



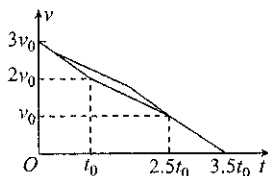
参考答案及解析

第一部分 选择题分组练

分组练(1) 匀变速直线运动及其图像

1. A 【解析】设相邻两棵树之间的距离为 x , 车的加速度为 a , 车头刚好与第 5 棵树对齐时有 $4x = \frac{1}{2}at_1^2$, 当车头与第 2 棵树对齐时有 $x = \frac{1}{2}at_2^2$, 解得 $t_2 = \frac{1}{2}t_1$, 即当车头与第 2 棵树对齐时是车头从开始运动到与第 5 棵树对齐过程的中间时刻, 则有 $v_2 = \bar{v} = 50 \text{ km/h}$, A 项正确。

2. C 【解析】根据 $v-t$ 图像的面积表示位移, 可得 $0 \sim t_0$ 时间内冰壶运动的位移大小为 $x = \frac{3v_0 + 2v_0}{2}t_0 = \frac{5v_0t_0}{2}$, A 项错误; 根据 $v-t$ 图像斜率的绝对值表示加速度的大小, 可得没擦冰面时冰壶运动的加速度大小为 $a_1 = \frac{3v_0 - 2v_0}{t_0} = \frac{v_0}{t_0}$, 有擦冰面时的冰壶运动的加速度大小为 $a_2 = \frac{2v_0 - v_0}{1.5t_0} = \frac{2v_0}{3t_0}$, 可得 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{3}{2}$, B 项错误; 假设没擦冰面时冰壶运动的总时间为 t_1 , 有擦冰面时的冰壶运动的时间为 t_2 , 则有 $a_1t_1 + a_2t_2 = 3v_0$, 若提早擦冰面而保持擦冰面的时间 t_2 不变, 则没擦冰面时冰壶运动的总时间为 t_1 也不变, 故冰壶滑行的总时间不变, 如图所示:



根据 $v-t$ 图像的面积表示位移, 可知若提早擦冰面而保持擦冰面的时间不变, 冰壶滑行的总位移变大, C 项正确, D 项错误。

3. C 【解析】由图可知, 物体上升到最高点时与该星球表面的距离为 $h = 20 \text{ m}$, 物体从抛出点上升到最高点的时间为 $t = 5 \text{ s}$, A 项错误; 根据竖直上抛运动规律可知 $h = \frac{v_0 + 0}{2}t$, 即 $20 \text{ m} = \frac{v_0 + 0}{2} \times 5 \text{ s}$, 解得 $v_0 = 8 \text{ m/s}$, B 项错误; 对于下落过程, 由 $h = \frac{1}{2}at^2$ 得 $a =$

$\frac{2h}{t^2} = 1.6 \text{ m/s}^2$, C 项正确; 该物体落到该星球表面时的速度大小为 $v = at = 8 \text{ m/s}$, D 项错误。

4. B 【解析】子弹在水球中沿水平方向做匀变速直线运动, 即加速度恒定, 所以速度变化的快慢相同, A 项正确; 全程逆向思考, 子弹做初速度为零的匀加速直线运动, 根据初速度为零的匀加速直线运动的规律得, 经过连续 4 段相等的位移所用的时间之比为 $1: (\sqrt{2}-1): (\sqrt{3}-\sqrt{2}): (2-\sqrt{3})$, 所以穿过第一、二个水球所用的时间是总时间的 $\frac{2-\sqrt{2}}{2}$, 小于总时间的一半, 所以速度没有减到原来的一半。子弹穿过最后两个水球的时间之比为 $(\sqrt{2}-1): 1$ 。子弹穿过第一、二、三个水球的时间是总时间的 $\frac{1}{2}$, 即此时是全程的中间时刻, 所以该瞬时速度为全程的平均速度, B 项错误, C、D 项正确。

5. C 【解析】根据自由落体运动的规律可知, 第 1 个小球自由下落的时间为 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 5 \text{ s}$, 设每隔 Δt 时间自由下落一个小球, 根据题意, 第 1 个小球刚落至井底的瞬间, 第 11 个小球刚好在井口, 因此第 1 个小球下落了 10 个 Δt , 故 $\Delta t = \frac{t}{10} = 0.5 \text{ s}$, 相邻两个小球下落的位移差 $\Delta x = \frac{1}{2}g(t + \Delta t)^2 - \frac{1}{2}gt^2$, 与 t 有关, 并非定值, 速度差 $\Delta v = g\Delta t = 5 \text{ m/s}$, 恒定, A、B 项错误, C 项正确; 第 9 个小球下落的高度为 $h_9 = \frac{1}{2}g(2\Delta t)^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (2 \times 0.5)^2 \text{ m} = 5 \text{ m}$, 第 7 个小球下落的高度为 $h_7 = \frac{1}{2}g(4\Delta t)^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (4 \times 0.5)^2 \text{ m} = 20 \text{ m}$, 故第 9 个小球和第 7 个小球之间的距离为 15 m , D 项错误。

6. C 【解析】由于不计空气阻力, 则小球与弹簧分离后, 小球的加速度为 g , 说明小球在 $x = 0.1 \text{ m}$ 时刚好回到弹簧原长位置, 小球与弹簧分离, 即分离时对应的位移为 0.1 m , A 项错误; 对直线段有 $v_2^2 = 2g(0.3 - 0.1)$, 解得 $v_2 = 2 \text{ m/s}$, 由图乙可知最大速度 $v_1 > v_2$, B 项错误; 由 $v^2 = 2ax$ 可知, 图像的斜率为 $2a$, 故

加速度先减小后增大最后保持不变,C项正确;小球与弹簧分离后的运动时间为 $t = \frac{v_2}{g} = 0.2 \text{ s}$,则减速时间要大于 0.2 s ,D项错误。

7. D 【解析】当两车的通讯即将中断时,两车沿运动方向的距离为 $x = \sqrt{L^2 - d^2} = 8 \text{ m}$,则 $v_{\text{甲}} t - \frac{1}{2} a t^2 = v_{\text{乙}} t + 8 \text{ m}$,解得 $t_1 = 2 \text{ s}$, $t_2 = 4 \text{ s}$,由两车的运动性质,两车间距先增大后减小。 $0 < t < 2 \text{ s}$ 时, $AB < 10 \text{ m}$; $2 \text{ s} < t < 4 \text{ s}$ 时, $AB > 10 \text{ m}$, $t = 4 \text{ s}$,甲车速度为 $v_{\text{甲}1} = v_{\text{甲}} - a t_2 = 2 \text{ m/s} < v_{\text{乙}}$,则 4 s 之后,两车间距减小,且甲车能继续行驶的距离为 $x_{\text{甲}1} = \frac{v_{\text{甲}1}^2}{2a} = 1 \text{ m}$,从 4 s 到乙车行驶到甲车前方 8 m 的过程中, $AB < 10 \text{ m}$,时间为 $t_3 = \frac{x + x_{\text{甲}1} + x}{v_{\text{乙}}} = 4.25 \text{ s}$,则两车能够通讯的时间为 $t = t_1 + t_3 = 6.25 \text{ s}$,D项正确。

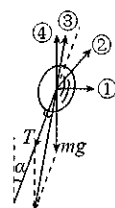
8. BD 【解析】由 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$,变形得 $\frac{x}{t} = \frac{1}{2} a t + v_0$,结合图像有 $v_0 = 20 \text{ m/s}$, $\frac{1}{2} a = \frac{10 - 20}{4 - 0} \text{ m/s}^2$,则 $a = -5 \text{ m/s}^2$,A项错误,B项正确;由 $0 = v_0 + a t_0$ 得刹车过程持续的时间 $t_0 = \frac{v_0}{-a} = 4 \text{ s}$,C项错误;对于刹车过程,从开始刹车时计时,经过 8 s ,动力车的位移等于其在 4 s 内的位移,由图像知当 $t = 4 \text{ s}$ 时,有 $\frac{x}{t} = 10 \text{ m/s}$,得 $x = 40 \text{ m}$,D项正确。

9. BD 【解析】由图可知, $0 \sim 1 \text{ s}$ 内加速度均匀增加,物体做变加速直线运动,A项错误; $a - t$ 图像与时间轴包围的面积表示速度的变化量,则 1 s 内速度的变化量为 $\Delta v = 1 \text{ m/s}$,由于初速度为 $v_0 = 1 \text{ m/s}$,故 1 s 末的速度为 2 m/s ,B项正确; $0 \sim 3 \text{ s}$ 内速度的变化量 $\Delta v = -1 \text{ m/s}$,则 3 s 末物体的速度为 0 ,所以 $0 \sim 3 \text{ s}$ 内物体一直沿正方向运动, 3 s 末物体离出发点最远,C项错误,D项正确。

10. CD 【解析】由 $v^2 = 2ax$ 可得图像中面积表示 $\frac{v^2}{2}$,A项错误; $0 \sim x_2$ 的过程中物体做匀加速直线运动, $x_2 \sim x_3$ 过程中物体做加速度逐渐减小的加速运动,故位移为 x_3 时,物体的速度达到最大,B项错误;若全程的加速度始终为 a_0 ,则 $0 \sim x_3$ 的过程所用时间为 $\sqrt{\frac{2x_3}{a_0}}$, $x_2 \sim x_3$ 的过程中加速度变小,则时间变长,C项正确;设最大速度为 v_m ,则有 $\frac{v_m^2}{2} = \frac{x_2 + x_3}{2} \cdot a_0$,解得 $v_m = \sqrt{a_0(x_2 + x_3)}$,D项正确。

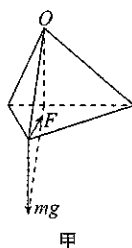
分组练(2) 物体的平衡

1. C 【解析】气球受到竖直向下的重力,沿绳的拉力,由于处于静止状态,即三力平衡,因此空气对气球的作用力的方向与重力和拉力的合力等大反向,如图所示,C项正确。

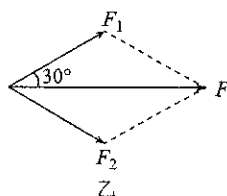


2. A 【解析】设中点处绳子的拉力为 T ,则对中间结点分析可知 $2T \cos \alpha = Mg$,设悬挂点处绳子的拉力为 T' ,对绳子和物体受力分析可知 $2T' \cos \beta = mg + Mg$,对一侧绳子进行受力分析,水平方向有 $T' \sin \beta = T \sin \alpha$,解得 $\frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{3}{2}$,A项正确。

3. A 【解析】对其中一个球受力分析,如图甲所示:

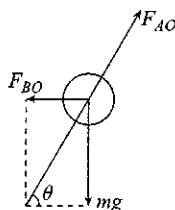


根据几何关系和平行四边形法则,绳子的拉力与重力的合力为 F , $F = \frac{\sqrt{2}}{2} mg$,其余两个球对这个球弹力的合力与 F 等大反向,如图乙所示:



根据几何关系和平行四边形法则可得 $F_1 = F_2 = \frac{\sqrt{6}}{6} mg$,A项正确。

4. C 【解析】以结点 O 为研究对象,受到物体的拉力、细线 BO 的拉力和细线 AO 的拉力,如图所示:



根据平衡条件结合图中几何关系可得细线 BO 上的拉力大小 $F_{BO} = \frac{mg}{\tan 53^\circ} = 18 \text{ N}$, 同理, 可得细线 AO

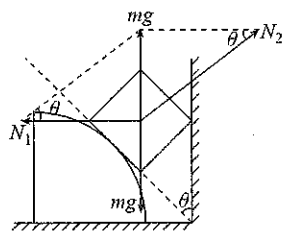
上的拉力大小 $F_{AO} = \frac{mg}{\sin 53^\circ} = 30 \text{ N}$, A、B 项错误; 若三根细线能承受的最大拉力均为 100 N , 根据图中力的大小关系可得, 只要细线 AO 不拉断, 其他两根细线都不会拉断, 故有 $m_{\max} g = F_{\max} \sin 53^\circ$, 解得 $m_{\max} = \frac{F_{\max} \sin 53^\circ}{g} = \frac{100 \times 0.8}{10} \text{ kg} = 8 \text{ kg}$, C 项正确; 当细线

BO 与细线 AO 垂直时, 细线 BO 的拉力最小, 根据几何关系结合平衡条件可得 $F_{\min} = mg \cos 53^\circ = 2.4 \times 10 \times 0.6 \text{ N} = 14.4 \text{ N}$, D 项错误。

5. D 【解析】瓜子处于平衡状态, 若仅减小 A、B 之间的距离, A、B 对瓜子的弹力方向不变, 则大小也不变, A、B 项错误; 若 A、B 之间的距离不变, 顶角 θ 越大, 则 A、B 对瓜子的弹力的夹角越小, 合力不变, 则两弹力减小, C 项错误, D 项正确。

6. C 【解析】小环 C 为轻环, 重力不计, 受到两边细线拉力的合力与杆垂直, 小轻环 C 与小环乙的连线与竖直方向的夹角为 60° , 小轻环 C 与小环甲的连线与竖直方向的夹角为 30° , A 点与小环甲的连线与竖直方向的夹角为 30° , 小环乙与 B 点的连线与竖直方向的夹角为 60° , 根据平衡条件, 对小环甲有 $2T \cos 30^\circ = m_1 g$, 对小环乙有 $2T \cos 60^\circ = m_2 g$, 解得 $m_1 : m_2 = \tan 60^\circ$, C 项正确。

7. C 【解析】以正方体为研究对象, 受力分析如图所示:



墙壁对正方体的弹力 $N_1 = \frac{mg}{\tan \theta}$, 圆柱体对正方体的

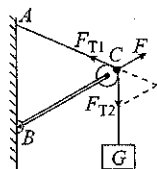
支持力 $N_2 = \frac{mg}{\sin \theta}$, 根据牛顿第三定律可知正方体对圆柱体的压力为 $\frac{mg}{\sin \theta}$, 若圆柱体缓慢左移, 则 θ 减小,

故 N_1 增大, N_2 增大, C 项正确, D 项错误; 以圆柱体和正方体整体为研究对象, 地面对圆柱体的支持力 $N = (M+m)g$, 水平方向受力平衡, 地面对圆柱体的摩擦力 $f = N_1 = \frac{mg}{\tan \theta}$, A、B 项错误。

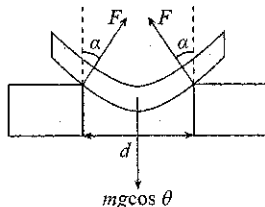
8. CD 【解析】将弹簧、两物块和斜面看作一个整体,

对整体分析, 整体处于平衡状态, 没有相对地面运动或相对地面运动的趋势, 故斜面与水平地面间没有摩擦力作用, A 项错误; 对物块 A、B 及弹簧整体分析, 整体的重力沿斜面向下的分力为 $2mg \sin \theta$, 等于斜面对其的静摩擦力, B 项错误; 拿掉弹簧前, 单个物块受到的静摩擦力大于重力沿斜面向下的分力, 拿掉弹簧后, 静摩擦力瞬间发生变化, 与重力沿斜面向下的分力大小相等, 物块不会发生滑动, C 项正确; 弹簧弹力沿水平方向, 大小为 kx , 且弹力大小等于 $mg \sin \theta$ 和静摩擦力 f 的合力, 当弹簧弹力最大时, 弹簧的压缩量最大, 静摩擦力最大, 此时 $kx_m = \sqrt{f_m^2 - (mg \sin \theta)^2}$, 其中 $f_m = \mu mg \cos \theta$, 故 $x_m = \frac{mg \sqrt{\mu^2 \cos^2 \theta - \sin^2 \theta}}{k}$, D 项正确。

9. AB 【解析】同一根不计质量的绳子绕过光滑的滑轮被分成两段, 则这两段绳子中的拉力大小相等, 始终等于重物所受的重力, A 项正确; 选取绳子与滑轮的接触点为研究对象, 对其受力分析, 如图所示, 由于 BC 杆可以绕 B 端自由转动, 所以平衡时 BC 杆对 C 端的弹力沿杆方向, 由 B 指向 C, C 点处于三力平衡状态, 绳中的弹力大小相等, 即 $F_{T1} = F_{T2} = G$, 又二力夹角变小, 故杆上的弹力逐渐增大, B 项正确; 若将 B 端直接固定在墙上 (无铰链), 则 BC 杆为固定杆, 其力与绳的合力等大反向, 不再沿杆, C 项错误; 将三个力的示意图平移可以组成闭合三角形, 如图中虚线所示, 力的三角形和三角形 ABC 是相似三角形, 有 $\frac{F_{AC}}{BC} = \frac{mg}{AB} = \frac{F_{AC}}{AC}$, 当绳的 A 端沿墙缓慢向下移时, AB 减小, 则 F_{AC} 增大, D 项错误。



10. AD 【解析】檩条对瓦片的支持力如图所示:



两檩条对瓦片的支持力与垂直檩条方向的夹角为 α , 则有 $2F \cos \alpha = mg \cos \theta$, 减小檩条间的距离 d 时, 夹角 α 变小, 则两檩条对瓦片的支持力 F 变小, 故瓦

片与檩条间的弹力变小,最大静摩擦力变小,则瓦片可能下滑,A项正确,B项错误;由上述公式可知,减小檩条的倾角 θ 时,瓦片与单个檩条间的弹力变大,C项错误;增大檩条的倾角 θ 时(瓦片未动),根据平衡条件可知,瓦片与檩条间的摩擦力总等于 $mg\sin\theta$,随之增大,D项正确。

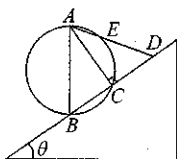
分组建(3) 牛顿运动定律及应用

1. A 【解析】礼花弹受到竖直向下的重力和阻力,根据牛顿第二定律有 $mg+f=ma$,又 $f=2mg$,解得 $a=30\text{ m/s}^2$,根据 $0-v_0=-at$,解得 $t=2\text{ s}$,利用运动学知识有 $H=\frac{v_0}{2}\cdot t$,代入数据得 $H=60\text{ m}$,A项正确。

2. B 【解析】根据牛顿第三定律可知,人对体重计的压力和体重计对人的支持力大小相等,方向相反,并且总是作用在同一条直线上,故支持力 $F_N=1.2mg$,对人受力分析,受到重力和向上的支持力,根据牛顿第二定律有 $F_N-mg=ma$,即 $1.2mg-mg=ma$,故 $a=0.2g$,方向竖直向上,则当升降机的速度向上时,人加速上升,当升降机的速度向下时,人减速下降,②③正确,B项正确。

3. C 【解析】物块对斜面体的压力 $F_N=mg\cos 45^\circ$,垂直斜面向下,物块对斜面体的摩擦力 $f=\mu F_N$,沿斜面向上,斜面体在重力、物块的压力和摩擦力、地面的支持力和静摩擦力的作用下受力平衡,则水平方向有 $f_{\text{地}}=F_N\cos 45^\circ+f\cos 45^\circ$,联立解得 $\mu=0.4$,C项正确。

4. B 【解析】由于 $\angle BAC=\theta$,故细杆AB竖直向下,以AB为直径作圆,则必过C点,如图所示:



小圆环在细杆AC上运动的过程中,由牛顿第二定律及运动学公式可得 $mg\cos\theta=ma$, $AB\cdot\cos\theta=\frac{1}{2}at_c^2$,联立解得 $t_c=\sqrt{\frac{2AB}{g}}$,可见从A点出发,到达圆周各点所用的时间相等,与杆的长短、倾角无关,可得 $t_B=t_C=t_E<t_D$,B项正确。

5. D 【解析】在题图乙中,物块A在水平方向不受力,则物块A与直角斜台C之间无弹力,无摩擦力,A项错误;在题图乙中,对物块A受力分析,由平衡条件可知绳的拉力大小等于物块A的重力大小,已知物块A、B的质量相等,对物块B受力分析,在沿斜面方向上,物块B的重力沿斜面向下的分力小于绳的拉

力,则物块B一定受到沿斜面向下的摩擦力,B项错误;在题图甲中,将物块A、B和直角斜台C视为整体,根据牛顿第二定律可得整体的加速度 $a=\frac{F}{3m_A}=\sqrt{3}g$,对物块B受力分析可知物块B所受合外力为 $F_{B\text{合}}=\sqrt{3}m_Bg$,因物块B所受重力竖直向下,则物块B所受其他力的合力沿绳向上且为 $2mg$,故不可能存在支持力,物块B只受重力和绳的拉力两个力作用,其中拉力 $T=2mg$,所以物块A受重力、斜台的弹力、绳子拉力和竖直向下的摩擦力四个力作用,C项错误,D项正确。

6. A 【解析】由图示图像可知,传送带的速度为 4 m/s ,A项正确;由图示图像可知, $0\sim 1\text{ s}$ 内物块的加速度大小 $a=|\frac{\Delta v}{\Delta t}|=|\frac{4-12}{1}|\text{ m/s}^2=8\text{ m/s}^2$,由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta=ma$,代入数据解得 $\mu=\frac{1}{4}$,B项错误;物块先相对传送带上滑,此过程中的相对位移 $\Delta x_1=\frac{v_0+v'}{2}t_1-v't_1=\frac{12+4}{2}\times 1\text{ m}-4\times 1\text{ m}=4\text{ m}$,之后相对传送带下滑,此过程中的相对位移 $\Delta x_2=v't_2-\frac{v'}{2}t_2=2\text{ m}$,则物块在传送带上留下的划痕长度为 4 m ,C项错误;传送带底端到顶端的距离 $x=\frac{1}{2}\times(12+4)\times 1\text{ m}+\frac{1}{2}\times 1\times 4\text{ m}=10\text{ m}$,D项错误。

7. D 【解析】对上层楼板受力分析,由牛顿第二定律得 $f=ma$,上层楼板能获得的最大加速度 $a_m=\frac{f_{\text{max}}}{m}=\frac{\mu mg}{m}=\mu g=8\text{ m/s}^2$,故当汽车以 $a_1=2\text{ m/s}^2$ 的加速度启动时,上层楼板受到的摩擦力为静摩擦力,且大小为 $f_{\text{静}}=ma_1=400\text{ N}$,A、C项错误;同理当汽车以 $a_2=10\text{ m/s}^2$ 的加速度刹车时,加速度大于上层楼板能获得的最大加速度,故此时上层楼板受到的摩擦力为滑动摩擦力,且大小为 $f_{\text{max}}=\mu mg=1\,600\text{ N}$,B项错误;当汽车以 $a_2=10\text{ m/s}^2$ 的加速度刹车时,上层楼板减速到零的位移 $x_1=\frac{v^2}{2\mu g}=6.25\text{ m}$,汽车的位移 $x_2=\frac{v^2}{2a_2}=5\text{ m}$,故两者间的相对位移 $\Delta x=x_1-x_2=1.25\text{ m}$,D项正确。

8. AC 【解析】由 $v-t$ 图像围成的面积求出下落的高度,则特战兵刚跳下时离地面的高度 $h=\frac{5+13}{2}\times 20\text{ m}=180\text{ m}$,A项正确;由图像的斜率可知,特战兵

加速阶段的加速度大小 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20-0}{2} \text{ m/s}^2 = 10 \text{ m/s}^2$, 在前 2 s 内, 设每根绳对特战兵的拉力大小为 F , 则 $mg - 8F \cos 37^\circ = ma$, 解得 $F = 0$, B 项错误; 在 2~7 s 时间内特战兵做匀速运动, 受力平衡, 设每根绳对特战兵的拉力大小为 F_1 , 竖直方向上有 $8F_1 \cos 37^\circ = mg$, 解得 $F_1 = 93.75 \text{ N}$, C 项正确; 由图像的斜率可知, 特战兵减速阶段的加速度大小 $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20-0}{13-7} \text{ m/s}^2 = \frac{10}{3} \text{ m/s}^2$, 设每根绳对特战兵的拉力大小为 F_2 , 则 $8F_2 \cos 37^\circ - mg = ma_1$, 解得 $F_2 = 125 \text{ N}$, D 项错误。

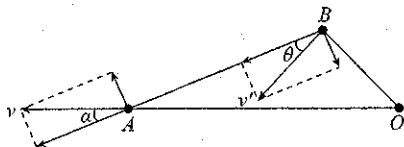
9. ABC 【解析】0~2 s 时间内, 对物块 A 分析有 $\mu m_A g = m_A a_1$, 对木板 B 分析有 $F_1 - \mu m_A g = m_B a_2$, 解得 $a_1 = 4 \text{ m/s}^2$, $a_2 = 6 \text{ m/s}^2$, 1 s 时物块 A 的速度大小 $v_{A1} = a_1 t_1 = 4 \text{ m/s}$, A 项正确; 根据上述可知, 0~2 s 时间内, 物块 A 与木板 B 均向右做匀加速直线运动, 2 s 时, 物块 A 与木板 B 的速度大小分别为 $v_{A2} = a_1 t_2 = 8 \text{ m/s}$, $v_{B2} = a_2 t_2 = 12 \text{ m/s}$, 之后对木板 B 分析有 $F_2 - \mu m_A g = m_B a_3$, 解得 $a_3 = 0$, 可知 2 s 后, 物块 A 继续向右做匀加速直线运动, 木板 B 向右做匀速直线运动, 再经时间 t_3 , 物块 A 与木板 B 达到同速, 则有 $t_3 = \frac{v_{B2} - v_{A2}}{a_1} = 1 \text{ s}$, 表明撤去作用力 F 时, 物块 A 与木板 B 达到同速, 之后两者保持相对静止, 向右做匀速直线运动, 可知, 物块 A 的最大速度为 12 m/s , B、C 项正确; 物块 A 的位移 $x_1 = \frac{1}{2} \times 4 \times 3^2 = 18 \text{ m}$, 木板 B 的位移 $x_2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 2^2 \text{ m} + 12 \times 1 \text{ m} = 24 \text{ m}$, 则木板 B 的长度为 $L = x_2 - x_1 = 6 \text{ m}$, D 项错误。

10. BC 【解析】开始时对球 B 受力分析, 根据平衡条件可得 $mg = kx_1$, 释放球 A 瞬间, 对球 A 和球 B 组成的整体进行分析, 根据牛顿第二定律可得 $4mgsin \alpha - mg + kx_1 = (4m + m)a_1$, 解得 $a_1 = \frac{2}{5}g$, A 项错误; 释放球 A 后, 球 C 恰好离开地面时, 对球 A 和球 B 组成的整体进行分析, 根据牛顿第二定律可得 $4mgsin \alpha - mg - kx_2 = 5ma_2$, 其中 $kx_2 = mg$, 解得 $a_2 = 0$, 所以球 C 恰好离开地面时, 球 A 沿斜面下滑的速度达到最大, B 项正确; 从释放球 A 到球 C 刚好离开地面的过程中, 对球 A、球 B 及轻质弹簧组成的系统分析, $x_1 = x_2$, 弹簧的弹性势能不变, 根据机械能守恒定律可得 $4mg(x_1 + x_2)sin \alpha - mg(x_1 + x_2) = \frac{1}{2} \times 5mv_m^2$, 解得球 A 沿斜面下滑的最大速度

$v_m = 2g\sqrt{\frac{m}{5k}}$, C 项正确; 弹簧对 A、B 两小球组成的系统做功, 所以 A、B 两小球组成的系统机械能不守恒, D 项错误。

分组练(4) 曲线运动

1. A 【解析】一个物体在相互垂直的恒力作用下, 其合力恒定不变, 由静止开始沿两力的合力方向做匀加速直线运动。经过一段时间后, 突然撤去一个力, 则物体受力的方向变为另一个力的方向, 大小等于剩余一个力的大小。受力方向与此时的速度不共线, 所以做曲线运动, 由于合力的大小与方向不变, 所以做匀变速曲线运动, A 项正确。
2. C 【解析】如果 $v_1 > v_2$, 摩托艇的合速度方向不可能垂直于河岸, 所以摩托艇不可能到达 Q 点, A 项错误; 若满足 $v_2 > v_1$, 则摩托艇的合速度方向可以垂直于河岸, 当摩托艇以垂直河岸的合速度方向到达对岸时, 摩托艇的合速度大小 $v_{\text{合}} = \sqrt{v_2^2 - v_1^2} < v_2$, B 项错误; 当摩托艇的速度 v_2 垂直于河岸时, 渡河时间最短, 则有 $t_{\min} = \frac{d}{v_2}$, C 项正确; 若摩托艇能到达 Q 点, 则摩托艇的合速度方向垂直于河岸, 此时合速度大小 $v_{\text{合}} = \sqrt{v_2^2 - v_1^2}$, 渡河的时间 $t = \frac{d}{v_{\text{合}}} = \frac{d}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}} > \frac{d}{v_2}$, D 项错误。
3. D 【解析】滑块 A 的速度方向沿水平方向, 将滑块 A 的速度分解, 如图所示:



根据运动的合成与分解可知, 沿 AB 杆方向的分速度 $v_{A\text{沿}} = v \cos \alpha$, 转轴 B 做圆周运动, 实际速度是圆周运动的线速度, 可以分解为沿 AB 杆方向的分速度和垂直 AB 杆方向的分速度, 设转轴 B 的线速度为 v' , 则 $v_{B\text{沿}} = v' \cos \theta = v' \cos(\beta - 90^\circ) = v' \sin \beta$, 又二者沿 AB 杆方向的分速度是相等的, 即 $v_{A\text{沿}} = v_{B\text{沿}}$, 联立可得 $v' = \frac{v \cos \alpha}{\sin \beta}$, OB 杆绕 O 点沿逆时针方向匀速转动的角速度 $\omega = \frac{v'}{L} = \frac{v \cos \alpha}{L \sin \beta}$, D 项正确。

4. D 【解析】忽略空气阻力的情况下, 运动员跳伞后做平抛运动, 在水平方向的速度始终与飞机相同, 所以飞行员或地面观察员观察到运动员们在空中的连线是一条直线, A、B 项错误; 运动员在竖直方向做匀加

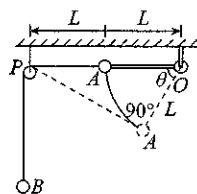
速直线运动,由于跳伞的时间间隔相同,所以由匀变速直线运动的推论可知,相邻运动员之间的距离差恒定为 $\Delta h = g\Delta t^2$,则相邻运动员在空中的距离不同,C项错误;运动员的加速度为重力加速度,由于加速度不变,所以相同时间内的速度变化量相同,D项正确。

5. C 【解析】两小球同时抛出,竖直方向的运动情况完全相同,始终在同一高度上,肯定能相遇,A、D项错误;设第一次抛出时A小球的速度为 v_1 ,B小球的速度为 v_2 ,则A、B两小球间的水平距离 $x = (v_1 + v_2)t$,第二次两小球的速度均为第一次的 $\frac{1}{2}$,但两小球间的水平距离不变,则 $x = \frac{1}{2}(v_1 + v_2)T$,联立解得 $T = 2t$,B项错误;两次相遇位置的高度差 $\Delta h = \frac{1}{2}g(2t)^2 - \frac{1}{2}gt^2 = \frac{3}{2}gt^2$,C项正确。

6. C 【解析】根据逆向思维,可以将篮球的运动看为逆方向的平抛运动,根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$,解得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$,由于第二次打在篮板上的位置略低一点,则其竖直高度小一点,即第二次篮球在空中上升的时间较短,B项错误;篮球水平方向做匀速运动,根据 $x = v_x t$,解得 $v_x = \frac{x}{t}$,根据上述可知,第二次篮球在空中上升的时间较短,则第二次篮球打在篮板上时的速度较大,A项错误;篮球出手时的速度 $v = \sqrt{(gt)^2 + v_x^2} = \sqrt{g^2 t^2 + v_x^2}$,根据上述可知,第二次篮球在空中上升的时间较短,打在篮板的速度 v_x 较大,则两次篮球出手时的速度可能大小相等,C项正确;篮球被抛出后瞬间,篮球重力的功率大小 $P = mgv_y = mg^2 t$,根据上述可知第二次篮球在空中上升的时间较短,则第二次篮球被抛出后瞬间,篮球重力的功率较小,D项错误。

7. D 【解析】战机的运动轨迹为抛物线,则 $x = vt$, $y = \frac{1}{2}at^2$,解得 $a = \frac{2y}{t^2}$,则B点的竖直速度 $v_{By}^2 = 2ay = \frac{4y^2}{t^2}$;则战机离开B点的速率 $v_B = \sqrt{v^2 + v_{By}^2} = \sqrt{(\frac{x}{t})^2 + \frac{4y^2}{t^2}} = \frac{\sqrt{x^2 + 4y^2}}{t}$,D项正确。

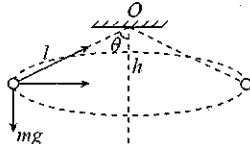
8. BC 【解析】初始时,小球A受到重力和绳子、轻杆的拉力作用,竖直方向的合力为重力,故加速度大小为 g ,A项错误;轻绳与轻杆夹角为 90° 时,如图所示:



设轻杆转过的角度为 θ ,由图中几何关系可得 $\cos \theta = \frac{L}{2L} = \frac{1}{2}$,解得 $\theta = 60^\circ$,此时小球A的重力沿绳子方向的分力为 $2mg\cos \theta = mg$,可知此时小球A的重力沿绳子方向的分力等于小球B的重力,此时小球A的速度为极大值,B项正确,D项错误;轻绳与轻杆夹角为 90° 时,小球A的速度刚好沿绳子方向,此时有 $v_A = v_B$,小球A、B组成的系统满足机械能守恒,则有 $2mgL\sin 60^\circ - mg(L\tan 60^\circ - L) = \frac{1}{2}mv_B^2 + \frac{1}{2} \times$

$2mv_A^2$,联立解得 $v_A = v_B = \sqrt{\frac{2}{3}gL}$,C项正确。

9. AD 【解析】对小球A、B分析,设绳与竖直方向的夹角为 θ ,绳长为 l ,小球的质量为 m ,小球A、B到悬点的竖直高度为 h ,如图所示:



则有 $mg\tan \theta = m\omega^2 l\sin \theta$,解得 $\omega = \sqrt{\frac{g}{l\cos \theta}} = \sqrt{\frac{g}{h}}$.

可知小球A、B的角速度大小相等,由 $v = \omega r$ 可知,小球A、B的线速度大小不同,A项正确,B项错误;对小球C、D分析,设绳与竖直方向的夹角为 α ,小球的质量为 m ,绳长为 L ,则有 $mg\tan \alpha = m\omega^2 L\sin \alpha$, $\omega = \sqrt{\frac{g}{L\cos \alpha}}$,又 $r = L\sin \alpha$,由 $v = \omega r$ 可知, $v = \sqrt{\frac{g}{L\cos \alpha}} \cdot L\sin \alpha = \sqrt{gL\sin \alpha \tan \alpha}$,连接小球C、D的绳与竖直方向间的夹角相同,绳长不同,因此小球C、D的线速度大小不同,C项错误;设绳上的拉力为 T ,竖直方向则有 $T\cos \alpha = mg$,解得 $T = \frac{mg}{\cos \alpha}$,可知小球D受到绳的拉力与小球C受到绳的拉力大小相等,D项正确。

10. BD 【解析】刚开始转动时,摩擦力提供向心力,两物体A、B随着圆盘转动时,角速度相同,根据 $F_{向} = m\omega^2 r$,物体B的半径比物体A的半径大,所以物体B所需的向心力大,则物体B受到的摩擦力先达到最大,A项错误,B项正确;细线拉力相等,所以当圆

盘转速加快到两物体刚好还未发生滑动时,物体 B 受到的静摩擦力方向指向圆心,物体 A 受到的静摩擦力方向指向圆外。根据牛顿第二定律,对物体 A 有 $F - \mu mg = m\omega^2 r$,对物体 B 有 $F + \mu mg = m\omega^2 \cdot 2r$,联立解得 $F = 3\mu mg$, $\omega = \sqrt{\frac{2\mu g}{r}}$, C 项错误;若此时剪断细线,物体 B 受到的摩擦力不足以提供所需的向心力,物体 B 将会做离心运动,此时物体 A 所需要的向心力 $F_B = 2\mu mg$,由此可知物体 A 受到的摩擦力也不足以提供所需的向心力,物体 A 也将做离心运动, D 项正确。

分组建(5) 万有引力及航天

1. C 【解析】由开普勒第二定律可知,月球与地球连线经过相等时间间隔扫过的面积相等,则 $S_1 = S_2$, A 项错误;月球从近地点到远地点的过程中线速度逐渐减小,所以月球在轨道 A 点时的速度大于在 B 点时的速度, B 项错误;由开普勒第三定律可知,月球绕地球运动的轨道半长轴的三次方与公转周期的平方成正比, C 项正确, D 项错误。
2. B 【解析】由质量分布均匀的球壳对球壳内物体的引力为零可知,小球在内壁光滑的洞中运动时,所受万有引力的合力先变小后变大,速度先增大后减小,小球在地心时速度最大,加速度为零, B 项正确。
3. B 【解析】太空电梯各点随地球一起做匀速圆周运动,只有位置达到地球同步轨道的点才处于完全失重状态, A 项错误;同步空间站的周期 $T_a = T$,当同步空间站 a 与卫星 b 第一次相距最远时满足 $\frac{2\pi t}{T_a} - \frac{2\pi t}{T_b} = \pi$,解得 $T_b = \frac{2T_a}{2t - T}$, B 项正确;太空电梯的长度即为同步空间站 a 离地面的高度,根据万有引力提供向心力得 $\frac{GMm}{(R+r)^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} (R+r)$,太空电梯停在距地球表面高度为 $2R$ 的站点,太空电梯上货物的质量为 m ,在距地面高 $2R$ 站点受到的万有引力为 F ,则 $F = \frac{GMm}{(3R)^2}$,货物绕地球做匀速圆周运动,设太空电梯对货物的支持力为 F_N ,则 $F - F_N = m\omega^2 \cdot 3R$,在货梯内有 $F_N = mg$, $\omega = \frac{2\pi}{T}$,解得 $g = \frac{4\pi^2}{T^2} [\frac{(r+R)^2}{9R^2} - 3R]$, C 项错误;太空电梯相对地球静止,各点角速度相等,各点线速度 $v = \omega R'$ 与该点离地球球心的距离成正比, D 项错误。
4. D 【解析】哈雷彗星在回归过程中势能减小,动能增大,机械能不变, A 项错误;由牛顿第二定律得 $\frac{GMm}{r^2}$

$= ma$,解得 $a = \frac{GM}{r^2}$,则可知哈雷彗星在远日点时的加速度小于在近日点时的加速度, B 项错误;根据牛顿第二定律可得 $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$,解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$,则地球公转的线速度是近日点所在圆轨道上线速度的 $\sqrt{0.6}$,而哈雷彗星在近日点要做离心运动,故哈雷彗星在近日点时的线速度比近日点所在圆轨道上线速度要大, C 项错误;由开普勒第三定律得 $\frac{a^3}{T_{\text{彗}}^2} = \frac{r^3}{T_{\text{地}}^2}$,解得 $\frac{a}{r} = \sqrt[3]{\frac{T_{\text{地}}^2}{T_{\text{彗}}^2}} = \sqrt[3]{\frac{75^2}{1^2}} = 5 \sqrt[3]{45}$, D 项正确。

5. A 【解析】设地球的质量为 M ,卫星 I 和卫星 II 的轨道半径分别为 R 和 r ,卫星 II 运行在地球静止轨道上,周期为 T_0 ,由开普勒第三定律得 $\frac{r^3}{T_0^2} = \frac{R^2}{T^2}$,根据几何关系得 $\sin \theta = \frac{R}{r}$,则卫星 I 的周期 $T = T_0 \sqrt{\sin^2 \theta}$, C 项错误;对卫星 I,由万有引力提供向心力得 $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$,地球的密度 $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3}$,联立解得 $\rho = \frac{3\pi}{GT_0^2 \sin^3 \theta}$, A 项正确;由万有引力提供向心力得 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$,解得 $a = \frac{GM}{r^2}$,则卫星 I 与卫星 II 的加速度之比为 $\frac{1}{\sin^2 \theta}$, B 项错误;11.2 km/s 是第二宇宙速度,是逃逸出地球引力的最小发射速度,卫星 II 处于地球引力场中,所以卫星 II 的发射速度小于 11.2 km/s, D 项错误。
6. D 【解析】根据体积公式 $V = \frac{4}{3} \pi R^3$,则 $M = \rho V = \frac{4}{3} \pi \rho R^3$,设第一宇宙速度为 v ,由万有引力提供向心力得 $\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$,联立解得 $v = R \sqrt{\frac{4\pi \rho G}{3}}$,已知行星半径是地球半径的 $\frac{1}{3}$,行星的密度为地球密度的 $\frac{1}{4}$,代入数据后,在此行星上的“第一宇宙速度”与在地球上的第一宇宙速度大小之比为 1:6, D 项正确。
7. A 【解析】两星球 A、B 绕连线的中点做匀速圆周运动,则有 $G \frac{m^2}{L^2} = m \cdot \frac{4\pi^2}{T_0^2} \cdot \frac{L}{2}$,解得 $T_0 = \pi L \sqrt{\frac{2L}{Gm}}$,若有天体 C 的存在,两星球 A、B 的向心力由两个力的合力提供,则 $G \frac{m^2}{L^2} + G \frac{Mm}{(\frac{L}{2})^2} = m \cdot \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{L}{2}$,且 $\frac{T}{T_0}$

$=k$, 解得 $M = \frac{1-k^2}{4k^2}m$, A 项正确。

8. AC 【解析】卫星绕地球做匀速圆周运动, 根据万有引力提供向心力得 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 而 $M = \rho V$, $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, 联立解得地球平均密度 $\rho = \frac{3\pi r^3}{GT^2 R^3}$, 由于“天宫二号”的轨道半径 r 大于地球半径 R , 所以用表达式 $\rho = \frac{3\pi}{GT^2}$ 求得的地球平均密度比真实值偏小, A 项正确; “天宫二号”内的航天员处于完全失重状态, 受到的重力用于提供向心力, B 项错误; “同步卫星”和“倾斜同步卫星”绕地球运动的周期都是 24 h, 所以轨道半径相同, 两者的轨道平面不在同一平面内, “同步卫星”定点在赤道上某一点的正上方, “倾斜同步卫星”不定点于某地上空, C 项正确; “嫦娥三号”在距月球表面高度为 200 km 的圆形轨道上飞行, “同步卫星”绕地球运动, 月地距离远大于同步卫星与地球的距离, 所以“嫦娥三号”与地球的距离比“同步卫星”与地球的距离大, D 项错误。

9. BD 【解析】宇宙飞船 1 经过 A 点时做向心运动, 故其线速度小于宇宙飞船组合体经过 A 点时的线速度, A 项错误; 由万有引力提供向心力得 $\frac{GMm}{r^2} = ma_n$, 可知宇宙飞船 1 经过 A 点时的加速度与经过 B 点的加速度之比为 1:9, B 项正确; 对宇宙飞船组合体, 由万有引力提供向心力得 $\frac{GMm_0}{(3R)^2} = m_0 (\frac{2\pi}{T})^2 \cdot 3R$, 在月球表面 $\frac{GMm}{R^2} = mg_{月}$, 解得 $T = 6\pi \sqrt{\frac{3R}{g_{月}}}$, C 项错误; 宇宙飞船 1 运行轨道的半长轴 $a = \frac{(2R+R+R)}{2} = 2R$, 由开普勒第三定律得 $\frac{a^3}{T_1^2} = \frac{(3R)^3}{T^2}$, 解得 $T_1 = 4\pi \sqrt{\frac{2R}{g_{月}}}$, D 项正确。

10. AC 【解析】双星系统中的两颗星体靠相互间的万有引力提供向心力, 转动周期相同, 角速度相同, 设 P、Q 两星的轨道半径分别为 r_P 、 r_Q , 由万有引力提供向心力得 $G \frac{m_P m_Q}{l^2} = m_P \frac{4\pi^2}{T^2} r_P = m_Q \frac{4\pi^2}{T^2} r_Q$, 质量不同, 则运行半径不同, 而 $v = \omega r$, 故线速度不同, A 项正确, B 项错误; 由题意知 $r_Q + r_P = l$, 联立解得 $m_Q = \frac{4\pi^2 l^2 r_P}{GT^2}$, $m_P = \frac{4\pi^2 l^2 r_Q}{GT^2}$, 所以 $\Delta m = m_Q - m_P = \frac{4\pi^2 l^2 \Delta r}{GT^2}$, C 项正确; $m_P + m_Q = \frac{4\pi^2 l^3}{GT^2}$, D 项错误。

分组练(6) 功和能

1. B 【解析】排球向上运动过程中, 重力做的功 $W_G = -mg(h_1 + h_2) = -4.125 \text{ J}$, A 项错误; 排球下落 0.8 m 后, 速度 $v_2 = \sqrt{2gh_3} = 4 \text{ m/s}$, 则右手击球瞬间, 重力的功率 $P = mgv_2 = 10 \text{ W}$, B 项正确; 排球在空中向上运动过程中, 由动能定理有 $-mgh_2 = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 左手托球向上运动过程中, 由动能定理有 $W - mgh_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 - 0$, 联立可得排球向上运动过程中, 人对排球做的功 $W = 4.125 \text{ J}$, C 项错误; 以竖直向上为正方向, 根据动量定理得 $I_A - I_{G1} = mv_1 - 0$, 解得 $I_A > mv_1 = 1.25 \text{ N} \cdot \text{s}$, D 项错误。

