

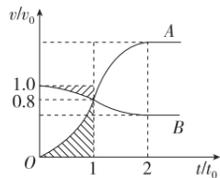


章末素养测评(一)

- D** 【解析】 物体的动量与物体的速度和质量有关,轮胎不能减小船舶碰撞时的动量,故A错误;由动量定理  $I = p - p' = mv - mv_0$ ,可知轮胎不能减小船舶碰撞过程中受到的冲量,故B错误;轮胎不能减小船舶碰撞过程中动量的变化量,故C错误;轮胎可以延长船舶碰撞过程的作用时间,使碰撞过程中动量的变化率减小,故D正确.
- A** 【解析】 对人和竹竿组成的系统,可看成入船模型,所以  $m_1 x_1 = m_2 x_2$ ,代入数据可得人的质量为  $m_2 = 45 \text{ kg}$ ,故选A.
- D** 【解析】 设该同学从平板车上跳起后沿水平方向的分速度大小为  $v_1$ ,平板车的速度大小为  $v_2$ ,由于水平面光滑,二者沿水平方向的动量守恒,则有  $Mv_1 - mv_2 = 0$ ,设该同学从右端到达左端的时间为  $t$ ,则该同学的位移大小  $x_1 = v_1 t$ ,平板车的位移大小  $x_2 = v_2 t$ ,由空间几何关系得  $x_1 + x_2 = L$ ,联立解得  $x_2 = \frac{ML}{m+M}$ ,故A、B、C错误,D正确.
- C** 【解析】 甲、乙与桌面之间的动摩擦因数不同,质量相同,知甲和乙组成的系统受到合外力不为零,故甲和乙组成的系统动量不守恒,故A错误;设甲、乙两条形磁铁间的吸引力为  $F$ ,则吸引力对甲、乙两条形磁铁间的冲量大小相等,设为  $I_F$ ,根据动量定理,甲、乙的动量大小分别为  $p_{\text{甲}} = I_F - \mu_{\text{甲}} m_{\text{甲}} g t$ ,  $p_{\text{乙}} = I_F - \mu_{\text{乙}} m_{\text{乙}} g t$ ,由于  $\mu_{\text{甲}} > \mu_{\text{乙}}$ ,二者的质量相等,可知  $p_{\text{甲}} < p_{\text{乙}}$ ,知甲和乙组成的系统总动量方向向左,故B错误,C正确;甲、乙两条形磁铁的动量大小分别为  $p_{\text{甲}} = mv_{\text{甲}}$ ,  $p_{\text{乙}} = mv_{\text{乙}}$ ,由于质量相等,且任一时刻  $p_{\text{甲}} < p_{\text{乙}}$ ,可知甲的速度比乙的小,故D错误.
- A** 【解析】 设一共抛入  $n$  个沙袋,这些沙袋抛入车的过程,满足水平方向动量守恒,可得  $Mv_0 - n \cdot mv = 0$ ,解得  $n = \frac{Mv_0}{mv} = 20$ ,即抛入20个沙袋,车恰好停止运动,故A正确.
- C** 【解析】 设水从水枪口喷出的速度为  $v_0$ ,极短时间  $\Delta t$  内水与小铁盒作用过程中对水由动量定理可得  $F \Delta t = \rho v_0 \Delta t S \times 2v$ ,水从枪口喷出到铁盒处有  $v^2 - v_0^2 = -2gh$ ,其中铁盒悬停受到水的冲击力为  $F' = m_{\text{铁盒}} g = 160 \text{ N}$ ,根据牛顿第三定律,铁盒对水的作用力为  $F = F' = 160 \text{ N}$ ,又  $h = 1.8 \text{ m}$ ,解得  $v = 8 \text{ m/s}$ ,  $v_0 = 10 \text{ m/s}$ ,故A、D错误,C正确;时间  $\Delta t$  内从枪口喷出水的动能为  $E_k = \frac{1}{2} \rho S v_0 \Delta t \cdot v_0^2$ ,根据动能定理有  $W = E_k$ ,又  $W = Pt$ ,则水枪的输出功率为  $P = \frac{E_k}{\Delta t} = \frac{1}{2} \rho S v_0 \cdot v_0^2 = 0.5 \text{ kW}$ ,故B错误.
- D** 【解析】 如果小球从小车上端离开小车,离开小车时水平方向和小车共速,水平方向小球和小车相对静止,所以小球一定还能落回小车,故A错误;小球在小车上滑动过程中,系统只有重力和系统内弹力做功,所以系统机械能守恒,故B错误;小球在小车曲面上滑动过程中,系统合外力不为零,所以系统动量不守恒,只是在水平方向系统不受外力,水平方向动量守恒,故C错误;小球再次滑到小车底端时,对小球和小车系统由能量守恒和水平方向动量守恒得  $\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2$ ,  $m v_0 = m v_1 + m v_2$ ,解得  $v_1 = 0$ ,

$v_2 = v_0$ ,所以小球从左端离开小车后做自由落体运动,故D正确.

- CD** 【解析】 根据动能与动量的关系,可知碰前白球的动量为  $p_0 = \sqrt{2mE}$ ,碰后绿球的动量为  $p_2 = \sqrt{2m \cdot \frac{4E}{9}}$ ,两球碰撞的过程动量守恒,则有  $p_0 = p_1 + p_2$ ,碰后白球的动量为  $p_1 = \frac{1}{3} \sqrt{2mE}$ ,所以碰后白球的动能为  $E_1 = \frac{E}{9}$ ,B错误;该碰撞损失的动能为  $\Delta E = E - \frac{4}{9} E - \frac{E}{9} = \frac{4E}{9}$ ,即该碰撞为非弹性碰撞,A错误,C正确;两球质量相同,由公式  $p = mv$ ,可知  $v \propto p$ ,则碰后白球与绿球的速度之比为1:2,D正确.
- BD** 【解析】 设重锤与样本冲击前的速度为  $v_1$ ,根据速度位移关系  $v_1^2 = 2gh$ ,可得  $v_1 = 7 \text{ m/s}$ ,与样本冲击过程,重锤的动量变化量大小为  $\Delta p = m v_2 - (-m v_1) = 1200 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ,故A错误,B正确;以竖直向上为正方向,根据动量定理可得  $(F - mg) \Delta t = m v_2 - (-m v_1)$ ,解得  $F = 25 \text{ 000 N}$ ,故C错误,D正确.
- AD** 【解析】 由图可知在  $t_0$  时刻两物块共速,则由动量守恒定律有  $m_B v_0 = (m + m_B) 0.8 v_0$ ,解得物块B的质量为  $m_B = 4m$ ,选项A正确;分离时弹簧恰恢复到原长,则由动量守恒定律和能量守恒定律得  $m_B v_0 = m_A v_1 + m_B v_2$ ,  $\frac{1}{2} m_B v_0^2 = \frac{1}{2} m_A v_1^2 + \frac{1}{2} m_B v_2^2$ ,解得分离后物块A、B的速度大小分别为  $v_1 = 1.6 v_0$ ,  $v_2 = 0.6 v_0$ ,选项B错误;当两物块共速时弹簧弹性势能最大,则碰撞过程中弹簧的最大弹性势能为  $E_{\text{pm}} = \frac{1}{2} m_B v_0^2 - \frac{1}{2} (m_A + m_B) (0.8 v_0)^2 = 0.4 m v_0^2$ ,选项C错误;在  $0 \sim t_0$  时间内弹簧被压缩,A的位移  $x_A = 0.32 v_0 t_0$  (即图中下方阴影面积),因A、B受弹力等大,则A、B加速度之比为4:1,则  $0 \sim t_0$  时间内B比以  $1 \text{ m/s}$  的速度匀速运动时,减小的位移为  $\Delta x_B = \frac{1}{4} x_A = 0.08 v_0 t_0$  (即图中上方阴影面积),B的位移  $x_B = v_0 t_0 - 0.08 v_0 t_0 = 0.92 v_0 t_0$ ,可得弹簧压缩量的最大值为  $\Delta l = x_B - x_A = 0.6 v_0 t_0$ ,选项D正确.



