教材习题答案

第一章　动量守恒定律

1　动量

◆练习与应用

1.答案　(1)初动量为 $p_0=mv_0=2\times3\ \mathrm{kg\cdot m/s}=6\ \mathrm{kg\cdot m/s}$

末动量为 $p=mv=2\times6\ \mathrm{kg\cdot m/s}=12\ \mathrm{kg\cdot m/s}$

因此,物体的动量增大为原来的 2 倍。

初动能为 $E_{k0}=\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}\times2\times3^2\ \mathrm{J}=9\ \mathrm{J}$

末动能为 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}\times2\times6^2\ \mathrm{J}=36\ \mathrm{J}$

因此,物体的动能增大为原来的 4 倍。

(2)物体的动量变化了,动能没有变化。

取向东为正方向,则物体的末速度为 $v'=-3\ \mathrm{m/s}$,动量变化量为 $\Delta p=mv'-mv=[2\times(-3)-2\times3]\ \mathrm{kg\cdot m/s}=-12\ \mathrm{kg\cdot m/s}$,负号表示动量变化量的方向与正方向相反,即向西。

(3)取向东为正方向,则 B 物体的速度为 $v_B=-4\ \mathrm{m/s}$,两物体动量之和为 $p=m_Av_A+m_Bv_B=[2\times3+3\times(-4)]\ \mathrm{kg\cdot m/s}=-6\ \mathrm{kg\cdot m/s}$。

两物体的动能之和为 $E_k=\frac{1}{2}m_Av_A^2+\frac{1}{2}m_Bv_B^2=\frac{1}{2}\times2\times3^2\ \mathrm{J}+\frac{1}{2}\times3\times(-4)^2\ \mathrm{J}=33\ \mathrm{J}$。

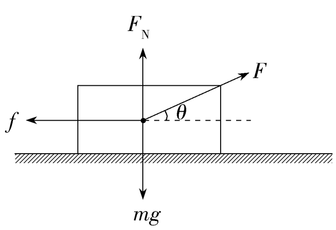
2.答案　(1)由题意可知,物体在 0~2 s 内做匀加速直线运动,加速度 $a_1=\frac{F_1}{m}=\frac{2}{2}\ \mathrm{m/s^2}=1\ \mathrm{m/s^2}$,$t=2\ \mathrm{s}$ 时物体的速度 $v_1=a_1t_1=2\ \mathrm{m/s}$,则 $t=2\ \mathrm{s}$ 时物体的动量大小为 $p_1=mv_1=2\times2\ \mathrm{kg\cdot m/s}=4\ \mathrm{kg\cdot m/s}$。

(2)2~4 s 时间内,力的方向反向,加速度反向,加速度大小为 $a_2=\frac{F_2}{m}=\frac{1}{2}\ \mathrm{m/s^2}=0.5\ \mathrm{m/s^2}$,物体做初速度为 2 m/s、加速度为-0.5 $\mathrm{m/s^2}$ 的匀减速直线运动。$t=3\ \mathrm{s}$ 时,物体的速度 $v_2=v_1-a_2t_2=2\ \mathrm{m/s}-0.5\times1\ \mathrm{m/s}=1.5\ \mathrm{m/s}$,物体的动量大小 $p_2=mv_2=2\times1.5\ \mathrm{kg\cdot m/s}=3\ \mathrm{kg\cdot m/s}$。

2　动量定理

◆练习与应用

1.答案　物体受力分析如图所示,根据平衡条件可得 $f=F\cos\theta$,$F_{合}=0$。



拉力 F 的冲量大小为 $I_F=Ft$,方向与拉力 F 的方向相同,A、B 错误;摩擦力 f 的冲量大小为 $I_f=ft=F\cos\theta\, t$,方向与摩擦力 f 的方向相同,C 错误;合力的冲量大小为 $I_{合}=F_{合}\,t=0$,D 正确。

2.答案　体操运动员在着地过程中,动量的改变量是一个定值,通过屈腿,可以增长作用时间,由动量定理可知,地面对运动员的作用力将会减小,从而使运动员避免受伤。

3.答案　以铁锤为研究对象,规定竖直向下为正方向,设钉子对铁锤的平均作用力为 $\overline{F}$。

(1)不计铁锤的重力时,钉子对铁锤的作用力即合力,由动量定理可得 $\overline{F}t=0-mv_0$,则有 $\overline{F}=-\frac{mv_0}{t}=-\frac{0.5\times4}{0.01}\ \mathrm{N}=-200\ \mathrm{N}$,负号表示钉子对铁锤的作用力竖直向上。由牛顿第三定律可知铁锤钉钉子的平均作用力大小为 200 N。

(2)考虑铁锤重力时,铁锤所受的合力 $F_{合}=\overline{F}+mg$,由动量定理可得 $(\overline{F}+mg)t=0-mv_0$,则有 $\overline{F}=-\frac{mv_0}{t}-mg=-\frac{0.5\times4}{0.01}\ \mathrm{N}-0.5\times10\ \mathrm{N}=-205\ \mathrm{N}$,负号表示钉子对铁锤的作用力竖直向上。由牛顿第三定律可知铁锤钉钉子的平均作用力大小为 205 N。

(3)由问题(1)(2)可知,不计铁锤重力和考虑铁锤重力时的相对误差为 $\frac{205\ \mathrm{N}-200\ \mathrm{N}}{205\ \mathrm{N}}\times100\%\approx2.4\%$,由此可知,当作用时间很短时,铁锤的重力可以忽略不计。

4.答案　取初速度方向为正方向,由动量定理有

$Ft=mv'-mv$

$F=\frac{mv'-mv}{t}=\frac{10\times(-2)-10\times10}{4}\ \mathrm{N}=-30\ \mathrm{N}$

负号表示力 F 的方向与初速度方向相反,该力大小为 30 N。

5.答案　规定竖直向下为正方向,设网对运动员的平均作用力为 $\overline{F}$。

(1)设运动员从 h_1 处自由下落,刚触网时的速度为 $v_1=\sqrt{2gh_1}=\sqrt{2\times10\times3.2}\ \mathrm{m/s}=8\ \mathrm{m/s}$;运动员反弹到达的高度为 h_2,离网时的速度为 $v_2=-\sqrt{2gh_2}=-\sqrt{2\times10\times5}\ \mathrm{m/s}=-10\ \mathrm{m/s}$,则运动员与网接触的这段时间内动量的变化量 $\Delta p=mv_2-mv_1=60\times(-10)\ \mathrm{kg\cdot m/s}-60\times8\ \mathrm{kg\cdot m/s}=-1\ 080\ \mathrm{kg\cdot m/s}$,负号表示动量变化量的方向竖直向上。

(2)由动量定理得 $(\overline{F}+mg)\Delta t=\Delta p$,故 $\overline{F}=\frac{\Delta p}{\Delta t}-mg=\frac{-1\ 080}{0.8}\ \mathrm{N}-60\times10\ \mathrm{N}=-1\ 950\ \mathrm{N}$,负号表示网对运动员的平均作用力 $\overline{F}$ 的方向竖直向上。