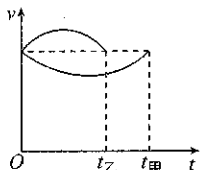
2. D 【解析】汽车在前 5 s 内的加速度 $a = \frac{\Delta v}{t} = 2 \text{ m/s}^2$, 又 $F - f = ma$, 则牵引力恒定, $P = Fv = Fv_1$, 即功率与时间成正比, A 项错误; 由 $P = Fv$ 可知, 5 s 后功率不变, 速度增大, 牵引力减小, B 项错误; 根据牛顿第二定律有 $F - f = ma$, $f = 0.1mg = 1 \times 10^3 \text{ N}$, 可得汽车在前 5 s 内的牵引力 $F = 3 \times 10^3 \text{ N}$, C 项错误; 由图像可知, 当汽车匀速运动时达到最大速度, 此时牵引力等于阻力, 则 $P_0 = F'v_{\max} = fv_{\max}$, 且 5 s 末汽车达到额定功率, 则 $P_0 = Fv_1 = 3 \times 10^4 \text{ W}$, 解得 $v_{\max} = 30 \text{ m/s}$, D 项正确。

3. C 【解析】物块滑到轨道最低点 N 时, 对轨道压力为 $4mg$, 根据牛顿第三定律可知, 轨道对物块的支持力为 $4mg$, 则在最低点 N 时有 $4mg - mg = m \frac{v^2}{R}$, 解得物块滑到最低点时的速度 $v = \sqrt{3gR}$, 对物块从开始下落到滑到最低点 N 的过程, 由动能定理得 $2mgR - W = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 解得 $W = \frac{1}{2}mgR$, 对物块由最低点 N 上滑过程的速度小于下滑过程的速度, 物块对轨道的压力减小, 物块从最低点 N 到达 Q 点时克服摩擦力做的功 W' 小于 W , 由此可知, 物块到达 Q 点后, 可继续上升一段距离, C 项正确。

4. B 【解析】设倾斜滑道的倾角为 θ , 游客及滑板的总质量为 m , 要确保所有游客在倾斜滑道上匀减速下滑, 应满足 $mg \sin \theta < \mu_0 mg \cos \theta$, 解得 $\tan \theta = \frac{h}{L_1} < \mu_0$, $L_1 > \frac{h}{\mu_0}$, A 项错误; 假设游客能滑上水平滑道, 则由动能定理得 $2mgh - 0.2mgh - \mu mg \cos \theta \times \frac{L_1}{\cos \theta} \geq 0$, 解得 $L_1 \leq \frac{9h}{5\mu}$, 由于 $\mu_0 \leq \mu \leq 1.2\mu_0$, 故要使游客能滑到

水平滑道上,应满足 $L_1 \leq \frac{9h}{5 \times 1.2\mu_0} = \frac{3h}{2\mu_0}$, B 项正确; 假设游客不会滑出水平滑道的左端, 对于游客运动的过程, 由动能定理得 $2mgh - 0.2mgh - \mu mg \cos \theta \times \frac{L_1}{\cos \theta} - \mu mg L_2 \leq 0$, 即 $2mgh - 0.2mgh - \mu mg(L_1 + L_2) \leq 0$, 解得 $L_1 + L_2 \geq \frac{9h}{5\mu}$, 由于 $\mu_0 \leq \mu \leq 1.2\mu_0$, 故要使游客能停在水平滑道上, 需满足 $L_1 + L_2 \geq \frac{9h}{5\mu_0}$, C、D 项错误。

5. B 【解析】根据题意得乙球先向下运动, 重力势能转化为动能, 速率增大, 然后动能转化为重力势能, 速率变小, 则乙球的速率先变大后变小; 甲球先向上运动, 动能转化为重力势能, 速率变小, 然后重力势能转化为动能, 速率变大, 则甲球的速率先变小后变大, 而甲、乙两球运动过程中只有重力做功, 机械能守恒, 则到达 B 点时的速率相等。画出两小球速率随时间变化的关系图像, 如图所示:



甲、乙两球所通过的路程相等, 即坐标轴与图线所围面积相等, 由图可知乙球先到达 B 点, B 项正确。

6. D 【解析】滑块 P、Q 和弹簧组成的系统机械能守恒, 因此滑块 P、Q 组成的系统机械能不守恒, A 项错误; 滑块 P 下降过程中, 轻杆一直阻碍滑块 P 下落, 对滑块 P 做负功, 所以滑块 P 的机械能一直减小, B 项错误; 滑块 P 下降到最低点时, 弹性势能最大, 整个系统机械能守恒, 因此弹簧弹性势能最大值为 $E_p = 2mgL(\cos 30^\circ - \cos 60^\circ) = (\sqrt{3} - 1)mgL$, C 项错误; 滑块 P 达到最大动能时, 在竖直方向上的加速度为零, 整个系统竖直方向合力为零, 因此滑块 Q 受到地面的支持力大小为 $3mg$, D 项正确。
7. C 【解析】物体接触弹簧前, 由机械能守恒定律可知, 物体刚接触弹簧时的动能 $E_k = mgx \sin \theta$, 物体接触弹簧后, 重力沿斜面向下的分力先大于滑动摩擦力和弹簧的合力, 物体先加速下滑, 后来重力沿斜面向下的力小于滑动摩擦力和弹簧的合力, 物体减速下滑, 所以, 当重力沿斜面向下的分力等于滑动摩擦力和弹簧的合力时, 物体的合力为零, 速度最大, 动能最大, 所以物体的最大动能一定大于 $mgx \sin \theta$, A 项错误; 设弹簧的最大压缩量为 L , 弹性势能的最大值为

E_p , 物体从 A 点运动到最低点的过程, 由能量守恒定律得 $mg(L+x) \sin \theta = \mu mg L \cos \theta + E_p$, 物体从最低点到 Q 点的过程, 由能量守恒定律得 $mg(L + \frac{x}{2}) \sin \theta + \mu mg L \cos \theta = E_p$, 解得 $L = \frac{x \tan \theta}{4\mu}$, 由于 $\mu < \tan \theta$, 但未知它们的具体参数, 则无法说明弹簧的最大形变量是否大于 $\frac{1}{2}x$, B 项错误; 第一次往返过程中, 根据能量守恒定律可知损失的机械能等于克服摩擦力做的功 $\Delta E = 2\mu mg L \cos \theta = \frac{1}{2}mgx \sin \theta$, C 项正确; 从 Q 点到第二次沿斜面上升到最高点 C 位置有 $mgx_{QC} \sin \theta = 2\mu mg L' \cos \theta$, 如果 $L' = L$, 则有 $x_{QC} = \frac{x}{2}$, 则最高点为 B, 但由于物体从 Q 点下滑, 则弹簧的最大形变量 $L' < L$, 所以最高点位置应该在 B 点上方, D 项错误。

8. BC 【解析】根据 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知 $a_2 = 2a_1$, 根据 $s = \bar{v}t$ 可知 $s_2 = 2s_1$, 根据牛顿第二定律得 $F - f = ma$, 有 $F_2 - f = 2(F_1 - f)$, 所以有 $F_2 < 2F_1$, 根据功的公式得 $W_{F_2} = F_2 s_2 < 2F_1 s_2 = 4F_1 s_1 = 4W_{F_1}$, A 项错误, B 项正确; 克服摩擦力做的功为 $W_f = fs_2 = 2fs_1 = 2W_{f1}$, C 项正确, D 项错误。
9. BC 【解析】物块 P 对木板 Q 的摩擦与木板 Q 对物块 P 的摩擦是作用力、反作用力, 即物块 P、木板 Q 所受的摩擦力之比为 1:1, A 项错误; 摩擦力对物块 P 所做的功 $W_P = -fx_P = -f(x+L)$, 摩擦力对木板 Q 所做的功为 $W_Q = fx_Q = fx$, 摩擦力对物块 P 与摩擦力对木板 Q 所做的功的绝对值之比为 11:7, B 项正确; 对物块 P 由动能定理得 $-fx_P = \Delta E_P$, 对木板 Q 由动能定理得 $fx_Q = \Delta E_Q$, 物块 P、木板 Q 组成的系统因摩擦而产生的热量 $Q = fL$, 即系统损失的机械能为 Q , 则 $|\Delta E_P| : Q = 11:4$, $\Delta E_Q : Q = 7:4$, C 项正确, D 项错误。

10. CD 【解析】取地面为零势能面, 根据图像可知小球下落前的重力势能 $E_0 = mgh = 0.7 \text{ J}$, 解得小球开始下落时的高度 $h = 0.7 \text{ m}$, 图乙中的图线②表示弹簧的弹性势能随小球位移的变化关系, 由此可知小球下落 $h_1 = 0.5 \text{ m}$ 开始接触弹簧, 则弹簧的原长 $L = h - h_1 = 0.2 \text{ m}$, A 项错误; 小球刚接触弹簧时, 合力依然向下, 要继续加速, B 项错误; 由图乙可知小球速度减为 0 时小球下落 $h_2 = 0.6 \text{ m}$, 根据功能关系有 $mgh_2 - fh_2 = 0.54 \text{ J}$, 解得 $f = 0.1 \text{ N}$, 小球刚接触弹簧时, 小球下落了 $h_1 = 0.5 \text{ m}$, 则根据动能定理有

$mgh_1 - fh_1 = E_k$, 解得小球刚接触弹簧时的动能 $E_k = 0.45 \text{ J}$, C 项正确; 整个下落过程中, 空气阻力一直做负功, 系统机械能一直减小, D 项正确。

分组建(7) 动量定理与动量守恒

1. C 【解析】由图可知, 推力的作用时间 $t_a < t_b$, 撤去推力时两物体的速度大小相等, 又因为 $AB \parallel CD$, 所以两物体 a, b 所受到的摩擦力大小相等, 由动量定理得 $(F - f)t = mv - 0$, 解得 $Ft = ft + mv$, 所以 F_1 对物体 a 的冲量小于 F_2 对物体 b 的冲量, A 项错误, C 项正确; 由图可知, 运动的总时间 $t_a' < t_b'$, 故摩擦力对物体 a 的冲量小于摩擦力对物体 b 的冲量, B 项错误; 全过程中两物体的动量变化量均为 0, 所以两物体的合外力的冲量均为 0, D 项错误。

2. B 【解析】设帆船的迎风面积为 S , 空气密度为 ρ , 匀速运动时受到的风力等于阻力, 当风速为 $2v_0$ 时, 帆船在静水中顺风匀速行驶的速度为 v_0 , 选取极短时间 Δt 内的风柱为研究对象, 该时间内作用在帆船上的风柱的质量 $m = \rho S(2v_0 - v_0)\Delta t$, 此时根据动量定理有 $F\Delta t = m(2v_0 - v_0)$, 当风速为 $4v_0$ 时, Δt 时间内作用在帆船上的风柱的质量 $m' = \rho S(4v_0 - v_0)\Delta t$, 根据动量定理有 $F'\Delta t = m'(4v_0 - v_0)$, 其中 $F' = \frac{9}{4}F$, 联立解得 $v = \frac{5}{2}v_0$, B 项正确。

3. B 【解析】甲、乙两球的碰撞过程满足动量守恒定律 $p_{\text{甲}} + p_{\text{乙}} = p_{\text{甲}}' + p_{\text{乙}}'$, 故碰撞后甲球的动量变为 $p_{\text{甲}}' = 4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 甲球与乙球发生弹性碰撞, 碰撞前、后两球的总动能不变, 即 $\frac{p_{\text{甲}}^2}{2m_{\text{甲}}} + \frac{p_{\text{乙}}^2}{2m_{\text{乙}}} = \frac{p_{\text{甲}}'^2}{2m_{\text{甲}}} + \frac{p_{\text{乙}}'^2}{2m_{\text{乙}}}$, 解得 $m_{\text{乙}} = 0.7 \text{ kg}$, B 项正确。

4. B 【解析】若把物块 A 固定, 子弹射入物块 B 后一起向上摆至最高点的过程中, 由机械能守恒定律有 $(0.01m + 0.99m)gL = \frac{1}{2}(0.01m + 0.99m)v^2$, 解得子弹射入物块 B 后的速度 $v = \sqrt{2gL}$, 子弹射入物块 B 的过程中, 由动量守恒定律可得 $0.01mv_0 = (0.01m + 0.99m)v$, 解得子弹射入物块 B 的初速度 $v_0 = 100\sqrt{2gL}$, A 项错误; 若物块 A 不固定, 子弹仍以速度 v_0 射入, 当物块 B 摆到最高点时, 物块 A、B 和子弹具有相同的速度, 水平方向合外力为 0, 整个运动过程系统总动量不守恒但在水平方向系统动量守恒, 由动量守恒定律有 $(0.01m + 0.99m)v = (0.01m + 0.99m + 2m)v'$, 解得 $v' = \frac{\sqrt{2gL}}{3}$, B 项正确, C 项错误; 若物块 A 不固定, 子弹仍以速度 v_0 射入, 物块 B

回到物块 A 正下方时, 取向右为正方向, 由动量守恒定律得 $mv = mv_1 + 2mv_2$, 由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \times 2mv_2^2$, 解得 $v_1 = \frac{m-2m}{m+2m}v = -\frac{\sqrt{2gL}}{3}$, D 项错误。

5. C 【解析】由图像的斜率等于速度可知, 碰撞前 A 球的速度 $v_A = \frac{4-10}{2} \text{ m/s} = -3 \text{ m/s}$, B 球的速度 $v_B = \frac{4}{2} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$, 碰撞后 A、B 两球的速度相等, $v_A' = v_B' = v = \frac{2-4}{2} \text{ m/s} = -1 \text{ m/s}$, 对 A、B 两球组成的系统, 根据动量守恒定律得 $m_A v_A + m_B v_B = (m_A + m_B)v$, 解得 $m_B = \frac{4}{3} \text{ kg}$, A 项错误; 由动量定理可得 B 球对 A 球的冲量 $I = m_A v_A' - m_A v_A = 4 \text{ N} \cdot \text{s}$, B 项错误; 碰撞过程中, A、B 两球组成的系统损失的动能 $\Delta E_k = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 - \frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2$, 解得 $\Delta E_k = 10 \text{ J}$, C 项正确; A、B 两球碰撞前的总动量 $p = m_A v_A + m_B v_B = -\frac{10}{3} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, D 项错误。

6. A 【解析】在弹丸由静止从发射装置射出, 最终射入沙袋中的过程中, 弹丸和车组成的系统在水平方向动量守恒, 由动量守恒定律可得 $mv_{\text{弹}} - Mv_{\text{车}} = 0$, 可得 $m \frac{d-s}{t} - M \frac{s}{t} = 0$, 解得弹丸静止时与沙袋的距离 $d = \frac{(M+m)s}{m}$, A 项正确。

7. C 【解析】火箭的推力来源于火箭内的压缩空气和向下喷出的水对它的反作用力, A 项错误; 水喷出的过程中, 火箭内气体做功, 火箭和水组成的系统机械能不守恒, B 项错误; 在水喷出后的瞬间, 火箭获得的速度最大, 由动量守恒定律有 $(M-m)v - mv_0 = 0$, 解得 $v = \frac{mv_0}{M-m}$, 火箭上升的时间 $t = \frac{v \cos \theta}{g} = \frac{mv_0 \cos \theta}{(M-m)g}$, 火箭的水平射程 $x = v \sin \theta \cdot 2t = \frac{mv_0 \sin \theta}{M-m} \cdot \frac{2mv_0 \cos \theta}{(M-m)g} = \frac{m^2 v_0^2 \sin 2\theta}{(M-m)^2 g}$, C 项正确; 水喷出后, 火箭做斜向上抛运动, 有 $(v \cos \theta)^2 = 2gh$, 解得 $h = \frac{m^2 v_0^2 \cos^2 \theta}{2g(M-m)^2}$, D 项错误。

8. CD 【解析】爆炸后甲、丙从同一高度做平抛运动, 乙从同一高度做自由落体运动, 设高度为 H , 则落地时间均为 $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$, A、B 项错误; 以水平向右为正方

向,爆炸过程中由动量守恒定律有 $mv = -\frac{1}{3}mv_{\text{丙}} + \frac{1}{3}mv_{\text{甲}}$.由题可知 $v_{\text{丙}} = v$,解得 $v_{\text{甲}} = 4v$,爆炸后甲、丙从同一高度平抛,落地点到乙落地点的距离 $x = vt$, t 相同,则 $x \propto v$,则甲落地点到乙落地点的距离与丙落地点到乙落地点的距离之比为 $x_{\text{甲}}:x_{\text{丙}} = v_{\text{甲}}:v_{\text{丙}} = 4:1$.C项正确;根据能量守恒定律可得爆炸过程中释放的化学能 $\Delta E = \frac{1}{2} \times \frac{m}{3} v_{\text{甲}}^2 + \frac{1}{2} \times \frac{m}{3} v_{\text{丙}}^2 - \frac{1}{2} mv^2 = \frac{7}{3} mv^2$,D项正确。

9. BD 【解析】小球滑上小车,又返回小车的左端,整个过程中,小球在竖直方向上有外力作用,冲量不为0,故系统在竖直方向上动量不守恒,A项错误;系统在水平方向上动量守恒,以水平向右为正方向,由动量守恒定律得 $mv_0 = mv_1 + Mv_2$,由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$,又 $M = m$,解得 $v_1 = \frac{m-M}{m+M}v_0 = 0$, $v_2 = \frac{2m}{m+M}v_0 = v_0$,所以小球离开小车后将做自由落体运动,B项正确;对小车,根据动能定理得小球对小车做的功 $W = \frac{1}{2}Mv_2^2 - 0 = \frac{1}{2}mv_0^2$,C项错误;当小球刚与小车脱离时,二者水平方向共速,设小车的速度为 v ,以水平向右为正方向,根据动量守恒定律得 $mv_0 = (m+M)v$,根据能量守恒定律得 $\frac{1}{2}mv_0^2 = mgR + \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}mv_0^2$,解得小球第一次冲出圆弧轨道时的速度 $v_0 = \frac{\sqrt{2}}{2}v_0$, $v = \frac{v_0}{2}$,由几何关系可知其竖直速度也为 $\frac{v_0}{2}$,小球第一次冲出圆弧轨道至落回圆弧轨道的运动时间 $t = \frac{\frac{v_0}{2}}{g} \times 2 = \frac{v_0}{g}$,故在该过程中,小车的位移 $s = vt = \frac{v_0^2}{2g}$,D项正确。

10. AD 【解析】小球A通过圆弧轨道的最高点N时恰好与圆管无弹力作用,有 $mg = \frac{mv^2}{R}$,则 $v = \sqrt{gR} = \sqrt{2}$ m/s,小球A从P点运动到N点,由动能定理有 $-mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,解得 $v_0 = \sqrt{10}$ m/s,弹簧弹开小球A,弹性势能转化为动能,有 $E_p = \frac{1}{2}mv_0^2 = 10$ J,即释放小球A前弹簧内储存的弹性势能为10 J,A项正确;小球A脱离弹簧后,

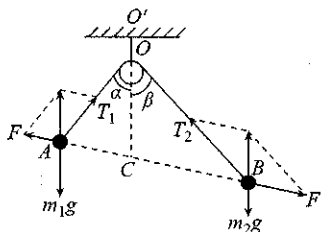
两小球组成的系统动量不守恒,B项错误;由能量守恒定律可知小球A从圆弧轨道出来的速度仍然为 $v_0 = \sqrt{10}$ m/s,然后小球A与小球B发生弹性碰撞,根据动量守恒定律得 $mv_0 = mv_1 + Mv_2$,根据能量守恒定律得 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$,解得 $v_1 = -\frac{3\sqrt{10}}{5}$ m/s, $v_2 = \frac{2\sqrt{10}}{5}$ m/s,小球A以大小为 $\frac{3\sqrt{10}}{5}$ m/s的速度返回,若能上升到最高点,根据动能定理有 $-mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_3^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$, v_3 无解,则小球A到不了最高点就要返回,C项错误;小球A返回后的速度大小 $v_1' = \frac{3\sqrt{10}}{5}$ m/s,方向向右, $v_2 = \frac{2\sqrt{10}}{5}$ m/s,因 $v_1' > v_2$,则小球A追上小球B发生第二次弹性碰撞,有 $mv_1' + Mv_2 = mv_3 + Mv_4$, $\frac{1}{2}mv_1'^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}Mv_4^2$,联立解得 $v_3 = \frac{7\sqrt{10}}{25}$ m/s, $v_4 = \frac{12\sqrt{10}}{25}$ m/s,则A、B两小球第二次碰撞后速度大小之比为 $|v_3|:|v_4| = 7:12$,D项正确。

分组练(8)

电场及带电粒子在电场中的运动

1. D 【解析】虽然两球心间的距离 l 只有球壳外半径 r 的3倍,但由于其壳层的厚度和质量分布均匀,两球壳可看作质量集中于球心的质点,因此,可以应用万有引力定律求两球壳 a 、 b 之间的万有引力 F_1 ,即 $F_1 = G \frac{m^2}{l^2}$,而本题中由于两球壳 a 、 b 所带异种电荷相互吸引,使它们各自的电荷分布不均匀,即相互靠近的一侧电荷分布比较密集,又因两球心间的距离 l 只有其外半径 r 的3倍,不满足 $l \gg r$ 的要求,故不能将两球壳 a 、 b 看成点电荷,所以库仑定律不适用,故两球壳 a 、 b 之间的库仑力 $F_2 \neq k \frac{Q^2}{l^2}$,D项正确。
2. B 【解析】因定滑轮两侧细绳的拉力大小相等,可知 $\alpha = \beta$,A项错误;画出两小球A、B的受力如图所示,由三角形相似可知 $\frac{m_1 g}{OC} = \frac{T_1}{l_1}$, $\frac{m_2 g}{OC} = \frac{T_2}{l_2}$,其中 $T_1 = T_2$,则 $\frac{l_1}{l_2} = \frac{m_2}{m_1}$,B项正确;由关系式 $\frac{l_1}{l_2} = \frac{m_2}{m_1}$ 可知, l_1 和 l_2 的长度由两小球A、B的质量关系决定,与两小球A、B的电荷量关系无关,则若仅增大小球B的电

荷量,系统再次静止时,OB段长度不变,C、D项错误。



3. D 【解析】球体带正电,电场线方向沿半径向外,故A点的电势高于B点的电势,A项错误;由图乙可知 $r=2R$ 处的电场强度大于 $r=3R$ 处的电场强度,即 $E_A > E_B$,B项错误;根据 $U=Ed$ 可知图像与 r 轴所围成的面积表示电势差,由图乙可知 $E-r$ 曲线与 $R \sim 2R$ 部分所围成的面积大于 $E-r$ 曲线与 $2R \sim 3R$ 部分围成的面积,即从球面到A点的电势差大于A、B两点间的电势差,C项错误;因为 $E-r$ 曲线与 $O \sim R$ 部分所围成的面积等于 $E-r$ 曲线与 $2R \sim 3R$ 部分所围成的面积,即 $O \sim R$ 间的电势差等于 $2R \sim 3R$ 间的电势差,即等于A、B两点间的电势差,故电荷量为 q 的正电荷沿直线从A点移到B点的过程中,电场力做的功 $W=qU=\frac{qE_0R}{2}$,D项正确。

4. C 【解析】根据对称性以及点电荷产生的电势的表达式可知,c、d两点的电场强度大小相同、方向不同,电势相等,A、B项错误;电势是标量,根据公式 $\varphi=\frac{kq}{r}$,电荷量为 $-q$ 的点电荷在圆上产生的电势相等,且为负值,沿圆弧从a点经c点到b点,电荷量为 $2q$ 的点电荷产生的电势越来越小,且为正值,故 $\varphi_a > \varphi_c > \varphi_b$,故一电子沿圆弧从a点经c点到b点,电势能一直增大,C项正确;一电子沿圆弧从c点经b点到d点,该电子受到的电荷量为 $-q$ 的点电荷的电场力不做功,受到的电荷量为 $2q$ 的点电荷的电场力先做负功再做正功,总功为零,但并非一直不做功,D项错误。

5. D 【解析】a、c两点之间的电势差 $U=[4\sqrt{3}-(-4\sqrt{3})]\text{V}=8\sqrt{3}\text{V}$,a、c两点之间沿电场线方向的距离 $d=2R\sin 60^\circ=\sqrt{3}R$,该匀强电场的电场强度 $E=\frac{U}{d}=40\text{V/m}$,A、B项错误;b、d两点之间沿电场线方向的距离 $d'=2R\cos 60^\circ=R$,b、d两点之间电势差 $U'=Ed'=8\text{V}$,由 $\varphi_b-\varphi_d=8\text{V}$,可得d点的电势 $\varphi_d=-4\text{V}$,C项错误,D项正确。

6. B 【解析】由于集尘极与电源的正极连接,电场方向

由集尘极指向放电极,带电尘埃在电场力作用下向集尘极迁移并沉积,说明尘埃带负电,A项错误,B项正确;负电荷在电场中受到的电场力方向与电场方向相反,C项错误;由图可知放电极和集尘极之间的电场类似于尖端放电所产生的电场,不是匀强电场,所以带电尘埃在电场中不可能做匀加速运动,D项错误。

7. B 【解析】由静止突然向前加速时,N极板向后运动,电容器两极板间的距离变大,由 $C=\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知电容器的电容变小,A项错误;电压传感器相当于静电计,电容器的电荷量 Q 不变,由 $C=\frac{Q}{U}$ 可知在 Q 不变的情况下,C减小,则 U 增大,B项正确;由公式 $E=\frac{U}{d}=\frac{Q}{Cd}=\frac{Q}{\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}}=\frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$ 可知在 Q 不变、 d 变大的情况下,电容器两极板间的电场强度 E 不变,C项错误;电压传感器的示数与极板间距之间的关系为 $U=\frac{Q}{C}=\frac{Q}{\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}}=\frac{4\pi k d Q}{\epsilon_r S}$,可得 $\Delta U=\frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}\Delta d$,设弹簧的劲

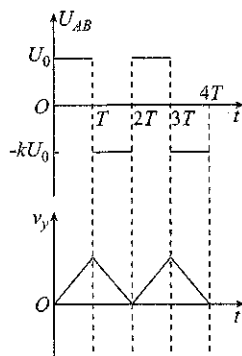
度系数为 k' ,对N极板由牛顿第二定律可得加速度与弹簧形变量的关系为 $a=\frac{2k'x}{m}$,可得 $\Delta a=\frac{2k'}{m}\Delta x$,由题可知 $\Delta x=\Delta d$,电压传感器示数的变化量 ΔU 与加速度的变化量 Δa 之比为 $\frac{\Delta U}{\Delta a}=\frac{\frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}\Delta d}{\frac{2k'}{m}\Delta x}=\frac{2\pi k m Q}{k'\epsilon_r S}$,其为定值,D项错误。

8. ABD 【解析】微粒在竖直方向受到重力作用,做匀减速直线运动,从A点到B点,竖直方向有 $v_0=gt$,水平方向受到电场力作用,加速度 $a=\frac{qE}{m}$,有 $2v_0=at$,解得 $a=2g$,即 $qE=2mg$,A项正确;从A点到B点,增加的机械能等于除重力外其他力做的功即电场力做的功 $\Delta E=qE \times \frac{1}{2}at^2=2mg \times \frac{1}{2} \times 2g \times \frac{v_0^2}{g^2}=2mv_0^2$,B项正确;微粒受到的合力的方向斜向右下方,则合力与速度的夹角由钝角减小为锐角,速度先减小后增大,C项错误;微粒从B点回到A点所在的水平高度时,根据竖直方向运动的对称性可知,所需的时间与A点到B点的时间相同,则由水平方向动量定理可知 $qE \times 2t=mv_x$,解得再次回到A点时水平方向的速度 $v_x=4v_0$,再次回到A点时竖直方向速度仍为 v_0 ,方向向下,则合速度 $v_{\text{合}}=\sqrt{v_0^2+16v_0^2}=\sqrt{17}v_0$,D

项正确。

9. AD 【解析】小球静止时细线与竖直方向的夹角为 37° , 小球受到重力、拉力和电场力, 三力平衡, 根据平衡条件可得 $mg \tan 37^\circ = qE$, 解得 $q = 6 \times 10^{-5} \text{ C}$, A 项正确; 电场力方向水平向右, 在 a 点时电场力做负功最多, 电势能最大, 机械能最小, B 项错误; 小球从初始位置开始, 在竖直平面内运动一周的过程中, 电场力先做负功, 后做正功, 再做负功, 则其电势能先增大后减小, 再增大, C 项错误; 小球恰好能绕 O 点在竖直平面内做圆周运动, 在等效最高点 b 时的速度最小, 根据牛顿第二定律得 $\frac{mg}{\cos 37^\circ} = \frac{mv_b^2}{L}$; 从 a 点到 b 点, 由动能定理得 $-F_{\text{电}} \times L(1 - \sin 37^\circ) = \frac{1}{2}mv_b^2 - \frac{1}{2}mv_a^2$, $F_{\text{电}} = \frac{mg}{\cos 37^\circ}$, 在 a 点有 $qE + T = \frac{mv_a^2}{L}$, 联立解得 $T = 1.2 \text{ N}$, D 项正确。

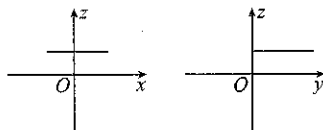
10. BC 【解析】若 $k=1$ 且电子恰好在 $t=2T$ 时射出电场, 电子在竖直方向的速度随时间变化的图像如图所示, 若电子恰好在 $t=2T$ 时射出电场, 竖直方向的速度为零, 则电子射出时的速度为 v_0 , A 项错误; 若 $k=1$ 且电子恰好在 $t=3T$ 时从 A 极板边缘射出电场, 根据动能定理可得 $\Delta E_k = \frac{eU_0}{d} \times \frac{d}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{eU_0}{6}$, B 项正确; 若 $k=1.5$ 且电子恰好在 $t=2T$ 时射出电场, 竖直方向上, 电子在 $0 \sim T$ 时间内做匀加速运动, 加速度的大小 $a_1 = \frac{eU_0}{md}$, 位移 $x_1 = \frac{1}{2}a_1 T^2$, 在 $T \sim 2T$ 时间内先做匀减速运动, 然后反向做匀加速运动, 加速度的大小 $a_2 = \frac{3eU_0}{2md}$, 初速度的大小 $v_1 = a_1 T$, 匀减速运动阶段的位移 $x_2 = \frac{v_1^2}{2a_2}$, 由题知 $\frac{d}{2} > x_1 + x_2$, 解得 $d > \sqrt{\frac{5eU_0 T^2}{3m}}$, C 项正确; 若 $k=1.5$ 且电子恰好在 $t=2T$ 时射出电场, 垂直电场方向的速度为 v_0 , 射出时竖直方向的速度大小 $v_y = a_2 T - a_1 T = \frac{eU_0 T}{2md}$, 合速度 $v = \sqrt{v_0^2 + (\frac{eU_0 T}{2md})^2}$, D 项错误。



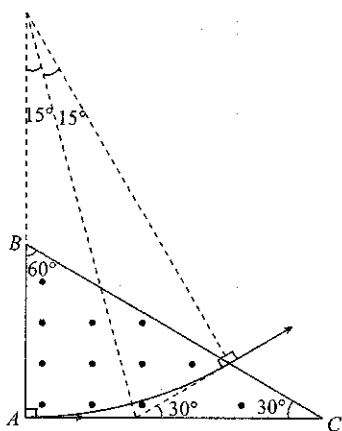
分组练(9)

磁场及带电粒子在磁场中的运动

1. B 【解析】根据右手螺旋定则并结合磁场的特点可知, 线圈 A 在内部产生的磁场方向垂直纸面向外, 而在外部产生的磁场方向垂直纸面向里, 当外部的面积越大时, 穿过圆面内外的磁通量相互抵消的越多, 因此穿过 B 的磁通量大, 穿过 C 的磁通量小, B 项正确, A、C、D 项错误。
2. D 【解析】根据左手定则可知, bc 与 ac 受到的安培力大小相同, 方向不同, A 项错误; 设 ac 段电阻为 R , 则 bc 段电阻也为 R , ab 段电阻为 $\sqrt{2}R$, 设流过 ac 电流为 I , 根据 $I = \frac{U}{R}$ 可知流过 ab 的电流为 $\sqrt{2}I$, 设 $ac=bc=L$, 则 $ab=\sqrt{2}L$, ac, bc 受到的安培力大小 $F=BIL$, ab 受到的安培力大小 $F'=B \cdot \sqrt{2}I \cdot \sqrt{2}L=2BIL=2F$, 则 acb 受到的安培力大小 $F''=\sqrt{2}F$, 则整个线框受到的安培力大小 $F_{\text{合}}=F'+F''=(2+\sqrt{2})F > 2\sqrt{2}F$, B、C 项错误, D 项正确。
3. A 【解析】根据左手定则, 电子所受的洛伦兹力和磁场方向垂直, 电子始终在平行于 xOy 的平面内运动, 在圆柱体的左侧做逆时针圆周运动, 在圆柱体的右侧做顺时针圆周运动, A 项正确, B 项错误; 因为电子始终在平行于 xOy 的平面内运动, z 轴坐标为正值且不变, x 轴的坐标先负值后正值, 在 y 轴的坐标始终为正值, 其投影如图所示, C、D 项错误。

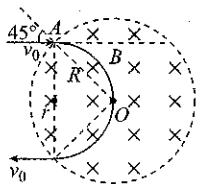


4. C 【解析】电子从 BC 边离开磁场, 速度方向偏转了 30° , 作出轨迹如图所示:

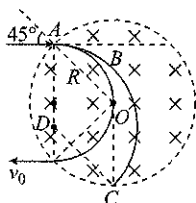


根据几何关系有 $R \tan 15^\circ + 2R \tan 15^\circ \cos 30^\circ = L \tan 60^\circ$, 解得 $R = \frac{(3+\sqrt{3})L}{2}$, 根据 $evB = m \frac{v^2}{R}$, 解得 $v = \frac{3+\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{eBL}{m}$, C 项正确。

5. D 【解析】由题意知该粒子离开磁场时, 速度方向恰好改变了 180° , 粒子一定向下偏转, 由左手定则可知粒子带负电, A 项错误; 该粒子的运动轨迹如图所示:



由几何关系可知粒子的轨迹半径 $r = \frac{\sqrt{2}}{2}R$, 结合 $qv_0B = m \frac{v_0^2}{r}$, 解得 $\frac{q}{m} = \frac{\sqrt{2}v_0}{BR}$, B 项错误; 当该粒子速度增大时, 该粒子运动轨迹所对应的圆心角变小, 由 $t = \frac{\theta m}{Bq}$ 可知, 时间变短, C 项错误; 当粒子的速度为 $\sqrt{2}v_0$ 时, 该粒子在磁场中运动的轨道半径为 R , 运动轨迹如图所示, 由几何关系可知四边形 $AOCD$ 为菱形, 故射出点 C 恰好在 O 点正下方, D 项正确。



6. B 【解析】带电粒子在回旋加速器狭缝处加速, 在“D”形盒部分做匀速圆周运动, 速度越大轨道半径越大, 达到“D”形盒半径 R_D 时, 速度达到最大, 动能最大, 由 $qv_m B = m \frac{v_m^2}{R_D}$, $E_{km} = \frac{1}{2} m v_m^2$, 解得 $E_{km} =$

$\frac{q^2 B^2 R_D^2}{2m}$, 粒子的最大动能与加速电压无关, A 项错误;

根据左手定则可判断流体中带正电的粒子受到的洛伦兹力向下, 带负电的粒子受到的洛伦兹力向上, 故 B 极板带正电、A 极板带负电, B 项正确; 基本粒子不考虑重力的影响, 图丙基本粒子若带正电则受到的电场力向下、洛伦兹力向上, 若带负电则受到的电场力向上、洛伦兹力向下, 粒子能够沿直线匀速通过速度选择器的条件都是二力平衡, 由 $qvB = qE$, $v = \frac{E}{B}$.

故速度选择器只选择粒子的速度, 不能判断粒子的电性, C 项错误; 图丁中若载流子带负电, 则负电荷定向移动的方向与电流方向相反, 由左手定则判断负电荷受力方向指向 C 极板, 则 C 极板电势低, D 项错误。

7. C 【解析】粒子由 P 点垂直边界进入磁分析器, 最终打到胶片上的 Q 点, 根据左手定则可得, 粒子带正电, A 项正确; 粒子在加速电场中做匀加速运动, 则有 $qU = \frac{1}{2} m v^2$, 该粒子在静电分析器做匀速圆周运动,

由电场力提供向心力, 有 $qE = \frac{m v^2}{R}$, 解得 $U = \frac{1}{2} ER$, B 项正确; 粒子在磁分析器中做匀速圆周运动, 根据洛伦兹力提供向心力有 $qvB = \frac{m v^2}{r}$, 解得 $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{mER}{q}}$, 粒子由 P 点垂直边界进入磁分析器, 最终打在胶片上的 Q 点, $PQ = 2r = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{mER}{q}}$, C 项错误;

若一群粒子由静止开始经过上述过程都落在胶片上同一点, 说明运动的轨迹半径 $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{mER}{q}}$ 相同, 由于加速电场、静电分析器与磁分析器都相同, 则该群粒子具有相同的比荷, D 项正确。

8. BD 【解析】根据图乙中霍尔电势差的正负可知, 流过霍尔元件的电流 I 是由负电荷定向运动形成的, A 项错误; 脉冲电压的周期即为车轮转动的周期, 自行车的车速 $v = \frac{2\pi r}{T}$, B 项正确; 根据 $qvB = q \frac{U}{d}$, $I = nqSv$, 其中的 v 是电子定向移动的速率, d 为霍尔元件的宽, nq 与霍尔元件的材料有关, 解得 $U = \frac{BI}{nqh}$, h 为霍尔元件的高, 可知霍尔电压的大小与自行车的车速无关, 与霍尔元件的材料有关, C 项错误, D 项正确。

9. AD 【解析】小球做匀速直线运动, 当带正电时, 电场力水平向左, 重力竖直向下, 从甲端运动到乙端时,

洛伦兹力垂直于虚线斜向右上,三力恰好平衡,能保证小球沿图中虚线运动,当小球带负电时,电场力水平向右,重力竖直向下,从甲端运动到乙端时或者从乙端运动到甲端时,洛伦兹力垂直于虚线斜向左下或者右上,均不能使小球沿虚线运动,A项正确;电场力和洛伦兹力关系为 $\sin 30^\circ = \frac{qE}{qv_0 B}$,整理得 $\frac{E}{B} = \frac{v_0}{2}$,B项错误;小球只能是从管道的甲端运动到乙端,C项错误;未撤磁场时,小球三力平衡,其中电场力和重力沿虚线方向的合力为零,当撤去磁场时,在管道中所受重力和电场力均没有变化,故沿虚线方向的合力仍为零,而管道的支持力垂直于管道,即小球合力仍为零,做匀速直线运动,D项正确。

10. BD 【解析】小球在N点和在M点的状态完全相同,故之后依然向右侧运动,不会返回,A项错误;在水平方向上带电小球受力平衡,则有 $mg = Bqv_0$,求得水平速度 $v_0 = \frac{mg}{Bq}$,小球在最低点的实际速度为 $2v_0$,则动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{2m^3g^2}{q^2B^2}$,B项正确;竖直面内做匀速圆周运动的周期 $T = \frac{2\pi m}{Bq}$,M、N两点间的距离 $s = v_0 T = \frac{2\pi m^2g}{q^2B^2}$,C项错误;小球在水平面内做匀速直线运动,竖直面内是匀速圆周运动, $qv_0 B = m \frac{v_0^2}{R}$,小球的加速度大小恒为 $a_n = \frac{v_0^2}{R} = g$,D项正确。

分组建(10) 电磁感应

1. B 【解析】直导线中变化的电流产生磁场,但穿过圆形线圈的磁通量叠加后为零,即使直导线中的电流变化,也不会导致线圈中的磁通量变化,故线圈中不会产生感应电流,A项错误;当蹄形磁铁绕轴(虚线)旋转时,其下方静止不动的铜盘,相当于若干个过圆心的铜棒在切割磁感线,从而产生感应电流,B项正确;导体棒沿图示方向在磁场中运动,没有切割磁感线,因此不会产生感应电动势,C项错误;在磁铁靠近导体线圈的过程中,导体线圈中的磁通量变化,从而产生感应电动势,由于不闭合,因此线圈中没有感应电流,D项错误。
2. D 【解析】PQ突然向右运动,金属杆切割磁感线,根据右手定则,可知感应电流由Q流向P,PQRS中电流沿逆时针方向,PQRS中的电流产生的磁场向外,则T中的合磁场向里减弱,根据楞次定律可知T的感应电流产生的磁场应垂直纸面向里,则T中感

应电流的方向为顺时针,D项正确。

3. D 【解析】由法拉第电磁感应定律可得大圆线圈产生的感应电动势 $E_1 = \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} = \frac{\Delta B \cdot S_1}{\Delta t} = kS_1$,每个小圆线圈产生的感应电动势 $E_2 = \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t} = kS_2$,由线圈的绕线方式和楞次定律可得大、小圆线圈产生的感应电动势方向相同,故线圈中总的感应电动势大小为 $E = E_1 + 5E_2 = k(S_1 + 5S_2)$,D项正确。

4. C 【解析】线框顺时针转动离开磁场的过程中磁通量减小,根据楞次定律可知,感应电流的方向为顺时针,即电流方向为由b指向a,A项错误;线框从释放到摆至左侧最高点的过程中,通过线框的平均电流 $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R} = \frac{\Delta\Phi}{R\Delta t}$, $\Delta\Phi = B\Delta S = B(2l^2 - \frac{1}{2}l^2) = \frac{3Bl^2}{2}$,导线框的总电阻 $R = 2\rho(2l + l) = 6\rho l$,通过某横截面的电荷量 $q = \bar{I}\Delta t = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{Bl^2}{4\rho}$,B项错误;线框顶点c转到最低点时的角速度为 ω ,产生的感应电动势 $E = \frac{1}{2}B(\sqrt{5}l)^2\omega = \frac{5}{2}Bl^2\omega$,回路中的感应电流 $I = \frac{E}{R} = \frac{5Bl\omega}{12\rho}$,受到的安培力大小 $F = BI \cdot \sqrt{5}l = \frac{5\sqrt{5}B^2l^2\omega}{12\rho}$,C项正确;线框最终静止时,对角线ac恰好与PQ重合,整个过程中根据能量守恒定律有 $W_{\text{克}} = mg(\frac{l}{2} + \frac{\sqrt{5}l}{2}) = \frac{1+\sqrt{5}}{2}mgl$,D项错误。

5. D 【解析】将金属框以初速度 v_0 水平无旋转抛出后,金属框做平抛运动,后进入磁场做匀速运动,水平方向切割磁感线产生的感应电动势相互抵消,竖直方向切割磁感线产生的感应电动势 $E = BLv_y$, $I = \frac{E}{R}$,可得 $I = \frac{BLv_y}{R}$,可知通过磁场的过程中,金属框中电流的大小不变,当金属框刚进入磁场时穿过金属框的磁通量增加,此时感应电流的方向为逆时针,当金属框出磁场时穿过金属框的磁通量减少,此时感应电流的方向为顺时针,A项错误;在金属框匀速通过磁场的过程中,有 $mg = F_{\text{安}}$,则克服安培力做的功 $W = F_{\text{安}} \times 2L = 2mgL$,则金属框在通过磁场的过程中产生的热量为 $2mgL$,B项错误;根据平抛运动规律和平衡条件有 $v_y = \sqrt{2gH}$, $mg = F_{\text{安}} = \frac{B^2L^2v_y}{R}$,解得 $B = \sqrt{\frac{mgR}{L^2 \cdot 2g}} \cdot \frac{1}{\sqrt{H}}$,即增大高度H,需减小B,C项错误;金属框匝数变为N,则电动势 $E' = NBLv_y$,I'

$=\frac{E'}{NR}$, 可得 $I'=\frac{BLv_x}{R}$, 则 $F_{安}=N\frac{B^2L^2v_x}{R}$, 质量为 Nmg , 依然有 $Nmg=F_{安}$, 故仍能匀速通过磁场, D 项正确。

6. D 【解析】金属环达到最大速度时, 加速度为 0, 受力平衡有 $mg=BIL$, 设金属环的最大速度为 v_m , 则 $E=BLv_m$, $I=\frac{E}{R}$, $L=0.2\pi$, $R=2\pi r\cdot 0.1\pi=0.02\pi^2$, 解得 $v_m=4\text{ m/s}$, A 项错误; 由右手定则可知, 环下落过程中, 电流始终为顺时针(从上往下看), B 项错误; 若下落时间为 2 s 时环已经达到最大速度, 根据动量定理则有 $mgt-\sum BiL\Delta t=mv_m$, 其中 $q=\sum i\Delta t$, 联立可得 $q=\frac{mgt-mv_m}{BL}=\frac{32}{\pi}\text{ C}$, C 项错误; 若下落高度为 3 m 时环已经达到最大速度, 则 $mgh=\frac{1}{2}mv_m^2+Q$, 解得 $Q=4.4\text{ J}$, D 项正确。