- (1)天平 (2)匀速直线 (3)-0.011 ③  
【解析】 (1)要计算滑块的动量还需要测量滑块的质量,故还需要的器材是天平.  
(2)为了减小重力对实验的影响,应该让气垫导轨处于水平位置,故调节气垫导轨后要使滑块能在气垫导轨上近似做匀速直线运动.  
(3)取滑块A碰前运动方向为正方向,根据  $x-t$  图像可知滑块B碰前的速度为  $v_B = \frac{0.424 - 0.476}{0.9} \text{ m/s} \approx -0.058 \text{ m/s}$ ,则滑块B碰前的动量为  $p_B = m_B v_B = 0.1978 \text{ kg} \times (-0.058) \text{ m/s} \approx -0.011 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ;由题意可知两滑块相碰要符合碰撞制约关系,则④图线为碰前滑块A的图线,由图可知碰后③图线的速度大于②图线的速度,根据“后不超前”的原则可知③为碰后滑块A的图线.

- (1)A (2)  $m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON$  (3)2 (4)  $\frac{m_3}{y_2} = \frac{m_3}{y_3} + \frac{m_4}{y_1}$

【解析】 (1)根据动量守恒定律得  $m_1 v_A = m_1 v_A' + m_2 v_B'$ ,小球做平抛运动的高度相同,所用时间  $t$  相同,水平方向有  $OP = v_A t$ ,  $OM = v_A' t$ ,  $ON = v_B' t$ ,联立可得  $m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON$ ,除了要测出  $OP$ 、 $OM$ 、 $ON$  的长度外,还需要测量两个小球的质量,故选A.

(2)根据(1)问分析可知,当所测物理量满足表达式  $m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON$ ,即说明两球碰撞遵守动量守恒定律.

(3)系统碰撞前总动量  $p$  与碰撞后总动量  $p'$  的百分误差为  $\frac{|p-p'|}{p} = \frac{|m_1 \cdot OP - m_1 \cdot OM - m_2 \cdot ON|}{m_1 \cdot OP}$ ,代入数据可得  $\frac{|p-p'|}{p} = \frac{|2m_2 \times 8.62 - 2m_2 \times 2.68 - m_2 \times 11.50|}{2m_2 \times 8.62} \approx 2\%$ .

(4)由题意可知,小球D、E做平抛运动,在水平方向的位移相等,设为  $x'$ ,在碰撞前小球D的速度为  $v_1$ ,碰撞后小球D的速度为  $v_2$ ,小球E的速度为  $v_3$ ,在竖直方向则有  $y_1 = \frac{1}{2} g \left(\frac{x'}{v_1}\right)^2$ ,  $y_2 = \frac{1}{2} g \left(\frac{x'}{v_2}\right)^2$ ,  $y_3 = \frac{1}{2} g \left(\frac{x'}{v_3}\right)^2$ ,解得  $v_3^2 = \frac{g x'^2}{2 y_3}$ ,  $v_1^2 = \frac{g x'^2}{2 y_1}$ ,  $v_2^2 = \frac{g x'^2}{2 y_2}$ ,D、E两小球在碰撞前后,若满足关系式  $\frac{1}{2} m_3 v_1^2 = \frac{1}{2} m_3 v_2^2 + \frac{1}{2} m_4 v_3^2$ ,即  $m_3 \frac{g x'^2}{2 y_2} = m_3 \frac{g x'^2}{2 y_3} + m_4 \frac{g x'^2}{2 y_1}$ ,可得  $\frac{m_3}{y_2} = \frac{m_3}{y_3} + \frac{m_4}{y_1}$ ,则可认为碰撞前后两球的总动能相等.

- (1)23 N (2)5:4 (3)1.5 N·s

【解析】 (1)篮球从  $H = 0.8 \text{ m}$  的高度落到水平地板上,与地板第一次碰撞前篮球的瞬时速度大小为  $v_0 = \sqrt{2gH} = 4 \text{ m/s}$

由于每次弹跳上升的高度总等于碰前下落高度的  $\frac{16}{25}$ ,可得碰后的速度大小为

$$v_1 = 0.8 v_0$$

第一次球与地板碰撞,设地板对球的平均作用力大小为  $F_1$ ,选竖直向上为正方向,根据动量定理有  $F_1 t - mgt = m v_1 - (-m v_0)$

$$\text{解得 } F_1 = 23 \text{ N}$$

(2)第二次碰后瞬时速度为  $v_2 = 0.8 v_1 = 0.8^2 v_0$

设第一次和第二次与地板碰撞过程,球所受的冲量大小分别为  $I_1$ 、 $I_2$ ,选竖直向上为正方向,根据动量定理有

$$I_1 = m v_1 - (-m v_0), I_2 = m v_2 - (-m v_1)$$

$$\text{解得 } I_1 : I_2 = 5 : 4$$

(3)球跳起后上升高度  $h' = \frac{16}{25} H'$

若不用手拍球,欲使球跳起  $0.8 \text{ m}$ ,应使球的下落高度为

$$H' = \frac{25}{16} h' = 1.25 \text{ m}$$

由机械能守恒定律可得  $mg(H'-h') = \frac{1}{2}mv^2$

解得  $v=3\text{ m/s}$

则应在  $0.8\text{ m}$  处给球的冲量大小为

$$I=mv=1.5\text{ N}\cdot\text{s}$$

14. (1)见解析 (2) $0.9v_0$  (3) $\frac{9m_0v_0}{100t}$

**【解析】**(1)返、推组合体要减速制动,根据牛顿运动定律可知,推进舱主发动机喷气的方向与  $v_0$  的方向相同,即向前喷气.

(2)返、推组合体喷气获得的反推力沿  $v_0$  的反方向,在此方向上,根据动量守恒定律有  $m_0v_0=0.1m_0v_1+(m_0-0.1m_0)v_2$

解得  $v_2=0.9v_0$

(3)减速制动过程,以发动机喷出气体为研究对象,根据动量定理有

$$\overline{F}t=0.1m_0v_1-0.1m_0v_0$$

$$\text{解得 } \overline{F} = \frac{9m_0v_0}{100t}$$

根据牛顿第三定律有,返、推组合体受到的平均作用力  $\overline{F}' = \frac{9m_0v_0}{100t}$

15. (1) $120\text{ N}$ ,方向竖直向下 (2) $16\text{ J}$

**【解析】**(1)小球由静止释放至最低点的过程中机械能守恒,有  $mgL = \frac{1}{2}mv_0^2$

得  $v_0=5\text{ m/s}$

在最低点由牛顿第二定律得  $F_T - mg = \frac{mv_0^2}{L}$

联立解得  $F_T=120\text{ N}$

由牛顿第三定律可知  $F_T'=F_T=120\text{ N}$

方向竖直向下

(2)A 与球发生弹性碰撞,根据动量守恒定律和机械能守恒定律有

$$mv_0 = mv_1 + m_A v_A$$

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

解得  $v_A=8\text{ m/s}$

接着 A 与 B 发生完全非弹性碰撞,根据动量守恒定律和能量守恒定律有

$$m_A v_A = (m_A + m_B) v_{共}$$

$$W_{弹} = \frac{1}{2}m_A v_A^2 - \frac{1}{2}(m_A + m_B) v_{共}^2$$

解得  $W_{弹}=16\text{ J}$

### 章末素养测评(二)

1. D **【解析】**简谐运动的合外力时刻发生变化,是一种非匀变速运动,故 A 错误;做简谐运动的物体在平衡位置的速度最大,不为 0,故 B 错误;做简谐运动的物体经过同一位置时的速度大小一定相同,速度方向不一定相同,故 C 错误;做简谐运动的物体的位移方向与回复力方向必然相反,故 D 正确.

2. D **【解析】**把图甲中倾角为  $\theta$  的光滑斜面上的小球沿斜面拉下一段距离,然后松开,小球做往复运动,与弹簧振子的运动规律相似,满足  $F=-kx$ ,为简谐运动,故 A 与题意不符;如果不考虑水的粘滞阻力,木筏受力情况是,受到重力和水的浮力,重力恒定不变,浮力与排开水的体积成正比,木筏静止时位置看作平衡位置,由此可知以平衡位置为坐标原点,木筏所受合力与其偏离平衡位置的位移成正比,且方向相反,则可以判定木筏做简谐运动,故 B 与题意不符;小球的受力情况是,受到重力和圆弧面的支持力,重力恒定不变,支持力始终与运动方向垂直,这样就与单摆具有类似的运动,从而判定小球做简谐运动,故 C 与题意不符;图丁中,倾角均为  $\theta$  的两光滑斜面,让小球在斜面某处从静止开始在两斜面间来回运动,重力沿斜面的分力提供回复力,但该力大小不变,不与位移成正比,故小球的运动不是简谐运动,故 D 与题意相符.