(3)运动员从开始下落到触网的时间为 $t_1=\sqrt{\frac{2h_1}{g}}=\sqrt{\frac{2\times3.2}{10}}\ \mathrm{s}=0.8\ \mathrm{s}$,从离网到回到距水平网面 5.0 m 高处的时间为 $t_2=\sqrt{\frac{2h_2}{g}}=\sqrt{\frac{2\times5}{10}}\ \mathrm{s}=1\ \mathrm{s}$,则运动员在这一过程中所受重力的冲量为 $I_G=mg(t_1+\Delta t+t_2)=60\times10\times(0.8+0.8+1)\ \mathrm{N\cdot s}=$

$1\ 560\ N\cdot s$，弹力的冲量为 $I_F=\overline{F}\Delta t=-1\ 950\times0.8\ N\cdot s=-1\ 560\ N\cdot s$，负号表示弹力冲量的方向竖直向上。

6. 答案　4 岁儿童的体重约 15 kg，每层楼高约 3 m，规定竖直向下为正方向。儿童刚触碰到见义勇为的青年时的速度约为 $v=\sqrt{2gh}=\sqrt{2\times10\times3\times3}\ m/s=13.4\ m/s$，由动量定理可知儿童受到的合力的冲量约为 $I_{合}=0-mv=0-15\times13.4\ kg\cdot m/s=-201\ kg\cdot m/s$，负号表示合力冲量的方向竖直向上。由冲量的定义可知合力的平均值约为 $\overline{F}=\frac{I_{合}}{t}=\frac{-201}{0.1}\ N=-2\ 010\ N$，负号表示合力的平均值的方向竖直向上。

3　动量守恒定律

◆练习与应用

1. 答案　由于甲、乙两人组成的系统所受合外力为零，满足动量守恒的条件，所以甲推乙后，尽管两人都有了动量，但总动量还等于 0。以甲运动的方向为正方向，根据动量守恒定律可得 $0=m_{甲}v_{甲}-m_{乙}v_{乙}$，则有 $\frac{v_{甲}}{v_{乙}}=\frac{m_{乙}}{m_{甲}}=\frac{10}{9}$。

2. 答案　由于在 A、B 运动过程中，A、B 组成的系统所受外力的矢量和为零，满足动量守恒的条件。取 A 的初速度方向为正方向，根据动量守恒定律得 $m_Av_A+m_Bv_B=m_Av_A'+m_Bv_B'$

$$v_A'=\frac{m_Av_A+m_Bv_B-m_Bv_B'}{m_A}=\frac{5\times9+2\times6-2\times10}{5}\ m/s=7.4\ m/s$$

A 的速度大小为 7.4 m/s，方向与初速度方向相同。

3. 答案　因为木块在光滑水平桌面上，所受的摩擦力为零，且子弹与木块的相互作用属于子弹与木块组成的系统的内力，所以整个系统所受外力的矢量和为零，满足动量守恒的条件。

已知子弹的质量 $m_1=1.0\times10^{-2}\ kg$，初速度 $v_1=300\ m/s$，木块的质量 $m_2=2.4\times10^{-2}\ kg$，初速度 $v_2=0$，取子弹的初速度方向为正方向。

（1）若子弹留在木块中，由动量守恒定律，得

$$m_1v_1=(m_1+m_2)v$$

$$v=\frac{m_1v_1}{m_1+m_2}=\frac{1.0\times10^{-2}\times300}{1.0\times10^{-2}+2.4\times10^{-2}}\ m/s=88.2\ m/s$$

（2）若子弹把木块打穿，子弹射穿木块后的速度 $v_1'=100\ m/s$，由动量守恒定律，得 $m_1v_1=m_1v_1'+m_2v_2'$

$$v_2'=\frac{m_1v_1-m_1v_1'}{m_2}=\frac{1.0\times10^{-2}\times(300-100)}{2.4\times10^{-2}}\ m/s=83.3\ m/s$$

4. 答案　规定机车初速度的方向为正方向，由于铁轨的摩擦力忽略不计，所以机车和 7 节车厢组成的系统所受合外力为零，满足动量守恒的条件，根据动量守恒定律可得 $mv_0=(m+7m)v$，解得 $v=0.05\ m/s$，即与最后一节车厢碰撞后车厢的速度为 0.05 m/s。

5. 答案　取碰撞前甲物体的速度方向为正方向。碰撞前，$v_{甲}=6\ m/s$，$v_{乙}=-2\ m/s$；碰撞后，$v_{甲}'=-4\ m/s$，$v_{乙}'=4\ m/s$。由动量守恒定律得 $m_{甲}v_{甲}+m_{乙}v_{乙}=m_{甲}v_{甲}'+m_{乙}v_{乙}'$，$\frac{m_{甲}}{m_{乙}}=\frac{v_{乙}'-v_{乙}}{v_{甲}-v_{甲}'}=\frac{3}{5}$。

6. 答案　设子弹射入沙袋前的速度为 v_0，射入后子弹和沙袋的共同速度为 v_1。在子弹射入沙袋的过程中，根据动量守恒定律得 $mv_0=(m_1+m)v_1$；子弹和沙袋沿圆弧向上摆至最高点的过程，由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}(m_1+m)v_1^2=(m_1+m)gl(1-\cos\theta)$；联立上面两式，解得 $v_0=\frac{m_1+m}{m}\sqrt{2gl(1-\cos\theta)}$。

4　实验：验证动量守恒定律

◆练习与应用

1. 答案　（1）由于小车 A 与小车 B 碰撞后的速度小于碰撞前的速度，所以 AC 段应是碰撞之前打出的纸带，DE 段是碰撞之后打出的纸带，碰撞过程发生在 CD 段。小车 A 开始运动有一段加速过程，在碰撞前做匀速直线运动，即在相等时间内通过的位移相同，故计算小车 A 碰撞前的速度大小应选 BC 段；碰撞过程是一个变速运动的过程，A、B 碰撞后粘在一起做匀速直线运动，故计算两车碰撞后的速度大小应选 DE 段。

（2）碰前小车 A 的速度为 $v_A=\frac{x_{BC}}{t_{BC}}=\frac{17.12\times10^{-2}}{5\times0.02}\ m/s=1.712\ m/s$，则碰前两小车的总动量为 $p=m_Av_A=0.4\times1.712\ kg\cdot m/s=0.685\ kg\cdot m/s$；碰后两小车的速度 $v_{共}=\frac{x_{DE}}{t_{DE}}=\frac{11.40\times10^{-2}}{5\times0.02}\ m/s=1.140\ m/s$，则碰后两车的总动量为 $p'=(m_A+m_B)v_{共}=(0.4+0.2)\times1.140\ kg\cdot m/s=0.684\ kg\cdot m/s$。

2. 答案　（1）如果第二次操作时，小球 1 从斜槽上开始滚下时位置比原来低一些，会使小球 1 到达斜槽末端的速度小一些，进而使计算式中的 v_1'、v_2' 变小，则有 $m_1v_1>m_1v_1'+m_2v_2'$，因此将会得到碰撞前小球 1 的动量大于碰撞后两球的总动量的结果。

（2）第一次操作中，斜槽的末端不水平，会导致球 1 落地的水平距离减小，进而使计算式中的 v_1 变小，则有 $m_1v_1<m_1v_1'+m_2v_2'$，因此将会得到碰撞前小球 1 的动量小于碰撞后两球的总动量的结果。

