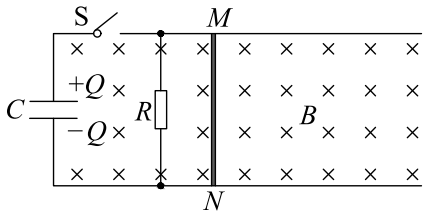
解得

$a_{P2}=-\mu g$

撤去拉力时，PQ 的初速度相等，滑块 P 由开始的加速度大小为 $2\mu g$ 做加速度减小的减速运动，最后弹簧原长时加速度大小为 μg；滑块 Q 由开始的加速度为 0 做加速度增大的减速运动，最后弹簧原长时加速度大小也为 μg。分析可知 P 的速度大小均不大于同一时刻 Q 的速度大小，D 正确。

故选 AD。

7. 如图，两根相互平行的光滑长直金属导轨固定在水平绝缘桌面上，在导轨的左端接入电容为 C 的电容器和阻值为 R 的电阻。质量为 m、阻值也为 R 的导体棒 MN 静止于导轨上，与导轨垂直，且接触良好，导轨电阻忽略不计，整个系统处于方向竖直向下的匀强磁场中。开始时，电容器所带的电荷量为 Q，合上开关 S 后，(AD)



A. 通过导体棒 MN 电流的最大值为 $\frac{Q}{RC}$

B. 导体棒 MN 向右先加速、后匀速运动

C. 导体棒 MN 速度最大时所受的安培力也最大

D. 电阻 R 上产生的焦耳热大于导体棒 MN 上产生的焦耳热

MN 在运动过程中为非纯电阻，MN 上的电流瞬时值为

$i=\frac{u-Blv}{R}$

A．当闭合的瞬间，$Blv=0$，此时 MN 可视为纯电阻 R，此时反电动势最小，故电流最大

$I_{max}=\frac{U}{R}=\frac{Q}{CR}$

故 A 正确；

B．当 $u>Blv$ 时，导体棒加速运动，当速度达到最大值之后，电容器与 MN 及 R 构成回路，由于一直处于通路的形式，由能量守恒可知，最后 MN 终极速度为零，故 B 错误；

C．MN 在运动过程中为非纯电阻电路，MN 上的电流瞬时值为

$i=\frac{u-Blv}{R}$

当 $u=Blv$ 时，MN 上电流瞬时为零，安培力为零此时，MN 速度最大，故 C 错误；

D．在 MN 加速度阶段，由于 MN 反电动势存在，故 MN 上电流小于电阻 R 上的电流，电阻 R 消耗电能大于 MN 上消耗的电能（即 $E_R>E_{MN}$），故加速过程中，$Q_R>Q_{MN}$；当 MN 减速为零的过程中，电容器的电流和导体棒的电流都流经电阻 R 形成各自的回路，因此可知此时也是电阻 R 的电流大，综上分析可知全过程中电阻 R 上的热量大于导体棒上的热量，故 D 正确。

故选 AD。

8. 地面上方某区域存在方向水平向右的匀强电场，将一带正电荷的小球自电场中 P 点水平向左射出。小球所受的重力和电场力的大小相等，重力势能和电势能的零点均取在 P 点。则射出后，(BD)

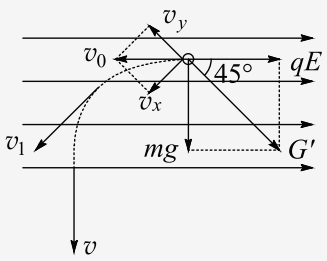
A. 小球的动能最小时，其电势能最大

B. 小球的动能等于初始动能时，其电势能最大

C. 小球速度的水平分量和竖直分量大小相等时，其动能最大

D. 从射出时刻到小球速度的水平分量为零时，重力做的功等于小球电势能的增加量

A．如图所示



$qE = mg$

故等效重力 G' 的方向与水平成 45°。

当 $v_y = 0$ 时速度最小为 $v_{\min} = v_1$，由于此时 v_1 存在水平分量，电场力还可以向左做负功，故此时电势能不是最大，故 A 错误；