3. D **【解析】**对 A、B 整体有  $kx=(M+m)a$ ,对 A 有  $F_t=ma$ ,联立解得  $F_t = \frac{m}{M+m}kx$ ,故 D 正确.

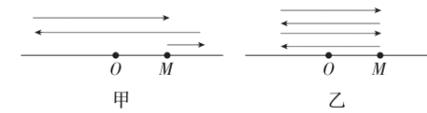
4. B **【解析】**质点通过 M、N 两点时速度相同,说明 M、N 两点关于平衡位置对称,由时间的对称性可知,质点由 N 点到最大位移处与由 M 点到最大位移处的时间相等,都为  $t_1=0.5\text{ s}$ ,则  $\frac{T}{2}=t_{MN}+2t_1=2\text{ s}$ ,解得  $T=4\text{ s}$ ,质点在这 2 s 内通过的路程恰为 2A,即  $2A=12\text{ cm}$ ,解得  $A=6\text{ cm}$ ,故 B 正确.

5. A **【解析】**从 A、B 点滑下均做单摆模型运动,由单摆周期公式  $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ,可得  $t_1 = \frac{T_A}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{R}{g}}$ ,  $t_2 = \frac{T_B}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{R}{g}}$ ,R 为球面半径,故  $t_1=t_2$ ;A 点离平衡位置远些,高度差大,故从 A 点滚下到达平衡位置 O 时速度大,即  $v_1 > v_2$ ,故 A 正确,B、C、D 错误.

6. B **【解析】**根据  $y-t$  图像斜率表示速度可知在  $t=0.3\text{ s}$  时刻,鱼漂的速度方向竖直向上,故 A 错误; $t=0.3\text{ s}$  时鱼漂的位移为正,根据牛顿第二定律有  $a = \frac{-kx}{m}$ ,可知鱼漂的加速度方向竖直向下,故 B 正确;该鱼漂的振动频率为  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.8}\text{ Hz} = 1.25\text{ Hz}$ ,故 C 错误;鱼漂离平衡位置越远,速度越小,位移越大,加速度越大,鱼漂离平衡位置越近,速度越大,位移越小,加速度越小,则该鱼漂在振动的过程中,不存在速度和加速度均减小的时间段,故 D 错误.

7. A **【解析】**由题意可知,小球做简谐运动的振幅为  $2\text{ cm}$ ,设简谐运动的方程为  $x = A\sin(\omega t + \varphi)$ , $t=0$  时,有  $1\text{ cm} = 2\text{ cm} \cdot \sin\varphi$ ,解得  $\varphi = \frac{\pi}{6}$ ,所以  $x = 2\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)\text{ cm}$ ,当  $t = \frac{8}{3}\text{ s}$  时,有  $-2\text{ cm} = 2\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)\text{ cm}$ ,解得  $\omega = \frac{\pi}{2}\text{ rad/s}$ ,所以  $x = 2\sin\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{6}\right)\text{ cm}$ ,小球运动的初相位为  $\frac{\pi}{6}$ ,小球运动的周期  $T = \frac{2\pi}{\omega} = 4\text{ s}$ ,故 A 正确,C 错误;小球从 A 向 O 运动时,弹簧可能由压缩状态变为伸长状态,弹性势能可能先减少后增加,故 B 错误;小球运动时位移的方向由平衡位置 O 点指向小球所处的位置,加速度方向由小球所处的位置指向平衡位置 O 点,两者方向总是相反的,故 D 错误.

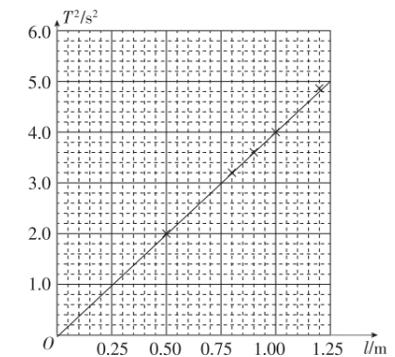
8. BD **【解析】**若小球的运动路线如图甲所示,则  $4\text{ s}$  振动 1 个周期,故振动的周期为  $T=4\text{ s}$ ;若小球的运动路线如图乙所示,则  $4\text{ s}$  振动 2 个周期,故振动的周期为  $T=2\text{ s}$ ,选项 B、D 正确.



9. AD **【解析】**振子运动到 C 点时速度恰为 0,此时放上小物块,系统的总能量即为此时弹簧储存的弹性势能不变,故振幅不变,即  $A_2=A$ ;振子运动到平衡位置时速度最大,弹簧的弹性势能为零,放上小物块后,系统的机械能减小,根据能量守恒定律可得机械能转化为弹性势能总量减小,故弹簧的最大伸长(压缩)量减小,即振幅减小,所以  $A_1 < A$ ,故选 A、D.

10. AD **【解析】**摆球在最低点时悬线拉力最大,在最高点时拉力最小, $t=0.2\text{ s}$  时拉力最大,摆球正经过最低点,A 正确; $t=1.1\text{ s}$  时拉力最小,摆球正经过最高点,B 错误;摆球摆动过程中,拉力的峰值越来越小,说明摆球在最低点时速度越来越小,则机械能越来越小,C 错误;从摆球经过最低点时开始,要经过两个最高点才能回到初始位置,所以单摆的周期是  $T=1.4\text{ s}-0.2\text{ s}=1.2\text{ s}$ ,D 正确.

11. 如图所示  $9.86(9.84\sim 9.88\text{ 均可})$



**【解析】**在坐标系中,依据表格中记录的数据,描出各点,画出  $T^2-l$  图像如图所示,则图像的斜率大约为  $k=4.0$ ,根据  $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  可得  $T^2 = \frac{4\pi^2}{g}l$ ,所以图像的斜率  $k = \frac{4\pi^2}{g}$ ,重力加速度  $g = \frac{4\pi^2}{k} \approx 9.86\text{ m/s}^2$ .

12. (1)丁 (2)97.50 (3) $\frac{4\pi^2 n^2 L}{t^2}$  (4)9.86 (5) $x=L\theta \cdot \sin\sqrt{\frac{g}{L}}t$

**【解析】**(1)制作单摆时,为了保证摆动过程中摆长保持不变,应该选择的悬挂方式是图丁.

(2)题图乙中刻度尺的分度值为  $0.1\text{ cm}$ ,由图乙可知,摆长为  $L=97.50\text{ cm}$ .

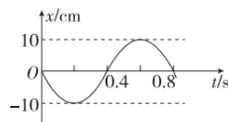
(3)根据单摆周期公式  $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ,又  $T = \frac{t}{n}$ ,联立可得重力加速度为  $g = \frac{4\pi^2 n^2 L}{t^2}$ .

(4)根据  $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = \frac{t}{n}$ ,整理可得  $t^2 = \frac{4\pi^2 n^2}{g}L$ ,可知  $t^2-L$  图像的斜率为  $k = \frac{4\pi^2 n^2}{g}$ .

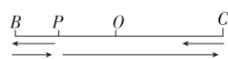
可知当地的重力加速度为  $g = \frac{4\pi^2 n^2}{k} = \frac{4 \times 3.14^2 \times 30^2}{3600} \text{ m/s}^2 \approx 9.86 \text{ m/s}^2$ .

(5) 单摆的周期为  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ , 从平衡位置拉开很小的角度  $\theta$  后由静止释放, 则振幅为  $A = L\sin\theta \approx L\theta$ , 以平衡位置作为计时起点, 则此摆球偏离平衡位置的位移  $x$  与时间  $t$  的关系式为  $x = A\sin\frac{2\pi}{T}t$ , 联立可得  $x = L\theta \cdot \sin\sqrt{\frac{g}{L}}t$ .