5　弹性碰撞和非弹性碰撞

◆练习与应用

1. 答案　规定质量为 400 g 的滑块的初速度方向为正方向。

（1）根据动量守恒定律可得 $m_1v_1-m_2v_2=(m_1+m_2)v'$，则有 $v'=\frac{m_1v_1-m_2v_2}{m_1+m_2}=\frac{400\times15-200\times10}{400+200}\ cm/s=6.7\ cm/s$，即碰撞后滑块的速度大小为 6.7 cm/s，方向与质量为 400 g 的滑块的初速度方向相同。

（2）根据能量守恒定律可得，碰撞过程损失的机械能 $\Delta E=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2-\frac{1}{2}(m_1+m_2)v'^2$，代入数据解得 $\Delta E=0.004\ J$。

2. 答案　设塑料球的质量为 m，则钢球的质量为 $4m$，根据动量守恒定律可得 $mv_0=mv_1+4mv_2$；由于碰撞是弹性的，所以碰撞过程中机械能守恒，则有 $\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}\cdot4mv_2^2$；联立以上两式解得 $v_1=-6\ m/s$，$v_2=4\ m/s$，即碰撞后塑料球的速度大小为 6 m/s，方向与初速度方向相反，钢球的速度大小为 4 m/s，方向与塑料球的初速度方向相同。

3. 答案　中子和原子核的碰撞可以看成是弹性碰撞，设中子的质量为 m_1，碰前速度为 v，方向为正方向，原子核的质量为 m_2，

碰前可以认为是静止的，则碰后中子的速度为$v'=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v$。

由于中子的质量一般小于原子核的质量，因此$|v'|=\frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}v=\left(1-\frac{2m_1}{m_1+m_2}\right)v$。

可见，m_2越小，$|v'|$越小，故应选用质量较小的原子核来降低中子的速度。

4.答案　设未知粒子的质量为m，初速度为v，与氢原子核碰撞后二者的速度分别为v_1、v_H，与氮原子核碰撞后二者的速度分别为v_2、v_N。

根据动量守恒定律可得$mv=mv_1+m_Hv_H$①，$mv=mv_2+m_Nv_N$②

根据能量守恒定律可得$\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}m_Hv_H^2$③，$\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}mv_2^2+\frac{1}{2}m_Nv_N^2$④

联立①③两式可得碰后氢原子核的速度$v_H=\frac{2m}{m+m_H}v$⑤，联立②④两式得碰后氮原子核的速度$v_N=\frac{2m}{m+m_N}v=\frac{2m}{m+14m_H}v$⑥；联立⑤⑥两式并代入数据解得未知粒子的质量为$m=m_H$。由此可知，中子的质量与氢核的质量相等。

5.答案　若A和B发生的是弹性碰撞，则由动量守恒定律和机械能守恒定律有$m_Av=m_Av_A+m_Bv_{max}$

$$\frac{1}{2}m_Av^2=\frac{1}{2}m_Av_A^2+\frac{1}{2}m_Bv_{max}^2$$

可以解得B获得的最大速度为$v_{max}=\frac{2m_A}{m_A+m_B}v=\frac{2m}{m+3m}v=0.5v$

若A和B发生的是完全非弹性碰撞，则碰后二者连在一起运动时，B获得的速度最小，由动量守恒定律得

$$m_Av=(m_A+m_B)v_{min}$$

$$v_{min}=\frac{mv}{m+3m}=0.25v$$

B获得的速度v_B应满足$v_{min}\leq v_B\leq v_{max}$，即$0.25v\leq v_B\leq 0.5v$

可见，B球的速度可能是$0.4v$，不可能是$0.6v$。

6　反冲现象　火箭

◆练习与应用

1.答案　设飞机的质量为m_1，喷出的气体质量为m。取飞机喷气前速度v_0的方向为正方向，喷出的气体的速度为v_1，v_1的方向与v_0相同，但$v_0>v_1$，由动量守恒定律，有

$$(m_1+m)v_0=mv_1+m_1v_2$$

$$v_2=v_0+\frac{m(v_0-v_1)}{m_1}$$

由于$v_0>0$，$v_1>0$，且$v_0>v_1$，故有$v_2>v_0$，因此飞机的速度还会增加。

2.答案　喷气后，航天员做匀速直线运动的速度为

$$v_1=\frac{\Delta x}{t}=\frac{45}{10\times60}\text{ m/s}=0.075\text{ m/s}$$

设喷气前总质量为m_1，喷气过程喷出的气体质量为m_2，取喷气后航天员的速度方向为正方向，由动量守恒定律，得

$$0=(m_1-m_2)v_1+m_2(-v_2)$$

$$m_2=\frac{v_1}{v_1+v_2}m_1=\frac{0.075\times100}{0.075+50}\text{ kg}=0.15\text{ kg}$$。

3.答案　设卫星的质量为m_1，最后一节火箭壳体的质量为m_2，分离后卫星与火箭壳体相对地面的速度分别为v_1、v_2，分离时卫星与火箭壳体的相对速度为u，则$u=v_1-v_2$，根据动量守恒定律可得$(m_1+m_2)v=m_1v_1+m_2v_2$，联立以上两式并代入数据解得$v_1=7.3\times10^3$ m/s，$v_2=5.5\times10^3$ m/s。分离后卫星的速度$v_1>v=7.0\times10^3$ m/s，故卫星做离心运动，卫星对地的高度增大，该过程需克服地球引力做功，动能减小，势能增大，最后卫星将在某一个较高的轨道稳定下来做匀速圆周运动；分离后火箭壳体的速度$v_2<v=7.0\times10^3$ m/s，故火箭壳体做近心运动，壳体对地的高度减小，该过程地球引力做正功，动能增加，势能减小，最后将会在大气层中被烧毁。

4.答案　设皮划艇、枪（含子弹）及士兵整个系统的质量为m，每发子弹的质量为m_0，子弹射出运动的反方向为正方向，子弹相对步枪的速度大小为u。

（1）设第1次射击后皮划艇的速度大小为v_1，由动量守恒定律有$0=(m-m_0)v_1+m_0(v_1-u)$

$$v_1=\frac{m_0}{m}u$$

设第2次射击后皮划艇的速度大小为v_2，由动量守恒定律有$(m-m_0)v_1=(m-2m_0)v_2+m_0(v_2-u)$

$$v_2-v_1=\frac{m_0u}{m-m_0}$$

设第3次射击后皮划艇的速度大小为v_3，由动量守恒定律有$(m-2m_0)v_2=(m-3m_0)v_3+m_0(v_3-u)$

$$v_3-v_2=\frac{m_0u}{m-2m_0}$$

同理，第10次射击后皮划艇的速度大小为v_{10}，由动量守恒定律有$(m-9m_0)v_9=(m-10m_0)v_{10}+m_0(v_{10}-u)$

$$v_{10}-v_9=\frac{m_0u}{m-9m_0}$$

所以，设射出子弹n发，则每次射击后皮划艇速度的改变量为$\Delta v=\frac{m_0u}{m-(n-1)m_0}=\frac{8}{120.01-0.01n}$ m/s$(n=1、2、3、\cdots)$