7. B 【解析】在稳定前的某时刻 CD 的速度为 v_1 , AB 的速度为 v_2 , 必然有 $v_1>v_2$, 回路电动势 $E=BLv_1-BLv_2$, 回路电阻为 R_1+R_2 , 因此回路电流大小 $I=\frac{BLv_1-BLv_2}{R_1+R_2}$, A 项错误; 两金属棒组成的系统动量守恒恒有 $mv_0=mv_{AB}+mv_{CD}$, 当 $v_{AB}=v_{CD}=\frac{v_0}{2}$ 时, 磁通量不再变化, 两金属棒不再受安培力, 将匀速运动, 由能量守恒定律得产生的焦耳热 $Q=\frac{1}{2}mv_0^2-2\times\frac{1}{2}m(\frac{v_0}{2})^2=\frac{1}{4}mv_0^2$, B 项正确; 对 CD 由动量定理得 $BIL\Delta t=m\times\frac{v_0}{2}$, 得通过 CD 某一截面的电荷量 $q=I\Delta t=\frac{mv_0}{2BL}$, C 项错误; 由于通过 CD 某一截面的电荷量为 $q=\frac{\Delta\Phi}{R_1+R_2}=\frac{BL\Delta x}{R_1+R_2}$, 则有 $\Delta x=\frac{mv_0(R_1+R_2)}{2B^2L^2}$, AB 与 CD 间的最终距离 $d=\frac{mv_0(R_1+R_2)}{2B^2L^2}+L$, 故所围成的面积 $S=dL=L^2+\frac{mv_0}{2B^2L}(R_1+R_2)$, D 项错误。

8. BD 【解析】根据楞次定律, 感应电流的磁场总要阻碍引起感应电流的磁通量的变化可知, 磁铁接近线圈时, 穿过线圈的磁通量增大, 感应电流激发的磁场对磁铁必定产生排斥力, 以阻碍磁通量的增大, A 项错误; 由分析可知, 穿过线圈的磁场方向向右, 当磁铁靠近时, 磁通量增大, 感应电流激发的磁场方向向左,

根据安培定则, 从右往左看, 感应电流沿顺时针方向, 当磁铁远离时, 磁通量减小, 感应电流激发的磁场方向向右, 根据安培定则, 从右往左看, 感应电流沿逆时针方向, B 项正确; 磁铁穿过线圈来回振动, 速度大小在不停变化, 即磁通量的变化率在变化, 感应电动势大小发生改变, 感应电流的大小也发生改变, 灯泡的亮暗会发生变化, C 项错误; 磁铁在运动过程中, 线圈中产生感应电流, 灯泡产生焦耳热, 弹性势能一定减小, 即磁铁振动的幅度逐渐减小, D 项正确。

9. AC 【解析】根据右手定则知, 感应电流的方向为 $O\rightarrow A$, OA 切割磁感线相当于电源, 在电源内部电流从电势低处流向电势高处, A 点的电势高于 O 点, 又由于电容器上极板与 A 相接, 上极板电势高于下极板, A 项正确; OA 产生的感应电动势 $E=BL\bar{v}=Br\times\frac{r}{2}\omega=5\text{ V}$, 根据闭合电路欧姆定律得 $I=\frac{E}{R+R_2}=1\text{ A}$, 电容器两端的电压为 $U=IR_2=4.9\text{ V}$, 电容器所带的电荷量 $Q=CU=4.9\times 10^{-10}\text{ C}$, B 项错误; 电路中消耗的电功率 $P_{\text{热}}=I^2(R+R_2)=5\text{ W}$, C 项正确; 若 OA 突然停转, 则之后流过 R_2 的电荷量 $Q_2=Q\times\frac{R}{R+R_2}=9.8\times 10^{-12}\text{ C}$, D 项错误。

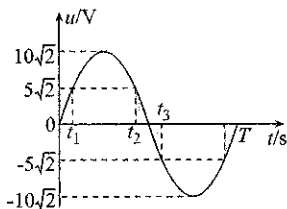
10. ABD 【解析】只闭合开关 S_1 时, 金属棒受向下的重力大于向上的安培力, 金属棒先向下做加速直线运动, 当安培力增大到与重力相等时, 速度达到最大, 即 $mg=BI_m l$, $I_m=\frac{E}{R}=\frac{Blv_m}{R}$, 解得 $v_m=\frac{mgR}{B^2l^2}$, 此后金属棒保持匀速直线运动, A 项正确; 只闭合开关 S_1 时, 金属棒下降距离为 x 时, 通过金属棒的电荷量 $q=I\Delta t=\frac{E}{R}\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t\cdot R}\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{R}=\frac{Blx}{R}$, B 项正确; 若只闭合开关 S_2 , 回路中的电流 $I=\frac{\Delta Q}{\Delta t}=\frac{C\Delta E}{\Delta t}=CBl\frac{\Delta v}{\Delta t}=CBl a$, 根据牛顿第二定律有 $mg-BIl=ma$, 联立解得 $a=\frac{mg}{m+CB^2l^2}$, 由此可知, 金属棒做匀加速直线运动, 且回路中的感应电流大小 $I=\frac{CBlmg}{m+CB^2l^2}$, C 项错误, D 项正确。

分组建(11) 交变电流与变压器

1. D 【解析】在图甲所示位置时, 穿过线圈的磁通量最大, 磁通量变化率为零, 感应电动势为零, 感应电流为零, A 项错误; 从图乙所示位置开始计时, 穿过线圈的磁通量为零, 磁通量变化率最大, 感应电动势最大, 感应电流最大, 线圈中的电流 i 随时间 t 变化的关系式

为 $i = I_m \cos \omega t$, B 项错误; 在图丙所示位置时, 穿过线圈的磁通量最大, 磁通量的变化率为零, C 项错误; 在图丁所示位置时, 穿过线圈的磁通量为零, 磁通量变化率最大, 感应电动势最大, 根据右手定则可知, cd 边电流方向为 $d \rightarrow c$, D 项正确。

2. C 【解析】如图所示为一个周期内交变电流的 $u-t$ 图像:



当电压为 $5\sqrt{2}$ V 时, 代入公式有 $5\sqrt{2} = 10\sqrt{2} \sin \theta$, 则 $\theta = 30^\circ$, 即四分之一周期内有三分之一的时间二极管不亮, 一分钟之内有三分之二的时间二极管发光, 则一分钟之内二极管发光时间为 40 s, C 项正确。

3. B 【解析】由图甲可知 $U_1 = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} U_0$, A 项不符合

题意; 由图乙知 $\frac{(2U_0)^2}{R} \times \frac{T}{2} + \frac{U_0^2}{R} \times \frac{T}{2} = \frac{U_2^2}{R} T$, 解得

$$U_2 = \frac{\sqrt{10}}{2} U_0, \text{B 项符合题意; 图甲消耗的电功率 } P_1$$

$$= \frac{U_1^2}{R} = \frac{U_0^2}{2R}, \text{C 项不符合题意; 图乙消耗的电功率为}$$

$$P_2 = \frac{U_2^2}{R} = \frac{5U_0^2}{2R}, \text{所以 } P_1:P_2 = 1:5, \text{D 项不符合题意。}$$

4. C 【解析】线框绕 MN 连线以角速度 ω 匀速转动, 产生正弦式交变电流, A 项错误; 图示位置穿过回路的磁通量最大, 磁通量变化率为零, B 项错误; 感应电动势的最大值为 $E_m = NBS\omega = \frac{1}{2} \pi r^2 B\omega$, 有效值 $E =$

$$\frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{4} \pi r^2 B\omega, \text{由于其他电阻不计, 灯泡两端电压 } U$$

$$= E = \frac{\sqrt{2}}{4} \pi r^2 B\omega, \text{C 项正确; 由图示位置转过 } 180^\circ \text{ 的过}$$

$$\text{程中, 感应电动势的平均值 } \bar{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B \times 2 \times \frac{1}{2} \pi r^2}{\Delta t}$$

$$= \frac{B\pi r^2}{\Delta t}, \text{通过灯泡的电荷量 } q = I\Delta t = \frac{\bar{E}}{R} \Delta t = \frac{B\pi r^2}{R}, \text{D}$$

项错误。

5. D 【解析】根据理想变压器输入功率等于输出功率有 $U_0 I_0 = U_1 I_1 + U_2 I_2$, 结合电压比等于匝数比, 即 $\frac{U_0}{U_1} =$

$$\frac{n_0}{n_1}, \frac{U_0}{U_2} = \frac{n_0}{n_2}, \text{联立可得 } \frac{I_0}{I_1} = \frac{n_1}{n_0} + \frac{n_2}{n_0} \cdot \frac{I_2}{I_1}, \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$= \frac{2}{1}, \text{A、B 项错误; 若电阻 } R_2 \text{ 的电功率为 } P, \text{由 } P =$$

$$\frac{U^2}{R}, \frac{U_1}{U_2} = \frac{2}{1}, \text{则电阻 } R_1 \text{ 的电功率为 } 4P, \text{根据理想变}$$

压器输入功率等于输出功率, 可知该交流电源的输出功率为 $5P$, C 项错误; 若仅使原线圈电压增大为原来的 2 倍, 则两副线圈电压均变为原来的 2 倍, 功率均变为原来的 4 倍, 则交流电源输出功率变为原来的 4 倍, D 项正确。

6. D 【解析】 U_1 为电源的输出电压, 不变, A 项错误; U_2 与 U_3 的比值由变压器原、副线圈匝数之比决定, 是一个常数, 滑动变阻器的滑片 P 下移, 滑动变阻器接入电路的阻值减小, 则电路中的电流增大, 通过电阻 R_0 的电流增大, 电阻 R_0 的分压增大, U_2 与 U_3 均减小, B、C 项错误; 设通过原线圈的电流为 I , 则副线圈的输出功率即滑动变阻器 R 的消耗功率为 IU_2 , 电阻 R_0 的消耗功率为 $I(U_1 - U_2)$, 电阻 R_0 和滑动变阻器 R 消耗功率的比值为 $\frac{I(U_1 - U_2)}{IU_2} = \frac{U_1}{U_2} - 1$, D 项正确。

7. C 【解析】感应电动势最大值的表达式为 $E_m = NBS\omega$, 由图乙可知 $E_m = 100$ V, $\omega = \frac{2\pi}{T} = 50\pi$ rad/s,

则通过线圈磁通量的最大值 $\Phi_m = BS = \frac{1}{50\pi}$ Wb, A 项

错误; 电压表上的示数为有效值, $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}, U = \frac{R}{R+r} E$

$$= 30\sqrt{2}$$
 V, B 项错误; 电阻 R 上的电功率 $P = \frac{U^2}{R} =$

$$600$$
 W, C 项正确; $0 \sim 0.01$ s 内通过电阻 R 的电荷量

$$q = I \times \Delta t = \frac{N\Delta\Phi}{r+R} = \frac{2}{5\pi}$$
 C, D 项错误。

8. AC 【解析】若电网的电压为 220 kV, 则变电所的变压器原、副线圈匝数比 $n_1:n_2 = 8:1$, A 项正确; 若电网的电压为 110 kV, 则变电所的变压器原、副线圈匝数比为 $n_1:n_2 = 4:1$, B 项错误; 由题意可知电动机的输入功率 $P = \frac{P_{\text{机}}}{\eta} = 1 \times 10^4$ kW, 通过机车电动机的电流

$$I = \frac{P}{U_{\text{机}}} = 400$$
 A, 设牵引变电所到机车间的等效电阻

为 r , 牵引变电所向机车的输电电流等于 I , 根据闭合

电路欧姆定律有 $U_{\text{机}} = U_{\text{线}} - Ir$, 解得 $r = 6.25$ Ω , C 项

正确, D 项错误。

9. AC 【解析】用户得到的电功率即降压变压器的输出功率 $P_{\text{用}} = P - P_{\text{损}} = P \times (1 - 5\%) = 9.5$ kW, A 项

正确; 输电线损失的功率 $P_{\text{损}} = P \times 5\% = 0.5$ kW, 通

过输电线的电流 $I_2 = \sqrt{\frac{P_{\text{损}}}{R_{\text{线}}}} = 5 \text{ A}$, 升压变压器的输出电压 $U_2 = \frac{P}{I_2} = 2\,000 \text{ V}$, 可得升压变压器原、副线圈的匝数之比 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{8}$, B 项错误, C 项正确; 输电线上的电压损失 $U_{\text{损}} = I_2 R_{\text{线}} = 100 \text{ V}$, 降压变压器原线圈两端的电压 $U_3 = U_2 - U_{\text{损}} = 1\,900 \text{ V}$, 可得降压变压器原、副线圈的匝数之比 $n_3:n_4 = U_3:U_4 = 95:11$, D 项错误。

10. BD 【解析】设降压变压器 T_2 原线圈电压为 U_3 , 副线圈电压为 U_2 。根据题意可知, 电阻 R_0 两端的电压 $U_{R_0} = U_1 - U_3$, 则 $R_0 = \frac{U_1 - U_3}{I_1}$, A 项错误; 设降压变压器 T_2 原线圈的电压变化为 ΔU_3 , 则 $\frac{\Delta U_3}{\Delta U} = k_2$, 设降压变压器 T_2 原线圈的电流变化为 ΔI_3 , 则 $\frac{\Delta I_3}{\Delta I} = \frac{1}{k_2}$, 可得 $\Delta I_3 = \frac{\Delta I}{k_2}$, 当负载电阻 R 减小时, 电表 A_1 的示数增加了 $\frac{\Delta I}{k_2}$, 根据欧姆定律可得 $\Delta U_3 = \Delta I_3 R_0$, 即 $k_2 \Delta U = \frac{\Delta I}{k_2} R_0$, 解得 $R_0 = \frac{\Delta U}{\Delta I} k_2^2$, B、D 项正确; 输入电压不变, 升压变压器 T_1 原线圈匝数比不变, 则升压变压器 T_1 副线圈的电压不变, 电压表 V_1 示数不变, C 项错误。

分组练(12) 热学

1. D 【解析】微粒运动反映了液体分子的无规则热运动, 微粒的运动是布朗运动, A 项错误; 当两个相邻分子间的距离为 r_0 时, 分子间相互作用的引力和斥力大小相等但不为零, B 项错误; 单晶体具有物理性质的各向异性, 故食盐晶体的物理性质沿各个方向是不一样的, C 项错误; 由于表面张力的作用, 液体要收缩至表面积最小, 所以小草上的露珠呈球形, D 项正确。
2. D 【解析】 $a \rightarrow b$ 为绝热过程, 气体体积减小, 外界对气体做功, 故内能增大, A 项错误; $b \rightarrow c$ 过程中, 体积不变, 分子数密度不变, 气体压强增大, 温度升高, 气体分子的平均速率增大, 则气体分子在单位时间内与单位面积器壁碰撞的分子数增多, B 项错误; $c \rightarrow d$ 为绝热过程, 没有热传递, 由于体积增大, 气体对外界做功, 据热力学第一定律可知, 内能减少, 温度降低, 气体分子的平均动能减小, C 项错误; 从状态 a 经状态 b 、 c 、 d 再回到状态 a 的整个过程中, 图线所围成的面积等于气体对外界做的功, 又气体内能不变, 故气体从外界吸收热量, D 项正确。
3. D 【解析】设大气压强为 p_0 , 试管的横截面积为 S ,

对 a 管: 由静止沿光滑斜面下滑, 以水银为研究对象, 根据牛顿第二定律可得 $mg \sin 45^\circ + p_0 S - p_a S = ma_a$, 对试管和水银整体有 $Mg \sin 45^\circ = Ma_a$, 联立解得 $p_0 = p_a$, 对 b 管: 以水银为研究对象, 根据牛顿第二定律得 $mg \sin 45^\circ + p_0 S - p_b S = ma_b$, 对试管和水银整体有 $Mg \sin 45^\circ - f = Ma_b$, 解得 $p_b > p_0$, 对 c 管: 以水银为研究对象, 根据牛顿第二定律得 $mg \sin 45^\circ + p_0 S - p_c S = ma_c$, 对试管和水银整体, 有 $Mg \sin 45^\circ + f = Ma_c$, 解得 $p_c < p_0$, 所以 $p_b > p_0 > p_c$, 根据玻意耳定律 $pV = C$ 和 $V = LS$ 可知 $L_2 < L_1 < L_3$, D 项正确。

4. B 【解析】从状态 A 到状态 B 过程中, 气体等温压缩, 体积减小, 压强增大, 温度不变, 从状态 B 到状态 C 过程中, 气体等压降温, 温度降低, 体积减小, 压强不变, 从状态 C 到状态 D 过程中, 气体等温膨胀, 体积变大, 压强减小, 且状态 D 的压强恢复为状态 A 的压强, B 项正确。
5. D 【解析】以气缸和活塞整体为研究对象, 则弹簧弹力始终等于整体重力, 整体重力不变, 弹簧长度不发生变化, 则外界环境不论如何变化, 活塞距地面的高度不变, A、C 项错误; 以气缸为研究对象, 受到竖直向下的重力和大气压力 $p_0 S$, 竖直向上的支持力 $p_1 S$, 由平衡条件得 $G + p_0 S = p_1 S$, 若外界大气压强 p_0 增大, 则 p_1 一定增大, 根据玻意耳定律得 $pV = C$ (常数), 当压强增大时, 气体体积一定减小, 所以气缸的上底面距地面的高度将减小, B 项错误; 若气温升高, 缸内气体做等压变化, 根据 $\frac{V}{T} = C$ 可知, 当温度升高时, 气体体积增大, 气缸上升, 则气缸的上底面距地面的高度将增大, D 项正确。
6. A 【解析】开始时水银柱平衡, 故两侧气体压强相等, 设为 p , 假设温度升高 ΔT 时气体体积不变, 根据理想气体状态方程, 有 $\frac{p}{T_A} = \frac{\Delta p_A}{\Delta T}$, 故 $\Delta p_A = \frac{\Delta T}{T_A} p$, 同理有 $\Delta p_B = \frac{\Delta T}{T_B} p$, 两侧初状态温度 $T_A > T_B$, 初状态两侧 p 相等, 升高的温度 ΔT 相同, 则两边气体 $\Delta p_B > \Delta p_A$, 水银向 A 端移动, A 项正确。
7. D 【解析】设工作人员共打气 n 次, 根据玻意耳定律有 $1 \text{ atm} \times (2 \text{ L} - 1.2 \text{ L}) + n \cdot 1 \text{ atm} \times 0.1 \text{ L} = 2 \text{ atm} \times (2 \text{ L} - 1.2 \text{ L})$, 解得 $n = 8$, A 项错误; 打开阀门后, 根据玻意耳定律有 $2 \text{ atm} \times 0.8 \text{ L} = 1 \text{ atm} \times V_{\text{气}}$, 解得壶内不再喷出消毒液时, 壶内气体的体积 $V_{\text{气}} = 1.6 \text{ L}$, 则壶内剩余消毒液的体积为 0.4 L , B、C 项错误; 由于壶内气体温度保持不变, 则壶内气体的内能

不变,则根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$,可知气体对外界做的功等于从外界吸收的热量,D项正确。

8. BCD 【解析】空调机在制冷过程中,从室内吸收的热量小于向室外放出的热量,因为有一部分电能转化为热能,A项正确;对能源的过度消耗将形成能源危机,但自然界的总能量守恒,B项错误;容器内的气体对器壁的压强是气体分子对器壁的撞击造成的,不是由于气体分子间的排斥力,C项错误; $\frac{M}{\rho}$ 为摩尔体积,

$\frac{M}{\rho N_A}$ 为一个氧气分子占据空间的体积,不是一个氧气分子的体积,D项错误。

9. AD 【解析】当电阻丝对 f 中的气体缓慢加热时, f 中的气体温度升高,压强增大,活塞向右移动,对活塞和弹簧整体进行研究, h 中的气体压强变大,体积减小,弹簧被压缩。 g 中的气体体积减小,压强增大。因活塞对 h 中的气体做正功,故 h 中的气体内能增大,A项正确; f 中的气体压强大于 g 中的气体压强, f 中的气体体积大于 g 中的气体体积,根据 $\frac{pV}{T} = C$ 可得 f 中的气体温度高于 g 中的气体温度,B项错误;对两活塞整体受力分析, f 和 h 中的气体压强相同,但 f 中的气体体积大于 h 中的气体体积,根据盖-吕萨克定律可得, f 中的气体温度高于 h 中的气体温度,C项错误,D项正确。

10. BC 【解析】左、右两管粗细均匀,开始时左管内水银面比右管内水银面高 $\Delta h = 5 \text{ cm}$,之后两水银面齐平,则左管内水银面向下移动的距离为 2.5 cm ,A项错误;设开始时右管的气体压强为 p_2 ,则有 $p_0 + \rho g \Delta h = p_2$,解得 $p_2 = 80 \text{ cmHg}$,右管前后温度不变,发生等温变化,则有 $p_2' = p_2 - \rho g \Delta h = 75 \text{ cmHg}$, $p_2 h_2 S = p_2' h_2' S$,解得 $p_2' = 90 \text{ cmHg}$,C项正确;两管液面相平时,两管中气体压强也相同,有 $p_1' = p_2' = 90 \text{ cmHg}$,对于左管由玻意耳定律可得 $p_0 h_1 S = p_1' h_1' S$,解得 $h_1' = 25 \text{ cm}$,即左管空气柱缩短为 25 cm ,又液面下降了 2.5 cm ,可知活塞向下移动的距离 $x = h_1 - h_1' + 2.5 \text{ cm} = 7.5 \text{ cm}$,B项正确;稳定后固定活塞,若液面不动,则两边都做等容变化,由查理定律可得 $\frac{\Delta p}{T} = \frac{p}{T}$,由题可知,稳定后两管中气体压强相等,若环境温度缓慢降低,则两管中气压减小量相等,所以两管中气压仍然相等,水银柱不动,D项错误。

分组建 (13) 机械振动和机械波

1. D 【解析】B 从 P 点向 O 点运动的过程中,弹簧的

压缩量逐渐减小,整体的加速度大小 $a = \frac{k \Delta x}{M+m}$,A、B

间的静摩擦力大小 $F_f = ma = \frac{m}{M+m} k \Delta x$,所以静摩擦力逐渐减小,A项正确,D项错误;当 B 从 P 点向 O 点运动到某位置时开始计时,再经 $\frac{T}{2}$ 时间,由运动的对称性可知,B 一定是从 Q 点向 O 点运动,B项正确;B 和 A 整体做简谐运动,根据对称性可知,当 B 在速度为 v 、加速度为 a 的某位置时开始计时,每经过 $\frac{T}{2}$ 时间,B 的速度、加速度大小均不变,方向均相反,C项正确。

2. B 【解析】小球在 B 点时,合力为重力,合力和速度同向,会继续加速运动,B 点时小球的速度不是最大,故动能不是最大,A项错误;若小球从 B 点由静止释放,到达最低点时,由对称性可知,小球在最低点时加速度方向向上、大小为 g ;现小球从 A 点自由下落,小球在 C 点时,弹力比上述情况要大,加速度方向向上、大于 g ,B项正确;由图乙可知,在 x_1 处时 $a = 0$,此时对小球进行受力分析,有 $kx_1 = mg$,在 C 点时对小球进行受力分析,有 $kx_2 - mg = ma_c$, $a_c > g$,联立解得 $x_2 - x_1 = \frac{mac}{k} > \frac{mg}{k} = x_1$,C项错误;小球和弹簧组成的系统机械能守恒,小球从 B 点运动到 C 点的过程中,小球的重力势能一直在减小,小球的动能与弹簧的弹性势能之和一直在增大,D项错误。

3. C 【解析】小球所受的支持力不为零,则支持力的冲量不为零,A项错误;小球做变速圆周运动,除在 B 点外,其加速度方向并不指向圆心,B项错误;小球所受的支持力和重力沿半径方向的分力的合力提供向心力,在 B 点时小球的速度达到最大,此时支持力最大,C项正确;小球越接近 B 点速度越大,则小球在 AD 段的平均速率小于在 DB 段的平均速率,故在 AD 段运动的时间大于在 DB 段运动的时间,D项错误。

4. B 【解析】由题可知,aO 段圆弧所对应的圆心角比较小,小球 P 在圆弧上的运动可看作等效单摆,等效摆长等于圆弧的半径,则小球 P 运动的周期 $T_P = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$,小球 P 第一次到达 O 点的时间 $t_P = \frac{1}{4} T_P = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{R}{g}}$,小球 Q 做自由落体运动,运动的时间 $t_Q = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2R}{g}}$,因为 $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{R}{g}} > \sqrt{\frac{2R}{g}}$,所以小球 Q 先到达 O 点,B项正确。

5. C 【解析】由图乙可知,该质量的筛子固有频率为 0.8 Hz,所以固有周期 $T_0 = \frac{1}{f_0} = 1.25$ s, A 项错误;在该电压下偏心轮的转速为 60 r/min,驱动力的频率 $f = 1$ Hz,若增大电压,则转速增大,驱动力频率增大,远离固有频率,筛子的振幅将减小, B 项错误;仅适当减小筛子的质量,可以增大固有频率,接近驱动力频率,从而增大筛子的振幅, C 项正确;当前驱动力的周期 $T = \frac{1}{f} = 1$ s < 1.25 s $= T_0$, D 项错误。

6. C 【解析】由题可知,质点 N 比质点 M 先回到平衡位置,故 $t = 0$ 时刻,质点 N 沿 y 轴负方向振动,质点 M 沿 y 轴正方向振动,由同侧法可知,简谐横波沿 x 轴负方向传播, A 项错误;质点 N 比质点 M 提前 0.4 s 回到平衡位置,则该波从质点 N 传播到质点 M 的时间为 0.4 s,故简谐横波的波速 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{5-1}{0.4}$ m/s $= 10$ m/s, C 项正确;根据对称性可知, $t = 0$ 时刻,平衡位置 $x = 3$ m 处的质点处于波峰,所以该波的波长为 12 m,根据波长、周期和波速的关系,可知 $T = \frac{\lambda}{v} = \frac{12}{10}$ s $= 1.2$ s, $x = 3$ m 处的质点此时位于最大位移处, $x = 1$ m 处的质点位移为 5 cm,结合振动方程,有 $5 \text{ cm} = A \sin \frac{\pi}{6}$,解得 $A = 10$ cm, B 项错误;经过时间 $t = 1.2$ s $= T$ 后,质点 N 仍在平衡位置上方 5 cm 处, D 项错误。

7. D 【解析】由题图乙可知,质点 A 在 $t = 0$ 时刻向上振动,根据题图甲的波形图可以判断出此波沿 x 轴正方向传播, A 项错误;由题图甲可知波长 $\lambda = 4$ m,由题图乙可知周期 $T = 0.4$ s,根据公式有 $v = \frac{\lambda}{T} = 10$ m/s, B 项错误;因为质点 A、B 的平衡位置相距 15 m,即质点 B 平衡位置的坐标 $x_B = 20$ m,此时该波与质点 B 的距离 $s = (20 - 7)$ m $= 13$ m,该波传到质点 B 需要时间 $t_1 = \frac{s}{v} = 1.3$ s,则 $0 \sim 20$ s 内,质点 B 运动的时间 $t_2 = (20 - 1.3)$ s $= 18.7$ s,设其运动了 n 个周期,有 $n = \frac{t_2}{T} = 46 \frac{3}{4}$,由题图甲可知,该波的起振方向向下,经过 $46 \frac{3}{4}$ 个周期时,质点 B 处于正向最大位移处,即此时质点 B 的位移为 10 cm,质点 B 通过的路程设为 s_1 ,有 $s_1 = 46 \times 4 \times 0.1 \text{ m} + 3 \times 0.1 \text{ m} = 18.7$ m, C 项错误, D 项正确。

8. CD 【解析】根据“同侧法”可知, $t = 0$ 时刻,质点 M

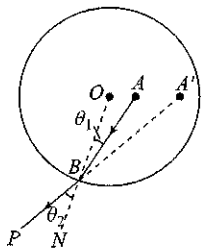
的运动方向沿 y 轴负方向, A 项错误;由图可知 $nT + \frac{T}{4} = 0.5$ s,解得 $T = \frac{2}{4n+1}$ s ($n = 0, 1, 2, 3 \dots$),当 $n = 0$ 时可得最大周期 $T_{\max} = 2$ s,则该简谐横波的最小频率 $f_{\min} = \frac{1}{T_{\max}} = 0.5$ Hz, B 项错误;该简谐横波的最小传播速度 $v_{\min} = \frac{\lambda}{T_{\max}} = \frac{8}{2}$ m/s $= 4$ m/s, C 项正确;若 $n = 1$,则周期 $T = 0.4$ s,当 $t = 0.8$ s 时刻,质点 M 的位移为 0, D 项正确。

9. BC 【解析】由于不知 t_0 时刻 A、B 两质点在波形图上的位置,故无法判断简谐横波的传播方向, A 项错误;简谐横波的周期 $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0.4$ s,从 t_0 时刻开始,1 秒后质点 A 经历 $\frac{5}{2}T$,通过的路程 $s = \frac{5}{2} \times 4A = 40$ cm, B 项正确;若简谐横波的传播方向为从质点 A 向质点 B 传播,有 $3 \text{ m} = \frac{\pi}{6}\lambda + n\lambda$ ($n = 0, 1, 2, 3 \dots$),这列波的波速 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{90}{12n+1}$ m/s ($n = 0, 1, 2, 3 \dots$),当 $n = 0$ 时,波速为 90 m/s, C 项正确;当 $t = \frac{1}{15}$ s 时,质点 A 的位置 $y = 4 \sin(5\pi \times \frac{1}{15} + \frac{\pi}{6}) = 4$ cm,可知质点 A 在波峰, D 项错误。

10. BCD 【解析】由图可知,两波的波长相等,频率相同,两波波速相等,当 $x = 2$ cm 处的质点刚好第一次到达 $y = 4$ cm 处时,甲波传播的距离 $\Delta x = (2 - 0.5)$ cm $= 1.5$ cm,故波的传播速度大小 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1.5}{0.2} \times 10^{-2}$ m/s $= 0.075$ m/s, A 项错误; $t = 0$ 时刻甲波刚好传播到 $x = 1$ cm 处,此处质点的振动方向沿 y 轴正方向,可知甲波波源的起振方向沿 y 轴正方向, B 项正确;由图可知两波的波长 $\lambda = 0.02$ m,两波源连线上满足到两波源的距离差为半波长的偶数倍时为振动加强的位置,即 $\Delta s = k\lambda$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$),解得 $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, \pm 5$,共有 11 个振动加强点, C 项正确; $0 \sim 0.8$ s 内,两波传播的距离 $\Delta x' = vt = 6$ cm,当甲波传播到 $x = 6$ cm 处时,乙波传播到 $x = 4$ cm 处, $x = 6$ cm 处的质点已振动了一个周期,运动的路程 $s_1 = 4A_{\text{乙}} = 32$ cm,之后两波在 $x = 6$ cm 处的振动叠加,该点为振动减弱点,继续振动半个周期,路程 $s_2 = 2A' = 2 \times (8 - 4)$ cm $= 8$ cm,则总路程 $s = s_1 + s_2 = 40$ cm, D 项正确。

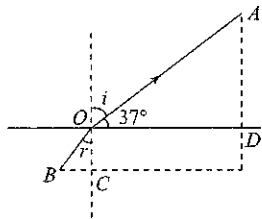
分组建(14) 光学

1. B 【解析】该现象是光的折射现象,A项错误;为了使成像原理更加清晰,应作截面图,如图所示为筷子竖直插入盛水玻璃杯内的俯视图,



A处为筷子,ABP表示由筷子反射的穿过玻璃杯壁的B点射向观察者P处的一条光线,ON为过B点沿半径方向的虚线,即在B点和空气的分界面的法线,上述光线则相当于在B点由水中射入空气中,图中的 θ_1 和 θ_2 分别为此光线的入射角和折射角,根据光的折射规律可知,应有 $\theta_1 < \theta_2$,所以观察者在P处看到的筷子A的像A'的位置不是在A的实际位置,而是在其实际位置偏离玻璃杯中心的方向,向玻璃杯壁靠拢一些,故看上去,浸在水中的这段筷子产生了侧移,B项正确;筷子在玻璃杯的中心轴上时,出射光线始终垂直杯子,光线不发生偏折,C项错误;筷子在玻璃杯的边缘处反射的光射到玻璃杯边缘时入射角较大,最容易发生全反射,则若将筷子沿所在直径向中心轴移动时筷子在水中的像不会消失,D项错误。

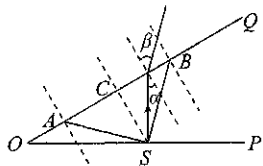
2. B 【解析】水里的鱼反射的光线射出水面时发生折射,折射角大于入射角,折射光线远离法线,翠鸟逆着折射光线看过去会看到比实际位置高的鱼的虚像,故鱼的实际深度比翠鸟观察到的要深,A项错误;翠鸟反射的光线射入水中时发生折射,折射角小于入射角,折射光线靠近法线,鱼逆着折射光线看过去会看到比实际位置高的翠鸟的虚像,B项正确;鱼的实际深度比翠鸟观察到的要深,故翠鸟以与水面成 37° 的方向沿直线俯冲不能捕获鱼,C项错误;光路如图所示:



其中A点为翠鸟所在位置,B点为鱼所在位置,图中 $i = 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$,由折射定律可得 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$,解得 r

$= 37^\circ$,根据几何关系有 $OD = \frac{AD}{\tan 37^\circ} = 2 \text{ m}$, $BC = OC \times \tan r = 0.3 \text{ m}$,则鱼距离翠鸟的实际水平距离 $x = BC + OD = 2.3 \text{ m}$,D项错误。

3. C 【解析】设光线SN在OQ界面的入射角为 α ,折射角为 β ,由几何关系可知 $\alpha = 30^\circ$,则由折射定律可得 $n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \sqrt{2}$,光线射出OQ界面的临界角为恰好发生全反射,光路如图所示:



其中 $CS \perp OB$,光线在A、B两点发生全反射,有 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$,即A、B两点全反射的临界角为 45° ,A、B两点之间有光线射出,由几何关系可知 $AB = 2AC = 2CS = OS = d$,C项正确。

4. D 【解析】内芯相对于外套是光密介质,A项错误;由题目描述可知, θ 不是临界角,B项错误;光路如图所示:



临界角为 β ,设光在玻璃丝中的传播速度为 v ,则 $n = \frac{\sin \theta}{\cos \beta} = \frac{1}{\sin \beta} = \frac{c}{v}$,解得 $v = c \sin \beta = \frac{c}{\sqrt{1 + \sin^2 \theta}}$,C项错误;由题目描述可知,光进入玻璃丝内部后,在F点恰好发生全反射,光在玻璃丝中传播的路程 $s = \frac{L}{\sin \beta}$,传播的时间 $t = \frac{s}{v}$,解得 $t = \frac{n^2 L}{c}$,D项正确。

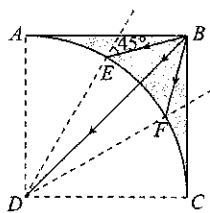
5. B 【解析】若将单缝S向左移动,光屏上明暗相间的条纹间距不会变化,A项错误;由于 S_1 、 S_2 到光屏上O点的光程差为零,该处出现中央亮条纹,其余条纹均匀地分布在O点两侧,若将光屏向左移动,根据 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$ 可知条纹间距减小,将看到光屏上明暗相间的条纹向O点靠拢,B项正确;若将单缝S向上移动,将看到光屏上明暗相间的条纹整体向下移动,C项错误;若将双缝 S_1 、 S_2 的间距变小,根据 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$ 可知条纹间距增大,将看到光屏上明暗相间的条纹向O点两侧移动,D项错误。
6. A 【解析】内窥镜利用了光的全反射原理,A项正

确;肥皂膜上的彩色条纹是从肥皂膜前、后表面反射回来的两列光发生干涉的结果,B项错误;图丙为单色平行光线通过狭缝得到的单缝衍射条纹,C项错误;立体电影的原理是利用光的偏振原理,照相机在镜头表面涂上增透膜的原理是利用光的干涉原理,D项错误。

7. D 【解析】由光路图可知,B光的偏折程度较大,则B光的折射率较大,A项错误;光在真空中的传播速度相等,B项错误;B光的折射率较大,频率较高,折射过程频率不变,由 $\lambda = \frac{c}{f}$ 可知,B光的波长较短,即真空中A光的波长大于B光的波长,C项错误;由 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ 可知,B光相邻的亮条纹间距较小,D项正确。

8. CD 【解析】该条纹为光在标准平板玻璃的下表面和待检测平板玻璃的上表面反射后叠加形成的,A项错误;设两平板玻璃间的夹角为 θ ,相邻亮条纹中心间的距离 $\Delta x = \frac{\lambda}{2\sin\theta}$,B项错误;若仅将红光换为紫光,波长变小,则相邻亮条纹的中心间距变小,条纹变密集,C项正确;薄膜干涉现象中同一明条纹处空气膜的厚度相同。若图中某一条纹向左弯曲,检查平面左边的空气膜厚度与右边的空气膜厚度相同,可知该处有凹陷,D项正确。

9. BC 【解析】由 $v = \frac{c}{n}$ 可知,光在该材料中的传播速度为 $\frac{\sqrt{2}c}{2}$,A项错误;根据 $\sin C = \frac{1}{n}$,可得临界角 $C = 45^\circ$,B项正确;设光射到E点恰好发生全反射,如图所示:



在 $\triangle DBE$ 中根据正弦定理有 $\frac{DB}{\sin\angle DEB} = \frac{DE}{\sin\angle DBE}$,解得 $\angle DBE = 30^\circ$,故 $\angle EDB = 15^\circ$,同理,可知在DB连线另一侧的F点发生全反射时 $\angle FDB = 15^\circ$,故从D点观察,AC圆弧被照亮的弧长 $l = \frac{1}{3} \times \frac{2\pi R}{4} = \frac{\pi R}{6}$,C项正确,D项错误。

10. BC 【解析】潜水爱好者发现只有当 α 大于 41° 时,

岸上救援人员才能收到他发出的激光光束,则说明 $\alpha = 41^\circ$ 时激光恰好发生全反射,则 $\sin(90^\circ - 41^\circ) = \frac{1}{n}$,故 $n = \frac{1}{\sin 49^\circ}$,A项错误,B项正确;当潜水爱好者以 $\alpha = 60^\circ$ 角向水面发射激光时,入射角 $i_1 = 30^\circ$,根据折射定律有 $n\sin i_1 = \sin i_2$,可知折射角 i_2 大于 30° ,则岸上救援人员接收激光光束的方向与水面夹角小于 60° ,C项正确,D项错误。

分组建(15) 原子与原子核

1. C 【解析】由量子 $\epsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ 可知,电磁波的波长越小,能量越大,因此该电磁波中量子最大值 $\epsilon_m = \frac{hc}{\lambda_1}$,C项正确。

2. C 【解析】a、b两束光的频率相同,则a、b两束光光子的能量相同,A项错误;因a光的饱和光电流较大,故a光的光照强度较大,B项错误;根据 $eU = \frac{1}{2}mv_{0m}^2 = h\nu - W_0$,且b光的遏止电压较大,可知光电子的最大初动能关系为 $E_{ka} < E_{kb}$,则材料1的逸出功较大,故材料1的截止频率比材料2的截止频率大,C项正确,D项错误。

3. C 【解析】对光电效应的过程,根据爱因斯坦光电效应方程有 $eU_c = E_k = h\nu - W_0$,即入射光的频率越大,遏止电压越高,A项错误;发生光电效应时,入射光越强,含有的光子数越多,其饱和光电流越大,B项错误;设t秒内该光伏发电板上接收到的光子数为n,根据动量定理可得 $F_{\text{总}}t = nh\frac{\nu}{c}$,已知发电板单位面积上受到光子的平均作用力为F,则有 $F = \frac{F_{\text{总}}}{S}$,联立解

得光伏发电板接收到的光子数 $n = \frac{FSct}{h\nu}$,由 $E = h\nu$ 可得,t秒内该光伏发电板上接收到的光子能量 $E_1 = nh\nu = FSct$,C项正确,D项错误。

4. B 【解析】得到电子的衍射图样,说明电子具有波动性,A项错误;德布罗意波长 $\lambda = \frac{h}{p}$,而动量 $p = \sqrt{2mE_k} = \sqrt{2mE}$,联立解得 $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$,B项正确;用相同动能的质子替代电子,质子的德布罗意波长要比电子的德布罗意波长小,衍射现象与电子相比更加不明显,C项错误;由 $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$ 可知,加速电压越大,电子的德布罗意波长越小,衍射现象就越不明显,D项错误。

5. C 【解析】放射性元素的半衰期,由核内部自身因素决定,与其他条件无关,A项正确;普朗克提出组成黑体的振动着的带电微粒的能量只能是某一最小能量值 ϵ 的整数倍,B项正确;组成原子核的核子数越多,它的结合能越大,比结合能不一定越大,C项错误;卢瑟福通过对 α 粒子散射实验的分析,提出了核式结构模型,D项正确。

6. B 【解析】原子受电子撞击而发生能级跃迁时,可以吸收电子的部分能量,基态的氢原子吸收10.2 eV的能量能从 $n=1$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级,A项错误;紫外线光子的最小能量为3.11 eV,处于 $n=3$ 能级的氢原子的电离能为1.51 eV,故处于 $n=3$ 能级的氢原子可以吸收任意频率的紫外线,并且使氢原子电离,B项正确;一群处于 $n=4$ 能级的氢原子向基态跃迁时,最多能辐射出6种不同频率的光子,其中可见光有2种,C项错误;因能级差 $\Delta E=h\nu$,故处于 $n=4$ 能级的氢原子向不同能级跃迁时,跃迁至 $n=1$ 能级即基态时辐射出的光子频率最高、波长最短,D项错误。

7. C 【解析】 $^{238}_{92}\text{U}$ 核在衰变过程中要释放核能,出现质量亏损,所以 $^{234}_{90}\text{Th}$ 核和 ^4_2He 核的质量之和小于 $^{238}_{92}\text{U}$ 核的质量,A项错误; $^{238}_{92}\text{U}$ 核发生的是 α 衰变,生成物 $^{234}_{90}\text{Th}$ 核与 ^4_2He 核均是带正电的粒子,在磁场中均沿逆时针方向做匀速圆周运动,绕向相同,B项错误; $^{238}_{92}\text{U}$ 核在发生 α 衰变过程中遵守动量守恒定律,衰变之前 $^{238}_{92}\text{U}$ 核静止,衰变后生成的 $^{234}_{90}\text{Th}$ 核和 ^4_2He 核动量等大反向,根据洛伦兹力提供向心力有 $Bqv = \frac{mv^2}{R}$,解得 $R = \frac{mv}{Bq}$,可见在磁场中轨迹的半径之比等

于电荷量的反比,即 $\frac{R_{\text{Th}}}{R_{\text{He}}} = \frac{q_{\text{He}}}{q_{\text{Th}}} = \frac{2}{90} = \frac{1}{45}$,C项正确;

根据动量和动能的关系有 $p^2 = 2mE_k$,解得 $\frac{E_{k\text{Th}}}{E_{k\text{He}}} =$

$\frac{m_{\text{He}}}{m_{\text{Th}}} = \frac{4}{234} = \frac{2}{117}$,在核反应堆中是利用中子 ^1_0n 轰击

$^{235}_{92}\text{U}$ 核使之发生链式反应,D项错误。

8. AD 【解析】该衰变方程为 $^{238}_{92}\text{Pu} \longrightarrow X + ^{234}_{90}\text{U}$,根据质量数与电荷数守恒可知,X为 ^4_2He ,该衰变为 α 衰变,A项正确;放射性元素的半衰期与环境温度无关,B项错误;设经 t 年16毫克的钚($^{238}_{92}\text{Pu}$)还剩下4毫克,故 $4 = 16 \times (\frac{1}{2})^{\frac{t}{T}}$,解得 $t = 176$ 年,C项错误;衰变过程存在质量亏损,故X原子核与 $^{234}_{90}\text{U}$ 原子核的总质量小于钚($^{238}_{92}\text{Pu}$)原子核的质量,D项正确。

9. BCD 【解析】随着原子质量数的增加,原子核的结合能一直增大,A项错误;比结合能越大,原子核中的

核子结合得越牢固,原子核越稳定,B项正确;两个比结合能小的 ^1_1H 结合成比结合能大的 ^4_2He 时,会释放出能量,C项正确;把 $^{16}_8\text{O}$ 分成质子和中子需要提供的能量约为 $\Delta E_1 = 16 \times 8 \text{ MeV} = 128 \text{ MeV}$,将质子和中子结合成一个 ^4_2He 放出的能量约为 $\Delta E_2 = 4 \times 7 \text{ MeV} = 28 \text{ MeV}$,则将 $^{16}_8\text{O}$ 分为4个 ^4_2He 需要提供的能量约为 $\Delta E_3 = \Delta E_1 - 4\Delta E_2 = (128 - 4 \times 28) \text{ MeV} = 16 \text{ MeV}$,故要多提供的能量约为 $\Delta E_1 - \Delta E_3 = 112 \text{ MeV}$,D项正确。

10. AC 【解析】该反应属于轻核聚变,A项正确;该反应放出核能,有质量亏损,即反应物的总质量大于生成物的总质量,B项错误;该反应过程中释放的能量 $E = \Delta mc^2 = [(2.014\ 1 + 3.016\ 1) - (4.002\ 6 + 1.008\ 7)] \times 931.5 \text{ MeV} \approx 17.6 \text{ MeV}$,C项正确;轻核聚变过程,生成物的结合能之和大于反应物的结合能之和,D项错误。

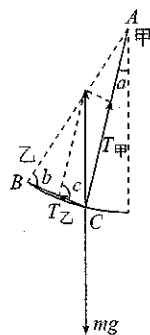


反馈意见有奖

第二部分 选择题综合练

综合练(1)