13. (1) 0.8 s (2) 2.0 m (3)  $x = -10\sin 2.5\pi t$  (cm) 如图所示



【解析】(1) 根据已知条件分析得振子的运动情况如图



结合运动的对称性可知周期

$$T = 0.6 \text{ s} + (0.6 \text{ s} - 0.2 \text{ s} \times 2) = 0.8 \text{ s}$$

(2) B、C 之间的距离为 20 cm, 则  $A = 10 \text{ cm}$

在  $4.0 \text{ s} = 5T$  的时间内, 振子的路程

$$s = 5 \times 4A = 200 \text{ cm} = 2.0 \text{ m}$$

(3) 已知振幅为 10 cm, 规定从 O 到 B 为正方向,  $t = 0$  时刻振子从平衡位置向 C 运动, 振子的位移为 0, 运动的方向为负, 则弹簧振子位移表达式为

$$x = -A\sin\frac{2\pi}{T}t = -10\sin 2.5\pi t \text{ (cm)}$$

振动图像如图所示

14. (1)  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$  (2) 见解析

【解析】(1) 根据题意可知, 要想满足小球 B 在 x 方向上的“影子”和小球 A 在 x 轴上的位置时刻重合, 则小球 B 和小球 A 在 x 方向上的速度相同, 设小球 A 在 O 点的速度为  $v_A$ , 则小球 A 由右侧最大位移处运动到 O 点的过程中, 由机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2}kR^2 = \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$\text{解得 } v_A = R\sqrt{\frac{k}{m}}$$

当小球 A 由右侧最大位移处移动到 O 点时, 小球 B 运动到最低点, 有  $v_B = \omega R$

$$\text{可得 } \omega R = R\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\text{故 } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

(2) 根据题意可知, 要想满足小球 B 在 x 方向上的“影子”和小球 A 在 x 轴上的位置时刻重合, 小球 B 和小球 A 运动的周期相等, 则有  $T_A = T_B = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

可知弹簧振子的运动周期与其振幅无关

15. (1)  $\frac{3}{2}mg$  (2)  $\frac{\pi}{3}\sqrt{\frac{m}{k}}$

【解析】(1) 小球 A 在水平方向做简谐运动, O 点为其平衡位置, 设 O 点相对于弹簧原长伸长量为  $x_0$ , 有  $mg = kx_0$ , 解得  $x_0 = \frac{mg}{k}$ , P 点为小球 A 在水平方向做简谐运动的最左端, 当小球 A 由静止释放时, 对 A、B 连接体整体有  $mg = 2ma$

$$\text{解得 } a = \frac{1}{2}g$$

由简谐运动的对称性, 当小球 A 运动到最右端时, 有  $2kx_0 - F = ma$

$$\text{解得 } F = \frac{3}{2}mg$$

即剪断细线前瞬间细线的张力大小为  $\frac{3}{2}mg$

(2) 剪断细线后小球 A 仍在水平方向做简谐运动, P 点为其平衡位置, 当小球 A 由最右端第一次返回到 O 点时, 即回到一半振幅处, 所用时间为  $t = \frac{1}{6}T$

$$\text{代入 } T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\text{解得 } t = \frac{\pi}{3}\sqrt{\frac{m}{k}}$$

### 章末素养测评(三)

1. C 【解析】机械波的传播速度是指波在介质中传播的快慢, 它是由介质性质决定的, 与质点的振动速度无关, 质点的振动速度是指质点在平衡位置附近振动的快慢, 它是周期性变化的, 故 A 错误; 衍射是波绕过障碍物继续传播的现象, 它使得我们能够在不看到声源的情况下听到声音, 故 B 错误; 多普勒效应是由于波源和观察者之间有相对运动, 导致观察者接收到的波的频率发生变化的现象, 当波源和观察者相互靠近时, 观察者接收到的频率增加, 当波源和观察者相互远离时, 观察者接收到的频率减小, 故 C 正确; 两列完全相同的水波相遇时的情况, 在相遇区域, 某些点(如 P 点)是两列波的波峰相遇点, 此时这些点的位移最大, 形成振动加强点, 由于两列波完全相同, 这些加强点将始终处于加强状态, 故 D 错误.
2. A 【解析】在行走过程中, 两个扩音器发出频率相同的声波相互叠加, 从而出现加强与减弱区, 小明同学会听到声音发生忽强忽弱的变化, 故 A 正确; 发生干涉的条件之一是两列波的频率相同, 与音量无关, 故 B 错误; 声波属于机械波, 波速与介质有关, 在相同环境下波速相同, 故 C 错误; 根据多普勒效应, 关闭一个音响, 小明同学迅速跑开, 小明远离声源, 单位时间内接收到的完整的波的个数会减少, 即接收到的波的频率变小, 故听到声音音调降低, 故 D 错误.
3. C 【解析】由题图乙可知, 该振子的振幅、周期分别为  $A = 15 \text{ cm}$ ,  $T = 1.6 \text{ s}$ , 故 A 错误; 由振动图像可知, 斜率代表速度, 弹簧振子在  $t = 0.6 \text{ s}$  时和  $t = 1.0 \text{ s}$  时的速度相同, 故 B 错误; 因为周期为 1.6 s, 根据简谐运动的周期性可知在  $t = 4 \text{ s}$  时, 该弹簧振子处于平衡位置, 合力为零, 加速度大小为零, 故 C 正确; 在  $t = 0.6 \text{ s}$  到  $t = 1.0 \text{ s}$  的时间内, 该弹簧振子从平衡位置右侧运动到平衡位置左侧, 所以加速度先减小后增大, 速度先增大后减小, 故 D 错误.
4. A 【解析】由乙图知, 波的传播周期为 4 s, 根据  $x = vt$  得振动传播到 b 点需要 1 s, 所以在  $0 \sim 4 \text{ s}$  内 b 质点振动 3 s, 运动路程为  $s = 3A = 6 \text{ cm}$ , 故 A 正确; 同理可知在第 2 s 末

质点 c 开始振动, 起振的方向与质点 a 开始振动的方向相同, 在  $4 \sim 5 \text{ s}$  时间内质点 c 从平衡位置向负向最大位移处运动, 加速度增大, 故 B 错误; 4 s 末质点 e 开始振动, 第 6 s 末到达平衡位置向下振动, 振动方向沿 y 轴负方向, 故 C 错误; 由图知, 质点 b、d 相距半个波长, 振动方向始终相反, 故 D 错误.

5. A 【解析】图甲是  $t = 0$  时的波的图像, 由乙图知, 质点 P 在  $t = 0$  时处于平衡位置且将要向上振动, 根据同侧法可以判断波沿 x 轴正方向传播, 由于周期为 4 s, 故在  $t = 3.0 \text{ s}$  时, 质点经过四分之三个周期, P 点应该处在波谷位置处, A 正确.
6. D 【解析】波源 O 起振方向向下,  $t = 0$  时, 离 O 点 10 m 的质点 A 开始振动, 方向与波源方向相同, 起振方向向下,  $t = 2 \text{ s}$  时, 质点 A 第 3 次(刚开始振动时记为第 0 次)回到平衡位置, 根据简谐运动规律, 可得此时质点 A 的振动方向向上, 故 C 错误; 当波传到 B 点时, A 点第三次回到平衡位置, 可知  $t = 2 \text{ s} = T + \frac{1}{2}T$ , 可得  $T = \frac{4}{3} \text{ s}$ , 故 A 错误; 由题意, 可知波由 A 点传到 B 点经历 2 s, 解得波速  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{20 - 10}{2} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$ , 故 B 错误; 该列波的波长为  $\lambda = vT = 5 \times \frac{4}{3} \text{ m} = \frac{20}{3} \text{ m}$ , 当障碍物的尺寸与波长相比, 相差不大或比波长更小时, 容易发生明显的衍射现象, 可知该波遇到尺寸为 3 m 的障碍物会发生明显衍射现象, 故 D 正确.
7. D 【解析】由  $t = \frac{3}{4}T$  时的波形图可知, 波刚好传到质点  $P_6$ , 根据“上下坡法”, 可知此时质点  $P_6$  沿 y 轴正方向运动, 波源起振的方向也沿 y 轴正方向, 故  $t = 0$  时, 质点  $P_6$  沿 y 轴正方向运动, A 错误; 由图可知, 在  $t = \frac{3}{4}T$  时质点  $P_4$  处于正的最大位移处, 故速度为零, B 错误; 由图可知, 在  $t = \frac{3}{4}T$  时, 质点  $P_3$  沿 y 轴负方向运动, 质点  $P_5$  沿 y 轴正方向运动, 故两个质点的相位不相同, C 错误; 由图可知  $\frac{\lambda}{4} = 2a$ , 解得  $\lambda = 8a$ , 故该列绳波的波速为  $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{8a}{T}$ , D 正确.
8. BC 【解析】由题中波的图像知, 这两列波的波长不同, 但都在空气中传播, 波速相同, 选项 A 错误; 由  $\lambda_1 > \lambda_2$  知, 声波 1 更容易发生明显的衍射现象, 选项 B 正确; 由  $f = \frac{v}{\lambda}$  知, 两列波的频率不同, 不能发生干涉现象, 选项 C 正确, D 错误.
9. ACD 【解析】由图乙可知  $t = 0.75 \text{ s}$  时质点 P 的振动方向沿 y 轴负方向, 结合甲图知波的传播方向是沿 x 轴负方向传播, 故 A 正确; 由甲图知质点 L、N 平衡位置间距离为半个波长, 所以 L 和 N 质点为反步调点, 如果以 L 和 N 激起的波为相干波源, 和 L、N 等距离的点为振动减弱点, 故 B 错误; 由图甲可知该波波长为 4 m 大于障碍物的直径 2 m, 所以能够发生明显衍射现象, 故 C 正确; 由图甲时刻开始计时再经过  $t = 4.25 \text{ s}$ , 即  $2\frac{1}{8}T$ , 通过的路程为  $s = 2 \times 4 \times 20 \text{ cm} + \frac{\sqrt{2}}{2} \times 20 \text{ cm} = 160 \text{ cm} + 10\sqrt{2} \text{ cm} \approx 174 \text{ cm}$ , 故 D 正确.
10. AD 【解析】已知波沿 x 轴正方向传播, 结合题中波形图可知,  $x = 13 \text{ m}$  处质点的起振方向沿 y 轴正方向, 所以波源开始振动的方向沿 y 轴正方向, 故 A 正确; 由题图可知, 波长  $\lambda = 8 \text{ m}$ , 则周期  $T = \frac{\lambda}{v} = 0.2 \text{ s}$ , 根据波的传播方向可知,  $t = 0$  时刻,  $x = 9 \text{ m}$  处