（2）连续射击10次后，可得

$$v_{10}=\frac{m_0u}{m}+\frac{m_0u}{m-m_0}+\cdots+\frac{m_0u}{m-9m_0}$$

$$=\left(\frac{0.01\times800}{120}+\frac{0.01\times800}{120-0.01}+\cdots+\frac{0.01\times800}{120-9\times0.01}\right)\text{ m/s}$$

$$=8\times\left(\frac{1}{120}+\frac{1}{120-0.01}+\cdots+\frac{1}{120-9\times0.01}\right)\text{ m/s}$$

$$\approx8\times\frac{10}{120}\text{ m/s}\approx0.67\text{ m/s}$$

（3）对整个过程应用动量定理，得

$$Ft=(m-10m_0)v_{10}-0$$

$$F=\frac{(m-10m_0)v_{10}}{t}=\frac{(120-10\times0.01)\times\frac{2}{3}}{2}\text{ N}\approx40\text{ N}$$

◆复习与提高

A 组

1. 答案　铁锤与水泥桩碰前的速度 $v=\sqrt{2gh}=\sqrt{2\times10\times3.2}$ m/s = 8 m/s。规定竖直向下为正方向，对铁锤应用动量定理可得 $(mg-\overline{F})t=0-mv$，代入数据解得 $\overline{F}=193\ 200$ N。根据牛顿第三定律可知，铁锤对桩的平均作用力大小为 193 200 N，方向竖直向下。

2. 答案　规定初速度的方向为正方向，根据动量定理有 $-\mu mgt=0-mv$，得 $t=\dfrac{mv}{\mu mg}$。两物体的初动量 mv 相同，它们与地面间的动摩擦因数 μ 相同，则 $t\propto\dfrac{1}{m}$，故质量小的物体滑行时间较长。

3. 答案　根据机械能守恒定律可知 a、b 两球落地时的速度相等，c 球落地时的速度最小，即 $v_a=v_b>v_c$；由于三个小球的质量相等，根据动量的定义式 $p=mv$ 可知，三球落地时动量的大小关系为 $p_a=p_b>p_c$。a 球在空中运动的时间最长，b 球在空中运动的时间最短，即 $t_a>t_c>t_b$；根据动量定理可知动量的变化量 $\Delta p=mgt$，则从抛出到落地三球的动量变化量的大小关系为 $\Delta p_a>\Delta p_c>\Delta p_b$。

4. 答案　(1)小球抛出时，动量的大小为 $p_1=mv_0=0.5\times6$ kg·m/s = 3 kg·m/s，方向沿水平方向。小球落地时，竖直方向的分速度 $v_y=gt=10\times0.8$ m/s = 8 m/s，落地速度 $v=\sqrt{v_0^2+v_y^2}=\sqrt{6^2+8^2}$ m/s = 10 m/s；设落地速度与水平方向的夹角为 θ，则 $\tan\theta=\dfrac{v_y}{v_0}=\dfrac{4}{3}$，故 $\theta=53°$，因此小球落地时动量的大小为 $p_2=mv=0.5\times10$ kg·m/s = 5 kg·m/s，方向与水平方向的夹角为 53°。

(2)小球从抛出到落地过程中，动量的变化量 $\Delta p=m\Delta v=mv_y=0.5\times8$ kg·m/s = 4 kg·m/s，动量变化量的方向与速度变化量的方向相同，即方向竖直向下。

(3)小球在空中运动的 0.8 s 内所受重力的冲量 $I=mgt=0.5\times10\times0.8$ kg·m/s = 4 kg·m/s，冲量的方向与重力的方向相同，即方向竖直向下。

(4)由以上分析可知，物体在一个过程中所受力的冲量等于它在这个过程初末状态的动量的变化量。

5. 答案　普通的木槌质量约为 1.5 kg，故木槌的质量不符合实际；将木槌在空中的运动视为自由落体运动，根据 $v^2=2gh$ 可知，木槌下落的高度为 $h=\dfrac{v^2}{2g}=\dfrac{22^2}{2\times10}$ m = 24.2 m，可知木槌刚接触糍粑时的速度过大，不符合实际的情景。

6. 答案　当 A、B 之间的距离最近时，它们的速度相同，规定 A 的初速度的方向为正方向，根据动量守恒定律可得 $m_Av=(m_A+m_B)v_共$，则有 $v_共=\dfrac{m_A}{m_A+m_B}v=\dfrac{m_A}{m_A+4m_A}v=\dfrac{1}{5}v$，即当 A、B 之间的距离最近时，它们的速度都为 $\dfrac{1}{5}v$。

7. 答案　$x-t$ 图线的斜率表示速度，由图像可知，两物体碰撞前，质量为 m_2 的物体静止，质量为 m_1 的物体的速度为 $v_1=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}=\dfrac{8-0}{2-0}$ m/s = 4 m/s；碰撞后，质量为 m_1 的物体的速度为 $v_1'=\dfrac{0-8}{6-2}$ m/s = −2 m/s，质量为 m_2 的物体的速度为 $v_2'=\dfrac{16-8}{6-2}$ m/s = 2 m/s。

(1)根据动量守恒定律可得 $m_1v_1=m_1v_1'+m_2v_2'$，代入数据解得 $m_2=3$ kg。

(2)碰撞前系统的总动能为 $E=E_1+E_2=\dfrac{1}{2}m_1v_1^2=\dfrac{1}{2}\times1\times4^2$ J = 8 J，碰撞后系统的总动能为 $E'=E_1'+E_2'=\dfrac{1}{2}m_1v_1'^2+\dfrac{1}{2}m_2v_2'^2=\dfrac{1}{2}\times1\times(-2)^2$ J $+\dfrac{1}{2}\times3\times2^2$ J = 8 J，则有 $E=E'$，故该碰撞是弹性碰撞。

8. 答案　小球被击穿后做平抛运动，落地时间为 $t=\sqrt{\dfrac{2h}{g}}=\sqrt{\dfrac{2\times5.0}{10}}$ s = 1 s，小球平抛的初速度为 $v_球=\dfrac{s}{t}=\dfrac{20}{1}$ m/s = 20 m/s。规定向右为正方向，子弹击穿小球的过程，根据动量守恒定律可得 $m'v_0=m_1v_球+m'v_弹$，代入数据解得击穿小球后子弹的速度 $v_弹=100$ m/s，则子弹落地处离杆的距离为 $s'=v_弹t=100\times1$ m = 100 m。

B 组

1. 答案　由 $F=5t$ 可知，力 F 随时间均匀变化，则 2 s 内力 F 的平均值为 $\overline{F}=\dfrac{F_0+F_2}{2}=\dfrac{0+5\times2}{2}$ N = 5 N，则力 F 在 2 s 内的冲量为 $I=\overline{F}t=5\times2$ N·s = 10 N·s。