BD．水平方向上：$v_0 = \frac{qE}{m}t$

在竖直方向上：$v = gt$

由于 $qE = mg$，得 $v = v_0$

如图所示，小球的动能等于末动能。由于此时速度没有水平分量，故电势能最大。由动能定理可知

$W_G + W_{电} = 0$

则重力做功等于小球电势能的增加量，故 BD 正确；

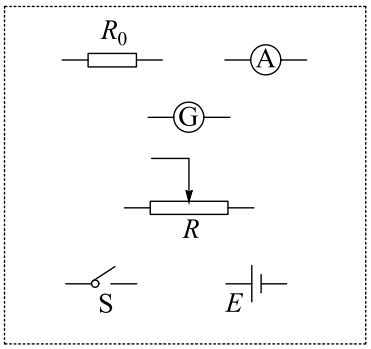
C．当如图中 v_1 所示时，此时速度水平分量与竖直分量相等，动能最小，故 C 错误；

故选 BD。

9. 某同学要测量微安表内阻，可利用的实验器材有：电源 E（电动势 1.5 V，内阻很小），电流表（量程 10 mA，内阻约 10 Ω），微安表（量程 100 μA，内阻 R_g 待测，约 1 kΩ），滑动变阻器 R（最大阻值 10 Ω），定值电阻 R_0（阻值 10 Ω），开关 S，导线若干。

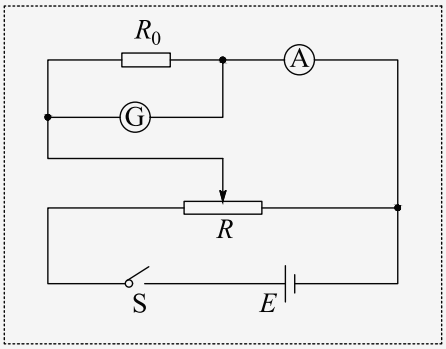
   (1) 在答题卡上将图中所示的器材符号连线，画出实验电路原理图；

   (2) 某次测量中，微安表的示数为 90.0 μA，电流表的示数为 9.00 mA，由此计算出微安表内阻 R_g =990 Ω。



(1) 如图 (2) 990

（1）为了准确测出微安表两端的电压，可以让微安表与定值电阻 R_0 并联，再与电流表串联，通过电流表的电流与微安表的电流之差，可求出流过定值电阻 R_0 的电流，从而求出微安表两端的电压，进而求出微安表的内电阻，由于电源电压过大，并且为了测量多组数据，滑动变阻器采用分压式解法，实验电路原理图如图所示



（2）流过定值电阻 R_0 的电流

$I = I_A - I_G = 9.00\,\mathrm{mA} - 0.09\,\mathrm{mA} = 8.91\,\mathrm{mA}$

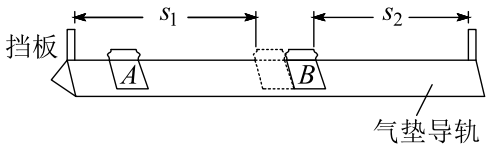
加在微安表两端的电压

$U = IR_0 = 8.91 \times 10^{-2}\,\mathrm{V}$

微安表的内电阻

$R_g = \frac{U}{I_G} = \frac{8.91\times10^{-2}}{90.0\times10^{-6}}\,\Omega = 990\,\Omega$

10. 利用图示的实验装置对碰撞过程进行研究。让质量为 m_1 的滑块 A 与质量为 m_2 的静止滑块 B 在水平气垫导轨上发生碰撞，碰撞时间极短，比较碰撞后 A 和 B 的速度大小 v_1 和 v_2，进而分析碰撞过程是否为弹性碰撞。完成下列填空：