的质点正从平衡位置沿  $y$  轴负方向运动,经过  $t=0.45\text{ s}$ ,即  $2.25T$ ,该质点位于波谷,故 B 错误; $t=0.45\text{ s}$  时,波刚好传播到  $x=13\text{ m}+vt=31\text{ m}$  处,故 C 错误,D 正确.

11. P 不变

**【解析】**质点开始时在正向最大位移  $M$  处,经过半个周期运动 2 个振幅的路程到达  $P$  处;波速由传播介质决定,介质不变所以波速不变.

12. 2 0.55

**【解析】**由图知波的振动周期  $T=0.2\text{ s}$ , $\lambda=vT=10\times 0.2\text{ m}=2\text{ m}$ ;波从  $P$  传播到  $Q$

所需时间  $t_1=\frac{x_{PQ}}{v}=\frac{5}{10}\text{ s}=0.5\text{ s}$ ,即  $t=0.5\text{ s}$  时  $Q$  点开始振动,由  $P$  点的振动图像可知,起振方向向上,则  $Q$  点开始振动后,再经过  $t_2=\frac{T}{4}=0.05\text{ s}$  第一次到达正向最大位

移处,则共需要  $t=t_1+t_2=0.55\text{ s}$ .

移处,则共需要  $t=t_1+t_2=0.55\text{ s}$ .

13. (1)4 s 5 s (2)振动加强点

**【解析】**(1)根据波速、波长与周期的关系有  $v=\frac{\lambda}{T}$

可得波速  $v=0.1\text{ m/s}$

波源  $S_1$  到  $M$  点的距离  $L_1=0.4\text{ m}$

波源  $S_1$  传到  $M$  点的时间  $t_1=\frac{L_1}{v}=4\text{ s}$

波源  $S_2$  到  $M$  点的距离  $L_2=\sqrt{x^2+d^2}=0.5\text{ m}$

波源  $S_2$  传到  $M$  点的时间  $t_2=\frac{L_2}{v}=5\text{ s}$

(2)波程差  $\Delta x=L_2-L_1=0.1\text{ m}$

即  $\Delta x=\frac{1}{2}\lambda$

由于两波源振动相位相差为  $\pi$ ,所以  $M$  点为振动加强点

14. (1)沿  $x$  轴负方向 (2)0.4 s 20 m/s (3)7.6 m

**【解析】**(1)由处于  $x=4\text{ m}$  处的质点  $P$  沿  $y$  轴负方向运动及图像可知,该波的传播方向沿  $x$  轴负方向.

(2)由题意可得  $nT+\frac{1}{4}T=0.5\text{ s}(n=0,1,2,3,\dots)$

结合  $T<\Delta t<2T$  可解得  $T=0.4\text{ s}$

该波的传播速度  $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{8}{0.4}\text{ m/s}=20\text{ m/s}$

(3)1.9 s 为  $4\frac{3}{4}$  个周期,结合题意可得,从  $t=0$  时刻开始,经历  $t=1.9\text{ s}$  质点  $P$  通过的

路程  $s=4\times 4\times 0.4\text{ m}+0.4\times 3\text{ m}=7.6\text{ m}$

15. (1)44 cm (2) $\frac{180}{4n+3}\text{ m/s}(n=0,1,2,3,\dots)$

(3) $y=4\sin(10\pi t+\frac{3\pi}{2})\text{ (cm)}$  或  $y=-4\cos 10\pi t\text{ (cm)}$

**【解析】**(1)由振动图像可知,振动周期为  $T=0.2\text{ s}$ ,振幅  $A=4\text{ cm}$ ,则  $0.55\text{ s}$  为  $2.75$  个周期,一个周期振动路程为  $4A$ ,因而波源从  $t=0$  时刻开始振动  $0.55\text{ s}$  通过的路程  $s=2.75\times 4A=2.75\times 4\times 4\text{ cm}=44\text{ cm}$

(2)简谐横波沿  $x$  轴正方向传播,当平衡位置坐标为  $(9\text{ m},0)$  的质点  $P$  刚开始振动时,波源刚好位于波谷位置.由于  $O、P$  间具体波长数不确定,可得

$$\frac{3}{4}\lambda+n\lambda=9\text{ m}$$

根据速度公式  $v=\frac{\lambda}{T}$  可得

$$v=\frac{180}{4n+3}\text{ m/s}(n=0,1,2,3,\dots)$$

(3)若这列波的波速为  $12\text{ m/s}$ ,波传到质点  $P$  的时间

$$t_1=\frac{\Delta x}{v}=\frac{9}{12}\text{ s}=\frac{3}{4}\text{ s}$$

$t=0.90\text{ s}$  时,质点  $P$  的振动时间

$$t_2=t-t_1=0.90\text{ s}-0.75\text{ s}=0.15\text{ s}=\frac{3}{4}T$$

质点  $P$  处于波谷位置.根据圆频率公式可得

$$\omega=\frac{2\pi}{T}=10\pi\text{ rad/s}$$

以  $t=0.90\text{ s}$  时刻为新的计时起点时,质点  $P$  的振动方程为

$$y=4\sin(10\pi t+\frac{3\pi}{2})\text{ (cm)}$$

或  $y=-4\cos 10\pi t\text{ (cm)}$

#### 章末素养测评(四)

1. B **【解析】**发生多普勒效应是因为波源和观察者之间的相对位移发生了变化,并不是波源的频率发生了变化,故 A 项错误;由于反射光是偏振光,拍摄玻璃橱窗内的物品时,在镜头前加一片偏振滤光片可以减小玻璃表面反射光的强度,故 B 项正确;激光切割金属利用了激光亮度高、能量大的特点,故 C 项错误;光学镜头上的增透膜是利用了光的干涉现象,故 D 项错误.

2. A **【解析】**薄冰中间所夹的空气薄层相当于一层薄膜,光在此空气薄层上形成薄膜干涉,呈现彩色花纹,故选 A.

3. B **【解析】**光在自行车后尾灯内部发生了全反射,因此看起来特别明亮,故选 B.

4. A **【解析】**根据  $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ ,可知,三束光的入射角相同,折射角关系为  $r_B>r_C>r_D$ ,可知折射率关系为  $n_B<n_C<n_D$ ,根据  $v=\frac{c}{n}$ ,可知在玻璃内的传播速度关系为  $v_B>v_C>$

$v_D$ ,因在玻璃内的传播距离  $x_B<x_C<x_D$ ,根据  $t=\frac{x}{v}$ ,可知  $t_1<t_2<t_3$ ,故选 A.