2. 答案　设水平拉力为 F，在整个运动过程中，根据动量定理可得 $Ft-\mu mg(t+t)=0-0$，则拉力的大小为 $F=2\mu mg$。

3. 答案　设鸡蛋落地瞬间的速度大小为 v，18 楼的高度约为 $h=3\times17$ m = 51 m，从鸡蛋开始下落到落地瞬间，根据动能定理可得 $mgh=\dfrac{1}{2}mv^2$，解得 $v=\sqrt{2gh}=\sqrt{2\times10\times51}$ m/s ≈ 31.9 m/s；鸡蛋与地面作用过程中的平均速度为 $\bar{v}=\dfrac{v+0}{2}=16.0$ m/s，鸡蛋与地面作用的时间为 $t=\dfrac{d}{\bar{v}}=\dfrac{5\times10^{-2}}{16.0}$ s = 0.003 s。规定竖直向上为正方向，在鸡蛋落地的过程中，根据动量定理可得 $(\overline{F}-mg)t=0-(-mv)$，解得 $\overline{F}\approx532$ N，由牛顿第三定律可知鸡蛋对地面的平均冲击力为 532 N。

4. 答案　设 t 时间内有体积为 V 的水射到墙壁上，则这些水的质量为 $m=\rho V=\rho vtS$，以这部分水为研究对象，设它受到墙壁的平均冲击力为 $\overline{F}$，规定水流初速度方向为正方向，根据动量定理可得 $\overline{F}t=0-mv$，则有 $\overline{F}=-\dfrac{mv}{t}=-\rho Sv^2$，负号表示水受到墙壁的作用力方向与水流初速度方向相反，根据牛顿第三定律可知，墙壁受到的平均冲击力大小为 ρSv^2，方向与水流初速度方向相同。

5. 答案　由于不计水的阻力，所以小船和人组成的系统在水平方向动量守恒，规定人运动的方向为正方向，根据动量守恒定律可得 $0=m'v'-mv$；人从船头走到船尾，设船后退的距离为 x，人相对地面运动的距离为 x'，则有 $m'\dfrac{x'}{t}=m\dfrac{x}{t}$；又有 $x+x'=l$，

联立解得 $x=\frac{m'}{m+m'}l$，$x'=\frac{m}{m+m'}l$，即船和人对地面位移的大小分别为 $\frac{m'}{m+m'}l$、$\frac{m}{m+m'}l$。

6. 答案　设碰撞前 A 球的速度为 v，当两球压缩最紧时速度相等，根据动量守恒定律可得 $mv=(m+m)v_{共}$，则有 $v_{共}=\frac{v}{2}$。在碰撞过程中总机械能守恒，则有 $\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}(m+m)v_{共}^2+E_p$，解得 $v=2\sqrt{\frac{E_p}{m}}$。

7. 答案　由于 A、C 碰撞时间极短，所以 A、C 碰撞过程动量守恒，设碰后瞬间 A 的速度大小为 v_A，C 的速度大小为 v_C，规定向右为正方向，根据动量守恒定律可得 $m_Av_0=m_Av_A+m_Cv_C$；设 A、B 共速时的速度为 v_{AB}，根据动量守恒定律可得 $m_Av_A+m_Bv_0=(m_A+m_B)v_{AB}$；$A$、$B$ 共速后恰好不再与 C 碰撞，应满足 $v_{AB}=v_C$；联立以上各式并代入数据解得 $v_A=2\ \text{m/s}$。

8. 答案　小球 C 下落到最低点时，A、B 开始分离，此过程中 A、B、C 组成的系统水平方向动量守恒，规定水平向左为正方向，根据动量守恒定律可得 $0=m_0v_C-2mv_{AB}$，根据能量守恒定律可得 $m_0gl=\frac{1}{2}m_0v_C^2+\frac{1}{2}\cdot 2mv_{AB}^2$，联立以上两式解得 $v_C=2\sqrt{\frac{mgl}{2m+m_0}}$，$v_{AB}=\frac{m_0}{m}\sqrt{\frac{mgl}{2m+m_0}}$。

第二章　机械振动

1　简谐运动

◆练习与应用

1. 答案　白纸上 OO' 坐标轴上的坐标代表时间，纵坐标代表振动位移。白纸匀速运动时，由位移 $s=vt$ 知一定位移与一定时间对应，因此在匀速条件下，可以用白纸通过的位移表示时间。

如果拖动白纸的速度为 $v=5\times10^{-2}\ \text{m/s}$，在 OO' 坐标轴上应该以长度 $l=vt=5\times10^{-2}\times1\ \text{m}=5\times10^{-2}\ \text{m}=5\ \text{cm}$ 作为 1 s 的时间。

2. 答案　(1)质点离开平衡位置的最大距离等于振幅，为 10 cm。

(2)在 1.5 s 和 2.5 s 这两个时刻，质点在平衡位置两侧距平衡位置 $5\sqrt{2}$ cm 处，1.5 s 时质点正向平衡位置运动，2.5 s 时质点正远离平衡位置。

(3)0~1 s 内及 2~3 s 内质点相对平衡位置的位移与它的瞬时速度方向相同；1~2 s 内及 3~4 s 内质点相对平衡位置的位移与它的瞬时速度方向相反。

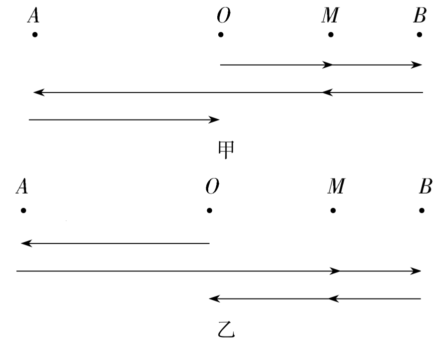
(4)质点在第 2 s 末的位移为零。

(5)质点在前 2 s 内运动的路程为 20 cm。

2　简谐运动的描述

◆练习与应用

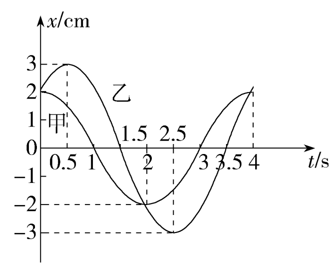
1. 答案　若小球开始运动的方向向右，运动情况如图甲所示，则小球振动的周期为 $T=4\times\left(3\ \text{s}+2\ \text{s}\times\frac{1}{2}\right)=16\ \text{s}$；若小球开始运动的方向向左，运动情况如图乙所示，则有 $3\ \text{s}+2\ \text{s}\times\frac{1}{2}=\frac{3}{4}T$，解得周期 $T=\frac{16}{3}\ \text{s}$。



2. 答案　这两个简谐运动的振幅之比为 $\frac{A_1}{A_2}=\frac{3a}{9a}=\frac{1}{3}$；它们的频率之比为 $\frac{f_1}{f_2}=\frac{\frac{8\pi b}{2\pi}}{\frac{8\pi b}{2\pi}}=\frac{1}{1}$；$t=0$ 时，$\varphi_1=\frac{\pi}{4}$，$\varphi_2=\frac{\pi}{2}$，则相位差为 $\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1=\frac{\pi}{4}$。

3. 答案　甲、乙振动图像的位移与时间的关系式分别为 $x_1=A_1\sin(\omega t+\varphi_1)$，$x_2=A_2\sin(\omega t+\varphi_2)$，由图可知，当 $t=0$ 时，$\sin\varphi_1=0$，$\sin\varphi_2=-1$，故 $\varphi_1=0$，$\varphi_2=-\frac{\pi}{2}$，它们的相位差 $\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1=-\frac{\pi}{2}$。

4. 答案　如图所示



5. 答案　由图知 $x_{甲}=0.005\sin(5\pi t+\pi)\ \text{m}$，$x_{乙}=0.002\cdot\sin\left(2.5\pi t+\frac{\pi}{2}\right)\ \text{m}$。