(1) 调节导轨水平；

(2) 测得两滑块的质量分别为 0.510 kg 和 0.304 kg。要使碰撞后两滑块运动方向相反，应选取质量为 0.304 kg 的滑块作为 A；

(3) 调节 B 的位置，使得 A 与 B 接触时，A 的左端到左边挡板的距离 s_1 与 B 的右端到右边挡板的距离 s_2 相等；

(4) 使 A 以一定的初速度沿气垫导轨运动，并与 B 碰撞，分别用传感器记录 A 和 B 从碰撞时刻开始到各自撞到挡板所用的时间 t_1 和 t_2；

(5) 将 B 放回到碰撞前的位置，改变 A 的初速度大小，重复步骤（4）。多次测量的结果如下表所示；

	1	2	3	4	5
t_1/s	0.49	0.67	1.01	1.22	1.39
t_2/s	0.15	0.21	0.33	0.40	0.46
$k=\frac{v_1}{v_2}$	0.31	k_2	0.33	0.33	0.33

(6) 表中的 k_2 =0.31（保留 2 位有效数字）；

(7) $\frac{v_1}{v_2}$ 的平均值为 0.32；（保留 2 位有效数字）

(8) 理论研究表明，对本实验的碰撞过程，是否为弹性碰撞可由 $\frac{v_1}{v_2}$ 判断。若两滑块的碰撞为弹性碰撞，则 $\frac{v_1}{v_2}$ 的理论表达式为$\frac{m_2-m_1}{2m_1}$（用 m_1 和 m_2 表示），本实验中其值为 0.34（保留 2 位有效数字），若该值与（7）中结果间的差别在允许范围内，则可认为滑块 A 与滑块 B 在导轨上的碰撞为弹性碰撞。

(1) （无作答要求） (2) 0.304 (3) （无作答要求） (4) （无作答要求） (5) （无作答要求） (6) 0.31 (7) 0.32 (8) $\frac{m_2-m_1}{2m_1}$，0.34

（2）应该用质量较小的滑块碰撞质量较大的滑块，碰后运动方向相反，故选 0.304 kg 的滑块作为 A。

（6）由于两段位移大小相等，根据表中的数据可得

$$k_2=\frac{v_1}{v_2}=\frac{t_2}{t_1}=\frac{0.21}{0.67}=0.31$$

（7）$\frac{v_1}{v_2}$ 平均值为

$$\overline{k}=\frac{0.31+0.31+0.33+0.33+0.33}{5}=0.32$$

（8）弹性碰撞时满足动量守恒和机械能守恒，可得

$$m_1v_0=-m_1v_1+m_2v_2$$

$$\frac{1}{2}m_1v_0^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$$

联立解得

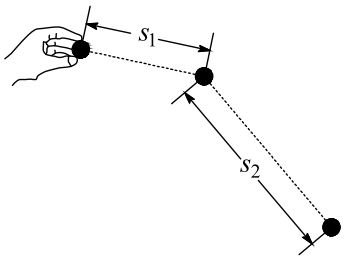
$$\frac{v_1}{v_2}=\frac{m_2-m_1}{2m_1}$$

代入数据可得

$$\frac{v_1}{v_2}=0.34$$

11. 将一小球水平抛出，使用频闪仪和照相机对运动的小球进行拍摄，频闪仪每隔 0.05 s 发出一次闪光。某次拍摄时，小球在抛出瞬间频闪仪恰好闪光，拍摄的照片编辑后如图所

示。图中的第一个小球为抛出瞬间的影像，每相邻两个球之间被删去了 3 个影像，所标出的两个线段的长度 s_1 和 s_2 之比为 3 : 7。重力加速度大小取 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$，忽略空气阻力。求在抛出瞬间小球速度的大小。



$\frac{2\sqrt{5}}{5}\,\mathrm{m/s}$

频闪仪每隔 0.05 s 发出一次闪光，每相邻两个球之间被删去 3 个影像，故相邻两球的时间间隔为 $t = 4T = 0.05 \times 4\,\mathrm{s} = 0.2\,\mathrm{s}$

设抛出瞬间小球的速度为 v_0，每相邻两球间的水平方向上位移为 x，竖直方向上的位移分别为 y_1、y_2，根据平抛运动位移公式有

$x = v_0 t$

$y_1 = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.2^2\,\mathrm{m} = 0.2\,\mathrm{m}$