1. B 【解析】重物被拉升的过程中运动轨迹为绕甲的圆周运动,转过圆心角 30° ,过程中甲、乙、重物构成等腰三角形,受力分析如图所示:



则有 $c = 180^\circ - b$, $180^\circ - 2b = 30^\circ - a$, 则 $c = 180^\circ - \frac{150^\circ + a}{2}$, 过程中 $a < 30^\circ$, 则 $c > 90^\circ$, 由相似三角形法可知, c 的对边 mg 始终大于甲、乙手中绳的拉力,A项错误,B项正确;重物接近乙时, c 趋近于 90° , b 趋近 90° , 则有 $T_乙 = \frac{1}{2}mg$, $T_甲 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, C、D项错误。

2. C 【解析】由题意可知,滑块沿斜面向下做匀减速直

5. C 【解析】放射性元素的半衰期,由核内部自身因素决定,与其他条件无关,A项正确;普朗克提出组成黑体的振动着的带电微粒的能量只能是某一最小能量值 ϵ 的整数倍,B项正确;组成原子核的核子数越多,它的结合能越大,比结合能不一定越大,C项错误;卢瑟福通过对 α 粒子散射实验的分析,提出了核式结构模型,D项正确。

6. B 【解析】原子受电子撞击而发生能级跃迁时,可以吸收电子的部分能量,基态的氢原子吸收10.2 eV的能量能从 $n=1$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级,A项错误;紫外线光子的最小能量为3.11 eV,处于 $n=3$ 能级的氢原子的电离能为1.51 eV,故处于 $n=3$ 能级的氢原子可以吸收任意频率的紫外线,并且使氢原子电离,B项正确;一群处于 $n=4$ 能级的氢原子向基态跃迁时,最多能辐射出6种不同频率的光子,其中可见光有2种,C项错误;因能级差 $\Delta E=h\nu$,故处于 $n=4$ 能级的氢原子向不同能级跃迁时,跃迁至 $n=1$ 能级即基态时辐射出的光子频率最高、波长最短,D项错误。

7. C 【解析】 $^{238}_{92}\text{U}$ 核在衰变过程中要释放核能,出现质量亏损,所以 $^{234}_{90}\text{Th}$ 核和 ^4_2He 核的质量之和小于 $^{238}_{92}\text{U}$ 核的质量,A项错误; $^{238}_{92}\text{U}$ 核发生的是 α 衰变,生成物 $^{234}_{90}\text{Th}$ 核与 ^4_2He 核均是带正电的粒子,在磁场中均沿逆时针方向做匀速圆周运动,绕向相同,B项错误; $^{238}_{92}\text{U}$ 核在发生 α 衰变过程中遵守动量守恒定律,衰变之前 $^{238}_{92}\text{U}$ 核静止,衰变后生成的 $^{234}_{90}\text{Th}$ 核和 ^4_2He 核动量等大反向,根据洛伦兹力提供向心力有 $Bqv = \frac{mv^2}{R}$,解得 $R = \frac{mv}{Bq}$,可见在磁场中轨迹的半径之比等

于电荷量的反比,即 $\frac{R_{\text{Th}}}{R_{\text{He}}} = \frac{q_{\text{He}}}{q_{\text{Th}}} = \frac{2}{90} = \frac{1}{45}$,C项正确;

根据动量和动能的关系有 $p^2 = 2mE_k$,解得 $\frac{E_{k\text{Th}}}{E_{k\text{He}}} =$

$\frac{m_{\text{He}}}{m_{\text{Th}}} = \frac{4}{234} = \frac{2}{117}$,在核反应堆中是利用中子 ^1_0n 轰击

$^{235}_{92}\text{U}$ 核使之发生链式反应,D项错误。

8. AD 【解析】该衰变方程为 $^{238}_{92}\text{Pu} \longrightarrow X + ^{234}_{90}\text{U}$,根据质量数与电荷数守恒可知,X为 ^4_2He ,该衰变为 α 衰变,A项正确;放射性元素的半衰期与环境温度无关,B项错误;设经 t 年16毫克的钚($^{238}_{92}\text{Pu}$)还剩下4毫克,故 $4 = 16 \times (\frac{1}{2})^{\frac{t}{T}}$,解得 $t = 176$ 年,C项错误;衰变过程存在质量亏损,故X原子核与 $^{234}_{90}\text{U}$ 原子核的总质量小于钚($^{238}_{92}\text{Pu}$)原子核的质量,D项正确。

9. BCD 【解析】随着原子质量数的增加,原子核的结合能一直增大,A项错误;比结合能越大,原子核中的

核子结合得越牢固,原子核越稳定,B项正确;两个比结合能小的 ^1_1H 结合成比结合能大的 ^4_2He 时,会释放出能量,C项正确;把 $^{16}_8\text{O}$ 分成质子和中子需要提供的能量约为 $\Delta E_1 = 16 \times 8 \text{ MeV} = 128 \text{ MeV}$,将质子和中子结合成一个 ^4_2He 放出的能量约为 $\Delta E_2 = 4 \times 7 \text{ MeV} = 28 \text{ MeV}$,则将 $^{16}_8\text{O}$ 分为4个 ^4_2He 需要提供的能量约为 $\Delta E_3 = \Delta E_1 - 4\Delta E_2 = (128 - 4 \times 28) \text{ MeV} = 16 \text{ MeV}$,故要多提供的能量约为 $\Delta E_1 - \Delta E_3 = 112 \text{ MeV}$,D项正确。

10. AC 【解析】该反应属于轻核聚变,A项正确;该反应放出核能,有质量亏损,即反应物的总质量大于生成物的总质量,B项错误;该反应过程中释放的能量 $E = \Delta mc^2 = [(2.014\ 1 + 3.016\ 1) - (4.002\ 6 + 1.008\ 7)] \times 931.5 \text{ MeV} \approx 17.6 \text{ MeV}$,C项正确;轻核聚变过程,生成物的结合能之和大于反应物的结合能之和,D项错误。

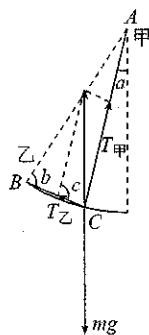


反馈意见有奖

第二部分 选择题综合练

综合练(1)

1. B 【解析】重物被拉升的过程中运动轨迹为绕甲的圆周运动,转过圆心角 30° ,过程中甲、乙、重物构成等腰三角形,受力分析如图所示:



则有 $c = 180^\circ - b$, $180^\circ - 2b = 30^\circ - a$, 则 $c = 180^\circ - \frac{150^\circ + a}{2}$, 过程中 $a < 30^\circ$, 则 $c > 90^\circ$, 由相似三角形法可知, c 的对边 mg 始终大于甲、乙手中绳的拉力,A项错误,B项正确;重物接近乙时, c 趋近于 90° , b 趋近 90° , 则有 $T_乙 = \frac{1}{2}mg$, $T_甲 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, C、D项错误。

2. C 【解析】由题意可知,滑块沿斜面向下做匀减速直

线运动,当最大位移小于 6 m 时,末速度为零,由位移速度公式可得 $x = \frac{1}{2a} \cdot v_0^2$, 根据图像可得 $\frac{1}{2a} = 0.5 \text{ s}^2/\text{m}$, 解得滑块下滑的加速度大小为 $a = 1 \text{ m/s}^2$, B 项错误; 滑块减速下滑, 具有竖直向上的分加速度, 可知滑块处于超重状态, A 项错误; 若 $v_0 = 3 \text{ m/s}$, 滑块沿斜面下滑的位移 $x_1 = \frac{v_0^2}{2a} = 4.5 \text{ m} < 6 \text{ m}$, 下滑时间 $t_1 = \frac{v_0}{a} = 3 \text{ s}$, 同理可知, 若 $v_0 = 4 \text{ m/s}$, 滑块减速至零下滑的位移 $x_2 = \frac{v_0^2}{2a} = 8 \text{ m} > 6 \text{ m}$, 由位移公式可得 $L = v_0 t_2 - \frac{1}{2} a t_2^2$, 解得 $t_2 = 2 \text{ s}$, C 项正确, D 项错误。

3. A 【解析】铁桶平衡时, 有 $hS\rho g = mg$, 解得铁桶的质量 $m = hS\rho$, A 项正确, B 项错误; 铁桶下压 $l-h$ 距离后, 桶底与水面相平, 桶内气体压强增大, 桶内水面下降, 桶内气柱高度大于 h , 铁桶受到的浮力大于重力, 所以将铁桶下压 $l-h$ 的距离后, 铁桶不会自动下沉, C 项错误; 浮力即为空气柱上、下两面的压力之差, 故铁桶只受大气对它的压力、封闭气体对它的压力及重力, D 项错误。

4. D 【解析】蓝光与红光频率不同, 在叠加区域不可能发生干涉现象, A 项错误; 蓝光比红光频率高, 折射率较大, 在水中的传播速度不同, 蓝光速度更小一些, B 项错误; 蓝光比红光频率高, 折射率较大, 蓝光与红光以同一入射角斜射入水中, 红光偏离原来方向的角度更小, C 项错误; 电影院观看 3D 电影时, 观众戴的眼镜就是一对透振方向互相垂直的偏振片, D 项正确。

5. D 【解析】由于双星的角速度相同, 且 r_1 小于 r_2 , 由 $a_n = \omega^2 r$ 可知, 恒星 1 的向心加速度一定小于恒星 2 的向心加速度, A 项错误; 对于双星运动, 两者间的万有引力提供向心力, 有 $F = m_1 \omega^2 r_1 = m_2 \omega^2 r_2$, 即 $m_1 r_1 = m_2 r_2$, 根据角速度与线速度的关系有 $m_1 \omega r_1 = m_2 \omega r_2$, 即 $m_1 v_1 = m_2 v_2$, 则动量大小相等, B 项错误; 设两恒星之间的距离为 L , 对恒星 1, 有 $\frac{Gm_1 m_2}{L^2} = m_1 (\frac{2\pi}{T})^2 r_1$, 对恒星 2, 有 $\frac{Gm_1 m_2}{L^2} = m_2 (\frac{2\pi}{T})^2 r_2$, 上述两式相加得 $\frac{Gm_1}{L^2} + \frac{Gm_2}{L^2} = (\frac{2\pi}{T})^2 r_1 + (\frac{2\pi}{T})^2 r_2$, 又 $r_1 + r_2 = L$, 解得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{(r_1 + r_2)^3}{G(m_1 + m_2)}}$, C 项错误; 由 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 得 $\omega = \sqrt{\frac{G(m_1 + m_2)}{L^3}}$, 因 L 变小, 故 ω 变大, D 项正确。

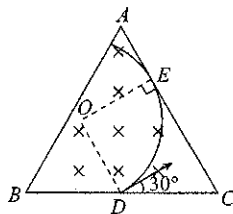
6. D 【解析】以最大初动能入射至电容器的光电子经

板间电场到达右侧极板时速度刚好为零, 说明电场力做负功, 电场强度方向向右, 右侧极板带负电, A 项错误; 根据爱因斯坦光电效应方程 $E_{km} = h\nu - W_0$ 知, 光电子的最大初动能与入射光的强度无关, C 项错误; 根据 $E_{km} = h\nu - W_0 = eU$, 电容器两极板间的电压与所带电荷量的关系为 $U = \frac{Q}{C}$, 则 $Q = \frac{h\nu C}{e} - \frac{h\nu_0 C}{e}$, 图线的斜率 $k = \frac{hC}{e}$, 可得普朗克常量的表达式为 $h = \frac{Q_0 e}{C\nu_0}$, D 项正确; 当电容器所带电荷量为零时, 电容器两端电压为零, 光电子的最大初动能为零, 则入射光的能量等于逸出功, 所以 $W_0 = h\nu_0$, B 项错误。

7. A 【解析】通过电阻的电流与其两端的电压成正比, 欧姆定律适用, A 项正确; 根据电阻的定义式 $R = \frac{U}{I}$ 可知, $I-U$ 图像斜率的倒数等于电阻 R , 则得 $R = \frac{10}{5} \Omega = 2 \Omega$, B 项错误; 由于 $I-U$ 图像中横、纵坐标的长度单位不同, 故不能由 $R = \frac{1}{\tan \alpha}$ 求电阻, C 项错误; 由题图知, 当 $U = 6.0 \text{ V}$ 时, $I = 3.0 \text{ A}$, 则每秒通过电阻横截面的电荷量为 $q = It = 3.0 \times 1 \text{ C} = 3.0 \text{ C}$, D 项错误。

8. BD 【解析】做斜抛运动的运动员到达最高点时, 竖直分速度为零, 水平分速度不为零, 运动过程中始终仅受重力作用, 所以有竖直向下的重力加速度 g , A 项错误; 斜抛运动的竖直分运动是竖直上抛运动, 若初速度的竖直分量相同, 则竖直方向上的运动情况相同, 故运动时间相同, 所以从起跳至落地的速度变化量相同, 又水平分速度不同, 则水平位移不同, B、D 项正确, C 项错误。

9. AC 【解析】粒子在磁场中受到的洛伦兹力提供向心力, 有 $qvB = \frac{mv^2}{R}$, 由圆周运动中周期与速度之间的关系有 $T = \frac{2\pi R}{v}$, 设粒子在磁场中做圆周运动的圆心角为 θ , 则应有 $t = \frac{\theta}{2\pi} T = \frac{\theta m}{qB}$, 可知粒子做圆周运动的圆心角越大, 运动时间越长, 由题意分析可得, 粒子从 BC 边射出时的圆心角相同, 运动时间相同, A 项正确; 粒子恰好不从 AC 边射出时, 轨迹与 AC 边相切, 运动轨迹如图所示:



根据图中几何条件分析可知 $R' = \frac{1}{2}L \cdot \sin 60^\circ$, 粒子在磁场中受到的洛伦兹力提供向心力, 有 $qv_0 B = \frac{mv_0^2}{R'}$, 联立解得 $v_0 = \frac{\sqrt{3}qBL}{4m}$, 当入射速度为 $\frac{\sqrt{3}qBL}{2m}$ 时, 粒子从 AC 边出射, C 项正确; 所有从 AC 边出射的粒子, 出射点越靠近 A 点, 圆心角越大, 运动时间越长, B 项错误; 若粒子带负电, 由几何关系可得, 从 C 点出射的粒子轨迹半径为 $\frac{1}{2}L$, D 项错误。

10. AB 【解析】在达到物块 B 的最大静摩擦力之前, 细线不会产生张力, 对应此情况, 有 $\mu mg > m\omega^2 \cdot 2l$, 得 $\omega < \sqrt{\frac{\mu g}{2l}}$, A 项正确; 当 ω 从 $\sqrt{\frac{\mu g}{2l}}$ 继续增大时, 物块 B 所需的向心力是物块 A 的两倍, 由受力分析可知, 物块 A 所受指向圆心的静摩擦力将减小, 当物块 A 所受静摩擦力为零时, 对系统用牛顿第二定律, 有 $\mu mg = m\omega^2 \cdot 2l - m\omega^2 l$, 得 $\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{l}}$, B 项正确; 当物块 A、B 即将相对滑动, 未加磁场时, 对系统用牛顿第二定律, 有 $2\mu mg = m\omega^2 \cdot 2l - m\omega^2 l$, 得 $\omega = \sqrt{\frac{2\mu g}{l}}$, 加磁场后, 物块 A、B 所受的洛伦兹力的合力是从物块 A 指向物块 B 的, 即 $2\mu mg - \omega l q B = m\omega^2 \cdot 2l - m\omega^2 l$, 在 $2\mu mg - \omega l q B > 0$ 的情况下, 所解得的 ω 比 $\sqrt{\frac{2\mu g}{l}}$ 小, C 项错误; 由库仑定律可知, 圆心处的负电荷对物块 A、B 的合力也是从物块 A 指向物块 B 的, 即 $2\mu mg - \frac{3kQq}{4l^2} = m\omega^2 \cdot 2l - m\omega^2 l$, 在 $2\mu mg - \frac{3kQq}{4l^2} > 0$ 的情况下, 所解得的 ω 比 $\sqrt{\frac{2\mu g}{l}}$ 小, D 项错误。

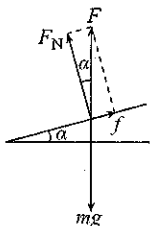
综合练(2)

1. C 【解析】此反应为核聚变, 即轻原子核(例如氘和氚)结合成较重原子核(例如氦)时放出巨大能量, A 项错误; 氦 4 的核反应方程为 $3_1^2\text{He} \rightarrow {}_2^4\text{He}$, B 项错误; 一次氦 4 反应释放的能量 $E = (3 \times 4.0026 - 12.0000) \times 931.5 \text{ MeV} = 7.2657 \text{ MeV}$, C 项正确; 三个 ${}_1^2\text{He}$ 生成一个 ${}_2^4\text{He}$ 的过程释放能量, 有质量亏损, 则核子的平均质量变小, D 项错误。
2. D 【解析】由题意可知, 当断开开关瞬间, 线圈中产生很高的自感电动势, 若不并联元件, 则会产生电弧, 因此当并联电容器时, 只能对电容器充电, 仍不能解决电弧现象, A 项错误; 当并联发光二极管时, 由于发

光二极管有单向导电性, 因此需要注意方向, B 项中二极管的接法与导线一样, 在闭合开关 S 时线圈会被短路, 唯有 D 项, 既能避免产生电弧, 又能不影响电路, D 项正确, B、C 项错误。

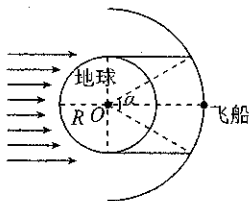
3. D 【解析】因为气体的温度越高, 速率大的分子所占的比例越大, 所以 $T_2 > T_1$, 即温度为 T_1 时气体分子的平均动能较小, A、C 项错误; 由题图可知, 在两种不同情况下各速率区间的分子数占总分子数的百分比与分子速率间的关系图像与横轴所围的面积都应该等于 1, B 项错误; 由图可知, 温度为 T_1 的气体分子速率出现在 $100 \sim 300 \text{ m/s}$ 区间内的分子数占总分子数的百分比比较大, D 项正确。
4. C 【解析】光导纤维传递光信号是利用光的全反射原理, 所以内芯的折射率大于外套的折射率, 在端面不可能发生全反射, A、B 项错误; 根据 $v = \frac{c}{n}$ 可知, 不同频率的可见光在同一介质中折射率不同, 传播速度不同, 故所用时间也不同, C 项正确; 红光发生全反射的临界角大于紫光的临界角, 红光恰能发生全反射, 紫光更能发生全反射, D 项错误。
5. C 【解析】直线加速过程, 根据动能定理得 $qU = \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$, A 项错误; 电场中偏转过程, 根据牛顿第二定律得 $qE = m \frac{v^2}{R}$, 则静电分析器通道中心线处的电场强度大小 $E = \frac{2U}{R}$, B 项错误; 在磁场中偏转的过程, 根据牛顿第二定律得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 解得 $r = \frac{\sqrt{2qUm}}{Bq}$, C 项正确; 只要满足 $R = \frac{2U}{E}$, 所有粒子都可以在静电分析器通道中心线处通过, D 项错误。
6. D 【解析】实现自锁的条件是重物的重力沿斜面下滑的分力小于等于最大静摩擦力, 即 $mg \sin \alpha \leq \mu mg \cos \alpha$, 解得 $\mu \geq \tan \alpha$, A 项错误; 重物从静止开始下落, 落回到起点位置重物的速度又减为 0, 所以重物在下落过程中先失重后超重, 所以螺杆对重物的支持力先小于 mg , 后大于 mg , 根据牛顿第三定律可知重物对螺杆的压力先小于 mg , 后大于 mg , B 项错误; 重物缓慢上升的过程中, 对螺杆和重物整体受力分析如图所示, 则摩擦力做的功 $W_f = -\mu mg \cos \alpha_0 \cdot L = -\tan \alpha_0 \cdot mg \cos \alpha_0 \cdot \frac{h}{\sin \alpha_0} = -mgh$, C 项错误; 从重物开始升起至运动到最高点, 转动手柄做的功既用于克服摩擦力做功, 也转化为重物上升增加的重力势能

mgh , 根据动能定理得 $W + W_f - mgh = 0$, 解得 $W = 2mgh$, D 项正确。



7. B 【解析】在 b 球落地前的整个过程中, b 球坚直方向有加速度, 系统坚直方向的合力不为零, 而水平方向不受外力, 所以系统的合力不为零, 系统的动量不守恒, 由于只有重力做功, 所以系统的机械能守恒, A 项错误; 对 a 、 b 两球及轻杆组成的系统, 根据系统水平方向动量守恒可知, 系统初始动量为零, 则在 b 球落地前瞬间, a 球的速度必定为零, 根据系统的机械能守恒得 $m_b gh = \frac{1}{2} m_b v^2$, 可得 b 球的速度大小 $v = \sqrt{2gh}$, B 项正确; 由动能定理可知, 轻杆对 a 球做的功为零, 系统机械能守恒, 则除了重力之外的力做的功必定为零, 故轻杆对 b 球做的功也为零, C、D 项错误。

8. CD 【解析】由万有引力提供向心力, 则有 $G \frac{Mm}{r^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$, 又轨道半径 $r = R + R = 2R$, 地球的质量 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{32\pi^2 R^3}{GT^2}$, 则地球的平均密度 $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{24\pi}{GT^2}$, A 项错误; 根据万有引力提供向心力有 $G \frac{Mm}{(R+R)^2} = mg'$, $\frac{GMm}{R^2} = mg$, 解得 $g' = \frac{1}{4}g$, B 项错误; 飞船距离地球表面的高度为 R , 如图所示, 由几何关系得 $2R \sin \frac{\alpha}{2} = R$, 则圆心角 $\alpha = 60^\circ$, 故宇航员发现有 $\frac{1}{6}T$ 时间会经历“黑夜”过程, C 项正确; 地球自转一周的时间为 T_0 , 飞船绕地球一周的时间为 T , 飞船绕地球一周会有一次“黑夜”, 所以每经过时间 T , 就有一次“黑夜”, 因此一天内飞船经历“黑夜”的次数为 $\frac{T_0}{T}$, D 项正确。



9. BD 【解析】根据题意可知, 足球做平抛运动, 下落高度最小时, 时间最短, 由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可得, 足球进入球门的最短时间 $t_{\min} = \sqrt{\frac{2 \times (2.45 - 2)}{10}} \text{ s} = 0.3 \text{ s}$, 足球落在 P 点的时间 $t_1 = \sqrt{\frac{2 \times 2.45}{10}} \text{ s} = 0.7 \text{ s}$, A 项错误, B 项正确; 根据题意, 由 $x = v_0 t$ 和 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可知,

足球的初速度 $v_0 = x \sqrt{\frac{g}{2h}}$, 可知当水平位移最小, 下落高度最大时, 初速度最小, 则足球从 P 点进入球门时发球速度最小, 最小发球速度 $v_{\min} = 6 \times \sqrt{\frac{10}{2 \times 2.45}} \text{ m/s} \approx 8.6 \text{ m/s}$, 当水平位移最大, 下落高度最小时, 初速度最大, 则球从球门上角进入时初速度最大, 此时水平位移 $x = \sqrt{6^2 + 2.5^2} \text{ m} = 6.5 \text{ m}$, 下落的高度 $\Delta h = (2.45 - 2) \text{ m} = 0.45 \text{ m}$, 则最大速度 $v_{\max} \approx 21.7 \text{ m/s}$, C 项错误, D 项正确。

10. BC 【解析】开始时金属杆 ab 向右运动, 产生感应电动势, 在回路中形成感应电流, 则金属杆 ab 将受到向左的安培力, 金属杆 cd 受到向右的安培力, 则金属杆 ab 做减速运动, 金属杆 cd 做加速运动, 随着金属杆 ab 速度的减小以及金属杆 cd 速度的增加, 回路中感应电动势减小, 两金属杆所受的安培力减小, 则两金属杆的加速度均减小, 当加速度减为零时两金属杆均做匀速运动, 此时两金属杆共速, 则金属杆 cd 先做变加速直线运动, 后做匀速直线运动, A 项错误; 两金属杆所受的安培力等大反向, 可知 $F_{\text{安}} = m_1 a_0 = m_2 a_0'$, 解得金属杆 cd 的加速度大小 $a_0' = \frac{m_1}{m_2} a_0$, B 项正确; 根据 $q = \frac{\Delta \Phi}{R_{\text{总}}}$ 可得这段时间内通过金属杆 cd 的电荷量 $q = \frac{BL(x_1 - x_0)}{R_1 + R_2}$, C 项正确; 从开始运动到两金属杆共速的过程, 由动量守恒定律得 $m_1 v_0 = (m_1 + m_2) v$, 则产生的焦耳热 $Q = \frac{1}{2} m_1 v_0^2 - \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 = \frac{m_1 m_2 v_0^2}{2(m_1 + m_2)}$, D 项错误。

综合练(3)

1. A 【解析】汤姆孙发现电子, 并证明电子是各种物质的共有成分, 揭示了原子不是组成物质的最小微粒, A 项正确; 根据核反应前后质量数和电荷数守恒可知, X 为中子, 该核反应为核聚变, B 项错误; β 衰变中的 β 射线来自原子核, 是原子核中的一个中子转变为一个质子和一个电子时释放的, C 项错误; 氢原子光

谱的实验研究不能说明原子核有内部结构,放射性现象的发现才说明原子核有内部结构,D项错误。

2. D 【解析】挡板 OP 由水平位置缓慢转动 60° , 挡板 OQ 到达地面卸下棉包的过程中, 棉包对挡板 OQ 的压力逐渐增大, 棉包对挡板 OP 的压力逐渐减小, A、B、C 项错误; 当挡板 OP 从水平位置转过 15° 角时, 由正弦定理可得 $\frac{mg}{\sin 120^\circ} = \frac{F_{OP}}{\sin 45^\circ} = \frac{F_{OQ}}{\sin 15^\circ}$, 解得 $F_{OP} = \frac{\sqrt{6}}{3}mg$, D 项正确。

3. D 【解析】根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$, 结合图乙可知, 由状态 a 到状态 b 的过程中, 气体温度降低, 体积增大, 则可知气体压强一定减小; 再结合热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ 可知气体体积增大, 气体对外做功, $W < 0$, 同时温度降低, 可知 $\Delta U < 0$, 由此不能确定气体由状态 a 到状态 b 的过程中是吸热还是放热, 或是既不吸热也不放热, A、B 项错误; 根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$, 结合图乙可知, 气体由状态 b 到状态 c 的过程中, 气体的压强不变, C 项错误; 由状态 b 到状态 c 的过程中, 气体体积增大, 对外做功的同时, 温度也在升高, 则根据热力学第一定律可知气体一定吸热, D 项正确。

4. C 【解析】根据开普勒第三定律可知飞船在环月轨道 I 上的周期 T 与登月舱在椭圆轨道 II 上的周期 T' 的关系为 $\frac{r^3}{T^2} = \frac{(\frac{R+r}{2})^3}{T'^2}$, 可得 $T' = T \sqrt{\frac{(R+r)^3}{r^3}} = \frac{(R+r)T}{2r} \sqrt{\frac{R+r}{2r}}$, 根据题意可知宇航员在月球上停留的最短时间为 $T - T' = (1 - \frac{R+r}{2r} \sqrt{\frac{R+r}{2r}})T$, C 项正确。

5. D 【解析】根据坐标原点处质点的振动图像可知 $t = 0.35$ s 时该点在 y 轴下方, 正向上振动, 根据波动规律分析各个选项的图像可知, A 项中, 坐标原点处的质点处在 y 轴上方, 正向上振动; B 项中, 坐标原点处的质点处在 y 轴上方最大位移处; C 项中, 坐标原点处的质点处在 y 轴下方, 正向下振动; D 项中, 坐标原点处的质点处在 y 轴下方, 正向上振动, D 项正确, A、B、C 项错误。

6. D 【解析】图示位置为中性面, 电动势为 0, A 项错误; 电动势的最大值 $E_m = nBS\omega = 311$ V, 则可知电动势的有效值 $E \approx 220$ V, 由于电动机有内阻, 因此电压表 V_1 的示数一定比 220 V 更小, 则电压表 V_2 的示

数也一定小于 44 V, B、C 项错误; 设原线圈中的电流为 I , 则 $\frac{E - Ir}{\frac{n_1}{n_2}IR} = \frac{n_1}{n_2}$, 即 $\frac{220 - 100I}{5IR} = 5$, 电阻箱 R 的功

率 $P = (\frac{n_1}{n_2}I)^2 R = 25I^2 R = 25 \times (\frac{44}{20 + 5R})^2 R = \frac{44^2}{\frac{16}{R} + 8 + R}$, 当且仅当 $\frac{16}{R} = R$, 即电阻箱 R 的阻值调为

4 Ω 时, 功率最大, D 项正确。

7. C 【解析】尖端附近的电场线比较密集, 所以在锯条附近的电场强度大于金属片附近的电场强度, A 项错误; 由于锯条与起电机的负极相连, 所以锯条带负电, 锯条的电势低于金属片的电势, B 项错误; 锯条与起电机的负极相连, 金属片与起电机的正极相连, 存在强电场, 锯条更容易使空气电离而产生电子和正离子, 正离子被吸附到锯条上, 电子向金属片运动, 电子碰到烟尘微粒使它带负电, 带负电的微粒在电场力作用下, 向正极运动, 电场力做正功, 动能增加, 烟尘最终被吸附到金属片上, C 项正确, D 项错误。

8. CD 【解析】由 $x_1 = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t_1$ 联立可得开伞到减速到 5 m/s 的位移 $x_1 = 9\,500$ m, 匀速直线运动的位移 $x_2 = vt_2 = 499$ m, 则打开降落伞时距离地表的高度 $h = (9\,500 + 499 + 1)$ m $= 10\,000$ m, A 项错误; 开伞后第一次匀减速运动的过程中, 返回舱的加速度 $a = \frac{v_0 - v}{t_1} = 2$ m/s², B 项错误; 最后 1 m 的过程中, 由 $v'^2 - v^2 = 2a'x'$, 联立可得 $a' = -8$ m/s², 又 $mg - F = ma'$, 可得 $F = 1.8mg$, C 项正确; 若返回舱的质量为 3×10^3 kg, 落地时与地面接触时间为 0.5 s, 根据动量定理有 $(F_N - mg)\Delta t = 0 - (-mv')$, 解得地面对返回舱的平均作用力 $F_N = 4.8 \times 10^4$ N, D 项正确。

9. ABD 【解析】小球 1 到达相距最近位置后继续前进, 此后拉小球 2 前进, 小球 1 减速, 小球 2 加速, 达到共同速度时两者相距最远, 此后小球 1 继续减速, 小球 2 继续加速, 当两小球再次相距最近时, 小球 1 达到最小速度, 小球 2 达到最大速度, 取向右为正方向, 根据动量守恒定律和机械能守恒定律可得 $m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2$, $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$, 解得 $v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$, $v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$, 故小球 2 的最大速度为 $\frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$, 小球 1 的最小速度为 $\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$, 当 $m_1 = m_2$ 时, 小球 1 的最小速度为 0, A、D 项正确, C 项错误; 若 $m_1 < m_2$, 由上述分析可得 $v_1' < 0$, 故可能

存在某段时间小球 1 向左运动, B 项正确。

10. AD 【解析】根据 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 可知粒子在磁场中

运动的半径 $r = \frac{mv}{qB}$, 若速度 $v = \frac{2LqB_0}{m}$, 则粒子在上

部分磁场中运动的半径 $r_1 = L$, 在下部分磁场中运动的半径 $r_2 = 2L$, 如图甲所示此时粒子沿轨迹 1 从下部分磁场中垂直边界射出, 出射点偏离 MN 的距离 $d_1 = 2L(1 - \cos 30^\circ) = (2 - \sqrt{3})L$, A 项正确, B 项

错误; 若速度 $v = \frac{4LqB_0}{5m}$, 则粒子在上部分磁场中运

动的半径 $r_1 = \frac{2L}{5}$, 在下部分磁场中运动的半径 $r_2 =$

$\frac{4L}{5}$, 如图甲所示粒子沿轨迹 2 从上部分磁场中垂直

边界射出, 此时出射点偏离 MN 的距离 $d_2 = \frac{2}{5}L(1$

$-\cos 30^\circ) = \frac{(2 - \sqrt{3})L}{5}$, C 项错误; 若速度 $v =$

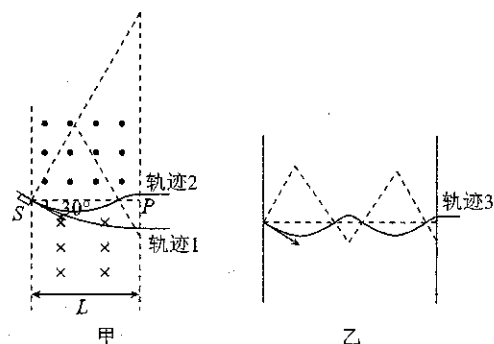
$\frac{4LqB_0}{11m}$, 则粒子在上部分磁场中运动的半径 $r_1 = \frac{2L}{11}$,

在下部分磁场中运动的半径 $r_2 = \frac{4L}{11}$, 如图乙所示粒

子沿轨迹 3 从上部分磁场中垂直边界射出, 此时出

射点偏离 MN 的距离 $d_3 = \frac{2}{11}L(1 - \cos 30^\circ) =$

$\frac{(2 - \sqrt{3})L}{11}$, D 项正确。



综合练(4)

1. C 【解析】大量处于 $n=4$ 能级的氢原子向低能级跃迁时能发出光的频率有 $C_4^2=6$ 种, 发出光子的频率由低到高依次为 $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \nu_4, \nu_5, \nu_6$, $E_4 - E_3 = h\nu_1$, $E_4 - E_2 = h\nu_2$, $E_4 - E_1 = h\nu_3$, $E_3 - E_2 = h\nu_4$, $E_3 - E_1 = h\nu_5$, $E_2 - E_1 = h\nu_6$, 但只检测到 3 条电流随电压变化的图线, 根据光电效应方程 $eU_c = E_{km} = h\nu - W_0$, 分析图丙可知, a 光的遏止电压最大, 其次为 b 光和 c 光, 所以能激发电效应的光子能量 $E_c = E_2 - E_1$, $E_b = E_3 -$

E_1 , $E_a = E_4 - E_1$, 由 $E_a = E_4 - E_1 = [-0.85 - (-13.6)] \text{ eV} = 12.75 \text{ eV}$, $U_{ca} = 7 \text{ V}$, 解得阴极 K 所用材料的逸出功 $W_0 = E_a - eU_{ca} = (12.75 - 7) \text{ eV} = 5.75 \text{ eV}$, A 项错误; 根据以上分析 $E_a > E_b$, $E = h\nu =$

$h \frac{c}{\lambda}$ 可知 a 光的波长小于 b 光的波长, B 项错误; 由

$E_c = E_2 - E_1 = [-3.40 - (-13.6)] \text{ eV} = 10.2 \text{ eV}$, 所以

$eU_{ca} = E_c - W_0 = 4.45 \text{ eV}$, 因此图丙中 M 点的数值为 -4.45, C 项正确; 滑动变阻器的滑片向右滑动时,

正向电压增大, 刚开始电流表的示数会增大, 但达到饱和电流后, 电流表的示数不变, D 项错误。

2. B 【解析】以 F_1, F_2 为邻边做平行四边形, 发现夹角

越大, 合力越小, 且合力可能比 F_1, F_2 都小, A 项错

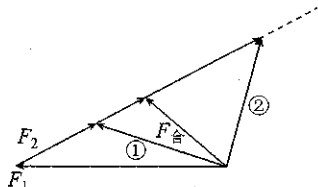
误, B 项正确; 如图所示, 利用力的合成三角形定则,

两个力 F_1, F_2 合成后, 合力为 $F_{合}$, 如果力 F_2 由①位

置增大到②位置, F_2 增大, 合力 $F_{合}$ 先减小后增大, C

项错误; 当两个力 F_1 和 F_2 同方向, 合力最大为 $F_1 +$

F_2 , D 项错误。



3. B 【解析】P 的起振方向沿 y 轴负方向, 而 Q 的起振

方向沿 y 轴正方向, 因此起振方向相反, 波速由介质

决定的, 因此两列波的速度相等, 则 Q 产生的波的传

播速度等于 2 m/s , A 项错误; $t = 4.5 \text{ s}$ 时, 两列波都

向前传播了 $x = vt = 9 \text{ m}$, 则 P、Q 的波峰均传播到了

坐标原点处, 此时坐标原点处质点的位移为 $(10 +$

$20) \text{ cm} = 30 \text{ cm}$, B 项正确; 由图可知 P、Q 的波长 $\lambda =$

4 m , 两列波的速度相等, 根据 $v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$ 可知 $f =$

0.5 Hz , $T = 2 \text{ s}$, 因此两列波的频率均为 0.5 Hz , 故

叠加区域有稳定干涉图样, C 项错误; 两列波第一次

相遇时, 有 $\Delta x = 2vt$, 解得 $t = \frac{\Delta x}{2v} = \frac{6+8}{2 \times 2} \text{ s} = 3.5 \text{ s}$, 相

遇处两列波都在平衡位置, 因此质点的位移为 0, D

项错误。

4. B 【解析】因为粒子做匀变速曲线运动, 所以加速度

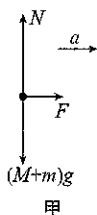
恒定, 则空间中存在的电场为匀强电场, A 项错误; 在

- 的电性未知,电势情况无法确定,C项错误;粒子从B点到E点的过程中,加速度方向与速度方向的夹角一直减小,D项错误。
5. C 【解析】带电粒子在磁场中做匀速圆周运动,由洛伦兹力提供向心力可得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$,且粒子运动的最大半径为 R ,则粒子获得的最大动能 $E_{km} = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$. 设加速次数为 n ,则 $nqU = E_{km}$,粒子每加速一次后,在磁场中运动半个周期,且 $T = \frac{2\pi m}{qB}$,则粒子在匀强磁场中运行的总时间 $t = n \cdot \frac{T}{2} = \frac{n\pi m}{qB}$,联立解得 $t = \frac{\pi BR^2}{2U}$,则加速电压 U 越大,时间 t 越小,B项错误;磁感应强度大小 B 越大,时间 t 越大,C项正确;窄缝的宽度 d 以及粒子的比荷 $\frac{q}{m}$ 与时间 t 无关,A、D项错误。
6. D 【解析】根据电压与匝数成正比可得 $\frac{U_1}{U_2} = n$,解得电动机两端的电压 $U_2 = \frac{u}{\sqrt{2}n} = \frac{\sqrt{2}u}{2n}$,A项错误;电动机不是纯电阻,不能用欧姆定律求电动机两端的电压,B项错误;电动机消耗的热功率 $P_{\text{热}} = I^2 R$,C项错误;电动机消耗的功率 $P = U_2 I_2 = \frac{uI}{\sqrt{2}n} = \frac{\sqrt{2}uI}{2n}$,电动机的输出功率 $P_{\text{出}} = U_2 I_2 - I^2 R = \frac{\sqrt{2}uI}{2n} - I^2 R$,又电动机的输出功率 $P_{\text{出}} = mgv$,联立解得重物的质量 $m = \frac{\sqrt{2}uI}{2ngv} - \frac{I^2 R}{gv}$,D项正确。
7. D 【解析】根据电阻定律 $R = \rho \frac{l}{S}$ 得 $\rho = \frac{RS}{l}$,可知电阻率的单位为 $\Omega \cdot \text{m}$,电导率是电阻率的倒数,则电导率的单位为 $\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$,A项错误;不合格的纯净水中含有较多的离子,导电能力好,电阻率小,电导率偏大,B项错误;材料的电导率越小,电阻率越大,其导电性能越弱,C项错误;结合图像,根据伏安特性曲线可得 $R = \frac{U}{I} = \frac{11.2}{4.46 \times 10^{-3}} \approx 2511 \Omega$,由电阻定律可得 $\rho = \frac{RS}{l} = 125.55 \Omega \cdot \text{m}$,D项正确。
8. AD 【解析】状态A和B的温度相等,根据 $\frac{pV}{T} = C$,经过A、B的等温线应是过A、B的双曲线的一部分,沿直线由状态A到B, pV 先增大后减小,所以温度先升高后降低,A项正确;气体由状态B到C过程,体积不变,根据 $\frac{pV}{T} = C$,压强减小,则温度降低,内能减小,B项错误;气体由状态C到D过程,体积增大,分子间的平均间距增大,气体对外做功,C项错误,D项正确。
9. AC 【解析】穿过闭合回路的磁通量向里增加,由楞次定律可知通过导体棒的电流方向从b到a,A项正确;假设 $0 \sim \pi \text{ s}$ 时间内导体棒静止不动,感应电动势 $E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{1}{2} \pi r^2 = \frac{0.5}{\pi} \times \frac{1}{2} \pi \times 1^2 \text{ V} = 0.25 \text{ V}$,则感应电流 $I = \frac{E}{R} = \frac{0.25}{1} \text{ A} = 0.25 \text{ A}$, $t = \pi \text{ s}$ 时,导体棒受到的安培力 $F = 2BIr = 2 \times 0.5 \times 0.25 \times 1 \text{ N} = 0.25 \text{ N}$,最大静摩擦力 $F_{\text{fm}} = \mu mg = 0.3 \text{ N} > 0.25 \text{ N}$,假设成立,故导体棒所受摩擦力大小为 0.25 N ,B、D项错误; $0 \sim 2 \text{ s}$ 内,导体棒产生的热量 $Q = I^2 R t = 0.25^2 \times 1 \times 2 \text{ J} = 0.125 \text{ J}$,C项正确。
10. BC 【解析】从顶端A向下滑到底端B的过程中,人和滑车减少的重力势能转化为动能和内能,A项错误;沿斜面的方向,根据牛顿第二定律有 $F_{\text{合}} = ma = mg \sin 30^\circ - F_f$,加速度大小为 $0.4g$,解得 $F_f = 0.1mg$,人和滑车下滑的过程中重力和摩擦力做功,由动能定理可得人和滑车获得的动能 $E_k = (mg \sin 30^\circ - F_f) \frac{h}{\sin 30^\circ} = 0.8mgh$,B项正确;整个下滑过程中人和滑车减少的机械能 $\Delta E = mgh - E_k = mgh - 0.8mgh = 0.2mgh$,C项正确;整个下滑过程中克服摩擦力做的功等于人和滑车减少的机械能,所以人和滑车克服摩擦力做的功为 $0.2mgh$,D项错误。

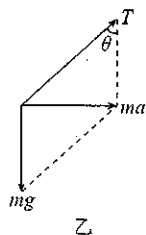
综合练(5)

1. D 【解析】牛顿得出了万有引力定律;卡文迪许巧妙地运用扭秤实验,应用了放大法成功测出引力常量的数值,A项错误;场强 $E = \frac{F}{q}$ 是采用比值定义法,加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 是采用比值定义法;加速度 $a = \frac{F}{m}$ 是加速度的决定式,B项错误;当物体本身的形状和大小对所研究问题的影响忽略不计时,用质点来代替物体的方法是理想模型方法,C项错误;在推导匀变速直线运动位移公式时,把整个运动过程划分成很多很多小段,每一小段近似看成匀速直线运动,然后把各小段的位移相加代表物体的位移,这里采用了微元法,D项正确。

2. B 【解析】根据开普勒第三定律可得 $\frac{r_{\text{火}}^3}{T_{\text{火}}^2} = \frac{r_{\text{地}}^3}{T_{\text{地}}^2}$, 解得 $T_{\text{火}} = \sqrt{\frac{27}{8}}$ 年, 设连续两次观察到火星逆行现象的时间间隔大约为 t , 则根据行星追赶一周可知 $(\frac{2\pi}{T_{\text{地}}} - \frac{2\pi}{T_{\text{火}}})t = 2\pi$, 解得 $t \approx 2$ 年, B 项正确。
3. C 【解析】对小球和物块组成的整体, 分析受力如图甲所示,



根据牛顿第二定律, 水平方向有 $F = (M+m)a$, 竖直方向有 $N = (M+m)g$, A 项错误; 以小球为研究对象, 分析受力情况如图乙所示,



由牛顿第二定律得 $mg \tan \theta = ma$, $T = \frac{mg}{\cos \theta}$, B 项错误; 对整体在水平方向上有 $F = (M+m)a = (M+m)g \tan \theta$, C 项正确, D 项错误。

4. A 【解析】根据 $\frac{pV}{T} = C$ 可得 $V = \frac{C}{p}T$, 根据图像可知 ca 是一条过原点的倾斜的直线, 斜率一定, 则表明气体由状态 c 到状态 a 的过程发生的是等压变化, A 项正确; 根据盖-吕萨克定律有 $\frac{2V_0}{T_c} = \frac{V_0}{T_0}$, 解得 $T_c = 600$ K, B 项错误; 气体由状态 c 到状态 a 的过程, 体积减小, 外界对气体做功, C 项错误; 气体由状态 c 到状态 a 的过程为等压过程, 气体体积减小, 外界对气体做功 $W_{ca} = -p_0(V_0 - 2V_0) = p_0V_0 = 100$ J, 由于气体由状态 b 到状态 c 吸收的热量等于增加的内能, 即 $\Delta U_{bc} = Q = 100$ J, 根据图像可知状态 a 与状态 b 温度相等, 内能相等, 即 $\Delta U_{ac} = \Delta U_{bc} = 100$ J, 则有 $\Delta U_{ca} = -\Delta U_{ac} = -100$ J, 气体由状态 c 到状态 a 的过程, 根据热力学第一定律有 $\Delta U_{ca} = W_{ca} + Q' = -100$ J, 解得 $Q' = -200$ J, 即气体由状态 c 到状态 a 气体放出的热