3　简谐运动的回复力和能量

◆练习与应用

1. 答案　小球自由静止时，受到重力、斜面的支持力和弹簧的拉力三个力的作用，沿斜面方向，弹簧的拉力与重力沿斜面方向的分力平衡。

即 $F_0=-kx_0=mg\sin\theta$

弹簧拉长后，$F=-k(x_0+x)$

小球沿斜面方向所受的合外力 $F'=F-mg\sin\theta=-k(x_0+x)-(-kx_0)=-kx$

由此可知，小球的运动是简谐运动。

2. 答案　(1)如果不考虑水的黏滞阻力，木筷受到重力和水的浮力。重力恒定不变，浮力与木筷排开水的体积成正比，木筷静止时的位置看作平衡位置。由此可知，以平衡位置为坐标原点，木筷所受合力与其偏离平衡位置的位移成正比，且方向相反，则可以判定木筷做简谐运动。

（2）小球在光滑圆弧面上受到重力和圆弧面的支持力。重力恒定不变，支持力的方向始终与运动方向垂直。小球的运动与单摆的运动类似，从而判定小球做简谐运动。

3.答案 由 $F=-kx$ 与牛顿第二定律 $F=ma$ 可知，以 AB 方向为正方向，在 A 点：$F_A=-kx_A=ma_A$

在 B 点：$F_B=-kx_B=ma_B$

且 A、B 两点在平衡位置的两侧，所以 $x_B-x_A=10$ cm

三式联立解得 $x_A=-4$ cm，$x_B=6$ cm，即平衡位置在 A、B 之间，距 A 点 4 cm，距 B 点 6 cm。

4.答案 （1）0.6 s，1.2 s，1.4 s。

（2）0.2 s，1.0 s，1.2 s。

（3）0，0.2 s，0.6 s，0.8 s，1.0 s，1.2 s，1.4 s。

（4）0.1～0.3 s，0.5～0.7 s，0.9～1.1 s，1.3～1.5 s。

（5）0～0.1 s，0.3～0.5 s，0.7～0.9 s，1.1～1.3 s。

4 单摆

◆练习与应用

1.答案 由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 知，周期与振幅、摆球质量无关。

因 $g'=\frac{g}{2}$，$l'=\frac{l}{4}$，所以 $T'=\frac{\sqrt{2}}{2}T$。

2.答案 由 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 知，当 $T=2$ s 时，摆长约为 1 m。

依题可得，地球上的秒摆在月球上的周期

$T'=2\pi\sqrt{\frac{1}{1.6}}$ s $=5$ s

所以它在月球上做 50 次全振动要用 250 s。

3.答案 （1）由图像可以看出，单摆乙的周期是单摆甲的周期的 2 倍，即 $T_{甲}=\frac{1}{2}T_{乙}$，由单摆的周期公式可知 $l_{甲}:l_{乙}=1:4$。

（2）由图像可以看出，当乙第一次到达右方最大位移处时经过了 $\frac{1}{4}$ 周期，此时甲振动了 $\frac{1}{2}$ 周期，因此甲处于平衡位置，此时正向左运动。

4.答案 （1）由图可知该单摆的周期为 2 s，代入周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，可得其摆长 $l=\frac{T^2}{4\pi^2}g=1$ m。

（2）设单摆的最大偏角为 θ，其偏角最大时，摆球处于最大位移处。由图可知，摆球的振幅为 0.04 m，远小于摆长，因此，最大偏角 θ 的正弦值为 $\sin\theta\approx\frac{A}{l}=4\times10^{-2}$，由此可估算出它摆动的最大偏角 $\theta=2.29°$。

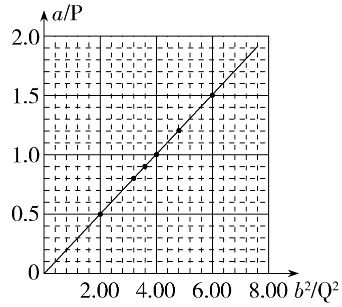
5 实验：用单摆测量重力加速度

◆练习与应用

1.答案 在用单摆测量重力加速度的实验中，摆线要选择细些的、伸缩性小些的，且长度要适当长一些，摆球应选择体积比较小、密度比较大的小球，故 A、B 均正确；根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知，摆球的周期与摆角无关，因此增大摆角不能增大摆的周期，故 C 错误；单摆的摆长应等于摆线的长度与摆球半径之和，故 D 错误；释放摆球，当摆球振动稳定后，从平衡位置开始计时，要测量摆球振动 n 个周期的时间 t，周期 $T=\frac{t}{n}$，故 E 正确。

2.答案 根据表中数据猜测 a、b 的关系，例如作 $a-b$ 图像、$a-\frac{1}{b}$ 图像、$a-b^2$ 图像、$a-\frac{1}{b^2}$ 图像、$b-\frac{1}{a}$ 图像、$b-a^2$ 图像等，从中寻找图线为直线的，经过尝试发现 $a-b^2$ 图像为直线，对应的实验数据和图像如下：

a/P	0.5	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5
b^2/Q^2	2.02	3.20	3.61	4.00	4.84	6.00



则 a 与 b 之间关系的表达式为 $a=kb^2$，其中 k 为常量，大小为 $\frac{1}{4}$，单位为 P/Q^2。

6 受迫振动 共振

◆练习与应用

1.答案 由于小球做受迫振动，振动达到稳定时周期为 4 s，频率为 0.25 Hz。

2.答案 （1）B、C 球也开始振动，且 C 球振动的振幅比较大。

（2）A、B 球开始振动，A 球的振幅比较大。

3.答案 根据共振的规律，当颠簸的时间间隔正好等于车身-弹簧系统的固有周期时，汽车颠簸得最剧烈。由 $v=\frac{x}{T}$ 可知汽车的速度大小为 5.3 m/s。

4.答案 （1）由图像可以看出单摆的固有频率约 0.3 Hz，故由单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可得 $l=\frac{T^2g}{4\pi^2}=\frac{g}{4\pi^2f^2}=\frac{9.8}{4\pi^2\times0.3^2}$ m $=$ 2.76 m。

（2）摆长增大，单摆的固有周期增大，固有频率减小，共振曲线振幅最大值所对立的横坐标将向左移动。

5.答案 摆球在 P 和 N 时刻的位移大小相等，即摆球所处的高度相同，因此势能相等；由于阻力的影响，摆球要克服阻力做功，在运动过程中机械能一直在减小，因此 N 时刻的机械能小于 P 时刻的机械能；又知 P、N 两时刻摆球的势能相等，所以 N 时刻的动能小于 P 时刻的动能。

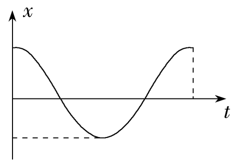
◆复习与提高

A 组

1.答案 做简谐运动的质点在通过平衡位置时，速度具有最大值，位移、回复力、加速度具有最小值。

2. 答案　弹簧振子完成 10 次全振动的时间为 2 s，则弹簧振子的周期为 $T=\frac{2}{10}$ s=0.2 s；频率和周期互为倒数，则频率为 $f=\frac{1}{T}=\frac{1}{0.2}$ Hz=5 Hz；每个周期内振子通过的路程等于 4 倍的振幅，则有 $10\times4A=80$ cm，解得 $A=2$ cm。