$y_2 = \frac{1}{2}g(2t)^2 - \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (0.4^2 - 0.2^2)\,\mathrm{m} = 0.6\,\mathrm{m}$

令 $y_1 = y$，则有

$y_2 = 3y_1 = 3y$

已标注的线段 s_1、s_2 分别为

$s_1 = \sqrt{x^2 + y^2}$

$s_2 = \sqrt{x^2 + (3y)^2} = \sqrt{x^2 + 9y^2}$

则有

$\sqrt{x^2 + y^2} : \sqrt{x^2 + 9y^2} = 3 : 7$

整理得

$x = \frac{2\sqrt{5}}{5}y$

故在抛出瞬间小球的速度大小为

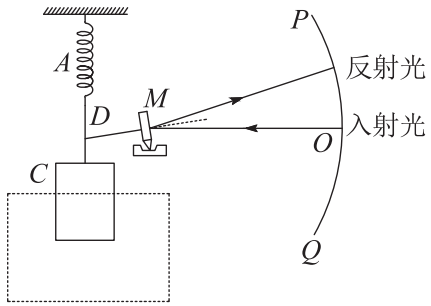
$v_0 = \frac{x}{t} = \frac{2\sqrt{5}}{5}\,\mathrm{m/s}$

12. 光点式检流计是一种可以测量微小电流的仪器，其简化的工作原理示意图如图所示。图中 A 为轻质绝缘弹簧，C 为位于纸面上的线圈，虚线框内有与纸面垂直的匀强磁场；M

为置于平台上的轻质小平面反射镜，轻质刚性细杆 D 的一端与 M 固连且与镜面垂直、另一端与弹簧下端相连，PQ 为圆弧形的、带有均匀刻度的透明读数条，PQ 的圆心位于 M 的中心。使用前需调零：使线圈内没有电流通过时，M 竖直且与纸面垂直；入射细光束沿水平方向经 PQ 上的 O 点射到 M 上后沿原路反射。线圈通入电流后弹簧长度改变，使 M 发生倾斜，入射光束在 M 上的入射点仍近似处于 PQ 的圆心，通过读取反射光射到 PQ 上的位置，可以测得电流的大小。已知弹簧的劲度系数为 k，磁场磁感应强度大小为 B，线圈 C 的匝数为 N，沿水平方向的长度为 l，细杆 D 的长度为 d，圆弧 PQ 的半径为 r，$r \gg d$，d 远大于弹簧长度改变量的绝对值。

(1) 若在线圈中通入的微小电流为 I，求平衡后弹簧长度改变量的绝对值 Δx 及 PQ 上反射光点与 O 点间的弧长 s；

(2) 某同学用此装置测一微小电流，测量前未调零，将电流通入线圈后，PQ 上反射光点出现在 O 点上方，与 O 点间的弧长为 s_1，保持其它条件不变，只将该电流反向接入，则反射光点出现在 O 点下方，与 O 点间的弧长为 s_2。求待测电流的大小。



(1) $\frac{NBIl}{k}$，$\frac{2NBIlr}{dk}$　(2) $\frac{dk(s_1+s_2)}{4NBlr}$

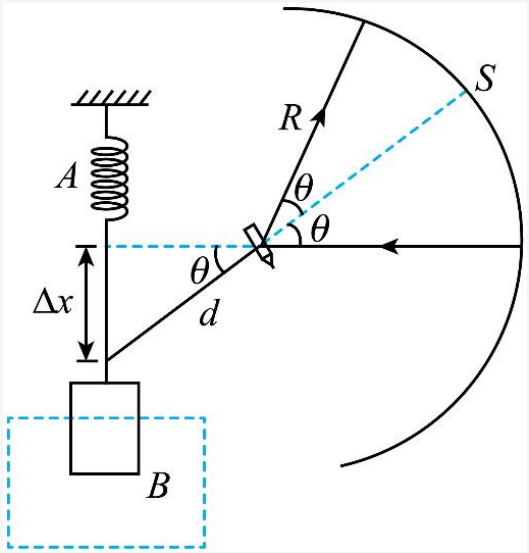
（1）由题意当线圈中通入微小电流 I 时，线圈中的安培力为 $F = NBIl$