5. C **【解析】**用激光束照射圆孔和不透明圆板后,圆孔形成明暗相间的、不等亮、不等间距的圆环,不透明圆板背后阴影中心有一个亮斑,则知甲图是光线射到圆孔后的衍射图样,乙图是光线射到圆板后的衍射图样,故 C 正确,A、B、D 错误.

6. D **【解析】**棱镜对光线的折射率为  $n=\frac{c}{v}=\frac{5}{4}$ ,光线在  $O$  点恰好发生全反射,入射角

等于临界角  $C$ ,则有  $\sin C=\frac{1}{n}=\frac{4}{5}$ ,则光束在棱镜中传播的距离为  $s=\frac{R}{\sin C}+R=$

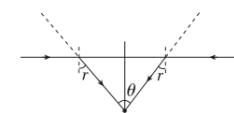
$\frac{17}{12}R$ ,则传播时间为  $t=\frac{s}{v}=\frac{85R}{48c}$ ,故选 D.

7. B **【解析】**屏上的  $P$  点为中央亮条纹,说明  $P$  点到两狭缝的距离差等于 0, $Q$  为第一级亮条纹,说明  $Q$  点到  $a、b$  两狭缝的距离差等于波长的一倍,用波长为  $1.5\lambda$  的光实验时, $P$  点到两狭缝的距离差仍为 0,所以  $P$  点还是亮条纹, $Q$  点到两狭缝的距离差仍为  $\lambda$ ,所以  $Q$  点既不是亮条纹也不是暗条纹,在第一级暗条纹和第一级亮条纹之间,可知,第一级亮条纹向上稍微移动一些,故 A 错误,B 正确;用波长为  $\frac{\lambda}{2}$  的光实验时, $Q$  点到两狭缝的距离差仍为  $\lambda$ ,且该距离差等于波长的两倍,此时  $Q$  点为第二级亮条纹,所以  $P、Q$  间还有一条亮条纹,故 C、D 错误.

8. ACD **【解析】**三个图均为衍射图样,故 A 正确,B 错误;由前两个图样比较可知,入射光的频率相同,狭缝越窄,中央亮纹的宽度越宽,故 C 正确;红光的波长大于蓝光的波长,由第一个和第三个图样比较可知,狭缝宽度不变,入射光的波长越长,中央亮条纹越宽,故 D 正确.

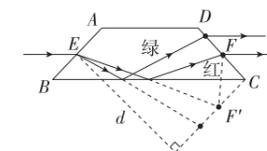
9. CD **【解析】**用相机拍摄水中的鱼,可通过镜头表面的增透膜减弱玻璃表面的反射光影响,而不是水面反射光的影响,故 A 错误;光线从空气折射进入鱼眼,如图所示,水面上远处的景物反射的阳光折射进入水中,若入射角等于  $90^\circ$ ,根据折射定律得  $n=\frac{\sin 90^\circ}{\sin r}=\frac{1}{\sin r}$ ,可知此时折射角最大,最大的折射角  $r=\arcsin \frac{1}{n}$ ,所以在水中的鱼看

来,岸上的景物都出现在一个倒立的圆锥里,圆锥的顶角  $\theta=2r=2\arcsin \frac{1}{n}$ ,故 B 错误;光从一种介质进入另一种介质,频率不变,所以太阳光进入水中前后频率保持不变,故 C 正确;只要是光,从一种介质进入另一种介质都要发生折射,所以用激光枪射击水中的鱼,为了提高命中率,在射击时应瞄准看到的鱼,故 D 正确.



10. BC **【解析】**画出光路图,由于红光经过左边中点  $E$ ,又经过右边中点  $F$ ,根据对称性可知,红光从  $AB$  边进入玻璃砖后射到  $BC$  边的中点  $G$ ,发生全反射,平行于  $BC$  边射出,同一介质对绿光的折射率大于对红光的折射率,所以绿光在  $E$  点的出射角小于红光在  $E$  点的出射角,通过光路图,容易看出绿光从右边射出的出射点在  $F$  的上方,A 错误;射出玻璃砖时,由几何关系可知  $F$  点出射角与  $E$  点入射角相等,所以绿光出射光线也平行于  $BC$  边,B 正确;设光在  $E$  点折射角为  $\gamma$ ,根据折射定律有  $n=\frac{\sin 45^\circ}{\sin \gamma}$ ,设  $AB$

与  $CF'$  间的距离为  $d$ ,则光在玻璃砖内传播的时间  $t=\frac{nd}{c\cos \gamma}=\frac{2d\sin 45^\circ}{c\sin 2\gamma}$ ,因为  $n_{\text{绿}}>n_{\text{红}}>1$ ,所以  $2\gamma_{\text{绿}}<2\gamma_{\text{红}}<90^\circ$ ,绿光在玻璃砖内传播的时间一定比红光的长,C 项正确,D 项错误.



11. (1)B (2)E F E (3)2.76 mm 11.16 mm  $5.6 \times 10^{-7}$

**【解析】** (1)调节仪器的A部件是为了保证单缝与双缝相互平行,故选B.

(2)因为单色光的干涉条纹与单缝和双缝都平行,应沿竖直方向,分划板中心刻度应对准干涉条纹的中心,故选E和F.根据  $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ ,可知  $d$  越小,则条纹间距越大,所以对应于  $d_1$  的是E.

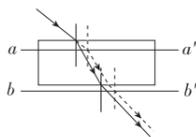
(3)图甲对应的读数为  $2 \text{ mm} + 38 \times 0.02 \text{ mm} = 2.76 \text{ mm}$ ,图乙对应的读数为  $11 \text{ mm} + 8 \times 0.02 \text{ mm} = 11.16 \text{ mm}$ ,则条纹间距为  $2.80 \text{ mm}$ ,根据  $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ ,可计算出  $\lambda = 5.6 \times 10^{-7} \text{ m}$ .

12. (1)C (2)  $\frac{d \sin \theta_1}{c \sin \theta_2 \cos \theta_2}$  (3)不变 (4)1.6

**【解析】** (1)用玻璃砖界面当尺子画界面会增大实验误差,且容易损坏玻璃砖,故A错误;即使玻璃砖的前后两个侧面不平行,但只要操作正确,也不会产生误差,故B错误;插在玻璃砖同侧的两枚大头针间的距离尽量大些,这样可以减小确定光线方向时产生的误差,故C正确.

(2)由几何知识可得,光在玻璃砖中传播的距离为  $s = \frac{d}{\cos \theta_2}$ ,光在玻璃砖中的速度为  $v = \frac{c}{n} = \frac{c \sin \theta_2}{\sin \theta_1}$ ,联立可得,光通过平行玻璃砖的时间  $t = \frac{s}{v} = \frac{d \sin \theta_1}{c \sin \theta_2 \cos \theta_2}$ .

(3)用插针法“测定玻璃砖折射率”的实验原理是折射定律  $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ ,如图所示



实线表示玻璃砖向上平移后实际的光路图,虚线表示作图光路图,由图可看出,画图时的入射角、折射角与实际的入射角、折射角相等,由折射定律可知,测出的折射率没有变化,即测出的  $n$  值将不变.

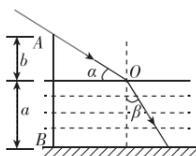
(4)根据折射率定义式可得  $n = \frac{\sin \angle AOB}{\sin \angle DOC} = \frac{\frac{y}{R}}{\frac{x}{R}} = \frac{y}{x} = 1.6$ .