3. 答案　由于向右为 x 轴的正方向，所以滑块运动到 N 点时，具有正向最大位移；若滑块位于 N 点时开始计时，其位移与时间的关系遵从余弦函数的规律，其振动图像如图所示：



4. 答案　摆钟走得慢了，说明摆钟的周期变长了，根据单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知，若要将此摆钟调准，应将摆长适当缩短一些。

5. 答案　设小球的质量为 m，小球相对于最低点的位移为 x，小球与 O 的连线和竖直方向的夹角为 θ，小球的重力沿圆弧切线方向的分力为回复力，即 $F_{回}=mg\sin\theta$。$\widehat{AB}\ll R$ 时，θ 很小，小球位移的大小与 θ 角所对的弧长近似相等，因而 $\sin\theta\approx\frac{x}{R}$，且位移方向与回复力方向相反，故回复力 $F_{回}=-mg\cdot\frac{x}{R}=-\frac{mg}{R}x$，即小球的运动可视为简谐运动。此模型可以视为等效单摆，R 为等效摆长，其周期为 $T=2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$，则频率为 $f=\frac{1}{T}=\frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{R}}$。

6. 答案　设长绳的长度为 l，根据自由落体运动的规律可知，做自由落体运动的小球下落的时间为 $t_1=\sqrt{\frac{2l}{g}}$；由单摆的周期公式可知，偏离平衡位置一个很小角度的小球第一次摆到平衡位置的时间为 $t_2=\frac{1}{4}T=\frac{1}{4}\times2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}$；由于 $\sqrt{\frac{2l}{g}}<\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}$，所以做自由落体运动的小球先到达第一个小球的平衡位置。

7. 答案　（1）由图像可知，简谐运动的振幅 $A=2$ cm，周期 $T=0.8$ s，则频率 $f=\frac{1}{T}=\frac{1}{0.8}$ Hz=1.25 Hz。

（2）由于完成一次全振动的时间为一个周期，故从 C 点算起到 G 点表示完成了一次全振动。

（3）振子在平衡位置时动能最大，故 B、D、F、H 这四个点表示振子的动能最大；振子的位移最大时势能最大，故 A、C、E、G 这四个点表示振子的势能最大。

B 组

1. 答案　单摆完成 10 次全振动的时间是 40 s，则单摆的周期为 4 s，200 s 内共完成了 50 次全振动，共补充能量 5 次，则共补充的能量为 $\Delta E=5mg\Delta h=5\times0.2\times9.8\times(1.5-1.2)\times10^{-2}$ J=0.03 J。

2. 答案　在星球表面上，物体受到的重力等于万有引力，则有 $mg=G\frac{Mm}{R^2}$，解得 $g=G\frac{M}{R^2}$；单摆的周期公式为 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，整理可得 $T=2\pi\sqrt{\frac{lR^2}{GM}}$，故 $\frac{T_1}{T_2}=\sqrt{\frac{R_1^2m_2}{R_2^2m_1}}=\frac{R_1}{R_2}\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$。

3. 答案　（1）根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可得 $l=\frac{g}{4\pi^2}T^2$，则 $l-T^2$ 图线的斜率表示 $\frac{g}{4\pi^2}$，即 $\frac{g}{4\pi^2}=\frac{l_2-l_1}{T_2^2-T_1^2}$，解得 $g=\frac{4\pi^2(l_2-l_1)}{T_2^2-T_1^2}$。

（2）用 $l-T^2$ 图像计算重力加速度，可以消除因摆球质量分布不均匀而造成的测量误差。因为若摆球的质量分布不均匀，则测量的摆长不准确，但摆长的变化是不受影响的，$l-T^2$ 图线的斜率不变，只是图线不再通过坐标原点了。

4. 答案　（1）由图像可知，振幅 $A=5$ cm，周期 $T=4$ s，初相 $\varphi=0$，故小球位移随时间变化的关系式为 $x=A\sin\frac{2\pi}{T}t=5\sin\frac{\pi}{2}t$ (cm)。

（2）由图可知，在第 2 s 末到第 3 s 末这段时间内，小球的加速度变大，速度变小，动能变小，弹簧的弹性势能变大。

（3）弹簧振子在一个周期内的位移为零，路程为振幅的 4 倍，小球在 100 s 内刚好经历了 25 个周期，故第 100 s 时的位移为 $x=0$，路程为 $s=25\times4A=25\times4\times5$ cm=500 cm=5 m。

5. 答案　（1）由图乙可知，单摆的振动周期为 0.4π，由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可得，单摆的摆长为 $l=\frac{g}{4\pi^2}T^2=0.4$ m。

（2）摆球运动到 B 点时细线的拉力最大，由图乙可知最大拉力为 $F_{max}=0.510$ N，在 B 点，根据牛顿第二定律可得 $F_{max}-mg=m\frac{v^2}{l}$①；在 A 点和 C 点时细线的拉力最小，最小拉力为 $F_{min}=0.495$ N，此时有 $F_{min}=mg\cos\theta$②；摆球从 A 到 B 的过程中机械能守恒，则有 $mgl(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv^2$③；联立①②③式解得 $m=\frac{F_{max}+2F_{min}}{3g}=\frac{0.510+2\times0.495}{30}$ kg=0.05 kg。

（3）摆球在 B 点时速度最大，由 $F_{max}-mg=m\frac{v^2}{l}$ 可得，摆球运动过程中的最大速度为 $v=0.283$ m/s。

6. 答案　根据题意，某电压下偏心轮的转速是 54 r/min，则周期为 $T=\frac{1}{n}=\frac{60}{54}$ s $=\frac{10}{9}$ s，所以驱动力的频率为 $f=\frac{1}{T}=0.9$ Hz。由图乙可知，共振筛的固有频率为 $f_0=0.8$ Hz，因此为了使筛子的振幅增大，可以增大共振筛的固有频率，还可以减小驱动力的频率，即可以减小筛子的质量或降低电压。

第三章　机械波

1　波的形成

◆练习与应用

1. 答案　将石子投入平静的湖面，会激起一圈圈起伏不平的水

波向周围传播。而漂浮在水面的物体上下振动却没有随波迁移。

2.答案　(1)波源带动后面的质点振动,后面的质点总是重复前面质点的振动状态,可知 Q 点此时向上振动,介质中各质点开始振动时的方向都与波源开始振动时的方向相同。图中该波刚传到 Q 点,Q 点此时的振动状态与波源 P 开始振动时的状态相同,所以波源的起振方向也向上,质点的振动方向与波的传播方向垂直,故该机械波为横波。

(2)由问题(1)分析可知,P 点从平衡位置刚开始振动时,是向上振动的。

3.答案　(1)$t=\frac{T}{2}$时,质点 8 向上运动,质点 12、16 还没有运动。

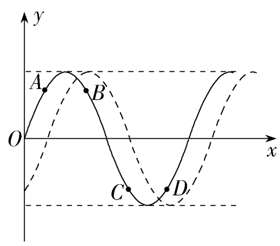
(2)$t=\frac{3}{4}T$ 时,质点 8 向下运动,质点 12 向上运动,质点 16 还没有运动。