量为 200 J, D 项错误。

5. A 【解析】相邻两条亮纹之间的距离公式, 有 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda = \frac{b+c}{2a}\lambda$, A 项正确。
6. C 【解析】由题图乙可知, C 与 A 碰前速度 $v_1 = 9$ m/s, 碰后瞬间 C 的速度 $v_2 = 3$ m/s, C 与 A 碰撞过程动量守恒, 以 C 的初速度方向为正方向, 由动量守恒定律可得 $m_C v_1 = (m_A + m_C) v_2$, 代入数据解得 $m_C = 2$ kg, 12 s 末 A 和 C 的速度 $v_3 = -3$ m/s, 4~12 s 时间内, 墙壁对 A、C 整体的冲量 $I = (m_A + m_C) v_3 - (m_A + m_C) v_2$, 解得 $I = -36$ N·s, 方向向左, 则弹簧对 B 的冲量大小为 36 N·s, 方向向右, B 静止不动, 则墙壁对 B 的冲量大小为 36 N·s, 方向向左, C 项正确。
7. B 【解析】电导率是反映材料导电性能的物理量, 材料的电导率越大, 电阻率越小, 则其导电性能越好, A 项错误; 材料的电导率与材料的电阻、横截面积和长度无关, B 项正确; 根据 $R = \rho \frac{l}{S}$, 则 $\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{RS}$, 则电导率的单位为 $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{m}^2} = \frac{1}{\Omega \cdot \text{m}}$, C 项错误; 电导率的大小与温度的变化以及材料本身均有关, D 项错误。
8. BD 【解析】螺丝帽受重力、弹力两个力的作用, A 项错误; 根据牛顿第二定律可知 $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{r}$, 解得 $v = \sqrt{gr \tan \theta}$, r 越大, 螺丝帽的线速度越大, B 项正确; 螺丝帽做匀速圆周运动, 合外力提供向心力, 螺丝帽在竖直方向上受力平衡, $F_N \cos \theta = mg$, 螺丝帽受到塑料管的支持力大小与 r 无关, C 项错误; 根据牛顿第二定律可得 $mg \tan \theta = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 解得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g \tan \theta}}$, r 越大, 螺丝帽运动的周期越大, D 项正确。
9. AD 【解析】若甲、乙带同种电荷, 甲、乙之间的库仑力为斥力, 且力的方向和速度的方向在一条直线上, 乙一定做直线运动, 由于两者之间的距离越来越大, 它们之间的库仑力也就越来越小, 所以乙的加速度在减小, 速度增大, A 项正确; 若甲、乙带异种电荷, 甲、乙之间的库仑力为引力, 且力的方向和速度的方向在一条直线上, 乙一定做直线运动, 由于两者之间的距离越来越小, 它们之间的库仑力越来越大, 所以乙的加速度在增大, 速度增大, B 项错误; 若甲、乙带同种电荷, 甲、乙之间的库仑力为斥力, 且力的方向和速度的方向不在一条直线上, 所以乙一定做曲线运动, 由

于两者之间的距离越来越大,它们之间的库仑力也就越来越小,所以乙的加速度在减小,速度增大,C项错误;若甲、乙带异种电荷,甲、乙之间的库仑力为引力,若甲、乙之间的库仑力恰好等于乙做圆周运动的向心力,则乙可以绕着甲做匀速圆周运动,此时乙速度的大小和加速度的大小都不变,D项正确。

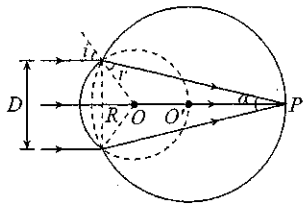
10. BCD 【解析】A 分解为竖直方向的匀减速直线运动与水平方向的匀速直线运动,相遇时 A 到达最高点则其竖直方向的速度为 0,水平方向的速度不变,合速度不为 0,A 项错误;设 A 在竖直方向的分速度为 v_y ,则相遇时有 $v_y t - \frac{1}{2} g t^2 = v_2 t - \frac{1}{2} g t^2$,解得 $v_2 = v_y$,B 到达最高点时速度为 0,B 项正确;A 与 B 到达最高点的时间相等,则 $t = \frac{v_2}{g}$,C 项正确;两者受到的外力为重力,时间相同则冲量相同,动量的变化量大小相同,D 项正确。

综合练(6)

1. C 【解析】经过两个半衰期后, ^{137}Cs 剩余原来的四分之一,A 项错误;金属板厚度越薄探测器接收到的辐射强度越大,B 项错误;由于生成物比反应物稳定,所以 ^{137}Ba 原子核的比结合能比 ^{137}Cs 原子核的大,C 项正确; β 衰变的实质是原子核内部的一个中子放出一个电子变为一个质子,D 项错误。
2. C 【解析】设 n 根绳拉力在竖直方向的分矢量和与重力大小相等、方向相反,则有 $mg = nF \cos 37^\circ$,由题知 $F \leq 8 \times 10^3 \text{ N}$,解得 $n \geq \frac{mg}{F \cos 37^\circ} = \frac{550 \times 10^3 \times 10}{8 \times 10^3 \times 0.8} \approx 8.6$,即至少需要 9 根绳子才能成功起吊,C 项正确。
3. C 【解析】在 $0 \sim 1 \text{ s}$ 内, $E = \frac{mg}{q}$ 可知 $qE = mg$,根据牛顿第二定律可得 $a_1 = \frac{1}{2}g$,方向沿斜面向上,物体沿斜面向上做匀加速直线运动,在 1 s 末的速度大小为 5 m/s ;在 $1 \sim 2 \text{ s}$ 内,电场力为零,根据牛顿第二定律可得 $a_2 = \frac{mg \sin \theta}{m} = \frac{1}{2}g$,方向沿斜面向下,物体沿斜面向上做匀减速直线运动,2 s 末的速度为零;在 $2 \sim 3 \text{ s}$ 内, $E = -\frac{mg}{q}$ 可知 $qE = -mg$,根据牛顿第二定律得 $a_3 = \frac{3}{2}g$,方向沿斜面向下,物体沿斜面向下做匀加速直线运动,3 s 末的速度大小为 15 m/s ,方向沿斜面向下,C 项正确。
4. B 【解析】空调的工作原理对应的是热力学第二定

律的开尔文表述制冷机,A 项错误;空调的工作原理反映了热传导的方向性,热量不能自发地从低温物体传送给高温物体,但在其他能量的干预下,可以从低温物体传送给高温物体,B 项正确;此原理图中的 $Q_1 = Q_2 + W$,C 项错误;此原理图说明在外界干预下,热量能从低温物体传送给高温物体,D 项错误。

5. A 【解析】光路图如图所示,由几何关系可得 $\sin i = \frac{D}{2R}$,解得 $i = 45^\circ$,由折射定律可得 $\frac{\sin i}{\sin r} = n$,解得 $r = 30^\circ$,且 $i = r + \frac{\alpha}{2}$,解得 $\alpha = 30^\circ$,A 项正确。



6. C 【解析】由题知粒子的运动轨迹,由左手定则可知匀强磁场的方向垂直于纸面向外,A 项错误;由题图可知,该粒子在电场中做匀速圆周运动,电场力提供向心力有 $qE = m \frac{v^2}{r}$,该粒子在磁场中做匀速圆周运动,由 $r = \frac{mv}{Bq}$ 得 $B = \frac{mv}{rq}$,则 $\frac{E}{B} = v$,故 $\frac{E}{B}$ 的大小只与该粒子的速度大小有关,B、D 项错误,C 项正确。

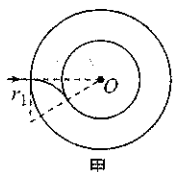
7. B 【解析】根据 $G \frac{Mm}{(kR)^2} = m \frac{v^2}{kR}$, $G \frac{Mm'}{R^2} = m'g$,可得线速度的大小 $v = \sqrt{\frac{gR}{k}}$,A 项错误;根据 $G \frac{Mm}{(kR)^2} = ma$,可得加速度的大小 $a = \frac{g}{k^2}$,B 项正确;对接时,应该从低轨道加速向高轨道对接,C 项错误;根据 $G \frac{Mm}{(kR)^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} kR$,解得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{k^3 R}{g}}$,D 项错误。

8. BC 【解析】电动机正常工作时,流过电动机的电流为 $I_M = \frac{P_M}{U_M} = 2 \text{ A}$,电动机内阻消耗的功率为 $P_r = P_M - P_{\text{出}} = 2 \text{ W}$,又 $P_r = I_M^2 r$,解得 $r = 0.5 \Omega$,A 项错误;灯泡正常工作时,流过灯泡的电流为 $I_L = \frac{P_L}{U_L} = 2 \text{ A}$,流过副线圈的总电流为 $I_2 = I_M + I_L = 4 \text{ A}$,由题意可知原线圈中的电流为 $I_1 = 10 \text{ A}$,由 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$,解得 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{2}{5}$,B 项正确;变压器副线圈的输出电压为 $U_2 = 40 \text{ V}$,则由 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$,解得 $U_1 = 16 \text{ V}$,所以原线圈两端

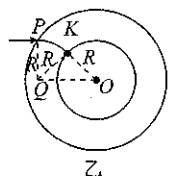
所加交流电压的最大值为 $U_m = \sqrt{2}U_1 = 16\sqrt{2}$ V, C 项正确; 灯泡的额定电压为 10 V, 则定值电阻 R 两端的电压为 $U_R = U_2 - U_1 = 30$ V, 定值电阻 R 的阻值为 $R_R = \frac{U_R}{I_1} = \frac{30}{2} \Omega = 15 \Omega$, D 项错误。

9. BCD 【解析】A、B 在水平面上运动时, 对 A、B 整体, 根据牛顿第二定律有 $qE = (m_A + m_B)a$, 对 B, 根据牛顿第二定律得 $kL_1 = m_B a$, 解得 $L_1 = \frac{m_B q E}{k(m_A + m_B)}$, A 项错误, B 项正确; 撤去电场的瞬间, 弹簧弹力不变, 对 A, 根据牛顿第二定律有 $kL_1 = m_A a_A$, 则 $a_A = \frac{m_B q E}{m_A(m_A + m_B)}$, C 项正确; 对 B, 根据牛顿第二定律得 $kL_1 = m_B a_B$, 解得 $a_B = \frac{q E}{m_A + m_B}$, D 项正确。

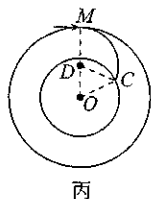
10. BC 【解析】由题意可知, 正对地心 O 的粒子恰好打到地球表面, 其轨迹如图甲所示:



由图甲可知 $\sqrt{r_1^2 + (\sqrt{3}R)^2} = R + r_1$, 解得 $r_1 = R$, 由洛伦兹力提供向心力可得 $qvB = m \frac{v^2}{r_1}$, 解得地磁场的磁感应强度大小 $B = \frac{mv}{qr_1} = \frac{mv}{qR}$, A 项错误; 打在地面时速度方向指向 O 的粒子的运动轨迹如图乙所示:



设打在地表的点为 K , 轨迹圆心为 Q . 由几何关系可得 $QO = \sqrt{2}R$, 则粒子轨迹对应的圆心角为 45° , 粒子在磁场中运动的时间为 $t = \frac{45^\circ}{360^\circ} \times \frac{2\pi R}{v} = \frac{\pi R}{4v}$, B 项正确; 从 M 点射入的粒子的运动轨迹如图丙所示:



D 点为轨迹圆心, 根据几何知识可得 $OD = (\sqrt{3} - 1)R$, 则粒子在磁场中偏转角的余弦值 $\cos \angle MDC = -\cos \angle CDO = \frac{1 - \sqrt{3}}{2}$, C 项正确; 粒子速度增大, 可假设粒子速度无限大, 则运动轨迹半径无限大, 此时粒子可认为做直线运动, 则打在地表的粒子与总粒子数的比值为 $\frac{\sqrt{3}}{3}$, 根据以上分析可知粒子的速度为 v 时打在地表上的粒子数为总粒子数的 $\frac{1}{2}$, D 项错误。

综合练(7)

1. B 【解析】对于黑体辐射, 随着温度升高, 辐射强度变强, 且极大值向着波长较短的方向移动, 因此根据图像可知 $T_1 > T_2$, A 项错误; 黑体辐射随着波长变短、温度升高, 辐射强度会增大, 所以黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体的温度有关, B 项正确; 随着温度升高, 各种波长的辐射强度均增大, 但辐射强度的极大值向着波长较短的方向移动, C 项错误; 普朗克提出了能量子假说, 并根据能量子假说很好地解释了黑体辐射的实验规律, 破除了“能量是连续变化的”传统观念, D 项错误。
2. B 【解析】设在 1 s 时间内喷出的气体质量为 m , 喷出的气体与该发动机的相互作用力为 F , 由动量定理可得 $Ft = mv - 0$, 则 $v = \frac{Ft}{m} = 3\,000$ m/s, B 项正确。
3. C 【解析】过 B 点作 CD 的垂线, 其垂足为 E , 由几何关系可知, BE 的长度为 $\sqrt{(2.01)^2 - (\frac{0.7-0.3}{2})^2}$ m ≈ 2 m. 设轻绳所在平面与水平面的夹角为 θ , 两轻绳的合力为 $F_{\text{合}}$, 石碓做匀速直线运动, 所以其受力平衡, 对两石碓整体受力分析, 有 $F_{\text{合}} \cos \theta = \frac{\sqrt{3}}{6}(mg - F_{\text{合}} \sin \theta)$, 其中 $\cos \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\sin \theta = \frac{1}{2}$, 解得 $F_{\text{合}} = 60$ N, 设 BD 绳上的拉力与 BE 间的夹角为 β , 则该夹角的余弦值 $\cos \beta = \frac{2\text{ m}}{2.01\text{ m}} = \frac{200}{201}$, 有 $2F \cos \beta = F_{\text{合}}$, 解得每根轻绳上的拉力 $F \approx 30.2$ N, C 项正确。
4. B 【解析】暗室中静止不动的观察者观察到剪纸相对静止, 则频闪光源照射圆盘时, 圆盘转过的角度是 $\theta = \frac{2\pi}{5}$ 的倍数, 故 $T = \frac{1}{10}$ s 内圆盘至少转过 $\frac{2\pi}{5}$, 角速度最小为 $\omega = \frac{\theta}{T} = 4\pi$ rad/s, 转速至少为 $n = \frac{\omega}{2\pi} = 2$ r/s, B 项正确。

5. A 【解析】烧瓶内封闭气体的体积一定,设初始状态气体压强为 p_0 、热力学温度为 T_0 ,由查理定律有 $\frac{p_0}{T_0} = \frac{p}{T} = \frac{p}{T_0 + \Delta T}$,又 $\Delta T = \Delta t$,整理得 $p = \frac{p_0}{T_0} \Delta t + p_0$,可见 $p - \Delta t$ 图像为一次函数,斜率为 $\frac{p_0}{T_0}$,截距为 p_0 ,均为正值,故正确的图线是①,A项正确。

6. A 【解析】设滑块滑到平台右边缘时的速度为 v ,根据动能定理可得 $-\mu mgx = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,滑块离开平台后做平抛运动,有 $h = \frac{1}{2}gt^2$, $s = vt$,联立解得 $s^2 = \frac{2h}{g}v_0^2 - 4\mu hx$, $s^2 - v_0^2$ 图像的斜率 $k = \frac{2h}{g} = \frac{2}{20-10} = 0.2$,解得 $h = 1$ m,A项正确。

7. D 【解析】碰后的运动过程中,锤头与桩头受重力与阻力共同作用,它们的总动量不守恒,A项错误;桩头由静止向下运动的过程先加速后减速,加速过程中失重,减速过程中超重,B项错误;锤头与桩头碰撞过程,由动量守恒定律可得 $mv = 2mv_{\text{共}}$,对锤头下落的过程,由自由落体运动规律可得 $v^2 = 2gh$,解得 $v = \sqrt{2gh}$, $v_{\text{共}} = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$,即碰撞前、后的瞬间锤头的速度变化量大小为 $|\Delta v| = |v_{\text{共}} - v| = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$,C项错误;从碰后瞬间到静止,对锤头由动量定理可得 $\bar{F}t = mv_{\text{共}}$,解得 $\bar{F} = \frac{m\sqrt{2gh}}{2t}$,D项正确。

8. BD 【解析】根据电场强度的叠加有 $E_0 = 2 \cdot 2E \cos 30^\circ$, $\varphi_0 = 4\varphi$,解得 $E = \frac{\sqrt{3}}{6}E_0$, $\varphi = \frac{1}{4}\varphi_0$,A项错误,B项正确;将质子从 P 点无初速度释放,根据动能定理可得 $e(\varphi_0 - \varphi_{\text{eq}}) = \frac{1}{2}mv_{\text{eq}}^2$,又 $\varphi_{\text{eq}} = 0$,解得 $v_{\text{eq}} = \sqrt{\frac{2e\varphi_0}{m}}$,C项错误;若两段弧形材料带的是等量异种电荷,根据对称性, x 轴上各点的电场强度为 0,电势也为 0,D项正确。

9. CD 【解析】由题图可知 $\lambda_P = 3$ m, $\lambda_Q = 4$ m,由 $v = \frac{\lambda}{T}$ 可知 $v = 1$ m/s,故两波同时传到 $x = 0$ 处,A项错误;由 $v = 1$ m/s,可得 $T_Q = \frac{\lambda_Q}{v} = 4$ s,因 $f_P = \frac{1}{T_P} = \frac{1}{3}$ Hz, $f_Q = \frac{1}{T_Q} = \frac{1}{4}$ Hz,两列波的振动频率不同,无法产生稳定的干涉,B项错误,C项正确; P 波传到 x

$= 3$ m 处用时 6 s,恰好两个周期, $6 \text{ s} = \frac{3}{2}T_Q$,故 $t = 6$ s 时刻, $x = 3$ m 处的质点位移为 0,D项正确。

10. CD 【解析】电流方向向右,电子定向移动方向向左,根据左手定则可知,电子所受的洛伦兹力方向向上,则上表面积累了电子,所以上表面的电势比下表面的电势低,A项错误;稳定时有 $e\frac{U}{d} = evB$,解得 $U = Bdv$,与元件单位体积内的电子数无关,B项错误,C项正确;自由电子受到的洛伦兹力大小 $F = evB$,D项正确。

综合练(8)

1. A 【解析】铀核衰变过程系统动量守恒,故生成的钍核的动量与 α 粒子的动量大小相等、方向相反,由 $E_k = \frac{p^2}{2m}$ 可知,钍核的动能小于 α 粒子的动能,A项正确; β 衰变过程中释放的电子是核内中子转变成质子时放出的,B项错误;由质量数守恒和电荷数守恒可知, $^{238}_{90}\text{Th}$ 需经过 7 次 α 衰变、6 次 β 衰变转化为 $^{206}_{82}\text{Pb}$,C项错误;半衰期是统计规律,适用于大量原子核,对少量原子核不适用,D项错误。

2. A 【解析】由题意可知, a 和 b 的周期均为 24 h,所以 36 h 后,两者均运行了 1.5 圈,即运行至与原位置关于圆心对称的位置;根据万有引力提供向心力得 $G\frac{Mm}{r^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$,解得 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$, b 的半径为 nR , c 的半径为 $\frac{1}{4}nR$,所以 $\frac{T_c}{T_b} = \frac{\sqrt{(\frac{1}{4}nR)^3}}{\sqrt{(nR)^3}} = \frac{1}{8}$,解得 $T_c = \frac{1}{8}T_b = 3$ h,故 c 在 36 h 内运行的圈数 $n = \frac{36}{3} = 12$ 圈,即 c 回到原点,A项正确。

3. B 【解析】 b 点是波谷与波谷相遇点,是振动加强点,则振幅为 $2A$,A项错误; a 、 c 两点是波峰与波谷相遇点,是振动减弱点,则振幅为零,且始终处于平衡位置,B项正确; a 、 c 连线的中点是 b 、 d 连线的中点,是振动加强点,C项错误;质点在振动时,只能在自己的平衡位置上下振动,而不随波迁移,D项错误。

4. A 【解析】由题可知, $v_1 = 54$ km/h $= 15$ m/s, $v_2 = 18$ km/h $= 5$ m/s,故汽车在第一段减速过程中经历的时间 $t_1 = \frac{v_1 - v_2}{a_1} = \frac{15 - 5}{2} \text{ s} = 5$ s,在第二段减速过程中经历的时间 $t_2 = \frac{v_2}{a_2} = \frac{5}{5} \text{ s} = 1$ s,行人运动的时间 $t = \frac{x_{AB}}{v} = \frac{6}{0.6} \text{ s} = 10$ s,则汽车停车让行的时间至少

- 为 $\Delta t = t - t_1 - t_2 = (10 - 5 - 1) \text{ s} = 4 \text{ s}$, A 项正确, B 项错误; 汽车在第一段减速过程中的位移 $x_1 = \frac{v_1 + v_2}{2} t_1 = \frac{15 + 5}{2} \times 5 \text{ m} = 50 \text{ m}$, 在第二段减速过程中的位移 $x_2 = \frac{v_2}{2} t_2 = \frac{5}{2} \times 1 \text{ m} = 2.5 \text{ m}$, 则汽车刚开始减速的位置距停止线的距离 $x = x_1 + x_2 + x_3 = (50 + 2.5 + 2) \text{ m} = 54.5 \text{ m}$, C、D 项错误。
5. C 【解析】由题图甲可知, 随着分子间距离的减小, 分子间的引力和斥力都在增大, A、B 项错误; 由题图乙可知, 当 $r < r_0$ 时, 分子间的作用力表现为斥力, C 项正确; 从 $r = r_2$ 到 $r = r_0$ 过程中, 分子间的作用力表现为引力, 故随着分子间距离的减小, 分子力一直做正功, 分子势能一直减小, D 项错误。
6. D 【解析】根据题意, 设位移与水平方向的夹角为 θ , 速度与水平方向的夹角为 α , 由平抛运动规律有 $\tan \theta = \frac{h}{x} = \frac{1}{2} \tan \alpha$, 若两人站在与壶相同水平距离处投篮, 则有 $h_{\text{甲}} > h_{\text{乙}}$, 由 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 解得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 可知甲投的箭在空中运动的时间比乙长, 由 $x = v_0 t$ 可知, 甲投的箭初速度比乙小, A、B 项错误; 若两人投的箭在竖直方向下落的高度相等, 则有 $x_{\text{甲}} < x_{\text{乙}}$, 且箭在空中运动的时间相等, 则甲投的箭初速度 v_0 比乙小, 由 $v_y = g t$ 可知, 两人投的箭落入壶口时竖直速度相等, 由 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2}$ 可知, 甲投的箭落入壶口时的速度比乙小, C 项错误, D 项正确。
7. A 【解析】根据对称性可知, 半球壳 I 在 O 点的场强方向水平向左, 半球壳 II 在 O 点的场强方向水平向右, 且大小相等, 所以 O 点的场强为零, A 项正确, B 项错误; 把两半球壳看成一个整体, 其可视为电荷量集中于球心的点电荷, 所以整体在 A 点的场强大小 $E = k \frac{2q}{L^2}$, 方向水平向右, 所以半球壳 II 在 A 点的场强大小 $E_2 = E - E_1 = k \frac{2q}{L^2} - E_1$, C 项错误; 由于电势为标量, 且两半球壳带电荷量相等, 半球壳 I 距离 A 点近, 半球壳 II 距离 A 点远, 所以半球壳 I 在 A 点的电势高于半球壳 II 在 A 点的电势, D 项错误。
8. BC 【解析】飞机在匀加速直线运动阶段, 牵引力不变, 速度逐渐增大, 牵引功率逐渐增大, 匀加速运动结束时, 牵引功率达到 $F_1 v_1$, 后保持恒定的牵引功率, 则飞机在整个运动过程中的最大牵引功率 $P_m = F_1 v_1$, A 项错误; 根据牛顿第二定律可知 $F_1 - f = ma$, 则飞机做匀加速运动的时间 $t = \frac{v_1}{a} = \frac{mv_1}{F_1 - f}$, B 项

- 正确; 当牵引力等于阻力时加速度为零速度达到最大, 则 $F_1 v_1 = f v_3$, 解得 $v_3 = \frac{F_1 v_1}{f}$, C 项正确; 当飞机的速度达到 v_2 时, 牵引力 $F = \frac{F_1 v_1}{v_2}$, 故加速度大小 $a = \frac{F_1 v_1 - f v_2}{m v_2}$, D 项错误。
9. BD 【解析】图示时刻线框平面和磁场方向垂直, 穿过线框的磁通量最大, 感应电动势为 0, 穿过线框的磁通量的变化率为 0, A 项错误; 由于两个灯泡均正常发光, 故原线圈的电流 $I_1 = \frac{P_L}{U_L} = \frac{20}{20} \text{ A} = 1 \text{ A}$, 副线圈的输出电压 $U_2 = U_L = 20 \text{ V}$, 根据原、副线圈的电压比等于匝数比可知, 原线圈的输入电压 $U_1 = \frac{n_1}{n_2} U_2 = 200 \text{ V}$, 则线框输出电压的有效值 $U_{\text{出}} = U_L + U_1 = 220 \text{ V}$, B 项正确; 电阻 R 消耗的电功率为 $P_{\text{出}} - 2P_L = 180 \text{ W}$, C 项错误; 线框与图示位置垂直时, 穿过线框的磁通量为零, 此时穿过线框的电流最大, $I_m = \sqrt{2} I_1 = \sqrt{2} \text{ A}$, D 项正确。
10. BD 【解析】将滑块 A、B 由静止释放, 滑块 A、B 组成的系统在水平方向上受到弹簧的弹力和滑动摩擦力的作用, 滑动摩擦力不变, 而弹簧的弹力随着压缩量的减小而减小, 弹力先大于滑动摩擦力, 后小于滑动摩擦力, 则滑块 A、B 向右先做加速运动后做减速运动, 经分析可知, 两滑块分离时应发生在减速阶段, 分离时滑块 A、B 间的弹力为零, 对滑块 B 有 $a_B = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$, 对滑块 A 有 $a_A = \frac{\mu mg + F_{\text{弹}}}{m} = \mu g + \frac{F_{\text{弹}}}{m}$, 恰好分离时有 $a_A = a_B$, 解得 $F_{\text{弹}} = 0$, 说明滑块 A、B 将在弹簧原长处, 即 O 点分离, A 项错误; 设滑块 A、B 分离时的速度为 v_0 , 根据能量守恒定律有 $\frac{1}{2} k x_0^2 = \mu \times 2mg \times x_0 + \frac{1}{2} \times 2m \times v_0^2$, 又 $x_0 = \frac{2(1+\sqrt{5})\mu mg}{k}$, 解得 $v_0^2 = \frac{8m\mu^2 g^2}{k}$, 分离后滑块 B 做匀减速运动直到停止, 设此过程的位移为 x_B , 则有 $x_B = \frac{v_0^2}{2a_B} = \frac{4\mu mg}{k}$, 则滑块 B 运动的总位移 $x_{B\text{总}} = x_B + x_0 = \frac{2(3+\sqrt{5})\mu mg}{k}$, B 项正确; 分离后滑块 A 做减速运动, 向右运动到最大位移时速度为 0, 设此过程的位移为 x_A , 根据能量守恒定律有 $\frac{1}{2} m v_0^2 = \mu mg x_A + \frac{1}{2} k x_A^2$, 解得 $x_A = \frac{2\mu mg}{k}$, 则滑块 A 向右运动的最

大位移 $x_{A\text{总}} = x_A + x_0 = \frac{2(2+\sqrt{5})\mu mg}{k}$, C 项错误; 滑块 A 在 O 点右侧的最大位移处有 $F_{\text{弹}} = kx_A = 2\mu mg > \mu mg$, 故滑块 A 会向左运动, 运动到滑块 A 静止的过程, 根据能量守恒定律有 $\frac{1}{2}kx_A^2 = \mu mgx_A'$, 解得 $x_A' = \frac{2\mu mg}{k}$, 故滑块 A 最终静止在弹簧原长 O 处, 则当滑块 A、B 都静止时滑块 A 与滑块 B 间的距离 $\Delta x = x_B = \frac{4\mu mg}{k}$, D 项正确。



反馈意见有奖

第三部分 实验题分组练

分组练(1)

1. (1) $2LE_0$

(2) 1.1

(3) 不变

【解析】(1) 由于灵敏电流计 G 的示数为零, 则标准电池与铅笔芯、待测电池与电阻箱分别组成两个相对独立的电路, 且 $U_R = U_{AP}$, 对标准电池与铅笔芯组成的回路, 已知 $L_0 = 0.5 \text{ m}$, 由闭合电路欧姆定律可知 $U_{AP} = \frac{L}{L_0}E_0$, 即 $U_R = \frac{L}{L_0}E_0 = 2LE_0$ 。

(2) 对待测电池与电阻箱组成的回路, 由闭合电路欧姆定律可知 $U_R = \frac{E_x}{R+r_x}R$, 则有 $\frac{L}{L_0}E_0 = \frac{E_x}{R+r_x}R$, 变形可得 $\frac{1}{L} = \frac{E_0 r_x}{E_x L_0} \cdot \frac{1}{R} + \frac{E_0}{E_x L_0}$, 则 $\frac{1}{L} - \frac{1}{R}$ 图像的纵截距 $\frac{E_0}{E_x L_0} = 8$, 斜率 $\frac{E_0 r_x}{E_x L_0} = \frac{15-8}{0.8}$, 解得 $r_x \approx 1.1 \Omega$ 。

(3) 若标准电池的内阻不可忽略, 设为 r_0 , 通过铅笔芯的电流恒定, 设为 I_0 , 对铅笔芯与标准电池组成的回路, 有 $U_{AP} = (E_0 - I_0 r_0) \frac{L}{L_0}$, 又 $U_{AP} = U_R = \frac{E_x}{R+r_x}R$, 联立可得 $\frac{1}{L} = \frac{(E_0 - I_0 r_0) r_x}{E_x L_0} \cdot \frac{1}{R} + \frac{E_0 - I_0 r_0}{E_x L_0}$, 与(2)中 $\frac{1}{L}$ 的表达式对比, 可知待测电池内阻的测量结果将不变。

2. (1) 电火花 220 V

(2) 0.025

(3) A

(4) 0.24 0.80

(5) 7.2

【解析】(1) 图甲为电火花打点计时器, 其工作电源为 220 V 的交流电源。

(2) 打点计时器打点的时间间隔 $T_1 = \frac{1}{40} \text{ s} = 0.025 \text{ s}$ 。

(3) 实验时先接通打点计时器电源后让纸带运动, A 项正确。

(4) 打点计时器打计数点 2 时, 纸带的速度大小 $v_2 = \frac{x_2 + x_3}{2t} = \frac{(2.00 + 2.78) \times 10^{-2}}{0.2} \text{ m/s} \approx 0.24 \text{ m/s}$, 纸带

的加速度由逐差法可得 $a = \frac{x_5 + x_6 - (x_2 + x_3)}{6t^2} = \frac{(4.40 + 5.18) \times 10^{-2} - (2.00 + 2.78) \times 10^{-2}}{6 \times 10^{-2}} \text{ m/s}^2 = 0.80 \text{ m/s}^2$ 。

(5) 由 $\Delta x = aT^2$ 可知 $5 \times (\frac{1}{50})^2 = a_{\text{真}} \cdot (\frac{1}{60})^2$, 解得 $a_{\text{真}} = 7.2 \text{ m/s}^2$ 。

分组练(2)

1. (1) 12.0

(2) C

(3) a 9.86

【解析】(1) 根据游标卡尺的读数规则可知, 该摆球的直径为 $12 \text{ mm} + 0 \times 0.1 \text{ mm} = 12.0 \text{ mm}$ 。

(2) 从“0”数到“60”时, 经历了 30 个周期, 该单摆的周期为 $\frac{t}{30}$, C 项正确。

(3) 悬线在筒内部分的长度为 h , 由 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L+h}{g}}$ 可得 $T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L + \frac{4\pi^2}{g}h$, 由此可知其关系图线应为 a, 其斜率 $\frac{4\pi^2}{g} = \frac{1.2}{30 \times 10^{-2}}$, 解得 $g \approx 9.86 \text{ m/s}^2$ 。

2. (1) ACD

(2) AC

(3) A

【解析】(1) 开关闭合瞬间, 线圈 B 中的磁通量发生变化, 有电流产生, 灵敏电流计的指针会偏转, A 项正确; 只要开关是闭合的, 线圈 A、B 位置不变, 线圈 B 中的磁通量不发生变化, 灵敏电流计的指针不会偏转, B 项错误; 该装置是用来探究线圈 B 中感应电流的产生条件的, C 项正确; 开关闭合, 向右匀速移动滑动变阻器的滑片 P 的过程中, 线圈 A 中的电流发生变化, 线圈 B 中的磁通量发生变化, 灵敏电流计的指针会偏转, D 项正确。

大位移 $x_{A\text{总}} = x_A + x_0 = \frac{2(2+\sqrt{5})\mu mg}{k}$, C 项错误; 滑块 A 在 O 点右侧的最大位移处有 $F_{\text{弹}} = kx_A = 2\mu mg > \mu mg$, 故滑块 A 会向左运动, 运动到滑块 A 静止的过程, 根据能量守恒定律有 $\frac{1}{2}kx_A^2 = \mu mgx_A'$, 解得 $x_A' = \frac{2\mu mg}{k}$, 故滑块 A 最终静止在弹簧原长 O 处, 则当滑块 A、B 都静止时滑块 A 与滑块 B 间的距离 $\Delta x = x_B = \frac{4\mu mg}{k}$, D 项正确。



反馈意见有奖

第三部分 实验题分组练

分组练(1)

1. (1) $2LE_0$

(2) 1.1

(3) 不变

【解析】(1) 由于灵敏电流计 G 的示数为零, 则标准电池与铅笔芯、待测电池与电阻箱分别组成两个相对独立的电路, 且 $U_R = U_{AP}$, 对标准电池与铅笔芯组成的回路, 已知 $L_0 = 0.5 \text{ m}$, 由闭合电路欧姆定律可知

$$U_{AP} = \frac{L}{L_0} E_0, \text{ 即 } U_R = \frac{L}{L_0} E_0 = 2LE_0.$$

(2) 对待测电池与电阻箱组成的回路, 由闭合电路欧姆定律可知 $U_R = \frac{E_x}{R+r_x} R$, 则有 $\frac{L}{L_0} E_0 = \frac{E_x}{R+r_x} R$, 变形

$$\text{可得 } \frac{1}{L} = \frac{E_0 r_x}{E_x L_0} \cdot \frac{1}{R} + \frac{E_0}{E_x L_0}, \text{ 则 } \frac{1}{L} - \frac{1}{R} \text{ 图像的纵截距 } \frac{E_0}{E_x L_0} = 8, \text{ 斜率 } \frac{E_0 r_x}{E_x L_0} = \frac{15-8}{0.8}, \text{ 解得 } r_x \approx 1.1 \Omega.$$

(3) 若标准电池的内阻不可忽略, 设为 r_0 , 通过铅笔芯的电流恒定, 设为 I_0 , 对铅笔芯与标准电池组成的回路, 有 $U_{AP} = (E_0 - I_0 r_0) \frac{L}{L_0}$, 又 $U_{AP} = U_R = \frac{E_x}{R+r_x} R$,

$$\text{联立可得 } \frac{1}{L} = \frac{(E_0 - I_0 r_0) r_x}{E_x L_0} \cdot \frac{1}{R} + \frac{E_0 - I_0 r_0}{E_x L_0}, \text{ 与 (2)}$$

中 $\frac{1}{L}$ 的表达式对比, 可知待测电池内阻的测量结果将不变。

2. (1) 电火花 220 V

(2) 0.025

(3) A

(4) 0.24 0.80

(5) 7.2

【解析】(1) 图甲为电火花打点计时器, 其工作电源为 220 V 的交流电源。

(2) 打点计时器打点的时间间隔 $T_1 = \frac{1}{40} \text{ s} = 0.025 \text{ s}$ 。

(3) 实验时先接通打点计时器电源后让纸带运动, A 项正确。

(4) 打点计时器打计数点 2 时, 纸带的速度大小 $v_2 = \frac{x_2 + x_3}{2t} = \frac{(2.00 + 2.78) \times 10^{-2}}{0.2} \text{ m/s} \approx 0.24 \text{ m/s}$, 纸带

的加速度由逐差法可得 $a = \frac{x_5 + x_6 - (x_2 + x_3)}{6t^2} = \frac{(4.40 + 5.18) \times 10^{-2} - (2.00 + 2.78) \times 10^{-2}}{6 \times 10^{-2}} \text{ m/s}^2 =$

0.80 m/s²。

(5) 由 $\Delta x = aT^2$ 可知 $5 \times (\frac{1}{50})^2 = a_{\text{真}} \cdot (\frac{1}{60})^2$, 解得 $a_{\text{真}} = 7.2 \text{ m/s}^2$ 。

分组练(2)

1. (1) 12.0

(2) C

(3) a 9.86

【解析】(1) 根据游标卡尺的读数规则可知, 该摆球的直径为 $12 \text{ mm} + 0 \times 0.1 \text{ mm} = 12.0 \text{ mm}$ 。

(2) 从“0”数到“60”时, 经历了 30 个周期, 该单摆的周期为 $\frac{t}{30}$, C 项正确。

(3) 悬线在筒内部分的长度为 h , 由 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L+h}{g}}$ 可

得 $T^2 = \frac{4\pi^2}{g} L + \frac{4\pi^2}{g} h$, 由此可知其关系图线应为 a, 其

$$\text{斜率 } \frac{4\pi^2}{g} = \frac{1.2}{30 \times 10^{-2}}, \text{ 解得 } g \approx 9.86 \text{ m/s}^2.$$

2. (1) ACD

(2) AC

(3) A

【解析】(1) 开关闭合瞬间, 线圈 B 中的磁通量发生变化, 有电流产生, 灵敏电流计的指针会偏转, A 项正确; 只要开关是闭合的, 线圈 A、B 位置不变, 线圈 B 中的磁通量不发生变化, 灵敏电流计的指针不会偏转, B 项错误; 该装置是用来探究线圈 B 中感应电流的产生条件的, C 项正确; 开关闭合, 向右匀速移动滑动变阻器的滑片 P 的过程中, 线圈 A 中的电流发生变化, 线圈 B 中的磁通量发生变化, 灵敏电流计的指针会偏转, D 项正确。

(2)滑片 P 从最左端滑到最右端,线圈 A 中的电流变大,磁性变强,A 项正确,B 项错误;线圈 A 的磁性强弱变化快慢影响灵敏电流计指针的摆动幅度,不影响指针的摆动方向,C 项正确,D 项错误。

(3)滑动变阻器的滑片 P 不动,只以不同的速度插入线圈 B ,若三次依次插入的速度 $v_1 < v_2 < v_3$,观察到灵敏电流计的指针偏离中间 0 刻度线的角度 $\theta_1 < \theta_2 < \theta_3$ 。由此实验可以直接得出的结论是线圈 A 插入的越快,线圈 B 中产生的感应电流越大,A 项正确。

分组练(3)

1. (1) 7.5

(2)滑块经过两个光电门的时间相等

$$(3) mgL = \frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{t_2}\right)^2 - \frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{t_1}\right)^2$$

(4)不需要

(5)大于

【解析】(1)根据图乙可知,该游标卡尺为 10 分度,读数 $d = 7 \text{ mm} + 5 \times 0.1 \text{ mm} = 7.5 \text{ mm}$ 。

(2)给滑块适当的速度,当滑块经过两个光电门的时间相等时,说明气垫导轨水平。

(3)滑块经过光电门时的速度分别为 $v_1 = \frac{d}{t_1}$, $v_2 = \frac{d}{t_2}$,若等式 $mgL = \frac{1}{2}(M+m)v_2^2 - \frac{1}{2}(M+m)v_1^2$ 成立,即 $mgL = \frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{t_2}\right)^2 - \frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{t_1}\right)^2$,可验证机械能守恒定律。

(4)根据实验原理可知,当把钩码和滑块看成整体时,此时细线上的拉力属于系统内力,因此不需要满足钩码的质量远小于滑块及遮光条的总质量。

(5)因为存在阻力做功,存在系统误差,势能的减少量大于动能的增加量。

2. (1) 左 相反

(2)左

(3)方向 角度

(4)磁通量的变化率

【解析】(1)磁铁的 N 极向下,在磁铁插入螺线管时,穿过线圈的磁通量向下且增大的,则感应电流的磁场方向应向上,此磁铁向下离开螺线管时,螺线管的磁通量是向下且减小的,则感应电流的磁场方向应向下,与第一阶段感应电流方向相反,则电流表的指针向左偏转。

(2)将滑动变阻器的滑片向右滑和向左滑,回路中电流的变化情况是相反的,则螺线管 B 中磁通量的方向相同,但磁通量的变化情况是相反的,故感应电流

的方向相反,即电流表的指针向左偏转。

(3)条形磁铁运动的快慢不同,即磁通量的变化率不同,但磁通量的变化量相同,产生的感应电流的方向相同,感应电流的大小不同,故指针偏转的方向相同,指针偏转的角度不同。

(4)感应电流的大小除了跟回路的电阻有关,还跟磁通量的变化率有关。

分组练(4)

1. (1) A

$$(2) \frac{s_6 - s_4}{2T}$$

(3)小车的加速度大小 0.50 m/s^2

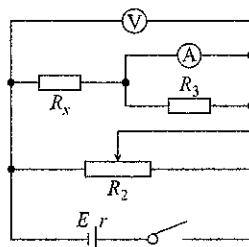
【解析】(1)该实验目的是研究小车做匀变速直线运动的规律,只要小车做匀变速直线运动即可,对于小车的初速度、小车的质量与钩码的质量的关系以及是否平衡小车与长木板间的摩擦力没有要求;为了保证小车做匀变速直线运动,小车受到的合力不变,细线必须与长木板平行,A 项正确。

(2)根据匀变速直线运动的规律可知中间时刻的瞬时速度等于该段的平均速度,可得 $v_F = \frac{s_6 - s_4}{2T}$ 。

(3)根据运动学公式有 $v^2 - v_0^2 = 2as$,可得 $v^2 = v_0^2 + 2as$,可知 $v^2 - 2s$ 图线的斜率表示小车的加速度大小,解得 $a = \frac{1.5 - 0.25}{2.5 - 0} \text{ m/s}^2 = 0.50 \text{ m/s}^2$ 。

2. (1) E

(2)如图所示



R_3

(3) 4.4 22.0 97.5

(4)等于

【解析】(1)为了尽可能测量多组数据,需要使待测电阻 R_x 两端的电压从零开始调节,滑动变阻器应采用分压式连接,为了调节方便,滑动变阻器应选择阻值较小的 R_2 ,即选 E。

(2)由所找到的器材可知通过待测电阻 R_x 的最大电流约为 $I_m = \frac{U_m}{R_x} = \frac{6}{100} \text{ A} = 60 \text{ mA}$,故可将电流表 A 与定值电阻 R_3 并联,改成量程为 60 mA 的新电流

表,改装后的新电流表的内阻 $R_A' = \frac{R_A R_3}{R_A + R_3} = 2.5 \Omega$,则改装后的新电流表应采用内接法,滑动变阻器应采用分压接法,电路图如答案图所示。

(3)由题图乙、丙所示,电压表的示数为 4.4 V ,电流表的示数为 22.0 mA ,可知通过待测电阻 R_x 的电流 $I_x = 2I = 44.0 \text{ mA}$,待测电阻 R_x 两端的电压 $U_x = U - IR_A = 4.29 \text{ V}$,则待测电阻的阻值 $R_x = \frac{U_x}{I_x} =$

$$\frac{4.29}{44.0 \times 10^{-3}} \Omega = 97.5 \Omega.$$

(4)本次实验没有系统误差,故测量值等于真实值。

分组建(5)

1. ①减小

②减小

③减小

④增大

【解析】①由于 t_1 时刻电流方向向左,说明在这个时候电容器是在放电,所以电流表中的电流正在减小。

②此时电容器正在放电,电容器两端的电压正在减小。

③由于 t_2 时刻电流方向向右,说明在这个时候电容器是在充电,所以电流表中的电流正在减小。

④此时电容器是在充电,电容器两端的电压正在增大。

2. (1) AB

(2)不合理 其合力的大小超过了弹簧测力计的量程,后续无法用量程为 5 N 的弹簧测力计测出合力大小(答案合理即可)

(3)甲

(4)3

【解析】(1)实验需要测量长度和拉力,所以需要三角板和弹簧测力计,A、B项正确。

(2)由题意可知,当两只弹簧测力计的读数均为 4 N ,且两弹簧测力计拉力的方向相互垂直时,其合力大小为 $4\sqrt{2} \text{ N}$,其值大于 5 N ,超过了弹簧测力计的量程,后续无法测出一个力作用时力的大小,故这次操作不合理。

(3) F' 是实际测量值,其方向应该在固定点与 O 点连线的延长线上,故甲符合事实。

(4)若只有一只弹簧测力计,为了完成该实验,用手拉住一条细绳,用弹簧测力计拉住另一条细绳,互成角度的拉橡皮条,使其结点到达 O 点,记下弹簧测力计示数 F_1 和两个拉力的方向;交换弹簧测力计和手所