根据胡克定律有

$F = NBIl = k|\Delta x|$

$|\Delta x| = \frac{NBIl}{k}$

如图所示



设此时细杆转过的弧度为 θ，则可知反射光线转过的弧度为 2θ，又因为

$d \gg \Delta x$，$r \gg d$

则

$\sin\theta \approx \theta$，$\sin 2\theta \approx 2\theta$

所以有

$\Delta x = d \cdot \theta$

$s = r \cdot 2\theta$

联立可得

$s = \frac{2r}{d}\Delta x = \frac{2NBIlr}{dk}$

（2）因为测量前未调零，设没有通电流时偏移的弧长为 s'，当初始时反射光点在 O 点上方，通电流 I' 后根据前面的结论可知有

$s_1 = \frac{2NBI'lr}{dk} + s'$

当电流反向后有

$s_2 = \frac{2NBI'lr}{dk} - s'$

联立可得

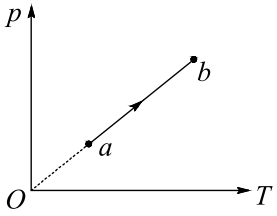
$I' = \frac{dk(s_1+s_2)}{4NBlr}$

同理可得初始时反射光点在 O 点下方结果也相同，故待测电流的大小为

$I' = \frac{dk(s_1+s_2)}{4NBlr}$

13.（1）一定量的理想气体从状态 a 变化到状态 b，其过程如 $p-T$ 图上从 a 到 b 的线段

所示。在此过程中（BCE）



A. 气体一直对外做功　　B. 气体的内能一直增加

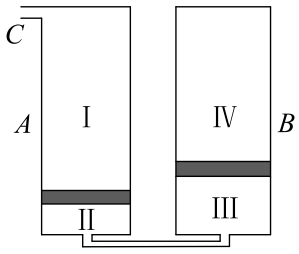
C. 气体一直从外界吸热　　D. 气体吸收的热量等于其对外做的功

E. 气体吸收的热量等于其内能的增加量

（2）如图，容积均为 V_0、缸壁可导热的 A、B 两汽缸放置在压强为 p_0、温度为 T_0 的环境中；两汽缸的底部通过细管连通，A 汽缸的顶部通过开口 C 与外界相通：汽缸内的两活塞将缸内气体分成 I、II、III、IV四部分，其中第 II、III部分的体积分别为 $\frac{1}{8}V_0$ 和 $\frac{1}{4}V_0$、环境压强保持不变，不计活塞的质量和体积，忽略摩擦。

(1) 将环境温度缓慢升高，求 B 汽缸中的活塞刚到达汽缸底部时的温度；

(2) 将环境温度缓慢改变至 $2T_0$，然后用气泵从开口 C 向汽缸内缓慢注入气体，求 A 汽缸中的活塞到达汽缸底部后，B 汽缸内第IV部分气体的压强。



(1) $T=\frac{4}{3}T_0$　(2) $p=\frac{9}{4}p_0$

（1）A．因从 a 到 b 的 $p-T$ 图像过原点，由 $\frac{pV}{T}=C$ 可知从 a 到 b 气体的体积不变，则从 a 到 b 气体不对外做功，选项 A 错误；

B．因从 a 到 b 气体温度升高，可知气体内能增加，选项 B 正确；

CDE．因 $W=0$，$\Delta U>0$，根据热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$ 可知，气体一直从外界吸热，且气体吸收的热量等于内能增加量，选项 CE 正确，D 错误。

故选 BCE。

（2）因两活塞的质量不计，则当环境温度升高时，IV内的气体压强总等于大气压强，则该气体进行等压变化，则当 B 中的活塞刚到达汽缸底部时，由盖吕萨克定律可得

$\frac{\frac{3}{4}V_0}{T_0}=\frac{V_0}{T}$

解得：$T=\frac{4}{3}T_0$

设当 A 中的活塞到达汽缸底部时Ⅲ中气体的压强为 p，则此时Ⅳ内的气体压强也等于 p，设此时Ⅳ内的气体的体积为 V，则Ⅱ、Ⅲ两部分气体被压缩的体积为 V_0-V，则对气体Ⅳ