13. (1)37° (2)1.4 m

**【解析】** (1)  $n = \frac{\sin(90^\circ - \alpha)}{\sin \beta}$

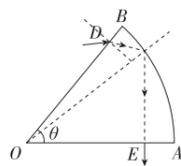
解得  $\beta = 37^\circ$

(2)影长  $l = b \tan(90^\circ - \alpha) + a \tan \beta = 1.4 \text{ m}$



14. (1)  $\frac{5}{4}$  (2)  $\frac{5}{8}$

**【解析】** (1)光路图如图所示



因光线恰好未从AB面射出,所以AB面入射角为临界角C,根据反射定律和几何关系

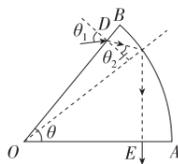
$$\text{有 } \sin C = \frac{OE}{OA} = \frac{4}{5}$$

得  $C = 53^\circ$

$$\text{由 } \sin C = \frac{1}{n}$$

$$\text{得 } n = \frac{5}{4}$$

(2)光路图如图所示



设OB面入射角、折射角分别为  $\theta_1, \theta_2$ ,由几何关系和折射定律得

$$\theta_2 = 180^\circ - 2C - \theta = 30^\circ$$

$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

$$\text{解得 } \sin \theta_1 = \frac{5}{8}$$

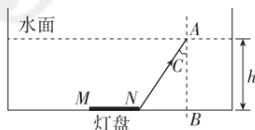
15. (1)  $\frac{\sqrt{2}h}{c}$  (2)  $\pi \left( \frac{a}{2} + h \right)^2$

**【解析】** (1)从灯盘发出的竖直向上的光垂直穿出水面时,所用路程最短,即用时最短.

$$\text{红光在水中的传播速度为 } v = \frac{c}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}c$$

$$\text{则最短时间为 } t = \frac{h}{v} = \frac{\sqrt{2}h}{c}$$

(2)设N端红光在水面上的A点恰好发生全反射,光路图如图所示,则



$$\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

解得  $C = 45^\circ$

由几何关系,有  $NB = h \tan C = h$

$$\text{则总面积为 } S = \pi \left( \frac{a}{2} + NB \right)^2 = \pi \left( \frac{a}{2} + h \right)^2$$

### 模块综合测评

1. A **【解析】** 火箭从开始运动到再点火的过程中,先向上加速再向上减速,因此加速度为零时,火箭的速度最大,动能最大,A正确;在不考虑空气阻力的情况下,高压气体释放的能量全部转化为火箭的动能和重力势能,B错误;在不考虑空气阻力的情况下,合力的冲量等于火箭动量的增加量,合力的冲量包括重力的冲量和气体推力的冲量,C错误;由动能定理知,高压气体的推力和空气阻力对火箭做功与火箭重力做功的代数和等于火箭动能的增加量,D错误.

2. A **【解析】** 由题意得  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6}{0.3 \times 2} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$ ,A正确; $T = 0.2 \text{ s}$ ,  $\lambda = vT = 2 \text{ m}$ ,

B错误;中点C到两波源的距离差为零,因两波源的振动是反相位的,所以中点C为振动减弱点,C错误; $t_2 = 0.75 \text{ s}$ 时,B点在负向最大位移处,D错误.

3. D **【解析】** 只要满足全反射条件,光导纤维能传播所有电磁波,A错误;光在光导纤维中发生全反射,光导纤维中“内芯”的折射率应大于“外套”的折射率,B错误;设光恰好发生全反射,光经过的路程为  $s$ ,光纤长度为  $l$ ,则  $\sin C = \frac{l}{s} = \frac{1}{n}$ ,又  $n = \frac{c}{v}$ ,得  $t = \frac{n^2 l}{c}$ ,不同频率则不同折射率,光从同一根光导纤维的一端传输到另一端的时间不相同,C错误;入射角不同,则光经过的路程不同,时间不同,D正确.

4. C **【解析】** 机器工作时钢片均做受迫振动,振动频率等于机器振动的频率,故相同,A错误;机器工作时钢片的振动幅度不同,固有频率接近机器振动的频率的钢片振动幅度最大,B错误;若机器的转速为  $3600 \text{ r/min}$ ,即  $60 \text{ r/s}$ ,则稳定时固有频率为  $60 \text{ Hz}$  的那一个钢片发生共振,振动幅度最大,C正确;驱动力的频率接近固有频率时会使振幅增大,远离固有频率时会使振幅减小,故机器转速增加,有的钢片振动幅度增加,有的钢片振动幅度减小,D错误.

5. C **【解析】** 由乙图图像可知单摆的周期为  $T = 2 \text{ s}$ ,由  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ,解得  $L = 1 \text{ m}$ ,故A错误;由乙图可知  $t = 1 \text{ s}$ 时,摆球的位移为零,即摆球刚好在平衡位置,故B错误; $t = 1.5 \text{ s}$ 时,摆球位于最大位移处,速度为零,位移最大,根据  $F = -kx$ ,可知此时摆球所受回复力最大,故C正确; $0.5 \sim 1 \text{ s}$ 的过程中,摆球的位移逐渐减小,即向下摆动回到平衡位置,重力做正功,重力势能逐渐减小,故D错误.

6. A **【解析】** A和B组成的系统所受的合外力为零,系统动量守恒,有  $m_A v_A = m_B v_B$ ,设弹簧的初始弹性势能为  $E_p$ ,整个系统只有弹簧弹力做功,系统机械能守恒,从剪断细绳到弹簧恢复原长过程,根据机械能守恒定律得  $E_p = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2$ ,联立得  $E_p = \frac{1}{2} (m_A + \frac{m_A^2}{m_B}) v_A^2$ ,所以弹簧恢复原长时A的速度最大,此时A的动量最大,动能最大,故A正确,B、C、D错误.

7. D **【解析】** 由振动方程式可得, $t = 0.6 \text{ s}$ 时物块的位移为  $y = 0.1 \sin(2.5\pi \times 0.6) \text{ m} = -0.1 \text{ m}$ ,则对小球有  $h + |y| = \frac{1}{2} g t^2$ ,解得  $h = 1.7 \text{ m}$ ,A错误;由公式可知,简谐运动的频率为  $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2.5\pi}{2\pi} = 1.25 \text{ Hz}$ ,B错误;振幅为  $0.1 \text{ m}$ ,故  $0.6 \text{ s}$ 内物块运动的路程为  $3A = 0.3 \text{ m}$ ,C错误; $t = 0.4 \text{ s} = \frac{T}{2}$ ,此时物块在平衡位置向下振动,则此时物块与小球运动方向相同,D正确.

8. ACD **【解析】** 小球有一段时间做匀速直线运动,所以不会做简谐运动,A错误;小球从杆中点到最大位移处,再返回至杆中点的过程为两根橡皮筋的总弹性势能的变化周期,即  $\frac{T}{2}$ ,B正确;小球的初速度为  $\frac{v}{3}$ 时,匀速运动阶段时间变长,受到橡皮筋弹力阶段,根据  $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ,可知这段过程时间保持不变,故运动周期小于  $3T$ ,大于  $T$ ,C、D均错误.

9. ABD **【解析】**第1条亮纹中心与第6条亮纹中心间距为1.500 cm,则相邻两条亮条纹中心间距为  $\Delta x = \frac{1.500}{5} \text{ cm} = 0.300 \text{ cm}$ ,故A正确;根据双缝干涉的条纹间距公式  $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$  可知,增大双缝到屏的距离  $L$ ,  $\Delta x$  将变大,故B正确;由  $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$  可知,增大双缝的距离  $d$ ,  $\Delta x$  将变小,故C错误;换用红光照射,即光的波长  $\lambda$  变长,由  $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$  知  $\Delta x$  将变大,故D正确。

10. BC **【解析】**根据波的传播方向与振动方向的关系可知,  $x=6 \text{ m}$  处质点的起振方向沿  $y$  轴负方向,故A错误;图乙是  $t=0.3 \text{ s}$  时的波形图,此时波刚好传播到  $x=6 \text{ m}$  处,可知此波的周期为  $T=0.3 \text{ s}$ ,故  $x=6 \text{ m}$  处的质点振动的周期为  $0.3 \text{ s}$ ,故B正确;波传播的速度  $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{6}{0.3} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$ ,故C正确;  $x=6 \text{ m}$  处质点的起振方向沿  $y$  轴负方向,当  $x=6 \text{ m}$  处的质点第一次到达波峰时,历时  $\frac{3}{4}T$ ,  $x=3 \text{ m}$  处的质点比  $x=6 \text{ m}$  处质点早半个周期开始振动,故  $x=3 \text{ m}$  处的质点经过的路程为5个振幅,由图可知  $A=20 \text{ cm}$ ,即  $s=5 \times 20 \text{ cm} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$ ,故D错误。