拉细绳的位置,再次将结点拉至 O 点,使两力的方向与原来两力方向相同,并记下此时弹簧测力计的示数 F_2 ,再次用一个弹簧测力计将结点拉至 O 点,并记下此时的弹簧测力计示数 F 的大小和方向;所以若只有一只弹簧测力计,为了完成该实验至少需要 3 次把橡皮条结点拉至 O 点。

分组建(6)

1. (1) ① 81.7 ② $0.012 2$

$$(2) k = \frac{1.71 \times 10^3}{n} (\text{N/m}) \left(\frac{1.67 \times 10^3}{n} \sim \frac{1.83 \times 10^3}{n} \right)$$

$$k = \frac{3.39}{l_0} (\text{N/m}) \left(\frac{3.31}{l_0} \sim \frac{3.62}{l_0} \right)$$

$$\text{【解析】} (1) k = \frac{mg}{\Delta x_2} = \frac{0.1 \times 9.8 \text{ N}}{(5.26 - 4.06) \times 10^{-2} \text{ m}} \approx$$

$$81.7 \text{ N/m}, \text{则 } \frac{1}{k} = \frac{1}{81.7} \text{ m/N} \approx 0.012 2 \text{ m/N}.$$

(2)由图乙图像可知直线的斜率为 $\frac{0.035}{60}$,故直线方程

满足 $\frac{1}{k} = \frac{0.035}{60} n$,即 $k = \frac{1.71 \times 10^3}{n} \text{ N/m}$.由于 60 匝

弹簧的总长度为 11.88 cm ;则 n 匝弹簧的原长满足

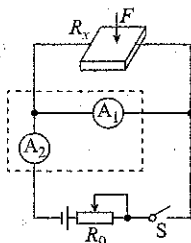
$$\frac{n}{l_0} = \frac{60}{11.88 \times 10^{-2}}, \text{解得 } k \approx \frac{3.39}{l_0} \text{ N/m}.$$

2. (1)由于电压表 V 量程过大,读数精确度低,将电流表 A_1 作电压表使用

$$(2) \frac{I_1 r_1}{I_2 - I_1}$$

(3) ① 0.50 不均匀 ② 9.0

【解析】(1)由于电压表 V 量程过大,读数精确度低,所以将电流表 A_1 作电压表使用(A_1 内阻已知,可以由两电流表读数表示出 R_x 上电流),如图所示。



$$(2) \text{根据欧姆定律得 } R_x = \frac{U_{R_x}}{I_{R_x}} = \frac{I_1 r_1}{I_2 - I_1}.$$

(3)当电流表 A_1 的读数为 0.15 A 时,在此刻度处标上 $F = 0$,由 $R_x = 23.5 - 2.5F$,可知 $R_x = 23.5 \Omega$,由

闭合电路欧姆定律可得 $I = \frac{E}{R_x + r_1 + R_0}$,解得 $R_0 =$

$$0.50 \Omega, \text{由 } I = \frac{E}{R_x + r_1 + R_0} = \frac{4.5}{30 - 2.5F} \text{ 可知,该压力}$$

表盘的刻度线不均匀,当 $I = 0.6 \text{ A}$ 时,解得 F_m

$=9.0 \text{ N}$ 。

分 组 练 (7)

1. (2) 0.195 0.3

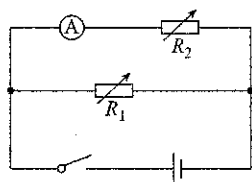
(4) $b \frac{2c}{b}$

【解析】(2)由题可知,打下相邻两计数点的时间 $T=5 \cdot \frac{1}{f}=0.1 \text{ s}$,根据匀变速直线运动的推论可知,打下 D 点时重物的速度 $v_D = \frac{CD+DE}{2T} = \frac{(1.80+2.10) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 0.195 \text{ m/s}$,根据逐差法可知,重物的加速度 $a = \frac{(DE+EF)-(BC+CD)}{(2T)^2} = \frac{[(2.10+2.40)-(1.50+1.80)] \times 10^{-2}}{(2 \times 0.1)^2} \text{ m/s}^2 = 0.3 \text{ m/s}^2$ 。

(4)以重物和纸带整体为研究对象,根据牛顿第二定律有 $2F-mg=ma$,解得 $a=\frac{2}{m}F-g$,可知 $a-F$ 图像的斜率 $k=\frac{2}{m}=\frac{b}{c}$,纵截距为 $-g=-b$,所以当地的重力加速度 $g=b$,重物和纸带的总质量 $m=\frac{2c}{b}$ 。

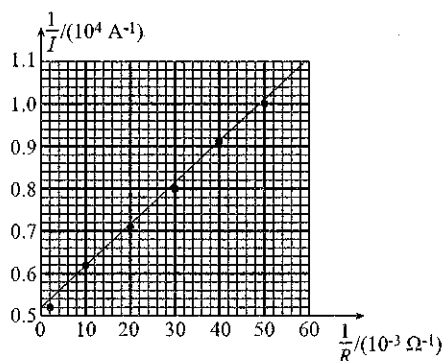
2. (1) 串联 4.45×10^4

(2) 如图所示



(3) 8.7 (8.6~9.0 均可)

【解析】(1)将电流表改装成量程为 9 V 的电压表,根据欧姆定律可知,串联电阻箱的阻值为 $\frac{9}{200 \times 10^{-6}} \Omega - 500 \Omega = 4.45 \times 10^4 \Omega$,故电流表应与电阻箱 R_2 串联,并将该电阻箱的阻值调为 $4.45 \times 10^4 \Omega$ 。
(2)将电流表改装成电压表后测量路端电压,故电流表和电阻箱 R_2 串联再和电阻箱 R_1 并联,电路图如答案图所示。
(3)将坐标系中各点用直线连接,使点迹均匀分布在直线两侧,如图所示:



由于不考虑改装好的电压表分流,根据闭合电路欧姆定律有 $E = \frac{I(R_2+r_A)}{R_1} (R_1+r)$,整理得 $\frac{1}{I} = \frac{R_2+r_A}{E} + \frac{(R_2+r_A)r}{E} \cdot \frac{1}{R_1}$,由于图中描出的是一条倾斜的直线,故调节的是电阻箱 R_1 ,则上述函数 $\frac{1}{I} = \frac{R_2+r_A}{E} + \frac{(R_2+r_A)r}{E} \cdot \frac{1}{R}$,结合图像的纵截距有 $\frac{R_2+r_A}{E} = 0.52 \times 10^4 \text{ A}^{-1}$,解得 $E \approx 8.7 \text{ V}$ 。

分 组 练 (8)

1. (1) 接通电源 释放纸带

(2) 2.80 $\frac{k_1-k_2}{k_1}$

【解析】(1)如果先释放纸带后接通电源,有可能会发现重物已经拖动纸带运动一段距离,电源才被接通,那么纸带上只有很小的一段能打上点,大部分纸带没有打上点,纸带的利用率太低,可能造成较大的测量误差,所以应当先接通电源,后释放纸带。

(2)由图丙可知,图线 II 的斜率 $k_2 = \frac{\Delta E_k}{\Delta h} = \frac{1.4}{50 \times 10^{-2}} \text{ J/m} = 2.80 \text{ J/m}$, $E_p = -mgh$,即 $k_1 = mg$, $E_k = (mg-F_f)h$,即 $k_2 = mg-F_f$,则重物和纸带下落过程中所受的平均阻力与重力的比值为 $\frac{F_f}{mg} = \frac{k_1-k_2}{k_1}$ 。

2. (1) bcad

(2) ① 135 ② 8×10^{-12} ③ 5.9×10^{-10}

【解析】(1)用“油膜法估测分子的大小”实验步骤为:配制油酸酒精溶液→测定一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积→准备浅水盘→形成油膜→描绘油膜边缘→测量油膜面积→计算分子直径,因此操作先后顺序排列应是 bcad。

(2)①图中油膜中大约有 135 个小方格,则油膜的面

积 $S=135 \times 1^2 \text{ cm}^2=135 \text{ cm}^2$ 。

②每滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积 $V_0 = \frac{0.6}{1000} \times \frac{1}{75} \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 8 \times 10^{-12} \text{ m}^3$ 。

③油酸分子的直径 $d = \frac{V_0}{S} = \frac{8 \times 10^{-12}}{135 \times 10^{-4}} \text{ m} \approx 5.9 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。

分 组 练 (9)

1. (1) 0.4 $\frac{2}{3}$

(2) 斜面倾角 θ (或 A 点的高度)

【解析】(1) 根据某段时间内的平均速度等于这段时间内中点时刻的瞬时速度, 可得 0.6 s 时的速度 $v = \frac{0.48-0.24}{0.6} \text{ m/s} = 0.4 \text{ m/s}$, 0.3 s 时的速度 $v' = \frac{0.51-0.39}{0.6} \text{ m/s} = 0.2 \text{ m/s}$, 则木块的加速度 $a = \frac{v-v'}{t} = \frac{0.4-0.2}{0.3} \text{ m/s}^2 = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2$ 。

(2) 选取木块为研究对象, 设斜面倾角为 θ , 木块沿斜面方向由牛顿第二定律可得 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$, 解得 $\mu = \frac{g \sin \theta - a}{g \cos \theta}$, 所以要测量动摩擦因数 μ , 还需要测量斜面倾角 θ 或 A 点的高度。

2. (1) CBEDA R_0

(2) 3.035

(3) 负

(4) $\frac{c}{(b-a)BD} \cdot \frac{ac}{b-a} - R_0$

【解析】(1) 本实验是用半偏法测量灵敏电流计 G 的内阻。为保护电路, 闭合开关前应将 R_1 和 R_2 的阻值调至最大, 合上开关 S_1 , 调节 R_1 , 使 G 的指针满偏, 并记下此时 G_1 的示数 I_1 , I_1 就等于 G 的满偏电流值; 再合上开关 S_2 , 反复调节 R_1 和 R_2 , 使 G_1 的示数仍为 I_1 , G 的指针偏转到满刻度的一半, 此时通过 G 与 R_2 的电流之和等于 I_1 , 即等于 G 的满偏电流, 所以通过 G 与 R_2 的电流相等, 故 $R_g = R_0$, 因此正确的操作步骤顺序为 CBEDA。

(2) 游标卡尺读数为主尺读数加游标尺读数, 从主尺读出整毫米刻度, 从游标尺读出对齐的刻度数再乘以游标卡尺的精度, 由图丙读得直径 $D = 30 \text{ mm} + 7 \times 0.05 \text{ mm} = 30.35 \text{ mm} = 3.035 \text{ cm}$ 。

(3) 由左手定则可得正离子往 C 处电极方向运动、负离子往 A 处电极方向运动, 所以 A 处电极接灵敏电流计的负接线柱。

(4) 由磁流体发电机的原理可知, 污水中正、负离子在

洛伦兹力的作用下向 A、C 两处电极偏转, 在两极处形成电场, 直到电场力与洛伦兹力达到动态平衡, 有 $\frac{Uq}{D} = qvB$, 可得电源电动势 $U = DvB$, 由欧姆定律可

得 $I = \frac{U}{R_g} = \frac{DvB}{R + R_g + r}$, 其中 r 为污水的等效电阻, 所以 $\frac{1}{I} = \frac{1}{DvB} \cdot R + \frac{R_g + r}{DvB}$, 由图像可得斜率 $k = \frac{b-a}{c} = \frac{1}{DvB}$, 纵截距 $a = \frac{R_g + r}{DvB} = \frac{R_0 + r}{DvB}$, 解得 $v = \frac{c}{(b-a)BD}$, $r = \frac{ac}{b-a} - R_0$ 。

分 组 练 (10)

1. (1) C

(2) 大

(3) 1.5

(4) $\frac{AC}{BD}$ 1.5

(5) 偏小 不变

【解析】(1) 由光路可逆性原理可知, 光线一定会从另一侧表面射出, 折射光线不会在玻璃砖的内表面发生全反射, 即使 P_1 、 P_2 的距离较大, 通过玻璃砖仍然可以看到 P_1 、 P_2 的像, A 项错误; 为减小测量误差, 入射角应适当大一些, 即 P_1 、 P_2 的连线与法线 NN' 的夹角应适当大一些, B 项错误; 为了减小作图误差, 将出射光线确定得更准确些, P_3 、 P_4 的距离应适当大些, C 项正确; 由几何知识可知, 光线在上表面的折射角一定等于下表面的入射角, 由光路可逆性原理可知, 光线一定会从下表面射出, 不可能在 bb' 面发生全反射, D 项错误。

(2) 玻璃砖的厚度越大, 光线通过玻璃砖的侧移量越大, 测量误差越小, 故为了减小误差, 应选用宽度大的玻璃砖来测量。

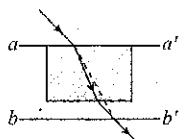
(3) 由折射定律有 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$, 可得玻璃砖的折射率为 1.5。

(4) 设圆的半径为 r , 入射角为 α , 折射角为 β , 则有 $\sin \alpha = \frac{AC}{r}$, $\sin \beta = \frac{BD}{r}$, 玻璃砖的折射率 $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{AC}{BD}$, 测得所需数据分别为 1.68 cm 和 1.12 cm, 则玻

璃砖的折射率数值 $n = \frac{AC}{BD} = \frac{1.68}{1.12} = 1.5$ 。

(5) 小红测定折射率时, 作出的折射光线如图中虚线所示, 实线表示实际光线, 可见测量的折射角偏大, 则由折射定律可知, 小红测得的折射率与真实值相比偏

小。小明测定折射率时,测量结果与玻璃砖的形状无关,故小明测得的折射率与真实值相同。



2. (1) 1.844 (1.843~1.845) 42.40

$$(2) \frac{\pi U D^2}{4 I L}$$

(3) 1 1.8

【解析】(1)由图甲可知,螺旋测微器的固定刻度示数为 1.5 mm,旋转刻度示数为 $34.4 \times 0.01 \text{ mm} = 0.344 \text{ mm}$,故圆柱体的直径为 $1.5 \text{ mm} + 0.344 \text{ mm} = 1.844 \text{ mm}$ 。由图乙可知,游标卡尺的主尺示数为 42 mm,游标尺示数为 $8 \times 0.05 \text{ mm} = 0.40 \text{ mm}$,故圆柱体的长度为 $42 \text{ mm} + 0.40 \text{ mm} = 42.40 \text{ mm}$ 。

(2)根据电阻定律,有 $R = \rho \frac{L}{S}$,且 $R = \frac{U}{I}$, $S = \pi(\frac{D}{2})^2$,联立解得 $\rho = \frac{\pi U D^2}{4 I L}$ 。

(3)根据 $I_g + \frac{I_g R_g}{R_1 + R_2} = 0.6 \text{ A}$,解得 $R_1 = 1 \Omega$ 。若 S_2 接 P,使用 M 和 P 两个接线柱,则电流表的量程 $I = I_g + \frac{I_g(R_g + R_2)}{R_1} = 1.8 \text{ A}$ 。

分组练(11)

1. (3)左

(4)0.54

(5)400 小

【解析】(3)升高温度室的温度,热敏电阻阻值减小,要想仍保持毫安表的示数不变,需要减小电压,将滑动变阻器的滑片向左移动。

(4)室温为 20°C ,由 $R_T - t$ 图像可知热敏电阻的阻值为 $2.8 \text{ k}\Omega$,则毫安表的示数为 $I = \frac{E}{R_T} = \frac{1.5}{2.8 \times 10^3} \text{ A} \approx 0.54 \text{ mA}$ 。

(5)根据串联电压与电阻成正比,可得 $\frac{R_T}{R} = \frac{U_1}{U_2}$,环境温度 60°C 时, $R_T = 600 \Omega$,解得电阻箱的阻值 $R' = \frac{U_2}{U_1} R_T = \frac{2}{3} \times 600 \Omega = 400 \Omega$,温度升高时,该热敏电阻阻值减小,根据串联电压与电阻成正比,若要调高报警温度,电阻箱 R' 的阻值需要调小。

2. (1)B

(2)C

$$(3) \frac{(x_2 - x_1)d}{6L} 13.370$$

【解析】(1)因为该实验是双缝干涉实验, a 是单缝, b 是双缝,单缝是竖直放置,则双缝也需要竖直放置,观察到的是竖直方向的干涉条纹, B 项正确, A、C 项错误。

(2)因为白光是各种色光混合而成的,当它们发生双缝干涉时,其干涉图样为明暗部分间距不同,不能重新混合成白光,所以若取下红色滤光片,白光干涉条纹是彩色的, C 项正确, A、B 项错误。

(3)从图乙可以看出,相邻两条亮条纹间的距离 $\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{6}$,干涉条纹间距与单色光波长的关系为 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$,解得 $\lambda = \frac{(x_2 - x_1)d}{6L}$;螺旋测微器固定刻度为 13 mm,半刻度为 0.5 mm,可动刻度为 0.370 mm,所以其读数为 $13 \text{ mm} + 0.5 \text{ mm} + 0.370 \text{ mm} = 13.870 \text{ mm}$ 。

分组练(12)

$$1. (1) \frac{x_1 + x_2}{2} f \quad \frac{x_3 + x_4}{2} f \quad \frac{v_E^2 - v_B^2}{2x}$$

$$(2) m(g-a) \quad \frac{m(g-a) - Ma}{Mg}$$

【解析】(1)根据匀变速直线运动中中间时刻的瞬时速度等于全程平均速度可得 $v_B = \frac{x_1 + x_2}{2T} = \frac{x_1 + x_2}{2} f$,

$$v_E = \frac{x_3 + x_4}{2T} = \frac{x_3 + x_4}{2} f, \text{根据速度位移关系有 } v_E^2 - v_B^2 = 2ax, \text{解得 } a = \frac{v_E^2 - v_B^2}{2x}.$$

(2)根据牛顿第二定律对重物有 $mg - F = ma$,木块所受拉力大小 $F = m(g-a)$,对木块有 $F - \mu Mg = Ma$,解得 $\mu = \frac{m(g-a) - Ma}{Mg}$ 。

2. (1) 2.50 86.3 (或 86.30)

(2) 2.94 1.47

【解析】(1)由题图乙可知电压表的分度值是 0.1 V,读数要估读到分度值的下一位,则电压表的读数为 2.50 V;由题图丙知电阻箱的读数为 $0 \times 100 \Omega + 8 \times 10 \Omega + 6 \times 1 \Omega + 3 \times 0.1 \Omega = 86.3 \Omega$ 。

(2)由闭合电路欧姆定律有 $E = U + \frac{U}{R}(R_0 + r)$,可得 $\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{R_0 + r}{E} \cdot \frac{1}{R}$,由题图丁可知,图像纵轴截距的倒数等于该电源的电动势的值,则 $E \approx 2.94 \text{ V}$;由图线的斜率可求得 $r \approx 1.47 \Omega$ 。

分组建(13)

1. (1)② 手握住注射器的空气柱部分会改变气体的温度

(2)C

【解析】(1)探究气体等温变化的规律,需要保持不变的是气体的质量和温度,手握住注射器的空气柱部分,会改变气体的温度,所以操作错误的步骤是②。

(2)由理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$, 得 $p = CT \frac{1}{V}$, 对于一定质量的气体,温度 T 升高, $p - \frac{1}{V}$ 图像的斜率变大, C 项正确。

2. (1)9.2

(2)① $A_1 \quad R_1$

② 10.6 12.8

(3)A

【解析】(1)根据电压表的读数规则,读数为 $8 \text{ V} + 6 \times 0.2 \text{ V} = 9.2 \text{ V}$ 。

(2)①根据上述电动势的粗测值为 9.2 V , 为了改装电压表的精度与确保安全用电,需要将电流表改装成 10 V 的电压表,根据实验室提供的器材,可知需先将电流表 A_1 与定值电阻 R_1 串联后改装为电压表,该改装表的量程为 $I_{A_1}(R_{A_1} + R_1) = 10 \text{ V}$ 。

②根据闭合电路欧姆定律有 $E = I_1(R_{A_1} + R_1) + (I_1 + I_2)r$, 即 $I_1 = \frac{E}{R_{A_1} + R_1 + r} - \frac{r}{R_{A_1} + R_1 + r} I_2$, 结合图丙有 $\frac{E}{R_{A_1} + R_1 + r} = 5 \times 10^{-3} \text{ mA}$, $\frac{r}{R_{A_1} + R_1 + r} = \frac{(5-2) \times 10 \times 10^{-3}}{0.5}$, 解得 $E \approx 10.6 \text{ V}$, $r \approx 12.8 \Omega$ 。

(3) 设外电路总电阻为 $R_{\text{外}}$, 则 $R_{\text{外}} = \frac{(R_{A_1} + R_1)(R_{A_2} + R)}{R_{A_1} + R_{A_2} + R + R_1}$, 电源的输出功率 $P = I^2 R_{\text{外}} = \left(\frac{E}{r + R_{\text{外}}}\right)^2 R_{\text{外}} = \frac{E^2}{\frac{r^2}{R_{\text{外}}} + 2r} \leq \frac{E^2}{4r}$, 可知当 $R_{\text{外}} = r$

时,电源的输出功率 P 最大,则根据电路的动态分析,随滑动变阻器接入电路的阻值 R 的减小, $R_{\text{外}}$ 减小且可以小于电源内阻 r , 故随着滑动变阻器接入电路的阻值 R 的增大,电源的输出功率 P 先增大后减小, A 项正确。

分组建(14)

1. (1)BC

(2)AD

(3)2.0 2.5 (-10 cm, -1.25 cm)

【解析】(1)改变高度 H 时,两小球同时落地,说明两小球在空中运动的时间相等,即可知两小球在竖直方向的运动是相同的,而 a 有水平方向的分速度,故两小球落地时的速度大小不同,该装置无法判定 a 在水平方向的分运动是否为匀速直线运动, B、C 项正确。

(2)为了保证小球做平抛运动,斜槽的末端必须调节成水平, A 项正确;每次释放小球的位置必须相同,以保证小球到达斜槽末端的速度相同, B 项错误;只要求小球做平抛运动,故记录小球位置时,不必严格地等距离下降, C 项错误;小球运动时不应与木板上的白纸相接触,以避免摩擦力对运动的影响, D 项正确。

(3)平抛运动的水平速度大小不变,根据平抛运动的规律,设相邻点间的时间间隔为 T , 在竖直方向上有 $\Delta h = gT^2 = h_{BC} - h_{AB}$, 解得 $T = 0.1 \text{ s}$, 故小球做平抛运动的初速度 $v_0 = \frac{20 \times 10^{-2}}{0.1} \text{ m/s} = 2.0 \text{ m/s}$, 在 B

点, 竖直方向的速度 $v_{yB} = \frac{h_{AC}}{2T} = \frac{30 \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 1.5 \text{ m/s}$, 可得 B 点的速度 $v_B = \sqrt{v_{yB}^2 + v_0^2} = 2.5 \text{ m/s}$, 设小球从抛出点运动到 B 点的时间为 t , 可得 $t = \frac{v_{yB}}{g} = 0.15 \text{ s}$, 小球从抛出点运动到 B 点, 水平方向的位移 $x = v_0 t = 0.30 \text{ m} = 30 \text{ cm}$, 竖直方向的位移 $y = \frac{1}{2} g t^2 = 0.1125 \text{ m} = 11.25 \text{ cm}$, 故小球抛出点的横坐标 $x_0 = (20 - 30) \text{ cm} = -10 \text{ cm}$, 纵坐标 $y_0 = (10 - 11.25) \text{ cm} = -1.25 \text{ cm}$, 即抛出点的坐标为 $(-10 \text{ cm}, -1.25 \text{ cm})$ 。

2. (1)D

(2)D

(3)C

(4)少

(5)B

(6) $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$

【解析】(1)根据变压器两端的电压与匝数之间的关系, 有 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$, 可得 $U_2 = \frac{n_2 U_1}{n_1}$, 如果减少了原线圈的匝数或增加了副线圈的匝数, 则 U_2 应该增大, 与图像不符合, A、B 项错误; 降低了交流电源的频率, 不会影响 U_2 的大小, C 项错误; 拔掉了变压器的铁芯 Q , 会导致漏磁, 使得副线圈两端的电压 U_2 减小, D 项正确。

(2)为了减小涡流现象带来的损耗, 变压器的铁芯选用绝缘的硅钢片叠成, D 项正确。

(3)根据理想变压器中原、副线圈两端的电压与匝数之间的关系可知 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, 根据题意可知, 原、副线圈的匝数之比为 2:1, 解得原线圈的输入电压 $U_1 = 6 \text{ V}$, 但由于考虑到实际实验中不是理想变压器, 因而会有漏磁现象等原因, 导致原线圈中的电压应大于 6 V, 可能为 7 V, C 项正确。

(4)根据通过原、副线圈的电流与匝数之间的关系, 有 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$, 可知匝数少的线圈电流大, 导线较粗, 故导线粗的线圈匝数较少。

(5)电源应选用交流电源, 变压器才能根据电磁感应原理正常工作, A 项错误; 为保证多用电表的安全, 使用交流电压挡测电压时, 先用最大量程挡试测, 大致确定被测电压后再选用适当的挡位进行测量, B 项正确; 实验结束后应先拆除多用电表, 再断开开关, 防止因为断开开关时线圈的自感现象产生大的自感电动势烧坏电表, C 项错误; 根据安全用电原则, 通电时不能用手直接接触裸露的导线、接线柱, D 项错误。

(6)右侧实线框内的电路的电阻可以等效为与 R_0 串

$$\text{联, } R_{\text{等效}} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{\frac{n_1}{n_2} U_2}{\frac{n_2}{n_1} I_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R, \text{ 根据表达式可知}$$

$$R_{\text{等效}} \text{ 的功率最大时, } R \text{ 获得的功率最大, 根据 } P_{\text{等效}} = I_1^2 R_{\text{等效}} = \frac{U_0^2 R_{\text{等效}}}{(R_0 + R_{\text{等效}})^2} = \frac{U_0^2}{\frac{R_0^2}{R_{\text{等效}}} + R_{\text{等效}} + 2R_0} \text{ 可知当}$$

$$R_{\text{等效}} = R_0 \text{ 时, } R_{\text{等效}} \text{ 的功率最大, 即 } \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R = R_0, \text{ 解得}$$

$$\frac{R}{R_0} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2.$$

分组练(15)

1. (1) B

(2) 2.40

(3) 1.0

【解析】(1) 本实验中可以通过力传感器获取小车所受拉力的大小, 所以不需要用天平测出砂和砂桶的总质量, 也不需要小车所受拉力近似等于砂和砂桶的总重力, 即不需要保证砂和砂桶的质量远小于小车的质量, A、D 项错误; 小车靠近打点计时器, 先接通电源, 再释放小车, 打出一条纸带, 同时记录力传感器的示数, B 项正确; 电磁打点计时器由于振针的作用, 纸带和复写纸之间阻力相对较大, 实验误差比较大, 而电火花打点计时器使用的是火花放电, 纸带运动时受到的阻力比较小, 实验误差也比较小, C 项错误。

$$(2) \text{ 根据逐差法可得小车运动的加速度大小为 } a = \frac{x_{BD} - x_{CB}}{4T^2} = \frac{(28.81 - 9.61 - 9.61) \times 10^{-2}}{4 \times 0.1^2} \text{ m/s}^2 \approx 2.40 \text{ m/s}^2.$$

(3) 根据牛顿第二定律有 $2F - F_f = ma$, 将题图丙中横截距的数据代入可得 $F_f = 1.0 \text{ N}$ 。

2. (1) D E

$$(2) \text{ 变阻器 2 的阻值 } R_0 = \frac{(I_1 - I_2) R_0}{I_2}$$

$$(3) 50.0 \quad 2\,962.5$$

【解析】(1) 在该实验中, 闭合开关 S, 当微安表 G_1 偏转到满刻度时, 电路中的总电阻约为 $R_{\text{总}} = \frac{E}{I_{\text{g1}}} =$

$\frac{9}{300 \times 10^{-6}} \Omega = 30 \text{ k}\Omega$, 为了确保微安表的安全, 则变阻器 1 应该选择阻值较大的滑动变阻器, 即应选择 D; 该实验的实验原理是采用安安法测电阻, 即通过两个电流表测量出通过变阻器 2 的电流, 然后利用变阻器 2 求出并联部分的电压, 从而求出微安表 G 的内阻, 由此可知变阻器 2 的阻值必须能够确定, 即变阻器 2 必须要用电阻箱, 故变阻器 2 应选择 E。

(2) 根据上述可知 $r_g = \frac{(I_1 - I_2) R_0}{I_2}$, 实验时, 除了微安表 G_1 的示数 I_1 和微安表 G 的示数 I_2 , 还需要记录的数据为变阻器 2 的阻值 R_0 , 则待改装微安表 G 的内阻 $r_g = \frac{(I_1 - I_2) R_0}{I_2}$ 。

(3) 由电流表的改装原理可知 $R_1 = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = 50.0 \Omega$, 改装后电流表的内阻 $R_A = 37.5 \Omega$; 由电压表的改装原理可知 $R_2 = \frac{U}{I} - R_A = 2\,962.5 \Omega$ 。

分组练(16)

1. (1) ① C

② 1:2

$$(2) \text{ ① } \frac{d}{L \Delta t_0}$$

② 4.90

$$\text{③ } \frac{kL^2}{d^2 l}$$

【解析】(1) ① 第一小组的同学采用了控制变量法进行实验研究。探究弹簧弹力与形变量的关系没有涉及多个变量的相互影响, 没有使用控制变量法, A 项错误; 探究两个互成角度的力的合成规律采用的是等效替代法, B 项错误; 探究加速度与力、质量的关系采用了控制变量法, C 项正确。

②两塔轮用皮带传动,所以塔轮边缘线速度大小相等,由 $v=\omega R$ 可得 $\frac{\omega_A}{\omega_C}=\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{R_2}{R_1}=\frac{1}{2}$,所以挡板 A、C 两处的角速度大小之比为 1:2。

(2)①根据 $v=\omega L$,又 $v=\frac{d}{\Delta t_0}$,解得 $\omega=\frac{d}{L\Delta t_0}$ 。

②由游标卡尺的读数规则可知读数为 $4\text{ mm}+18\times 0.05\text{ mm}=4.90\text{ mm}$ 。

③由题意可得 $F=m\omega^2 l=ml\left(\frac{d}{L\Delta t}\right)^2=ml\left(\frac{d}{L}\right)^2\left(\frac{1}{\Delta t}\right)^2$,图线的斜率为 k ,则有 $ml\left(\frac{d}{L}\right)^2=k$,解得 $m=\frac{kL^2}{d^2 l}$ 。

2. (1)①左侧

④1 900

⑤ $\times 1\text{ k}$

(2)C 1.5 D 0

【解析】(1)①调节指针定位螺丝,进行机械调零,使多用电表指针指着左侧零刻度。

④指针所指刻线为 19,所选倍率为“ $\times 100$ ”,故该电阻的阻值为 $19\times 100\ \Omega=1\ 900\ \Omega$ 。

⑤欧姆表测量时指针偏转角度太小,说明选择的倍率挡太低,应换高倍率挡“ $\times 1\text{ k}$ ”。

(2)用黑表笔接触电路中的 C 点,如果多用电表示数接近 1.5 V ,说明电源和滑动变阻器完好;再用黑表笔接触电路中的 D 点,发现多用电表示数为 0,说明灯泡 L_1 断路。



反馈意见有奖

第四部分 高考大题分组建

分组建(1) 牛顿运动定律 A 组

1.【解析】(1)设物块与木板间的静摩擦力大小为 f ,绳上的拉力为 T ,物块的加速度大小为 a_1 ,木板的加速度大小为 a_2 ,根据牛顿第二定律

对重物有 $T-Mg=Ma_1$

对物块有 $m_2 g \sin \theta + f - T = m_2 a_1$

对木板有 $m_1 g \sin \theta - f = m_1 a_2$

物块和木板之间不发生相对滑动,有 $a_1 = a_2$

解得 $f = \frac{Mm_1 g(1 + \sin \theta)}{M + m_1 + m_2}$

物块和木板之间不发生相对滑动的条件是 $f \leq f_{\max} =$

$\mu m_2 g \cos \theta$

解得 $\mu \geq 0.4$

(2)由题意得 $\mu_0 = \frac{5}{8} \times 0.4 = 0.25$

根据牛顿第二定律有

$m_2 g \sin \theta + \mu_0 m_2 g \cos \theta - Mg = (M + m_2) a_1'$

$m_1 g \sin \theta - \mu_0 m_2 g \cos \theta = m_1 a_2'$

物块与木板间的相对加速度 $a = a_2' - a_1'$

又 $L = \frac{1}{2} a t^2$

解得 $t = 1\text{ s}$

2.【解析】(1)对木板,根据牛顿第二定律有 $F - \mu mg = Ma$

解得 $a = 3\text{ m/s}^2$

(2)对小物块,根据牛顿第二定律有 $\mu mg = ma_{\text{物}}$

解得 $a_{\text{物}} = 1\text{ m/s}^2$

设小物块从木板上滑出所用时间为 t_0 ,有 $L - d =$

$\frac{1}{2} a t_0^2 - \frac{1}{2} a_{\text{物}} t_0^2$

木板的位移 $x_{\text{板}} = \frac{1}{2} a t_0^2 = 2.4\text{ m}$

(3)设拉力 F 作用的最短时间为 t ,则撤去拉力 F 后的

相对位移 $\Delta x_1 = \frac{1}{2} a t^2 - \frac{1}{2} a_{\text{物}} t^2$

设撤去拉力 F 后,再经过时间 t' 小物块和木板达到共同速度 $v_{\text{共}}$,且小物块和木板恰好将要分离,该阶段木板加速度大小为 a'

对木板,根据牛顿第二定律有 $\mu mg = Ma'$

解得 $a' = \frac{1}{3}\text{ m/s}^2$

由速度关系得 $a_{\text{物}} t + a_{\text{物}} t' = at - a' t'$

撤去拉力 F 后的相对位移

$\Delta x_2 = att' - \frac{1}{2} a' t'^2 - (a_{\text{物}} t t' + \frac{1}{2} a_{\text{物}} t'^2)$

由位移关系得 $\Delta x_1 + \Delta x_2 = L - d$

解得 $t = 0.8\text{ s}$

3.【解析】(1)假设冰壶速度减到 0 后冰壶可以反向退

回,则冰壶的加速度大小 $a = \frac{3.2\text{ m/s} - 0.08\text{ m/s}}{14.5\text{ s} - 2\text{ s}} =$

$\frac{156}{625}\text{ m/s}^2$

若冰壶以加速度 $a = \frac{156}{625}\text{ m/s}^2$ 减速,则冰壶在最后

1 s 通过的位移 $s = \frac{1}{2} a t_0^2 = \frac{78}{625}\text{ m} > x_{15}$

所以冰壶在第 15 s 内的某瞬间已经停止运动,令 $\Delta t = 1\text{ s}$,设冰壶运动 x_{15} 所用的时间为 t ,则有 x_{15}

意见反馈表

亲爱的老师：

感谢您使用我公司的产品，预祝您的学生在高考中取得优异成绩！

为了今后能给您提供更优秀的试卷及图书，请您在百忙之中填写这份意见反馈表，并邮寄给我们（或发电子邮件到我们的QQ邮箱、打电话咨询）。对于您提出的意见和建议我们会认真研究，改进以后的工作，不断提高产品质量。您的意见被采纳后，我们将寄给您一份精美礼品。

试卷名称：_____	
个人信息	姓 名：_____ 学校：_____
	任教年级：_____ 电话：_____
	Email：_____ QQ：_____
您的宝贵意见（不 尽事宜可附页）	您对本试卷的总体评价：_____（一般、中等、良好、优秀） 本试卷有无不足和低级错误？如有，请指正：
	本试卷最令您满意的地方：
	您对本试卷的建议：
	您认为在学习中还缺少何种类型的试卷，希望我公司出版？
	您认为本试卷可以做哪些改进？
	您希望试卷可以增加哪些类型的试题？

再次感谢您填写此反馈表，您的意见将对我们非常有益。

公司地址：河北省衡水市桃城区大庆东路27号（中关村e谷小镇）8号楼

河北金卷教育科技有限公司教研办公室

邮 编：053000

Email: 1418561220@qq.com

联系电话：400-104-8008

邀请函

为适应新高考课改的要求，我公司加强与全国各地一线优秀教师的联系，推动《衡水金卷·先享题》系列中学教辅产品精品化、知名化，形成品牌。为贴近各地高考，现在全国范围内诚聘组稿、审稿教师，稿酬优厚，欢迎您的参与。现将部分事项告知如下：

一、参与对象与条件

- 1.全国各地高中一线教师，有高三毕业班教学经验，作风严谨，责任心强。
- 2.全国各省、市教科所高中教研员。

二、工作内容

- 1.参与《衡水金卷·先享题》系列中学教辅产品的策划、编写、审定或修改等。
- 2.提供“原创题”或“改编题”，均要含答案及解析，可以是一套完整试卷，也可以是单个题，试题要注明适用的省份、教材版本等。
- 3.第一时间向我公司提供各省高考信息、各地大型统考试题等。
- 4.合作出版您所期望学校使用的辅导资料和考卷。

三、其他说明

- 1.请填写下表并以电子邮件形式发到我们的QQ邮箱或打电话咨询，以便进一步商谈合作事宜。
- 2.各项工作待遇详情欢迎来电咨询，请您向您的同事和朋友介绍我公司的产品和业务。

姓 名		性 别		年 龄	
职 称		电 话		QQ	
毕业学校					
通信地址				邮 编	
论文发表 情况（只 写发表在 省、国家 级正规刊 物上的， 评奖论文 不要写）					
图书、试卷 编写经验					
合作意向					

四、联系方式

公司地址：河北省衡水市桃城区大庆东路27号中关村e谷小镇8号楼

联系电话：400-104-8008 Email: 1418561220@qq.com

②两塔轮用皮带传动,所以塔轮边缘线速度大小相等,由 $v=\omega R$ 可得 $\frac{\omega_A}{\omega_C}=\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{R_2}{R_1}=\frac{1}{2}$,所以挡板 A、C 两处的角速度大小之比为 1:2。

(2)①根据 $v=\omega L$,又 $v=\frac{d}{\Delta t_0}$,解得 $\omega=\frac{d}{L\Delta t_0}$ 。

②由游标卡尺的读数规则可知读数为 $4\text{ mm}+18\times 0.05\text{ mm}=4.90\text{ mm}$ 。

③由题意可得 $F=m\omega^2 l=ml\left(\frac{d}{L\Delta t}\right)^2=ml\left(\frac{d}{L}\right)^2\left(\frac{1}{\Delta t}\right)^2$,图线的斜率为 k ,则有 $ml\left(\frac{d}{L}\right)^2=k$,解得 $m=\frac{kL^2}{d^2 l}$ 。

2. (1)①左侧

④1 900

⑤ $\times 1\text{ k}$

(2)C 1.5 D 0

【解析】(1)①调节指针定位螺丝,进行机械调零,使多用电表指针指着左侧零刻度。

④指针所指刻线为 19,所选倍率为“ $\times 100$ ”,故该电阻的阻值为 $19\times 100\ \Omega=1\ 900\ \Omega$ 。

⑤欧姆表测量时指针偏转角度太小,说明选择的倍率挡太低,应换高倍率挡“ $\times 1\text{ k}$ ”。

(2)用黑表笔接触电路中的 C 点,如果多用电表示数接近 1.5 V ,说明电源和滑动变阻器完好;再用黑表笔接触电路中的 D 点,发现多用电表示数为 0,说明灯泡 L_1 断路。



反馈意见有奖

第四部分 高考大题分组建

分组建(1) 牛顿运动定律 A 组

1.【解析】(1)设物块与木板间的静摩擦力大小为 f ,绳上的拉力为 T ,物块的加速度大小为 a_1 ,木板的加速度大小为 a_2 ,根据牛顿第二定律

$$\text{对重物有 } T-Mg=Ma_1$$

$$\text{对物块有 } m_2 g \sin \theta + f - T = m_2 a_1$$

$$\text{对木板有 } m_1 g \sin \theta - f = m_1 a_2$$

物块和木板之间不发生相对滑动,有 $a_1=a_2$

$$\text{解得 } f=\frac{Mm_1 g(1+\sin \theta)}{M+m_1+m_2}$$

物块和木板之间不发生相对滑动的条件是 $f \leq f_{\max}$ =

$$\mu m_2 g \cos \theta$$

$$\text{解得 } \mu \geq 0.4$$

$$(2) \text{由题意得 } \mu_0 = \frac{5}{8} \times 0.4 = 0.25$$

根据牛顿第二定律有

$$m_2 g \sin \theta + \mu_0 m_2 g \cos \theta - Mg = (M+m_2) a_1'$$

$$m_1 g \sin \theta - \mu_0 m_2 g \cos \theta = m_1 a_2'$$

$$\text{物块与木板间的相对加速度 } a = a_2' - a_1'$$

$$\text{又 } L = \frac{1}{2} a t^2$$

$$\text{解得 } t = 1\text{ s}$$

2.【解析】(1)对木板,根据牛顿第二定律有 $F - \mu mg = Ma$

$$\text{解得 } a = 3\text{ m/s}^2$$

(2)对小物块,根据牛顿第二定律有 $\mu mg = ma_{\text{物}}$

$$\text{解得 } a_{\text{物}} = 1\text{ m/s}^2$$

设小物块从木板上滑出所用时间为 t_0 ,有 $L-d=$

$$\frac{1}{2} a t_0^2 - \frac{1}{2} a_{\text{物}} t_0^2$$

$$\text{木板的位移 } x_{\text{板}} = \frac{1}{2} a t_0^2 = 2.4\text{ m}$$

(3)设拉力 F 作用的最短时间为 t ,则撤去拉力 F 后的

$$\text{相对位移 } \Delta x_1 = \frac{1}{2} a t^2 - \frac{1}{2} a_{\text{物}} t^2$$

设撤去拉力 F 后,再经过时间 t' 小物块和木板达到共同速度 $v_{\text{共}}$,且小物块和木板恰好将要分离,该阶段木板加速度大小为 a'

$$\text{对木板,根据牛顿第二定律有 } \mu mg = Ma'$$

$$\text{解得 } a' = \frac{1}{3}\text{ m/s}^2$$

$$\text{由速度关系得 } a_{\text{物}} t + a_{\text{物}} t' = at - a' t'$$

撤去拉力 F 后的相对位移

$$\Delta x_2 = att' - \frac{1}{2} a' t'^2 - (a_{\text{物}} t t' + \frac{1}{2} a_{\text{物}} t'^2)$$

$$\text{由位移关系得 } \Delta x_1 + \Delta x_2 = L - d$$

$$\text{解得 } t = 0.8\text{ s}$$

3.【解析】(1)假设冰壶速度减到 0 后冰壶可以反向退

$$\text{回,则冰壶的加速度大小 } a = \frac{3.2\text{ m/s} - 0.08\text{ m/s}}{14.5\text{ s} - 2\text{ s}} =$$

$$\frac{156}{625}\text{ m/s}^2$$

若冰壶以加速度 $a = \frac{156}{625}\text{ m/s}^2$ 减速,则冰壶在最后

$$1\text{ s 通过的位移 } s = \frac{1}{2} a t_0^2 = \frac{78}{625}\text{ m} > x_{15}$$

所以冰壶在第 15 s 内的某瞬间已经停止运动,令 $\Delta t = 1\text{ s}$,设冰壶运动 x_{15} 所用的时间为 t ,则有 x_{15}

$$= \frac{1}{2} a' t^2$$

$$v_2 = a' (12\Delta t + t), a' = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$$

$$\text{解得 } \mu = 0.025$$

$$(2) \text{ 根据运动学公式有 } L_0 = \frac{1}{2} a' (14\Delta t + t)^2$$

$$\text{解得 } L_0 = 27.38 \text{ m}$$

$$4. \text{【解析】} (1) \text{ 对 } B, \text{ 根据牛顿第二定律有 } \mu m_2 g = m_2 a_B$$

$$\text{解得 } a_B = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{对 } A \text{ 和木板, 根据牛顿第二定律有 } \mu m_2 g = (M + m_1) a$$

$$\text{解得 } a = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2$$

$$(2) \text{ 设从 } B \text{ 滑上木板到三者共速所经历的时间为 } t_1, \text{ 共同速度为 } v_{\text{共}}, \text{ 则 } v_0 - a_B t_1 = v_{\text{共}}$$

$$v_{\text{共}} = a t_1$$

$$\text{解得 } t_1 = 1.5 \text{ s}, v_{\text{共}} = 1 \text{ m/s}$$

$$\text{该过程中 } A \text{ 与木板一起运动的距离 } x_1 = \frac{1}{2} a t_1^2$$

$$\text{解得 } x_1 = 0.75 \text{ m} < x$$

所以接下来三者一起运动,直至与挡板 P 发生碰撞,设该过程经历的时间为 t_2 ,则

$$x - x_1 = v_{\text{共}} t_2$$

$$A \text{ 开始运动到与挡板 } P \text{ 发生碰撞经历的时间 } t = t_1 + t_2$$

$$\text{解得 } t = 3.75 \text{ s}$$

$$(3) \text{ 设 } A \text{ 与木板一起运动的加速度为 } a_A, \text{ 根据牛顿第二定律,有 } \mu m_2 g = m_1 a_A$$