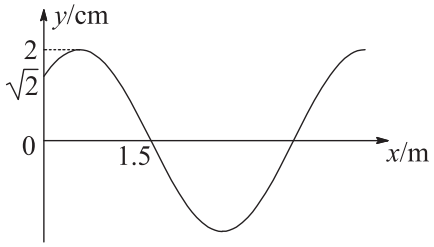
$\frac{p_0\cdot\frac{3V_0}{4}}{T_0}=\frac{pV}{2T_0}$

对Ⅱ、Ⅲ两部分气体

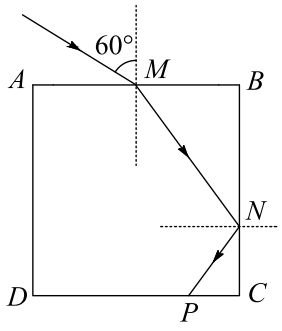
$\frac{p_0(\frac{V_0}{8}+\frac{V_0}{4})}{T_0}=\frac{p(V_0-V)}{2T_0}$

联立解得：$V=\frac{2}{3}V_0$，$p=\frac{9}{4}p_0$

14.（1）一平面简谐横波以速度 $v=2\,\mathrm{m/s}$ 沿 x 轴正方向传播，$t=0$ 时刻的波形图如图所示，介质中平衡位置在坐标原点的质点 A 在 $t=0$ 时刻的位移 $y=\sqrt{2}\,\mathrm{cm}$，该波的波长为 $4\,\mathrm{m}$，频率为 $0.5\,\mathrm{Hz}$，$t=2\,\mathrm{s}$ 时刻，质点 A 向下运动（填“向上运动”、“速度为零”或“向下运动”）。



（2）如图，边长为 a 的正方形 ABCD 为一棱镜的横截面，M 为 AB 边的中点。在截面所在的平面，一光线自 M 点射入棱镜，入射角为 60°，经折射后在 BC 边的 N 点恰好发生全反射，反射光线从 CD 边的 P 点射出棱镜，求棱镜的折射率以及 P、C 两点之间的距离。



$n=\frac{\sqrt{7}}{2}$，$PC=\frac{\sqrt{3}-1}{2}a$

（1）设波的表达式为

$y=A\sin(\frac{2\pi}{\lambda}x+\varphi)$

由题知 $A=2\,\mathrm{cm}$，波图像过点 $(0,\sqrt{2})$ 和 $(1.5,0)$，代入表达式有

$y=2\sin(\frac{\pi}{2}x+\frac{\pi}{4})\,\mathrm{cm}$

即

$\lambda=4\,\mathrm{m}$

由于该波的波速 $v=2\,\mathrm{m/s}$，则

$f=\frac{v}{\lambda}=\frac{2}{4}\,\mathrm{Hz}=0.5\,\mathrm{Hz}$

由于该波的波速 $v=2\,\mathrm{m/s}$，则

$T=\frac{\lambda}{v}=2\,\mathrm{s}$

由于题图为 $t=0$ 时刻的波形图，则 $t=2\,\mathrm{s}$ 时刻振动形式和零时刻相同，根据“上坡、下坡”法可知质点 A 向下运动。

（2）光线在 M 点发生折射有

$\sin 60^\circ=n\sin\theta$

由题知，光线经折射后在 BC 边的 N 点恰好发生全反射，则

$\sin C=\frac{1}{n}$

$C=90^\circ-\theta$

联立有：$\tan\theta=\frac{\sqrt{3}}{2}$，$n=\frac{\sqrt{7}}{2}$

根据几何关系有

$\tan\theta=\frac{MB}{BN}=\frac{a}{2BN}$

$NC=a-BN=a-\frac{a}{\sqrt{3}}$

再由：

$\tan\theta=\frac{PC}{NC}$

解得：

$PC=\frac{\sqrt{3}-1}{2}a$