11. (1)9.7 (2)D (3) $\frac{2t}{N-1}$  (4)9.8 D

**【解析】**(1)用游标卡尺测量小钢球直径读数为  $9 \text{ mm} + 0.1 \text{ mm} \times 7 = 9.7 \text{ mm}$ 。

(2)固定摆线时要用铁夹夹住固定,防止摆球摆动时摆长变化;摆球要用质量大体积相对较小的铁球,以减小相对阻力;摆线要用无弹力的细丝线,故选D。

(3)单摆周期为  $T = \frac{t}{\frac{N-1}{2}} = \frac{2t}{N-1}$ 。

(4)根据  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  可得  $T^2 = \frac{4\pi^2}{g}l$ ,则  $\frac{4\pi^2}{g} = 4.04$ ,解得  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ;由  $T^2 = 4.04l + 0.05$  可知图像在纵轴上有正截距,可能是计算摆长时忘记加上了小球的半径,即计算摆长时只算了绳长;若是计算摆长时加了小球的直径,则图像在纵轴出现负截距;摆角大小对周期无影响;开始计时时小球在最高点,可能会造成测量周期的误差,则对图像的斜率有影响,从而影响重力加速度的测量值,综上所述,选项D正确,A、B、C错误。

12. (1)CD (2) $m_1x_2 = m_1x_1 + m_2x_3$  (3) $x_1 + x_2 = x_3$

**【解析】**(1)为防止两球碰撞后入射小球反弹,入射小球的质量必须大于被碰小球的质量,故A错误;为使两球发生正碰,入射小球的半径必须与被碰小球的半径相同,故B错误;为了保证入射小球每次到达桌面边缘的速度相同,重复实验时,每次都必须将弹簧压缩至B点,从而让入射小球获得相同的动能,故C正确;为了保证两球碰后都能做平抛运动从而能求出飞出时的速度,导轨末端必须保持水平,故D正确。

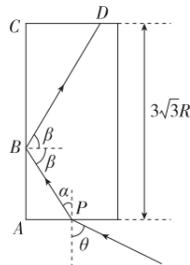
(2)两球碰撞过程系统的动量守恒,以向右为正方向有  $m_1v_0 = m_1v_1 + m_2v_2$ ,两小球做平抛运动的时间  $t$  相等,两边同时乘以  $t$ ,有  $m_1v_0t = m_1v_1t + m_2v_2t$ ,结合碰撞前后的小球落点情况,由平抛运动水平距离可得  $m_1x_2 = m_1x_1 + m_2x_3$ 。

(3)两球碰撞过程系统的动量守恒,有  $m_1x_2 = m_1x_1 + m_2x_3$ ,则  $m_2 = \frac{m_1(x_2 - x_1)}{x_3}$ ,若入射小球与被碰小球发生的是弹性碰撞,碰撞前后动能不变,则  $\frac{1}{2}m_1v_0^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 +$

$\frac{1}{2}m_2v_2^2$ ,两小球做平抛运动的时间  $t$  相等,两边同时乘以  $t^2$ ,得  $m_1v_0^2t^2 = m_1v_1^2t^2 + m_2v_2^2t^2$ ,则  $m_1x_2^2 = m_1x_1^2 + m_2x_3^2$ ,将  $m_2$  代入得  $m_1x_2^2 - m_1x_1^2 = \frac{m_1(x_2 - x_1)}{x_3}x_3^2$ ,解得  $x_2 + x_1 = x_3$ 。

13. (1)30° (2) $\frac{6\sqrt{3}R}{c}$

**【解析】**(1)初步画出光在光导纤维中的传播路径,如图所示



由折射定律可得  $n = \frac{\sin \theta}{\sin \alpha}$

解得  $\alpha = 30^\circ$

(2)由几何关系知,光射到侧面的B点时,其入射角  $\beta = 60^\circ$

由于  $\sin \beta > \frac{1}{n} = \sin C$

即有  $\beta > C$

可知,光在光导纤维的侧面发生全反射,分析可知,光一定在光导纤维的底面射出,则有

$$t = \frac{AC}{\cos \alpha}, v = \frac{c}{n}$$

联立解得  $t = \frac{6\sqrt{3}R}{c}$

14. (1)82 cm (5 m, 2 cm) (2)4个 2 m 4 m 6 m 8 m

**【解析】**(1)由图可知,波长  $\lambda = 4 \text{ m}$

周期  $T = \frac{2\pi}{\omega} = 1 \text{ s}$

所以波速  $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4}{1} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$

两列波在M点相遇,经过的时间为  $t_1 = \frac{PM}{v} = \frac{5}{4} \text{ s} = 1.25 \text{ s}$

由图可知两波源振动步调相反,M点到两波源距离相等,M点为振动减弱点,振幅为  $A = 4 \text{ cm} - 2 \text{ cm} = 2 \text{ cm}$

振动方程为

$$y_M = 2\sin 2\pi\left(t - \frac{5}{4}\right) \quad (t \geq 1.25 \text{ s})$$

M点在  $t_1 = 1.25 \text{ s}$  时刻开始由平衡位置向上振动,在  $0 \sim 11.5 \text{ s}$  时间内M点振动的时间为  $\Delta t = 11.5 \text{ s} - 1.25 \text{ s} = 10.25 \text{ s}$

$$\Delta t = 10T + \frac{1}{4}T$$

质点M通过的路程为  $s = 10 \times 4A + A = 82 \text{ cm}$

11.5 s 时刻质点M处于正向最大位移处,位置坐标为  $(5 \text{ m}, 2 \text{ cm})$

(2)波源为反步调相干波源,设P与Q间F点为振动加强点,其满足的条件为

$$|PF - FQ| = \frac{\lambda}{2}(2k + 1) < 10 \text{ m} \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

解得  $k < 2$

所以,当  $k=0$  时,加强点位置的横坐标为

$x_1 = 4 \text{ m}, x_2 = 6 \text{ m}, k=1$  时,加强点位置的横坐标为  $x_3 = 2 \text{ m}, x_4 = 8 \text{ m}$

所以,x轴上P与Q间振动加强点共有4点,横坐标分别为

$x_1 = 4 \text{ m}, x_2 = 6 \text{ m}, x_3 = 2 \text{ m}, x_4 = 8 \text{ m}$

15. (1)6mg (2)6mg (3) $\frac{3}{2}\sqrt{6gr}$

**【解析】**(1)小球乙到达C点时所受弹力为0,由牛顿第二定律可得  $mg = m \frac{v_C^2}{r}$

小球乙从A点到C点,由动能定理有  $-mg \times 2r = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$

小球乙在A点,由牛顿第二定律可得  $F_A - mg = m \frac{v_A^2}{r}$

联立解得  $F_A = 6mg$

(2)设小球乙在A、C两点的速度分别为  $v_A'$ 、 $v_C'$ ,对小球乙受力分析,在A点,由牛顿第二定律有

$$F_A' - mg = m \frac{v_A'^2}{r}$$

在C点,由牛顿第二定律有

$$F_C' + mg = m \frac{v_C'^2}{r}$$

小球乙从A点到C点,由动能定理有  $-mg \times 2r = \frac{1}{2}mv_C'^2 - \frac{1}{2}mv_A'^2$

联立解得  $F_A' - F_C' = 2mg + m \frac{v_A'^2}{r} - m \frac{v_C'^2}{r} = 6mg$

(3)小球乙离开C点,由平抛运动规律可知,水平方向有  $2\sqrt{2}r = v_C t$

竖直方向有  $2r = \frac{1}{2}gt^2$

乙从A点运动到C点,由机械能守恒定律可得  $\frac{1}{2}mv_C^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + mg2r$

设甲与乙碰撞之前的速度为  $v_0$ ,碰后甲、乙的速度分别为  $v_{\text{甲}}$ 、 $v_{\text{乙}}$ ,由系统动量守恒有

$$\frac{m}{2}v_0 = \frac{m}{2}v_{\text{甲}} + mv_{\text{乙}}$$

由机械能守恒定律有  $\frac{1}{2} \times \frac{m}{2}v_0^2 = \frac{1}{2} \times \frac{m}{2}v_{\text{甲}}^2 + \frac{1}{2}mv_{\text{乙}}^2$

联立解得  $v_0 = \frac{3}{2}\sqrt{6gr}$