由题意可知,如果 A 与挡板 P 碰撞前,三者速度已相等,则 A 与挡板 P 碰撞后三者最终会一起向右运动,不会发生第二次碰撞。因此 A 在与挡板 P 碰撞前一直做匀加速直线运动,碰后做加速度相等的减速运动。设 A 每次与挡板 P 碰撞的速度大小为 v , A 经过时间 t_3 与挡板 P 碰撞,碰后经过时间 t_4 速度减为零,则 $v = a_A t_3, 0 = v - a_A t_4$

$$\text{解得 } t_3 = t_4$$

B 一直向左做匀减速运动,在运动的全过程中根据牛顿第二定律,有

$$\mu m_2 g = m_2 a_B$$

$$0 = v_0 - a_B \cdot 4t_3$$

$$\text{解得 } t_3 = 0.5 \text{ s}$$

$$\text{则 } s = 4 \times \frac{1}{2} a_A t_3^2$$

$$\text{解得 } s = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{根据系统能量守恒,有 } \mu m_2 g L = \frac{1}{2} m_2 v_0^2$$

$$\text{解得 } L = 4 \text{ m}$$

分组练(2) 牛顿运动定律 B 组

1.【解析】(1) 设小滑块从 A 点到 B 点的加速度大小为 a_1 , 用时为 t_1 , 根据牛顿第二定律有

$$mg \sin 37^\circ - \mu_1 mg \cos 37^\circ = m a_1$$

$$\text{解得 } a_1 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{由运动学公式有 } s = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

$$\text{解得 } t_1 = 2 \text{ s}$$

根据运动学公式,小滑块滑上传送带时的速度大小

$$v_C = v_B = a_1 t_1 = 4 \text{ m/s} < v_0 = 6 \text{ m/s}$$

由于小滑块滑上传送带时的速度小于传送带速度,所以小滑块在传送带上先做加速运动,设加速度大小为 a_2 , 根据牛顿第二定律有 $\mu_2 mg = m a_2$

$$\text{解得 } a_2 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{根据运动学公式 } v_0 - v_C = a_2 t_2$$

$$\text{解得小滑块在传送带上加速运动的时间 } t_2 = 1 \text{ s}$$

$$\text{加速运动的位移 } x_1 = \frac{v_0 + v_C}{2} t_2 = 5 \text{ m} < L = 11 \text{ m}$$

小滑块速度达到传送带速度后与传送带一起做匀速运动,匀速运动的时间

$$t_3 = \frac{L - x_1}{v_0} = 1 \text{ s}$$

$$\text{解得从 } A \text{ 点运动到 } D \text{ 点的时间 } t = t_1 + t_2 + t_3 = 4 \text{ s}$$

$$(2) \text{ 小滑块在传送带上加速运动过程中传送带的位移 } x_2 = v_0 t_2 = 6 \text{ m}$$

在传送带上留下划痕的长度

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 1 \text{ m}$$

$$2. \text{【解析】} (1) \text{ 由题可知 } a = \frac{v_0}{t} = 6 \text{ m/s}^2$$

$$\text{根据牛顿第二定律有 } mg \sin \alpha = m a$$

$$\text{解得 } \sin \alpha = 0.6, \text{ 则 } \alpha = 37^\circ$$

(2) 设上滑过程中的加速度大小为 a_1 , 下滑过程中的

$$\text{加速度大小为 } a_2, \text{ 由题意可知 } a_1 = \frac{v_0}{t} = 6 \text{ m/s}^2$$

$$\text{根据牛顿第二定律有 } mg \sin 30^\circ + \mu mg \cos 30^\circ = m a_1$$

$$\text{解得 } \mu = \frac{1}{5\sqrt{3}}$$

$$\text{上滑过程中有 } s_1 = \frac{v_0^2}{2a_1} = 12 \text{ m}$$

$$\text{下滑过程中有 } mg \sin 30^\circ - \mu mg \cos 30^\circ = m a_2$$

$$\text{由运动学公式有 } v_t^2 = 2a_2 s_1$$

$$\text{解得 } v_t = 4\sqrt{6} \text{ m/s}$$

(3)由题意可知 $\frac{t_m}{v_0} = k = \frac{1}{a}$, 可知 $a = \frac{1}{k}$

由于小物块在斜面上上滑过程中 $a = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$

$$\text{解得 } \mu = \frac{1}{k g \cos \alpha} - \tan \alpha$$

讨论:(a)当 $\mu \geq \tan \alpha$, 即 $k \leq \frac{1}{2 g \sin \alpha}$, 小物块上滑到最高点后不会下滑, 则 $t = v_0 k$

(b)当 $\mu < \tan \alpha$, 即 $k > \frac{1}{2 g \sin \alpha}$, 小物块到最高点后会上滑, 则 $t_1 = v_0 k$

$$\text{上滑的位移 } s = \frac{1}{2} v_0 t_1 = \frac{1}{2} k v_0^2$$

$$\text{下滑时 } a_1' = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$\text{与 } a = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha \text{ 联立得 } a_1' = 2 g \sin \alpha - a = 2 g \sin \alpha - \frac{1}{k}$$

$$\text{解得 } t_2 = \sqrt{\frac{2s}{a_1'}} = k v_0 \sqrt{\frac{1}{2 k g \sin \alpha - 1}}$$

$$t_{\text{总}} = t_1 + t_2 = k v_0 (1 + \sqrt{\frac{1}{20 k \sin \alpha - 1}})$$

3.【解析】(1)A 从地面到 C 左端的过程中受重力和电场力作用做抛体运动, 设 A 刚到 C 左端的速度为 v_1 竖直方向有 $0 = v_0 - g t_1$, 解得 $t_1 = 1.5 \text{ s}$

$$\text{水平方向有 } v_1 = a_0 t_1$$

$$\text{根据牛顿第二定律有 } qE = m_A a_0$$

$$\text{解得 } a_0 = 2 \text{ m/s}^2, v_1 = 3 \text{ m/s}$$

(2)A 滑上 C 后, 对 A 由牛顿第二定律有 $\mu m_A g - qE = m_A a_1$

$$\text{解得 } a_1 = 2 \text{ m/s}^2, \text{方向水平向左}$$

假设 B、C 不发生相对滑动, 对 B、C 整体由牛顿第二定律有

$$\mu m_A g = (m_B + M) a_2$$

$$\text{解得 } a_2 = \frac{4}{3} \text{ m/s}^2, \text{方向水平向右}$$

因 $a_2 < \mu g$, 故假设成立, B、C 一起向右加速滑行; 假设 B、C 一直以此加速度向右滑行 x_2 碰撞到挡板, 设 C 与挡板碰撞前瞬间的速度为 v_2 , 时间为 t_2

$$\text{由运动学公式有 } v_2^2 = 2 a_2 x_2$$

$$\text{解得 } v_2 = 0.8 \text{ m/s}$$

$$\text{则 } t_2 = \frac{v_2}{a_2} = 0.6 \text{ s}$$

A 滑上 C 后, 经时间 t_2 速度减为 $v_3 = v_1 - a_1 t_2 = 1.8 \text{ m/s}$

因 $v_3 > v_2$, 故假设成立, C 与挡板第一次碰撞前瞬间的速度大小 $v_2 = 0.8 \text{ m/s}$

(3)C 与挡板碰撞后, C 向左减速, B 向右减速

对 B 根据牛顿第二定律有 $\mu m_B g = m_B a_3$

$$\text{解得 } a_3 = 4 \text{ m/s}^2, \text{方向水平向左}$$

对 C 根据牛顿第二定律有 $\mu (m_A + m_B) g = M a_4$

$$\text{解得 } a_4 = 4 \text{ m/s}^2, \text{方向水平向右}$$

因 B、C 此过程的初速度大小和加速度大小均相等, 故经时间 t_3 速度同时减小到零

$$\text{解得 } t_3 = \frac{v_2}{a_3} = 0.2 \text{ s}$$

对 A, 电场反向后有 $\mu m_A g + qE = m_A a_5$

$$\text{解得 } a_5 = 6 \text{ m/s}^2, \text{方向水平向左}$$

$$\text{经时间 } t_3, \text{A 的速度减为 } v_4 = v_3 - a_5 t_3 = 0.6 \text{ m/s}$$

$$\text{在 } t_2 \text{ 时间内, A 对桌面左端的位移 } x_{A1} = \frac{1}{2} (v_1 + v_3) t_2 = 1.44 \text{ m}$$

$$\text{在 } t_3 \text{ 时间内, A 对桌面左端的位移 } x_{A2} = \frac{1}{2} (v_3 + v_4) t_3 = 0.24 \text{ m}$$

$$\text{在 } t_2 + t_3 \text{ 时间内, B 对桌面左端的位移 } x_B = \frac{1}{2} v_2 (t_2 + t_3) = 0.32 \text{ m}$$

$$\text{因 } x_{A1} + x_{A2} = x_B + x_1$$

故在 B 速度减为零时, A、B 能碰撞; 此时 A 具有向右的速度 $v_4 = 0.6 \text{ m/s}$

4.【解析】(1)设小物块和木板开始运动时, 小物块做匀加速直线运动, 加速度为 a_m , 木板做匀减速直线运动, 加速度为 a_M ; 规定沿斜面向下为正方向, 对小物块, 根据牛顿第二定律有 $m g \sin \theta + \mu_1 m g \cos \theta = m a_m$

$$\text{解得 } a_m = 10 \text{ m/s}^2$$

对木板, 根据牛顿第二定律有 $M g \sin \theta - \mu_1 (m + M) g \cos \theta - \mu_1 m g \cos \theta = M a_M$

$$\text{解得 } a_M = -5 \text{ m/s}^2$$

(2)设从开始运动到两者碰撞的时间为 t_1 , 两者碰撞前瞬间速度分别为 v_m 、 v_M , 位移分别为 x_{m1} 、 x_{M1} . 由运动学知识可知, 对小物块有 $x_{m1} = \frac{1}{2} a_m t_1^2$, $v_m = a_m t_1$

$$\text{对木板有 } x_{M1} = v_1 t_1 + \frac{1}{2} a_M t_1^2, v_M = v_1 + a_M t_1$$

$$\text{又 } x_{M1} - x_{m1} = l_1$$

$$\text{联立解得 } t_1 = 0.6 \text{ s}, x_{m1} = 1.8 \text{ m}, v_m = 6 \text{ m/s}, x_{M1} = 6.3 \text{ m}, v_M = 9 \text{ m/s}$$

设小物块与挡板碰撞后瞬间速度分别为 v_{m1} 、 v_{M1} , 根据动量守恒定律和机械能守恒定律有

$$M v_M + m v_m = M v_{M1} + m v_{m1}$$

$$\frac{1}{2} M v_M^2 + \frac{1}{2} m v_m^2 = \frac{1}{2} M v_{M1}^2 + \frac{1}{2} m v_{m1}^2$$

解得 $v_{m1}=10\text{ m/s}$, $v_{M1}=7\text{ m/s}$

设小物块与木板碰撞后直到同时到达斜面底端的位移分别为 x_{m2} 、 x_{M2} , 运动时间为 t_2 . 由受力分析可得碰撞后小物块与木板均做匀加速直线运动, 由几何关系得

$$x_{m2}-x_{M2}=v_{m1}t_2-v_{M1}t_2=l_1$$

$$\text{解得 } t_2=1.5\text{ s}, x_{M2}=10.5\text{ m}$$

故木板运动的总时间 $t_M=t_1+t_2=2.1\text{ s}$

(3) 设小物块与木板之间的摩擦产热为 Q_1 , 木板与斜面间的摩擦产热为 Q_2 , 小物块与传送带之间的摩擦产热为 Q_3 , 由能量关系得 $Q_1=2\mu_1 mgl_1 \cos \theta=45\text{ J}$

$$Q_2=\mu_1(m+M)g(x_{M1}+x_{M2})\cos \theta=252\text{ J}$$

设小物块在传送带上加速过程中位移为 x_{m3} , 加速度为 $a=\frac{\mu_2 mg}{m}=\mu_2 g=5\text{ m/s}^2$

$$\text{由运动学公式 } v_2^2-v_{m1}^2=2ax_{m3}$$

$$\text{可得 } x_{m3}=9.6\text{ m}<l_2$$

$$\text{此过程中传送带位移 } x=v_2 t_3=\frac{v_2(v_2-v_{m1})}{a}=11.2\text{ m}$$

$$\text{故有 } Q_3=\mu_2 mg(x-x_{m3})=8\text{ J}$$

$$\text{整个过程系统因摩擦增加的内能 } Q=Q_1+Q_2+Q_3=305\text{ J}$$

分组练(3) 曲线运动 A 组

1. 【解析】(1) 根据平抛运动规律可得 $h=\frac{1}{2}gt^2$

$$v_y=gt$$

$$v_y=v_0 \tan 53^\circ$$

$$\text{解得 } t=0.4\text{ s}$$

$$v_0=3\text{ m/s}$$

(2) 斜面顶端与平台边缘的水平距离 $s=v_0 t=1.2\text{ m}$

2. 【解析】(1) 根据题意, 设铁球运动到圆弧轨道底端时速度的大小为 v_0 , 铁球从圆弧轨道顶端滑到轨道底端, 根据机械能守恒定律得 $mgR=\frac{1}{2}mv_0^2$

$$\text{解得 } v_0=8\text{ m/s}$$

铁球在圆弧轨道最低点由牛顿第二定律有

$$F_N-mg=m\frac{v_0^2}{R}$$

$$\text{解得 } F_N=30\text{ N}$$

根据牛顿第三定律可知, 铁球运动到圆弧轨道底端时对圆弧轨道的压力大小为 30 N

(2) 设铁球在斜面上的加速度大小为 a , 由牛顿第二定律得 $mgsin \theta=ma$

$$\text{解得 } a=6\text{ m/s}^2$$

铁球在斜面上的运动时间 $t_1=0.5\text{ s}$

由运动学规律可得铁球运动到 B 点的速度 $v_B=v_0-at_1=5\text{ m/s}$

$$\text{斜面的长度 } AB=\frac{v_0^2-v_B^2}{2a}=3.25\text{ m}$$

(3) 将铁球在 B 点的速度沿着水平和竖直方向分解有 $v_{Bx}=v_B \cos \theta$

$$v_{By}=v_B \sin \theta$$

$$\text{铁球在水平方向的位移 } x=v_{Bx}t=1.2\text{ m}$$

$$\text{解得时间 } t=0.3\text{ s}$$

$$\text{铁球竖直速度 } v_{By}'=v_{By}-gt$$

$$\text{解得 } v_{By}'=0$$

则铁球与挡板碰撞时恰好运动到最高点, 竖直方向的速度为零, 则铁球与挡板碰撞时的速度大小 $v=v_{Bx}=4\text{ m/s}$

3. 【解析】(1) 钢球在 bc 段上滚动时, 支持力 F 与竖直

$$\text{方向的夹角满足 } \sin \theta=\frac{\frac{l}{2}}{\frac{d}{2}}=\frac{4}{5}$$

竖直方向根据受力平衡可得 $2F \cos \theta=mg$

$$\text{解得 } F=0.03\text{ N}$$

(2) G 、 d 两点间的运动可以视为两段平抛运动, 利用平抛知识可知, 水平方向有 $\frac{s}{2}=v_x t$

竖直方向有 $v_y=gt$

$$d \text{ 点速度满足 } \frac{v_y}{v_x}=\tan 53^\circ$$

$$\text{又 } h=\frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{解得 } h=0.2\text{ m}$$

(3) d 点抛出时的竖直分速度 $v_y=gt=2\text{ m/s}$

$$d \text{ 点的瞬时速度 } v_d=\frac{v_y}{\sin 53^\circ}=2.5\text{ m/s}$$

故需让钢球具有的瞬时速度为 2.5 m/s

4. 【解析】(1) 设乙卫星绕地球运动的周期为 T' , 由开普勒第三定律可得 $\frac{r_{\text{甲}}^3}{T^2}=\frac{r_{\text{乙}}^3}{T'^2}$

$$\text{解得 } T'=\frac{\sqrt{2}}{2}T$$

(2) 如图所示, 由于地球遮挡在甲、乙两卫星之间, 通讯信号会周期性中断, 设在一个通讯周期内, 甲、乙两卫星通讯中断的时间为 t , 有 $(\omega_{\text{乙}}-\omega_{\text{甲}})t=2\theta$

$$\text{而 } \omega_{\text{乙}}=\frac{2\pi}{T'}$$

$$\omega_{\text{甲}}=\frac{2\pi}{T}$$

$$\text{故有 } (\frac{2\pi}{T'}-\frac{2\pi}{T})t=2\theta$$

由几何可知 $\sin \alpha = \frac{R}{2R} = \frac{1}{2}$

$$\sin \beta = \frac{R}{\sqrt{2}R} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

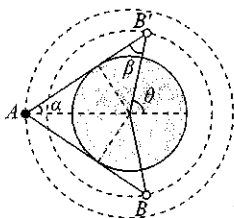
$$\text{可得 } \alpha = \frac{\pi}{6}$$

$$\beta = \frac{\pi}{4}$$

由几何关系知 $\theta = \alpha + \beta$

$$\text{故 } 2\theta = \frac{5\pi}{6}$$

$$\text{综上可得 } t = \frac{5\sqrt{2}}{12(2-\sqrt{2})} T$$



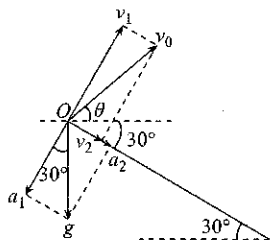
分组练(4) 曲线运动 B组

- 1.【解析】(1)设该运动员的质量为 m ,从 A 点到 O 点,根据机械能守恒定律可得

$$mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{2gh} = 10\sqrt{10} \text{ m/s}$$

- (2)如图所示,将该运动员起跳时的速度 v_0 和重力加速度 g 沿雪坡方向和垂直雪坡方向分解



$$v_1 = v_0 \sin(30^\circ + \theta), v_2 = v_0 \cos(30^\circ + \theta)$$

$$a_1 = g \cos 30^\circ, a_2 = g \sin 30^\circ$$

设该运动员从 O 点运动到 B 点的时间为 t ,该运动员从 O 点运动到 B 点的距离为 L ,则

$$t = \frac{2v_1}{a_1}$$

$$L = v_2 t + \frac{1}{2}a_2 t^2$$

$$\text{解得 } L = \frac{400}{3} [\sin(2\theta + 30^\circ) + \frac{1}{2}]$$

当 $2\theta + 30^\circ = 90^\circ$,即 $\theta = 30^\circ$ 时,该运动员才能取得最佳成绩

最佳成绩 $L_{\max} = 200 \text{ m}$

- (3)当该运动员垂直雪坡的分速度为 0 时,离开雪坡的距离最大为 S_m ,由运动学公式可知

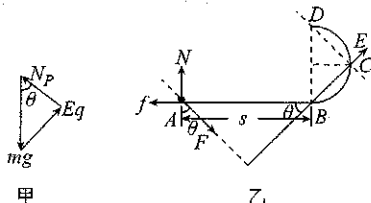
$$S_m = \frac{v_1^2}{2a_1}$$

$$\text{解得 } S_m = 25\sqrt{3} \text{ m}$$

- 2.【解析】(1)在 P 点对滑块受力分析并作出力的矢量三角形如图甲所示,可知滑块带正电

$$Eq = mg \sin \theta$$

电场力与重力的合力 $F = mg \cos \theta$,方向与竖直方向的夹角也为 θ ,斜向右下方



如图乙所示,滑块从粗糙水平轨道由静止开始运动到 C 点,根据动能定理可得

$$F \cdot s \sin \theta - \mu F \cos \theta \cdot s = \frac{1}{2}mv_C^2$$

在 C 点根据牛顿第二定律有

$$N_C' - F \sin \theta = \frac{mv_C^2}{R}$$

$$\text{联立解得 } N_C' = \frac{mg}{2} + \frac{mg}{2R}$$

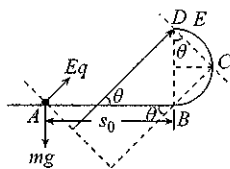
根据题图可知 $N_C = (10 + 20s) \text{ N}$

由牛顿第三定律可知 $N_C = N_C'$

$$\text{解得 } m = 2 \text{ kg}, R = 0.5 \text{ m}$$

- (2)滑块能通过 D 点的临界条件是在 D 点受到的支持力 $N_D = 0$,在 D 点根据牛顿第二定律有

$$F \cos \theta = \frac{mv_D^2}{R}$$



丙

设滑块在粗糙水平轨道释放的位置离 B 点的最短距离为 s_0 ,如图丙所示,根据几何关系可知,滑块从释放至到达 D 点,在重力与电场力的合力方向上通过的位移 $x = s_0 \sin \theta - 2R \cos \theta$

根据动能定理有

$$Fx - \mu F \cos \theta \cdot s_0 = \frac{1}{2}mv_D^2$$

联立解得 $s_0 = 2.5 \text{ m}$

3.【解析】(1)水滴沿车盖下滑过程中有

$$mg \sin \theta = ma$$

$$\frac{r}{\cos \theta} = \frac{1}{2} a t_1^2$$

$$\text{联立解得 } t_1 = 2\sqrt{\frac{r}{g \sin 2\theta}}$$

又 $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$, 则当 $\theta = \frac{\pi}{4}$ 时水滴下滑的时间最短

$$\text{解得 } t_{\min} = 2\sqrt{\frac{r}{g}}$$

(2) 因为 $\theta = \frac{\pi}{4}$, 所以水滴沿车盖下落的过程有

$$mgr = \frac{1}{2} m v^2$$

水滴离开车盖后做斜下抛运动, 有水平和竖直两个分速度

$$v_x = v_y = \frac{\sqrt{2}}{2} v$$

竖直方向有

$$h = v_y t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2$$

水平方向有

$$x = v_x t_2$$

由几何关系可知

$$(x+r)^2 = d^2 + \left(\frac{r}{2}\right)^2$$

$$\text{联立解得 } d = \frac{\sqrt{15}}{2} r$$

4.【解析】(1) 小球 a 恰好能从圆轨道最高点 N 水平飞出, 故有

$$m_1 g = \frac{m_1 v_N^2}{R}$$

小球 a 做平抛运动击中 B 点有

$$R = \frac{1}{2} g t^2$$

$$L_0 = v_N t$$

$$\text{联立解得 } L_0 = \frac{\sqrt{2}}{5} \text{ m}$$

(2) 小球 a 释放高度小于 R , 故不能到达圆轨道最高点, 即不能与物块 b 相碰

设小球 a 在圆轨道上 K 点脱离, K 点与圆心 O 的连线与水平方向的夹角为 θ , 根据机械能守恒定律可得

$$m_1 g (h_0 - R \sin \theta) = \frac{1}{2} m_1 v^2$$

在 K 点根据牛顿第二定律有

$$m_1 g \sin \theta = \frac{m_1 v^2}{R}$$

$$\text{联立解得 } \sin \theta = \frac{3}{5}$$

故小球 a 脱离圆轨道时与圆心 O 的高度差

$$h' = R \sin \theta = 0.12 \text{ m}$$

(3) 设小球 a 从 M 点正上方释放的高度为 h , 运动到 N 点根据机械能守恒定律可得

$$m_1 g (h - R) = \frac{1}{2} m_1 v_0^2$$

小球 a 与物块 b 碰撞时遵循动量守恒定律和机械能守恒定律, 有

$$m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$\text{解得 } v_1 = -\frac{v_0}{3}, v_2 = \frac{2v_0}{3}$$

小球 a 能沿圆轨道返回要求

$$m_1 g \leq \frac{m_1 v_1^2}{R}$$

$$\text{联立解得 } h \geq 1.1 \text{ m}$$

在 $h = 1.1 \text{ m}$ 时, 物块 b 从 N 点射出时的速度大小

$$v_2 = 2\sqrt{2} \text{ m/s}$$

$$\text{做平抛运动的时间 } t_1 = \sqrt{\frac{2R}{g}} = 0.2 \text{ s}$$

此时物块 b 做平抛运动对应的水平位移

$$s = v_2 t_1 = \frac{2\sqrt{2}}{5} \text{ m}$$

故物块 b 落在传送带上的点与 B 点最近时的距离为

$$\frac{\sqrt{2}}{5} \text{ m}$$

因物块 b 落在传送带上时的竖直分速度全部损失, 故落在传送带时的速度大小也为

$$v_2 = 2\sqrt{2} \text{ m/s}$$

落点与 C 点的距离

$$x = L + L_0 - s = 4 \text{ m}$$

物块 b 在传送带上做匀加速运动时有

$$2ax_1 = v'^2 - v_2^2$$

$$\mu m_2 g = m_2 a$$

$$\text{解得 } x_1 = 2.4 \text{ m}$$

$$\text{做匀加速运动的时间 } t_2 = \frac{v' - v_2}{a} = \frac{2\sqrt{2}}{5} \text{ s}$$

$$\text{做匀速运动的时间 } t_3 = \frac{x - x_1}{v'} = \frac{\sqrt{2}}{5} \text{ s}$$

故物块 b 从 N 点运动到 C 点的时间

$$t_{\text{总}} = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{1+3\sqrt{2}}{5} \text{ s}$$

分组练(5) 动量与能量 A 组

- 1.【解析】(1)设小球 A 运动到最低点与物块 B 碰撞前的速度大小为 v_0 , 根据动能定理可得

$$mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得 $v_0 = 4 \text{ m/s}$

设碰撞后小球 A 的速度大小为 v_1

$$\text{由动能定理可得 } mg \cdot \frac{h}{16} = \frac{1}{2}mv_1^2$$

解得 $v_1 = 1 \text{ m/s}$

由于小球 A 与物块 B 发生正碰, 碰撞时间极短, 内力远大于外力, 所以小球 A 和物块 B 组成的系统动量守恒, 设水平向右为正方向, 根据动量守恒定律得

$$mv_0 = Mv_2 + mv_1$$

解得碰撞后物块 B 的速度 $v_2 = 1 \text{ m/s}$

$$\text{碰撞过程中小球 A 对物块 B 做的功 } W = \frac{1}{2}Mv_2^2 = 2.5 \text{ J}$$

(2)碰撞过程中系统损失的机械能 $\Delta E = mgh - mg \cdot$

$$\frac{h}{16} - \frac{1}{2}Mv_2^2 = 5 \text{ J}$$

(3)物块 B 在水平面上滑行时受到摩擦力 $f = \mu Mg$

设物块 B 在水平面上滑行的时间为 t , 根据动量定理得

$$-ft = 0 - Mv_2$$

解得 $t = 0.25 \text{ s}$

- 2.【解析】(1)设木板与小球碰撞后, 木板的速度大小为 v_1 , 小球的速度大小为 v , 以水平向右为正方向

$$\text{则 } mv_0 = mv_1 + Mv$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv^2$$

联立解得 $v_1 = 3 \text{ m/s}$, $v = 9 \text{ m/s}$

(2)设弹簧压缩至最短时滑块和木板的速度均为 $v_{共}$, 以水平向右为正方向

$$\text{则 } m_0v_0 + mv_1 = (m_0 + m)v_{共}$$

解得 $v_{共} = 4.2 \text{ m/s}$

根据动量定理可得冲量 $I = mv_{共} - mv_1$

解得 $I = 3.6 \text{ N} \cdot \text{s}$

方向水平向右

(3)根据滑块、弹簧和木板组成的系统机械能守恒

$$\text{可得 } E_{p\max} = \frac{1}{2}m_0v_0^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}(m_0 + m)v_{共}^2$$

解得最大弹性势能 $E_{p\max} = 5.4 \text{ J}$

- 3.【解析】(1)设碰撞后小球的速度为 v_1 , 物块的速度为 v_2 , 以水平向左为正方向

小球与物块碰撞时由动量守恒定律和能量守恒定律得

$$mv_0 = mv_1 + mv_2$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

联立解得 $v_1 = 0$

$v_2 = 6 \text{ m/s}$, 方向水平向左

(2)碰撞后小球静止, 物块以速度 $v_2 = 6 \text{ m/s}$ 向左匀速滑动后与木板左端挡板发生碰撞, 设水平向左为正方向

由动量守恒定律和能量守恒定律得

$$mv_2 = mv_3 + Mv_4$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}Mv_4^2$$

联立解得 $v_3 = -2 \text{ m/s}$, $v_4 = 4 \text{ m/s}$

即碰撞后木板以 4 m/s 的速度向左匀速运动, 物块以 2 m/s 的速度向右匀速运动, 并以此速度与小球发生碰撞

由动量守恒定律和能量守恒定律得

$$mv_3 = mv_5 + mv_6$$

$$\frac{1}{2}mv_3^2 = \frac{1}{2}mv_5^2 + \frac{1}{2}mv_6^2$$

联立解得 $v_5 = 0$, $v_6 = -2 \text{ m/s}$

又因为木板厚度不计, 故不考虑小球和物块从木板自由下落的速度, 因此, 最终小球速度为 2 m/s , 方向水平向右, 物块速度为 0 , 木板速度为 4 m/s , 方向水平向左

- 4.【解析】(1)物块从 A 点做平抛运动到 B 点

则竖直方向有 $v_{By}^2 = 2gh_0$

$$v_0 = \frac{v_{By}}{\tan \theta}$$

联立解得 $h_0 = 1.8 \text{ m}$

(2)物块从 A 点运动到 D 点过程中, 由动能定理可得

$$mg[h_0 + h_1 - 1.2R + (R - R\cos \theta)] - \mu_1 mg\cos \theta \cdot \frac{(h_1 - 1.2R)}{\sin \theta} = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

在 D 点, 对物块由牛顿第二定律得

$$N - mg = \frac{mv_D^2}{R}$$

联立解得轨道对物块的弹力大小 $N = 156 \text{ N}$

(3)物块从 A 点运动到 F 点的过程中, 由动能定理可得

$$mg(h_0 + h_1) - \mu_1 mg\cos \theta \cdot \frac{h_1}{\sin \theta} = \frac{1}{2}mv_F^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得 $v_F = 12 \text{ m/s}$

物块滑上木板后, 物块和木板组成的系统动量守恒

则 $mv_F = (m+M)v$

解得 $v=4\text{ m/s}$

假设物块刚好不滑离木板,由能量守恒定律可得

$$Q = \frac{1}{2}mv_F^2 - \frac{1}{2}(m+M)v^2$$

解得 $Q=96\text{ J}$

由能量守恒定律有 $mg\mu_2 L = Q$

解得 $L=6\text{ m}$

(4)若木板固定不动,物块在木板上运动受到的水平阻力 $F_f = kv$

对物块由动量定理得

$$\sum (-F_f \Delta t) = 0 - mv_F$$

$$\text{即 } \sum (-kv \cdot \Delta t) = -mv_F$$

$$\sum v \cdot \Delta t = L$$

则 $kL = mv_F$

解得 $k=4\text{ kg/s}$

分组练(6) 动量与能量 B 组

1.【解析】(1)小物块 P 滑上传送带后,由牛顿第二定律有

$$\mu mg = ma$$

设经过位移 x ,小物块 P 与传送带的速度相同

$$\text{则 } 2ax = v^2 - v_0^2$$

联立解得 $x=3\text{ m}$

此后小物块 P 和传送带一起匀速运动 2.25 m 后,小物块 P 滑上圆弧槽 Q ,设圆弧槽 Q 的半径为 R ,在小物块 P 滑上圆弧槽 Q 的过程中,小物块 P 和圆弧槽 Q 水平方向动量守恒,有 $mv = (m+M)v'$

小物块 P 和圆弧槽 Q 组成的系统机械能守恒,有

$$mgR = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}(m+M)v'^2$$

解得 $R=0.64\text{ m}$

(2)传送带以 $v=8\text{ m/s}$ 的速度沿顺时针方向转动,假设小物块 P 在传送带上一直加速

$$\text{则 } 2aL = v_1^2 - v_0^2$$

解得 $v_1=5\text{ m/s} < v$,假设正确

当小物块 P 滑到圆弧槽 Q 的最高点时,设二者的水平速度为 v_2

小物块 P 和圆弧槽 Q 水平方向动量守恒

$$mv_1 = (m+M)v_2$$

小物块 P 和圆弧槽 Q 组成的系统机械能守恒

$$mgh = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}(m+M)v_2^2$$

解得小物块 P 在运动过程中离地的最大高度 $h=1\text{ m}$

(3)传送带以 $v=8\text{ m/s}$ 的速度沿顺时针方向转动,小物块 P 将在传送带上一直加速到速度 $v_1=5\text{ m/s}$,之后以速度 v_1 滑上圆弧槽 Q ,当小物块 P 从圆弧槽 Q 底端离开圆弧槽 Q 时,设小物块 P 的速度为 v_3 ,圆弧槽 Q 的速度为 v_4 ,以向右为正方向

由动量守恒定律可得 $mv_1 = mv_3 + Mv_4$

$$\text{由能量守恒定律可得 } \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}Mv_4^2$$

解得 $v_3=-3\text{ m/s}$, $v_4=2\text{ m/s}$

(4)小物块 P 从圆弧槽 Q 底端滑到最上端的过程中,系统水平方向动量守恒,有

$$mv = mv_P + Mv_Q$$

该等式每时每刻都成立

则有 $mv_1 = mv_P + Mv_Q$

$$s_P = s_Q + R$$

$$\text{解得 } s_Q = \frac{v_1 R}{5} \text{ m}$$

2.【解析】(1)对车头前进 l ,由动能定理得

$$(n+1)kmg l - kmgl = \frac{1}{2}mv_1^2$$

第1根轻绳绷紧过程有 $mv_1 = 2mv_1'$

$$\text{解得 } v_1' = \frac{\sqrt{2nkg l}}{2}$$

(2)车厢1被拉动前,车头克服阻力做的功

$$W_1 = kmgl$$

车厢1被拉动后到车厢2被拉动前,车头与车厢1克服阻力做的功

$$W_2 = 2kmgl$$

车厢2被拉动后到车厢3被拉动前,车头与车厢1、车厢2克服阻力做的功

$$W_3 = 3kmgl$$

车厢 $(n-1)$ 被拉动后到车厢 n 被拉动前,车头与前面所有车厢克服阻力做的功

$$W_n = nkmgl$$

整个火车启动过程中,克服轨道阻力做的总功

$$W = W_1 + W_2 + \dots + W_n = \frac{n(n+1)}{2} kmgl$$

(3)第1根轻绳绷紧后瞬间车厢1的速度 v_1'

$$\text{则 } v_1'^2 = \frac{1}{4} \times 2nkg l$$

对车头和车厢1前进 l ,由动能定理得

$$(n+1)kmg l - 2kmgl = \frac{1}{2} \times 2mv_2^2 - \frac{1}{2} \times 2mv_1'^2$$

第2根轻绳绷紧过程有 $2mv_2 = 3mv_2'$

$$\text{联立解得 } v_2'^2 = \frac{1}{9} \times 2nkg l + \frac{4}{9} \times 2 \times \frac{n-1}{2} kmgl$$

同理,第3根轻绳绷紧瞬间速度的平方 $v_3'^2 = \frac{1}{16} \times$

$$2nkg l + \frac{4}{16} \times 2 \times \frac{n-1}{2} kgl + \frac{9}{16} \times 2 \times \frac{n-2}{3} kgl$$

车厢 $n-1$ 与车厢 n 间轻绳绷紧后瞬间,车厢 n 的速度 v_n' 满足

$$v_n'^2 = \frac{2kgl}{(n+1)^2} [1 \cdot n + 2 \cdot (n-1) + 3 \cdot (n-2) + \dots$$

$$+ n \cdot 1] = \frac{2kgl}{(n+1)^2} \cdot \frac{1}{6} n(n+1)(n+2)$$

$$\text{解得 } v_n' = \sqrt{\frac{n(n+2)kgl}{3(n+1)}}$$

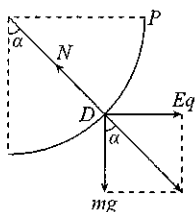
3.【解析】(1)小球 A 获得的速度 $v = \frac{I}{m}$

小球 A 与小球 C 发生弹性碰撞,由动量守恒定律和机械能守恒定律,可得 $mv = mv_A + mv_C$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$\text{联立解得 } v_A = 0, v_C = v = \frac{I}{m}$$

(2)小球 C 在电场中,受到重力和电场力,则有在圆弧轨道 D 点处,切线方向加速度为零,小球 C 的速度最大,小球 C 对轨道压力最大,如图所示



$$\text{由图可得 } \tan \alpha = \frac{Eq}{mg}, \alpha = 45^\circ$$

小球 C 由 N 点运动到 D 点,由动能定理得 $EqR \sin \alpha$

$$- mgR(1 - \cos \alpha) = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$\text{轨道对小球 C 的支持力 } N - mg \cos \alpha - Eq \sin \alpha = \frac{mv_D^2}{R}$$

$$\text{联立解得 } N = (3\sqrt{2} - 2)mg + \frac{I^2}{mR}$$

根据牛顿第三定律得,小球 C 对轨道的压力 $N' = N$

$$= (3\sqrt{2} - 2)mg + \frac{I^2}{mR}$$

(3)小球 C 由 N 点运动到 P 点,由动能定理得 $EqR -$

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

$$\text{解得 } v_P = \frac{I}{m}$$

小球 C 在磁场中受洛伦兹力作用,洛伦兹力不做功,当小球 C 到达最高点时

$$-mgy = \frac{1}{2}mv_h^2 - \frac{1}{2}mv_P^2$$

在水平方向上,洛伦兹力沿 x 轴的分量满足

$$\sum qv_y B \Delta t = \sum m \Delta v_x$$

$$\text{即 } qBy = mv_h$$

$$\text{解得 } y = \frac{(2\sqrt{3} - 3)I^2}{m^2 g}$$

4.【解析】(1)设金属棒 P 刚进入磁场时的速度为 v_0 ,根据动能定理得

$$mgh = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$$

$$\text{解得 } v_0 = 8 \text{ m/s}$$

金属棒 P 刚进入磁场时,根据法拉第电磁感应定律有 $E_1 = BLv_0 = 4 \text{ V}$

$$\text{则通过金属棒 P 的电流 } I_1 = \frac{E_1}{2R} = 10 \text{ A}$$

金属棒 P 刚进入磁场时受到的安培力 $F_{\text{安}} = BI_1 L = 5 \text{ N}$

由左手定则可知受到安培力的方向水平向左

(2)设金属棒 Q 在 C 点的速度为 v_c ,由牛顿第二定律可得

$$m_2 g \sin 30^\circ = \frac{m_2 v_c^2}{r}$$

对金属棒 Q,由 B 点运动到 C 点,根据动能定理可得

$$-m_2 g(r + r \sin 30^\circ) = \frac{1}{2}m_2 v_c^2 - \frac{1}{2}m_2 v_B^2$$

第一次碰撞后,解得金属棒 Q 在 B 点的速度 $v_B = 4 \text{ m/s}$

第一次碰撞,根据动量守恒定律得

$$m_1 v_P = m_1 v_P' + m_2 v_B$$

根据能量守恒定律得

$$\frac{1}{2}m_1 v_P^2 = \frac{1}{2}m_1 v_P'^2 + \frac{1}{2}m_2 v_B^2$$

联立解得第一次碰撞前,金属棒 P 的速度 $v_P = 6 \text{ m/s}$

第一次碰撞后,金属棒 P 的速度 $v_P' = -2 \text{ m/s}$

对于金属棒 P 第一次通过磁场的过程,根据动量定理得

$$-B\bar{I}Lt = m_1 v_P' - m_1 v_0$$

$$B\bar{I}Lt = \frac{B^2 L^2 x}{2R}$$

联立解得磁场沿导轨方向的长度 $x = 3.2 \text{ m}$

(3)金属棒 P 第二次通过磁场,根据动量定理知

$$m_1 v_P'' - m_1 v_P' = B\bar{I}Lt = \frac{B^2 L^2 x}{2R}$$

$$\text{解得 } v_P'' = 0$$

金属棒 Q 从右侧圆弧轨道滑下时,只改变速度的

方向

$$v_Q' = -v_B = -4 \text{ m/s}$$

金属棒 Q 第二次通过磁场的过程, 根据动量定理得

$$m_2 v_Q'' - m_2 v_Q' = B \bar{I} L t = \frac{B^2 L^2 x}{2R}$$

$$\text{解得 } v_Q'' = -3 \text{ m/s}$$

然后金属棒 Q 通过磁场与静止的金属棒 P 第二次碰撞前, 全过程根据能量守恒定律可得

$$\frac{1}{2} m_1 v_0^2 - \frac{1}{2} m_2 v_Q''^2 = Q$$

$$\text{解得 } Q = 23 \text{ J}$$

则从金属棒 P 开始运动到金属棒 P、Q 第二次碰撞前, 金属棒 Q 产生的焦耳热 $Q_Q = \frac{1}{2} Q = 11.5 \text{ J}$

分组练(7)

带电粒子在电磁场中的运动 A 组

1. 【解析】(1) 设粒子在电场中运动的时间为 t_1 , 粒子进入磁场时沿 y 轴方向的分速度为 v_y , 粒子进入磁场时的速度为 v , 粒子沿 x 轴正方向做匀速运动

$$\text{则 } \sqrt{3}d = v_0 t_1$$

在沿 y 轴方向, 粒子做初速度为零的匀加速运动, 根据匀变速直线运动的规律得

$$\frac{d}{2} = \frac{1}{2} v_y t_1$$

根据速度的合成可得粒子进入磁场时的速度 v

$$= \sqrt{v_0^2 + v_y^2}$$

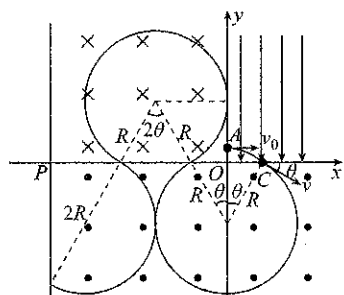
设粒子进入磁场时的速度方向与 x 轴正方向的夹角为 θ

$$\text{则 } \tan \theta = \frac{v_y}{v_0}$$

$$\text{联立解得 } v = \frac{2\sqrt{3}v_0}{3}, \theta = 30^\circ$$

故粒子进入磁场时的速度为 $\frac{2\sqrt{3}v_0}{3}$, 方向与 x 轴正方向的夹角为 30° 斜向下

(2) 由题意, 粒子在运动过程中恰好不再返回电场, 运动轨迹在第二象限与 y 轴相切, 根据对称性可知, 粒子运动的轨迹如图所示



设磁感应强度大小为 B , 由几何关系可知粒子做圆周运动的半径 $R = \frac{\sqrt{3}d}{\sin 30^\circ} = 2\sqrt{3}d$

$$\text{运动的半径 } R = \frac{\sqrt{3}d}{\sin 30^\circ} = 2\sqrt{3}d$$

$$\text{根据洛伦兹力提供向心力得 } qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$\text{解得 } B = \frac{mv_0}{3qd}$$

设粒子从进入磁场到打到挡板上所用的时间为 t , 由几何关系可得粒子从进入磁场到打到挡板上转过的角度 $\alpha = 780^\circ$

$$\text{粒子在磁场中做圆周运动的周期 } T = \frac{2\pi R}{v}$$

$$\text{则 } t = \frac{780^\circ}{360^\circ} T = \frac{13}{6} T$$

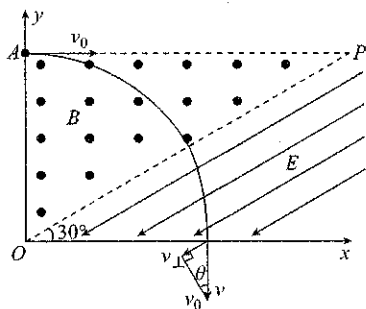
$$\text{解得 } t = \frac{13\pi d}{v_0}$$

2. 【解析】(1) 设加速电场的电压为 U , 由动能定理可得

$$qU = \frac{1}{2} mv_0^2$$

$$\text{解得 } U = \frac{mv_0^2}{2q}$$

根据题意, 该粒子垂直 OP 射入电场, 设该粒子在磁场中运动的轨迹半径为 R , 轨迹如图所示



$$\text{由几何关系可得 } R = L \cos 60^\circ = \frac{L}{2}$$

$$\text{在磁场中, 根据洛伦兹力提供向心力有 } qv_0 B = \frac{mv_0^2}{R}$$

$$\text{解得 } B = \frac{2mv_0}{qL}$$

(2) 设该粒子到达 x 轴时的速度为 v , 根据几何关系

$$\text{得 } v = \frac{v_0}{\cos 30^\circ}$$

$$\text{该粒子刚进入磁场时的动能 } E_{k1} = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{该粒子到达 } x \text{ 轴时的动能 } E_{k2} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{2}{3}mv_0^2$$

$$\text{则该粒子到达 } x \text{ 轴时的动能与该粒子刚进入磁场时动能的比值 } \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{4}{3}$$

$$(3) \text{ 该粒子在磁场中运动的周期 } T = \frac{2\pi R}{v_0} = \frac{\pi L}{v_0}$$

$$\text{该粒子在磁场中运动的时间 } t_1 = \frac{60^\circ}{360^\circ}T = \frac{1}{6}T = \frac{\pi L}{6v_0}$$

由几何关系可知,该粒子在电场中运动到 x 轴时有沿电场线方向的速度

$$v_{\perp} = at_2 = \frac{qE}{m}t_2 = v_0 \tan 30^\circ$$

$$\text{解得 } t_2 = \frac{\sqrt{3}mv_0}{3qE}$$

该粒子从射入磁场至运动到 x 轴经历的时间 $t = t_1 +$

$$t_2 = \frac{\pi L}{6v_0} + \frac{\sqrt{3}mv_0}{3qE}$$

3.【解析】(1)设磁感应强度的大小为 B ,根据题意,由

$$\text{牛顿第二定律得 } qv_0B = m \frac{v_0^2}{R}$$

由几何关系得 $R=L$

$$\text{解得 } B = \frac{mv_0}{qL}$$

(2)设该粒子从 A 点入射到第四次经过薄膜时所用的时间为 t

该粒子在磁场中运动的周期 T 为定值,与速度大小无关

$$T = \frac{2\pi L}{v_0} = \frac{2\pi m}{qB}$$

该粒子从 A 点入射到第一次经过薄膜所用的时间 t_1

$$= \frac{1}{4}T = \frac{\pi L}{2v_0}$$

$$\text{该粒子在电场中的加速度 } a = \frac{qE}{m} = \frac{v_0^2}{L}$$

该粒子从进入电场到第二次经过薄膜前所用的时间

$$t_2 = \frac{\frac{v_0}{2}}{a} \times 2 = \frac{L}{v_0}$$

之后该粒子在磁场中运动半个周期,所用的时间 $t_3 =$

$$\frac{1}{2}T = \frac{\pi L}{v_0}$$

之后该粒子第三次穿过薄膜先减速为零再反向加速到第四次将要穿过薄膜所用的时间

$$t_4 = \frac{\frac{v_0}{8}}{a} \times 2 = \frac{L}{4v_0}$$

故该粒子从 A 点入射到第四次经过薄膜时所用的时

$$\text{间 } t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = \left(\frac{3\pi}{2} + \frac{5}{4}\right) \times \frac{L}{v_0}$$

(3)该粒子从 C 点向下穿过薄膜,进入电场中减速后再反向加速,再一次穿过 C 点进入磁场的速度 $v_1 =$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2 v_0 = \frac{v_0}{4}$$

之后在磁场中运动半个周期,再次经过 x 轴到达 C_1

$$\text{点时,运动半径 } r_1 = \frac{m\left(\frac{1}{2}\right)^2 v_0}{qB} = \frac{L}{4}$$

$$\text{则 } D \text{ 的横坐标 } x_{D1} = L + 2r_1 = \frac{3L}{2}$$

该粒子从 C_1 点再向下穿过薄膜,穿过 C_1 点进入磁场

$$\text{的速度 } v_2 = \left(\frac{1}{2}\right)^4 v_0 = \frac{v_0}{16}$$

$$\text{则该粒子圆周运动的半径 } r_2 = \frac{m\left(\frac{1}{2}\right)^4 v_0}{Bq} = \frac{L}{16}$$

$$\text{则 } D \text{ 的横坐标 } x_{D2} = L + 2r_1 + 2r_2 = \frac{13L}{8}$$

$$\text{故 } D \text{ 的横坐标 } x_{Dk} = \left[1 + 2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 + 2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^4 + \dots\right. \\ \left. + 2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{2k}\right]L = L + \frac{1}{2} \left[\frac{1 - \left(\frac{1}{4}\right)^k}{1 - \frac{1}{4}}\right]L = \frac{5}{3}L -$$

$$\frac{2}{3} \left(\frac{1}{4}\right)^k L, k=1, 2, 3, \dots$$

$$\frac{2}{3} \left(\frac{1}{4}\right)^k L, k=1, 2, 3, \dots$$

当 k 取无穷大时, D 离坐标原点的距离最远, $x_{D\max}$

$$= \frac{5L}{3}$$

4.【解析】(1)设该粒子从 P 点进入电场时的速度为 v_0 ,

$$\text{根据动能定理得 } qU = \frac{1}{2}mv_0^2$$

该粒子进入第二象限的电场后做类平抛运动,根据运

$$\text{动的合成与分解,在水平方向有 } L = \frac{1}{2}at^2$$

$$\text{在竖直方向有 } 2L = v_0 t$$

$$\text{其中 } a = \frac{qE}{m}$$

$$\text{联立解得 } E = \frac{U}{L}$$

(2)设该粒子从 A 点进入第一象限时水平速度为 v_x

$$\text{在水平方向有 } L = \frac{v_x}{2}t$$

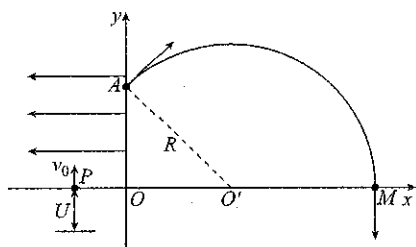
在竖直方向有 $2L = v_0 t$

联立解得水平速度 $v_x = v_0$

竖直速度也为 v_0 , 所以该粒子经过 A 点的速度方向与 y 轴正方向的夹角 $\theta = 45^\circ$, 速度大小 $v_A = \sqrt{2} v_0$

$$= 2\sqrt{\frac{qU}{m}}$$

之后粒子做匀速圆周运动, 设该粒子的轨迹半径为 R, 画出运动轨迹如图所示



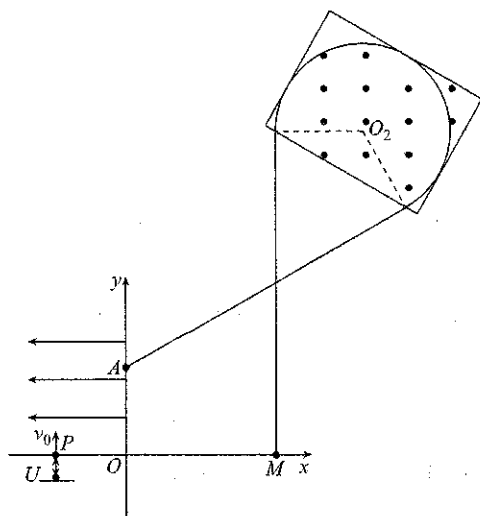
根据几何关系得 $R \sin 45^\circ = 2L$

解得 $R = 2\sqrt{2}L$

根据洛伦兹力提供向心力得 $qv_A B_0 = m \frac{v_A^2}{R}$

$$\text{解得 } B_0 = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{mU}{2q}}$$

(3) 该粒子在磁场中做匀速圆周运动, 设轨迹半径为 r, 根据题意画出轨迹图如图所示



根据题意, 该粒子在矩形磁场中运动轨迹所对应的圆心角为 225° , 所以最小面积的矩形的长 $a = 2r$

矩形的宽 $b = r + r \cos(\frac{360^\circ - 225^\circ}{2}) = r + r \cos \frac{135^\circ}{2} =$

$$(1 + \frac{\sqrt{2} - \sqrt{2}}{2})r$$

所以矩形的最小面积 $S_{\min} = ab = 2r \times (1 + \frac{\sqrt{2} - \sqrt{2}}{2})r$

$$= (2 + \sqrt{2} - \sqrt{2})r^2$$

根据洛伦兹力提供向心力得 $r = \frac{mv_A}{qB} = \frac{2\sqrt{qUm}}{qB}$

联立解得此矩形区域的最小面积与 B 的关系式 S_{\min}

$$= \frac{(8 + 4\sqrt{2} - \sqrt{2})mU}{qB^2}$$

分组练(8)

带电粒子在电磁场中的运动 B 组

1. 【解析】(1) 由类斜抛运动规律得 $2h = v_0 t$, $h = \frac{1}{2}at^2$

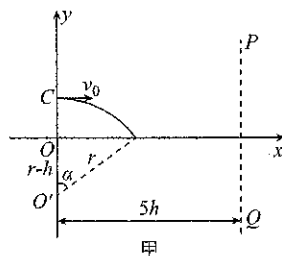
由牛顿第二定律得 $qE_0 = ma$

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{\frac{2qE_0 h}{m}}$$

(2) 当 $E = \frac{25qB^2 h}{8m}$ 时, 粒子进入磁场的速度 $v_1 = \frac{5qBh}{2m}$

由牛顿第二定律得 $qv_1 B = m \frac{v_1^2}{r}$

粒子在磁场中的运动轨迹如图甲所示

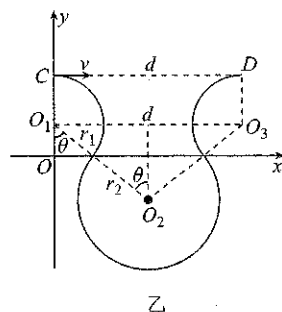


由几何关系得 $\cos \alpha = \frac{r-h}{r}$, $x = r \sin \alpha$

解得 $x = 2h$

故粒子第一次经过 x 轴正半轴时的位置坐标为 $(2h, 0)$

(3) 粒子在磁场中运动的轨迹半径满足 $r_1 : r_2 = 2 : 3$, 运动轨迹如图乙所示



由几何关系可知 $d = 2(r_1 + r_2) \sin \theta$, $\cos \theta = \frac{h-r_1}{r_1}$

联立解得 $d = 5\sqrt{2hr_1 - h^2}$

设粒子运动的周期数为 $n (n = 1, 2, 3 \dots)$, 则有 $nd =$

5h。 $n=1$ 时, 时间最短, $\theta_1=90^\circ$; 粒子恰好不从 MN 边界射出时, 时间最长, $\theta_2=37^\circ$, 此时 $n=3$

设粒子在上、下部分磁场内运动的周期分别为 T_1 、 T_2

$$\text{则 } T_1 = \frac{2\pi r_1}{v} = \frac{2\pi m}{qB}, T_2 = \frac{2\pi r_2}{v} = \frac{3\pi m}{qB}$$

$$\text{且 } t = n(2 \times \frac{180^\circ - \theta}{360^\circ} T_1 + \frac{360^\circ - 2\theta}{360^\circ} T_2)$$

$$\text{解得 } t_{\min} = \frac{5\pi m}{2qB}, t_{\max} = \frac{143\pi m}{12qB}$$

2. 【解析】(1) 设该电荷到达直线 MN 时的速度为 v

$$\text{根据动能定理有 } \frac{1}{2}mv^2 = Eqd$$

$$d = 0.4 \text{ m}$$

$$\text{解得 } v = 4 \times 10^3 \text{ m/s}$$

(2) 设该电荷在电场中的加速度为 a , 正电荷从 P 点到达直线 MN 时经过的时间为 t_0

$$\text{有 } t_0 = \frac{v}{a}, a = \frac{Eq}{m}$$

$$\text{解得 } t_0 = 2 \times 10^{-4} \text{ s}$$

$$\text{该电荷在磁场中运动有 } Bqv = m \frac{v^2}{r}, Bqv = m \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot v$$

$$\text{解得 } r = \frac{mv}{Bq}, T = \frac{2\pi m}{Bq}$$

当磁感应强度大小 $B = \frac{\pi}{20} \text{ T}$ 时, 对应的轨迹半径和

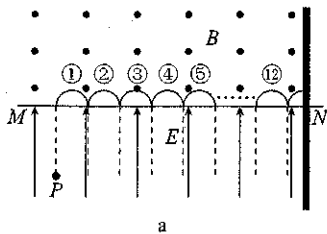
$$\text{周期为 } r_1 = \frac{8}{\pi} \times 10^{-2} \text{ m} = \frac{8}{\pi} \text{ cm}, T_1 = 4 \times 10^{-5} \text{ s}$$

由题意可知 P 点到挡板的水平距离 $L = \frac{2}{\pi} \text{ m}$, 即 $L =$

$$\frac{200}{\pi} \text{ cm} = 25r_1$$

可知该电荷射入磁场后在电场和磁场中来回进出, 最后水平打到挡板上, 运动轨迹如图 a 所示, 故该电荷从 P 点出发至打到挡板所需的时间 $t = t_0 + 12 \times 2t_0$

$$+ 12 \times \frac{T_1}{2} + \frac{T_1}{4} = 5.25 \times 10^{-3} \text{ s}$$



(3) 当磁感应强度大小 $B = \frac{\pi}{10} \text{ T}$ 时, 对应的轨迹半径

$$\text{和周期为 } r_2 = \frac{4}{\pi} \times 10^{-2} \text{ m} = \frac{4}{\pi} \text{ cm}, T_2 = 2 \times 10^{-5} \text{ s}$$

由题图乙可知在每个磁场的变化周期内, 该电荷均在

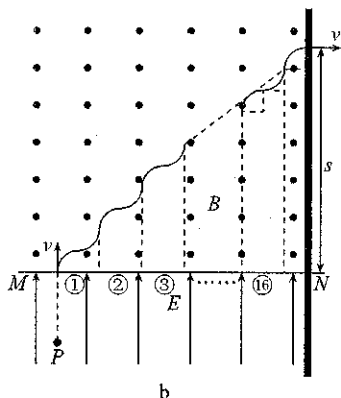
某一磁场方向上运动 $\frac{1}{4}$ 周期, 并逐渐向挡板靠近, 轨迹如图 b 所示, 有 $L = \frac{200}{\pi} \text{ cm} = 16(r_1 + r_2) + r_1$, 最后

该电荷以轨迹半径 r_1 水平打到挡板上

$$\text{故该电荷打到挡板所需的时间 } t' = 16(\frac{T_1}{4} + \frac{T_2}{4}) + \frac{T_1}{4} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ s}$$

打到挡板的位置与 MN 的垂直距离 $s = 16(r_1 + r_2) +$

$$r_1 = \frac{2}{\pi} \text{ m}$$



3. 【解析】(1) 粒子在电场中做类平抛运动, 有 $L = v_0 t$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}L = \frac{1}{2} \cdot \frac{Eq_t^2}{m}$$

$$\text{解得 } E = \frac{\sqrt{3}mv_0^2}{qL}$$

(2) 将粒子在 O 点的速度分解为 v_x 和 v_y , 其中 $L = v_x t = v_0 t$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}L = \frac{v_y t}{2}$$

$$\text{解得 } v_y = \sqrt{3}v_0$$

粒子进入磁场后, 在沿 x 轴方向上以速度 v_0 做匀速直线运动, 在平行于 yOz 平面内做匀速圆周运动, 根据牛顿第二定律可得 $qBv_y = m \frac{v_y^2}{R}$

$$\text{解得 } R = \frac{\sqrt{3}mv_0}{qB}$$

$$(3) \text{ 粒子做圆周运动的周期 } T = \frac{2\pi R}{v_y} = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\text{粒子打到平面 MN 上所经历的时间 } t = \frac{L_0}{v_0} = \frac{5\pi m}{2qB}$$

$$\text{则 } \frac{t}{T} = \frac{\frac{5\pi m}{2qB}}{\frac{2\pi m}{qB}} = \frac{5}{4}$$

$$\text{即 } t = \frac{5}{4}T$$

经过一个周期粒子又回到了 x 轴,打在 MN 板上,在平行于 yOz 平面内相当于运动 $\frac{1}{4}T$ 所在的位置,由几何关系可知,粒子打到平面 MN 上的点与 O 点的

$$\text{距离 } s = \sqrt{R^2 + R^2 + L_0^2} = \sqrt{\frac{25\pi^2 + 24}{4}} \cdot \frac{mv_0}{qB}$$

4.【解析】(1)由题意可知,只要保证沿底面发射且发射速度最大的粒子不飞出圆柱体侧面即可

$$\text{由洛伦兹力提供向心力得 } qv_0 B_{\min} = \frac{mv_0^2}{r}$$

$$r = \frac{L}{2}$$

$$\text{解得 } B_{\min} = \frac{2mv_0}{qL}$$

(2)由题意可知,只要保证沿底面发射且发射速度最大的粒子不飞出圆柱体侧面即可

$$\text{由类平抛运动规律可得 } 2L = \frac{1}{2}at^2$$

$$L = v_0 t$$

$$\text{其中 } a = \frac{qE_{\min}}{m}$$

$$\text{解得 } E_{\min} = \frac{4mv_0^2}{qL}$$

(3)因为电场存在于整个空间内,粒子在圆柱体轴线方向始终做匀加速直线运动,设粒子到达上底面所在平面所需总时间为 t_1

$$\text{有 } \frac{1}{2}a_1 t_1^2 = 2L$$

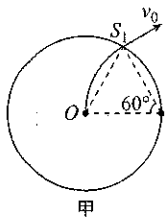
$$\text{其中 } a_1 = \frac{qE}{m}$$

在圆柱体空间内,粒子 S 在垂直圆柱体轴线方向上做匀速圆周运动,有 $qv_0 B = \frac{mv_0^2}{r_1}$

$$\text{解得 } r_1 = L$$

$$T = \frac{2\pi r_1}{v_0}$$

俯视图如图甲所示,在垂直圆柱体轴线方向粒子 S 运动的圆心角为 60°



$$\text{粒子 } S \text{ 在圆柱体内运动的时间 } t_{S1} = \frac{1}{6}T = \frac{\pi L}{3v_0}$$

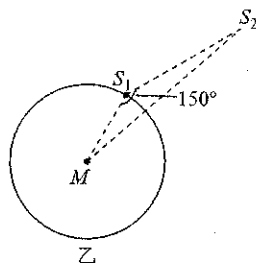
粒子 S 射出圆柱体后,在垂直圆柱体轴线方向(即平

行于底面的平面内)以速度 v_0 做匀速直线运动,之后再经过 t_{S2} 时间到达上底面所在平面且与粒子 P 相遇,有 $t_{S2} = t_1 - t_{S1}$

$$\text{解得 } t_{S2} = \frac{\sqrt{3}L}{v_0}$$

设粒子 S 、 P 在 S_2 点相遇,则有 $S_1 S_2 = v_0 t_{S2} = \sqrt{3}L$

俯视图如图乙所示,由几何关系可得 S_2 点与 M 点间的距离 $MS_2 = \sqrt{7}L$



中性粒子 P 从发射到与粒子 S 相遇所用的时间 $t_P =$

$$t_{S2} = \frac{\sqrt{3}L}{v_0}$$

$$\text{故中性粒子 } P \text{ 的发射初速度大小 } v_P = \frac{MS_2}{t_P} = \frac{\sqrt{21}}{3}v_0$$

分组练(9)

电磁感应规律的综合应用 A 组

1.【解析】导体棒切割磁感线产生的电动势为

$$E = BLv_0$$

回路中的电流为

$$I = \frac{E}{R+r}$$

极板间的电压等于电阻 R 两端的电压,为

$$U = IR$$

极板间粒子释放后的加速度方向指向下极板,根据牛顿第二定律得

$$a = \frac{Uq}{dm}$$

初速度竖直向上的粒子做匀减速直线运动,一定能到达其正上方极板处,其余粒子在水平方向做匀速直线运动,竖直方向上做匀减速直线运动,则恰好到达上极板且竖直速度减为零的粒子为到达上极板且距中心粒子最远的临界粒子,该粒子竖直分运动可逆向看作初速度为零的匀加速直线运动,所用时间为 t ,则有

$$d = \frac{1}{2}at^2$$

竖直分速度为

$$v_y = at$$

解得

$$v_y = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$$

水平方向的分速度为

$$v_x = \sqrt{v^2 - v_y^2}$$

水平最大半径为

$$r = v_x t$$

射中上极板的面积为

$$S = \pi r^2$$

联立解得

$$S = \frac{2mv^2 \pi d^2 (R+r)}{BLv_0 q R} - 4\pi d^2$$

2.【解析】(1)线框自由下落过程中,由动能定理得

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

$$\text{解得 } v = \sqrt{2gh}$$

由法拉第电磁感应定律可得感应电动势为

$$E = BLv = BL \sqrt{2gh}$$

cd 两点间的电势差为

$$U = \frac{3}{4}E = \frac{3BL \sqrt{2gh}}{4}$$

(2)线框中的电流大小为

$$I = \frac{E}{R} = \frac{BL \sqrt{2gh}}{R}$$

则 cd 边所受安培力为

$$F_{\text{安}} = BIL = \frac{B^2 L^2 \sqrt{2gh}}{R}$$

cd 边刚进入磁场时,线框的加速度恰好为零,则

$$mg = F_{\text{安}}$$

解得线框的质量为

$$m = \frac{B^2 L^2 \sqrt{2gh}}{gR}$$

(3)在线框进入磁场的过程中,通过线框的电荷量为

$$q = \bar{I} \Delta t$$

$$\text{又 } \bar{I} = \frac{\bar{E}}{R}, \bar{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \Delta \Phi = B \Delta S = BL^2$$

$$\text{解得 } q = \frac{\Delta \Phi}{R} = \frac{BL^2}{R}$$

3.【解析】(1)开关打到 1 同时解除锁定,稳定时对金属杆有

$$BI_1 L = mg \sin \theta$$

感应电流为

$$I_1 = \frac{BLv_1}{R}$$

$$\text{解得 } v_1 = \frac{mgR \sin \theta}{B^2 L^2}$$

则金属杆所受安培力的功率最大值为

$$P = BI_1 L v_1$$

$$\text{解得 } P = \frac{m^2 g^2 R \sin^2 \theta}{B^2 L^2}$$

(2)当开关打到 2 同时解除锁定,对金属杆分析有

$$mg \sin \theta - BIL = ma$$

感应电动势为

$$U = BLv$$

回路中的电流为

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{C \Delta U}{\Delta t} = \frac{CBL \Delta v}{\Delta t} = CBL a$$

$$\text{解得 } a = \frac{mg \sin \theta}{CB^2 L^2 + m}$$

则时间 t 内金属杆运动的位移为

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

$$\text{解得 } x = \frac{mgt^2 \sin \theta}{2(B^2 L^2 C + m)}$$

4.【解析】(1)金属棒 P 下滑刚进入磁场时,速度最大,设最大速度为 v_m ,之后金属棒 P 在安培力作用下做减速运动,金属棒 Q 做加速运动,直到两金属棒产生的电动势等大、反向,回路的电流为零,设金属棒 Q 匀速运动时的速度大小为 v_Q ,整个过程中通过回路中某截面的电荷量为 q ,时间为 Δt ,平均电流为 I_1 ,则有

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

$$B \cdot 2L \cdot v_P = B \cdot L \cdot v_Q$$

$$q = I_1 \cdot \Delta t$$

对金属棒 P 由动量定理得

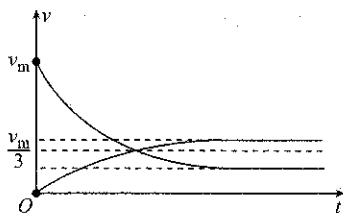
$$-BI_1 \cdot 2L \cdot \Delta t = -B \cdot 2L \cdot q = mv_P - mv_m$$

对金属棒 Q 由动量定理得

$$BI_1 L \cdot \Delta t = BLq = mv_Q - 0$$

$$\text{解得 } v_P = \frac{\sqrt{2gh}}{5}$$

(2)两金属棒在水平导轨做变速运动时,金属棒 P 的加速度大小始终等于金属棒 Q 的加速度大小的两倍。运动过程中的 $v-t$ 图像如图所示



显然图像的交点的纵坐标为 $\frac{v_m}{3}$,而两金属棒速度大小相等时距离最近,设此时金属棒 P 产生的电动势

为 E , 金属棒 Q 在电路中产生的反电动势为 E' , 回路中的感应电流为 I , 设金属棒 Q 接入电路的电阻为 R , 则金属棒 P 接入电路的电阻为 $2R$, 则有

$$E = B \cdot 2L \cdot \frac{v_m}{3}$$

$$E' = B \cdot L \cdot \frac{v_m}{3}$$

$$I = \frac{E - E'}{3R}$$

$$U = E' + IR$$

$$\text{解得 } U = \frac{4BL\sqrt{2gh}}{9}$$

分组练(10)

电磁感应规律的综合应用 B 组

1. 【解析】(1) 平均感应电动势 $\bar{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{BLd}{\Delta t}$

$$q = \bar{I} \cdot \Delta t = \frac{\Delta\Phi}{R+r} = \frac{BLd}{R+r}$$

$$\text{解得 } q = 0.5 \text{ C}$$

(2) 根据几何关系有 $\frac{H}{\sin \alpha} - H = d$

$$\text{解得 } \sin \alpha = 0.8$$

金属杆的速度等于小车速度沿轻绳方向的分量 $v_1 = v \cos \alpha = 3 \text{ m/s}$

(3) 金属杆所受的摩擦力 $F_f = \mu mg \cos \theta = 3 \text{ N}$

$$\text{金属杆所受的安培力 } F_{\text{安}} = BIL = \frac{B^2 L^2 v_1}{R+r}$$

$$\text{解得 } F_{\text{安}} = 3 \text{ N}$$

$$\text{根据牛顿第二定律可得 } F_T - mg \sin \theta - F_f - F_{\text{安}} = ma$$

$$\text{解得 } F_T = 12.56 \text{ N}$$

2. 【解析】(1) 第 1 根金属棒在倾斜轨道上运动, 到达 bc 时的速度为 v , 根据动能定理有

$$mgh - \mu mg \cos 37^\circ \cdot \frac{h}{\sin 37^\circ} = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\text{解得 } v = 5 \text{ m/s}$$

第一根金属棒在磁场中做匀速直线运动, 磁场区域的长度 $s_{ab} = vt = 5 \text{ m}$

(2) 由题意可知每根金属棒进入磁场时的速度均为 $v = 5 \text{ m/s}$

当第 2 根金属棒刚进入磁场时, 根据法拉第电磁感应定律有 $E = BLv$

$$\text{此时回路中的电流 } I = \frac{E}{2R}$$

第 2 根金属棒受到的安培力 $F = BIL$

$$\text{此时第 2 根金属棒的加速度 } a = \frac{F}{m}$$

$$\text{解得 } a = 2.5 \text{ m/s}^2$$

(3) 金属棒出磁场后做匀速直线运动, 第 n 根金属棒在磁场中运动时, 根据动量定理有

$$-BIL\Delta t = mv_n - mv$$

$$\bar{I}\Delta t = q$$

$$q = \frac{\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}{R + \frac{1}{n-1}R} \cdot \Delta t = \frac{BLs_{ab}}{R + \frac{1}{n-1}R}$$

$$\text{解得 } v_n = \frac{5}{n} \text{ m/s}$$

故可得第 6 根金属棒刚出磁场时, 第 4、5 两根金属棒的速度大小之比为

$$v_4 : v_5 = 5 : 4$$

3. 【解析】(1) 电刷改变电流方向时, 线圈平面垂直于磁场方向

(2) 电池给线圈供电, 线圈中的电流方向为 $b \rightarrow a$; 给电容器充电, 线圈中的电流方向为 $a \rightarrow b$

(3) 线圈以角速度 ω 匀速转动, 设感应电动势最大值为 E_m , 电容器两极板间的电势差为 U , 平衡时电容器储存的电荷量为 Q , 则

$$E_m = nBL_1 L_2 \omega$$

$$Q = CU$$

$$U = \frac{\sqrt{2}}{2} E_m$$

$$\text{解得 } Q = \frac{\sqrt{2}}{2} nBL_1 L_2 C \omega$$

线圈从图中实线位置转到与磁场方向平行的过程中, 设磁通量的变化量为 $\Delta\Phi$, 平均感应电动势大小为 \bar{E} , 则

$$\Delta\Phi = 0 - BL_1 L_2 \sin 45^\circ = -\frac{\sqrt{2} BL_1 L_2}{2}$$

$$\bar{E} = n \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{T}{8}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\text{解得 } \bar{E} = \frac{2\sqrt{2} nBL_1 L_2 \omega}{\pi}$$

4. 【解析】(1) 联动双杆进入磁场 1 的过程中, cd 杆切割磁感线产生的感应电动势为

$$E_{cd} = B_1 lv = 4 \text{ V}$$

流过干路的总电流为

$$I_{\text{总}} = \frac{E_{cd}}{R + \frac{R}{2}} = \frac{4}{3} \text{ A}$$

联动双杆进入磁场 1 所用时间为

$$t_1 = \frac{l'}{v} = \frac{1}{4} \text{ s}$$

通过 ab 杆的电荷量为

$$q = \frac{I_{\text{总}}}{2} t_1 = \frac{1}{6} \text{ C}$$

(2) 联动双杆进入磁场 1 的过程中产生的焦耳热为

$$Q_1 = \frac{E_{\text{总}}^2}{\frac{R}{2} + R} t_1 = \frac{4}{3} \text{ J}$$

联动双杆均在磁场 1 中运动时, ab 杆和 cd 杆产生的电动势均为

$$E_{ab} = E_{cd} = B_1 l v = 4 \text{ V}$$

将 ab 杆和 cd 杆看成一个等效电源, 则等效电源电动势和内阻分别为

$$E = E_{ab} = E_{cd} = 4 \text{ V}$$

$$r = \frac{R}{2}$$

联动双杆均在磁场 1 中运动的时间为

$$t_2 = \frac{D_1 - l'}{v} = \frac{1}{2} \text{ s}$$

联动双杆均在磁场 1 中运动时产生的焦耳热为

$$Q_2 = \frac{E^2}{\frac{R}{2} + R} t_2 = \frac{8}{3} \text{ J}$$

联动双杆出磁场 1 的过程中, ab 杆与 R 构成回路, 该过程产生的焦耳热为

$$Q_3 = \frac{E_{ab}^2}{2R} t_1 = 1 \text{ J}$$

可得 $Q_{\text{总}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 5 \text{ J}$

联动双杆匀速穿过磁场 1 的过程中, 根据能量守恒定律可知, 外力 F 做的功为

$$W_F = Q_{\text{总}} = 5 \text{ J}$$

(3) 联动双杆完全进入磁场 2 后撤去外力 F , 联动双杆在磁场 2 的运动过程中, 设 cd 杆所在位置的磁感应强度为 B_2 时, ab 杆所在位置的磁感应强度为 B_2' , 根据

$$B_2 = (0.5 + 2x) \text{ T}$$

$$\text{可知 } \Delta B = B_2 - B_2' = 2l' = 2 \text{ T}$$

联动双杆产生的总电动势为

$$E_{\text{总}} = B_2 l v_1 - B_2' l v_1 = \Delta B \cdot l v_1$$

双杆与导轨构成回路的电流为

$$I = \frac{E_{\text{总}}}{2R}$$

联动双杆受到的安培力合力大小为

$$F = B_2 I l - B_2' I l = \Delta B \cdot I l = \frac{(\Delta B)^2 l^2 v_1}{2R}$$

设联动双杆速度减为 0 时在磁场 2 中运动的位移为 s , 根据动量定理可得

$$-\frac{(\Delta B)^2 l^2 \bar{v}}{2R} \cdot t = 0 - mv$$

$$\text{又 } s = \bar{v} t$$

$$\text{联立可得 } s = 0.4 \text{ m}$$

由于 $s + l' = 1.4 \text{ m} < D_2 = 2 \text{ m}$

故联动双杆不会穿出磁场 2

分组练(11) 热学

1. 【解析】(1) 由题可知气体由状态 $D \rightarrow$ 状态 A 的过程为等温变化, 则有

$$T_D = T = 360 \text{ K}$$

气体由状态 $C \rightarrow$ 状态 D 的过程由盖-吕萨克定律有

$$\frac{V_C}{T_C} = \frac{V_D}{T_D}$$

$$\text{解得 } T_C = 540 \text{ K}$$

(2) 气体由状态 $A \rightarrow$ 状态 B 的过程压强不变, 体积增大, 则外界对气体做的功 $W = -p\Delta V = -4 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3} \text{ J} = -1600 \text{ J}$

由热力学第一定律有

$$\Delta U = Q + W = (3000 - 1600) \text{ J} = 1400 \text{ J}$$

则气体的内能增加了 1400 J

(3) 气体由状态 $A \rightarrow$ 状态 B 的过程, 气体体积增大, 气体对外界做功; 由状态 $B \rightarrow$ 状态 C 的过程, 气体的体积不变, 气体做功为零; 由状态 $C \rightarrow$ 状态 $D \rightarrow$ 状态 A 的过程, 气体的体积减小, 外界对气体做功, 因为气体做的功 $W = p\Delta V$, 所以气体由状态 $A \rightarrow$ 状态 $B \rightarrow$ 状态 $C \rightarrow$ 状态 $D \rightarrow$ 状态 A 的整个过程中, 气体对外界做功, 做的总功为几何图形 $ABCD$ 围成的面积

2. 【解析】(1) A 段理想气体的压强

$$p_1 = p_0 + p_{h_1} = (75 + 15) \text{ cmHg} = 90 \text{ cmHg}$$

B 段理想气体的压强

$$p_2 = p_1 - p_{h_2} = (90 - 20) \text{ cmHg} = 70 \text{ cmHg}$$

(2) 再次稳定后有

$$p_1' = p_0 = 75 \text{ cmHg}$$

$$p_2' = p_1' - p_L = (75 - 19) \text{ cmHg} = 56 \text{ cmHg}$$

根据玻意耳定律有

$$p_1 l_1 = p_1' l_1'$$

$$p_2 l_2 = p_2' l_2'$$

$$\text{解得 } l_1' = 12 \text{ cm}, l_2' = 12.5 \text{ cm}$$

$$\text{则有 } \Delta x = l_1' - l_1 + l_2' - l_2 = 4.5 \text{ cm}$$

3. 【解析】(1) 设试驾员甲坐在支撑面上后, 缸内气体的压强由 p_1 变为 p_2 , 气体做等温压缩, 根据玻意耳定律有

$$p_1 L S = p_2 \frac{L}{3} S$$

以活塞与支撑面及它们间的固定杆整体为对象,进行受力分析有

$$p_1 S = p_0 S + mg$$

$$p_2 S = p_0 S + mg + Mg$$

$$\text{联立解得 } M = 2m + \frac{2p_0 S}{g}$$

(2) 设原本气缸内的气体在大气压下体积为 V_0 , 充入空气体积为 V , 换试驾员乙坐在支撑面上后, 气体做等温压缩, 根据玻意耳定律有

$$p_1 L S = p_0 V_0$$

$$p_0 (V_0 + V) = p_3 \frac{L}{3} S$$

以活塞与支撑面及它们间的固定杆整体为对象, 进行受力分析有

$$p_1 S = p_0 S + mg$$

$$p_3 S = p_0 S + mg + 1.5Mg$$

$$\text{联立解得 } V = \frac{L}{3} (S + \frac{mg}{p_0})$$

4. 【解析】(1) 在活塞 b 缓慢上升的过程中, 活塞 a 、 b 下方的气体进行等压变化, 气体的压强 $p = p_0 + \frac{G_2}{S} =$

$$\frac{5}{4} p_0$$

开始时活塞 a 、 b 下方气体的体积 $V_1 = \frac{3}{2} HS$, 温度为 T_1 , 当活塞 b 刚好升到顶部时, 活塞 a 、 b 下方气体的体积 $V_2 = 2HS$

温度设为 T_2 , 根据盖-吕萨克定律有

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\text{解得 } T_2 = \frac{4}{3} T_1$$

在此过程中, 外界对活塞 a 、 b 下方气体做的功 $W =$

$$-p \cdot \frac{SH}{2} = -\frac{5}{8} p_0 SH$$

活塞 a 、 b 下方气体内能的增加量 $\Delta U = k(T_2 - T_1) = \frac{1}{3} kT_1$

根据热力学第一定律有

$$\Delta U = Q + W$$

$$\text{解得 } Q = \frac{1}{3} kT_1 + \frac{5}{8} p_0 SH$$

(2) 加热前活塞 a 上方气体的压强 $p_1 = p - \frac{G_1}{2S} = p_0$

在活塞 a 上升的过程中, 活塞 a 上方的气体进行等温变化, 根据玻意耳定律有

$$p_1 \cdot \frac{1}{2} H \cdot 2S = p_2 \cdot \frac{1}{8} H \cdot 2S$$

解得 $p_2 = 4p_0$

对活塞 a 进行受力分析有

$$G_1 + p_2 \cdot 2S = p_3 \cdot 2S$$

对活塞 b 进行受力分析有

$$F + p_0 S + G_2 = p_3 S$$

联立解得 $F = 3p_0 S$

分组建(12) 机械振动和机械波

1. 【解析】(1) 由图甲可知, 波长 $\lambda = 36 \text{ cm}$

由图乙可知, 周期 $T = 2 \text{ s}$

$$\text{波速 } v = \frac{\lambda}{T} = 18 \text{ cm/s}$$

由图乙可知, 当 $t = \frac{1}{3} \text{ s}$ 时, 质点 Q 向上运动, 结合图甲可知, 波沿 x 轴负方向传播

(2) 设质点 P 、 Q 平衡位置的 x 坐标分别为 x_P 、 x_Q , 由图甲可知, $x = 0$ 处有

$$y = -\frac{A}{2} = A \sin(-\frac{\pi}{6})$$

$$\text{因此 } x_P = \frac{\pi}{2\pi} \lambda = 3 \text{ cm}$$

由图乙可知, 当 $t = 0$ 时, 质点 Q 处于平衡位置, 经 $\Delta t = \frac{1}{3} \text{ s}$, 其振动状态沿 x 轴负方向传播至质点 P 处

故质点 P 、 Q 平衡位置间的距离 $\Delta x = x_Q - x_P = v \Delta t = 6 \text{ cm}$

则质点 Q 平衡位置的 x 坐标 $x_Q = x_P + \Delta x = 9 \text{ cm}$

2. 【解析】(1) 两列波在该介质中传播的速度均为

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

解得 $v = 40 \text{ m/s}$

由于两波源与质点 P 处的距离之差 $\Delta x = [(12 - 4) - 4] \text{ m} = 4 \text{ m} = \lambda$

且两波源的振动情况完全相同, 故质点 P 处是振动加强点

(2) 波源 S_1 的波形传播到质点 P 处经历的时间 $t_1 = \frac{4}{40} \text{ s} = 0.1 \text{ s}$

波源 S_2 的波形传播到质点 P 处经历的时间 $t_2 = \frac{12 - 4}{40} \text{ s} = 0.2 \text{ s}$

则在波源 S_2 的波形传播到质点 P 处之前, 质点 P 通过的路程 $y_1 = 4A = 16 \text{ cm}$

之后经历的时间为 $(0.35 - 0.2) \text{ s} = 0.15 \text{ s} = \frac{3}{2} T$

此时间内质点 P 振动加强, 振幅 $A' = 2A = 8 \text{ cm}$

此时间内质点 P 通过的路程 $y_2 = \frac{3}{2} \times 4A' = 48 \text{ cm}$

则从 $t=0$ 至 $t=0.35 \text{ s}$ 时间内质点 P 通过的路程 $y = y_1 + y_2 = 64 \text{ cm}$

3.【解析】(1) 根据每条小船每分钟上、下浮动 20 次可知, 水波的周期 $T = \frac{60}{20} \text{ s} = 3 \text{ s}$

由 $\lambda = vT$

解得 $\lambda = 12 \text{ m}$

由题意可知, 两小船平衡位置间的距离 $x = \frac{3}{4}\lambda = 9 \text{ m}$

(2) 浮标位于两小船平衡位置连线的中点, 即浮标与

小船 A 、 B 的距离均为 $\frac{3}{8}\lambda$, $t=0$ 时, 小船 A 位于波

峰, 水波从小船 A 向小船 B 传播, 说明浮标距波源一

侧最近的平衡位置的距离为 $(\frac{3}{8} - \frac{1}{4})\lambda = \frac{\lambda}{8}$

浮标第一次回到平衡位置的时间 $t = \frac{\lambda}{v} = 0.375 \text{ s}$

4.【解析】(1) 由图可知, 该波的波长 $\lambda = 8 \text{ m}$, 故周期 T

$= \frac{\lambda}{v} = \frac{8}{2} \text{ s} = 4 \text{ s}$

(2) 由题可知, $x=3 \text{ m}$ 处的质点在 $t=1 \text{ s}$ 时由平衡位置向 y 轴负方向振动

$1 \sim 2 \text{ s}$ 的过程中, $\Delta t = (2-1) \text{ s} = 1 \text{ s} = \frac{T}{4}$

故 $x=3 \text{ m}$ 处的质点在 $t=2 \text{ s}$ 时恰好在波谷, 位移 $y = -A = -20 \text{ cm}$

(3) $t=1 \text{ s}$ 时, $x=0$ 处的质点的位移 $y = -20 \times \sin \frac{2\pi}{8} \text{ cm} = -10\sqrt{2} \text{ cm}$, 沿 y 轴正方向振动, 若以此

时刻为计时起点, 该质点的振动方程为 $y = A \sin(\frac{2\pi}{T}t' - \frac{\pi}{4})$

要再次回到波峰, 则有

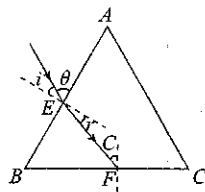
$$\sin(\frac{2\pi}{T}t' - \frac{\pi}{4}) = 1$$

$$\text{解得 } t' = (\frac{3}{2} + 4k) \text{ s} (k=0, 1, 2, 3 \dots)$$

故从 $t=1 \text{ s}$ 开始, $x=0$ 处的质点至少经 $\frac{3}{2} \text{ s}$ 回到波峰

分组建(13) 光学

1.【解析】(1) 设全反射的临界角为 C , 根据题意作出光路图, 如图所示



根据折射定律有 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

根据全反射临界角公式有 $\sin C = \frac{1}{n}$

根据几何关系可知

$$i = 30^\circ, \angle BEF + \angle BFE = 120^\circ$$

则 $r + C = 60^\circ$

$$\text{联立解得 } n = \frac{\sqrt{21}}{3}$$

(2) 光在三棱镜中的传播速度 $v = \frac{c}{n}$

根据正弦定理有 $\frac{EF}{\sin 60^\circ} = \frac{BE}{\sin(90^\circ - C)}$

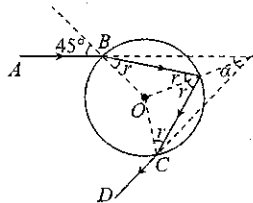
光从 E 点传播到 F 点所用的时间 $t = \frac{EF}{v}$

$$\text{联立解得 } t = \frac{7L}{4c}$$

2.【解析】(1) 根据光在介质中的传播速度 $v = \frac{c}{n}$

解得 $n = \sqrt{2}$

(2) 根据题意作出光路图, 如图所示



根据折射定律有 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

解得 $r = 30^\circ$

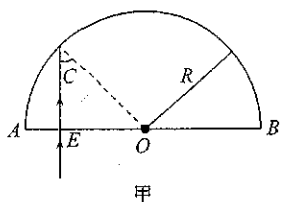
根据几何关系及对称性, 有

$$\frac{\alpha}{2} = r - (i - r) = 2r - i$$

解得 $\alpha = 30^\circ$

方向改变的角度 $\beta = 180^\circ - \alpha = 150^\circ$

3.【解析】(1) 如图甲所示, 设在 O 点左侧从 E 点射入的光线, 进入玻璃砖后在上表面的人射角恰好等于全反射的临界角 C , 则 OE 区域的入射光线经上表面折射后都能从玻璃砖射出



甲

根据全反射临界角公式有 $\sin C = \frac{1}{n}$

根据几何关系可知 $OE = R \sin C$

由对称性可知 $OE = 10\sqrt{2}$ cm

联立解得 $n = \sqrt{2}$

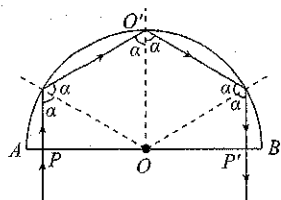
(2) 设该光线从 P 点入射, 第一次射到圆弧面上时的入射角为 α

根据几何关系可知 $OP = R \sin \alpha$

解得 $\alpha = 60^\circ$

因为 $\alpha > C$, 所以会发生全反射

由全反射知识及对称性, 作出该光线在玻璃砖中传播的光路图, 如图乙所示



乙

该光线从 P 点射入至从 P' 点射出所走的路程

$$x = 2(R \cos \alpha + R) = 0.6 \text{ m}$$

在玻璃砖中的传播速度 $v = \frac{c}{n}$

所以该光线从射入玻璃砖到第一次射出玻璃砖所经历的时间

$$t = \frac{x}{v} = 2\sqrt{2} \times 10^{-9} \text{ s}$$

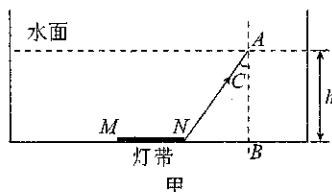
4. 【解析】(1) 从灯带发出的竖直向上的绿光垂直射出水面, 所用路程最短为 h , 用时最短

绿光在水中的传播速度 $v = \frac{c}{n}$

则最短时间 $t = \frac{h}{v}$

$$\text{解得 } t = \frac{\sqrt{3}h}{c}$$

(2) 如图甲所示, 设灯带 N 端发出的绿光在水面上的 A 点发生全反射, 全反射的临界角为 C



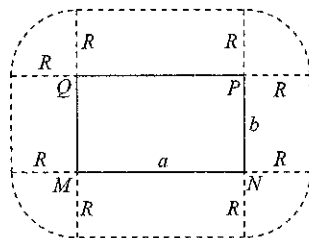
甲

根据全反射临界角公式有 $n = \frac{1}{\sin C}$

根据几何关系可知 $NB = h \tan C$

$$\text{解得 } NB = \frac{\sqrt{2}}{2}h$$

能直接射出绿光的水面形状如图乙所示, 扇形的半径 $R = NB$



乙

$$\text{总面积 } S = ab + \pi R^2 + 2Ra + 2Rb$$

$$\text{解得 } S = ab + \frac{1}{2}\pi h^2 + \sqrt{2}(a+b)h$$

(3) 因为 $n = \frac{1}{\sin C}$, 而 $n_{\text{红}} < n_{\text{绿}}$, 故 $C_{\text{红}} > C_{\text{绿}}$, 所以只发出红光时 NB 长度变长, 红光时水面有红光射出的面积比绿光时水面有绿光射出的面积大



反馈意见有奖