(3)$t=T$ 时,质点 8 向下运动,质点 12 向下运动,质点 16 向上运动。

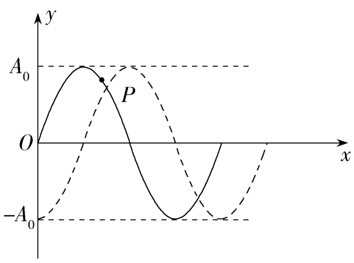
2　波的描述

◆练习与应用

1.答案　该波经过极短时间后的波形曲线如图中虚线所示,由图可知,初始时刻图中 A 质点向下振动,B 质点向上振动,C 质点向上振动,D 质点向下振动;在这段时间内,A 质点的速度增大,B 质点的速度减小,C 质点的速度增大,D 质点的速度减小。



2.答案　(1)简谐横波沿 x 轴正方向传播,由波的传播特点"上坡下,下坡上"可知,此时刻质点 P 向上运动,其速度方向沿 y 轴正方向,加速度方向沿 y 轴负方向;$\frac{1}{4}T$ 时刻的波形曲线如图中虚线所示,由图可知,$\frac{1}{4}T$ 时刻质点 P 处于"上坡",故向下运动,其速度方向沿 y 轴负方向,加速度方向也沿 y 轴负方向。



(2)经过一个周期,质点 P 通过的路程是振幅的 4 倍,即 $4A_0$。

(3)这种说法不对。质点只有最初处于平衡位置、波峰或波谷这些特殊位置时,经过$\frac{1}{4}T$,质点通过的路程才是 A_0,而质点 P 最初并不在这些特殊位置。

3.答案　(1)若波沿 x 轴正方向传播,此时 K 沿 y 轴负方向运动,M 沿 y 轴正方向运动,L 在波谷位置,所以 K 最先回到平衡位置。

(2)若波沿 x 轴负方向传播,此时 K 沿 y 轴正方向运动,M 沿 y 轴负方向运动,L 在波谷位置,所以 M 最先回到平衡位置。

4.答案　由图乙可知 $t=0$ 时刻,质点位于平衡位置且向 y 轴正方向运动。

(1)由图甲可知,波沿 x 轴正方向传播时,质点 L 在平衡位置且向 y 轴正方向运动,故图乙是 L 点的振动图像。

(2)由图甲可知,波沿 x 轴负方向传播时,质点 N 在平衡位置且向 y 轴正方向运动,故图乙是 N 点的振动图像。

5.答案　0 ℃时,空气中的声速是 332 m/s,水中的声速是 1 450 m/s。声波从空气传入水中,频率不变,由 $v=\lambda f$ 可知,声波在水中的频率为 $f_{水}=\frac{v_{水}}{\lambda_{水}}=\frac{v_{空}}{\lambda_{空}}=332\ \text{Hz}$。

由 $v=\lambda f$ 可知,波速与波长成正比,则有 $\frac{v_{水}}{v_{空}}=\frac{\lambda_{水}}{\lambda_{空}}$,其中 $\lambda_{空}=1\ \text{m}$,解得 $\lambda_{水}=4.37\ \text{m}$。

6.答案　据题意可知,甲、乙两船之间的距离为 1.5 个波长,即 $1.5\lambda=20\ \text{m}$,得 $\lambda=\frac{40}{3}\ \text{m}$

船每分钟上下浮动 20 次,说明水波的频率 $f=\frac{20}{60}\ \text{Hz}=\frac{1}{3}\ \text{Hz}$

则水波的波速 $v=\lambda f=\frac{40}{3}\times\frac{1}{3}\ \text{m/s}=\frac{40}{9}\ \text{m/s}$。

3　波的反射、折射和衍射

◆练习与应用

1.答案　人耳能听到的声音频率范围是 20 Hz~20 000 Hz,高于 20 000 Hz 的声叫超声波,声波的频率越高,方向性越好,说明蝙蝠发出的声波为频率较高的超声波,借助超声波的反射,蝙蝠便能准确地确定目标的位置和距离。

2.答案　高音和低音的区别在于声波振动的频率不同,高音频率高,低音频率低。由 $v=\lambda f$ 可知,频率高的高音波长小,衍射现象不明显,故高音减弱得明显一些。

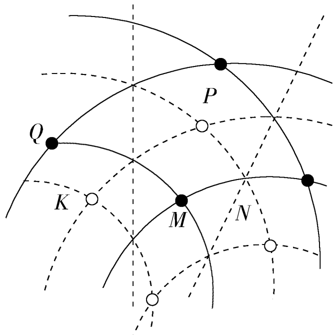
3.答案　波发生明显衍射现象的条件是缝、孔的宽度或障碍物的尺寸与波长相差不多,或者比波长更小,所以要使 P 点的水振动起来,有两种方法,一是减小孔的尺寸,二是增大波的波长。N 板向上移,可以减小孔的尺寸;由 $v=\lambda f$ 可知,水波的波速一定,减小波源的振动频率可以增大水波的波长。

4　波的干涉

◆练习与应用

1.答案　(1)M 质点此时刻处于波峰,以后一个周期内以两列波的振幅之和为振幅上下振动,N 质点以两列波的振幅之差为振幅上下振动。

(2)(3)如图所示。



2.答案　(1)凸起的最高点在图中由 M 向 P 移动。M 点并不随波迁移,M 在竖直方向上运动。

(2)K 点。凹下最低的位置由 K 向 Q 移动。

(3)位移为 0。

注:(1)(2)两问答案中字母位置参见 1 题答案图。

3.答案　该消声器的工作原理是:利用某点到相干波源的距离差为半波长的奇数倍时,此点为振动减弱点,进而消除噪声。若要达到良好的消声效果,应使在 a 处分成的上下两束波到达 b 处时通过的路程差等于半个波长的奇数倍,让 b 处成为振动减弱点,从而有效消除噪声。

4.答案　由 $v=\lambda f$ 可知,该波的波长 $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{4}{4}\ \text{m}=1\ \text{m}$。设 P 为 AB 上任意一点,P 点距 A 的距离为 x,则距 B 的距离为 $1.2\ \text{m}-x$,P 点到两波源的路程差为 $\Delta s=x-(1.2\ \text{m}-x)$,其中 $0\leqslant x\leqslant 1.2\ \text{m}$,合振动振幅最小的点即振动减弱点,应满足 $\Delta s=(2k+1)\cdot\frac{1}{2}\lambda\ (k=0、1、2\cdots)$,即 $\left(k+\frac{1}{2}\right)\lambda=x-(1.2\ \text{m}-x)$,解得 $x=0.85\ \text{m}$,故 A、B 间合振动振幅最小的点距 A 点的距离为 $x_1=0.85\ \text{m}$,或 $x_2=1.2\ \text{m}-0.85\ \text{m}=0.35\ \text{m}$。

5　多普勒效应

◆练习与应用

1.答案　甲、乙站着不动时,相当于观察者(乙)与波源(甲)相对静止,观察到的频率等于波源振动的频率。

当乙以一定速度向甲运动时,相当于观察者向波源靠近,由于间距缩短,乙接到球的时间间隔将会减小,所以乙每隔小于 1 s 的时间接到一个球。

如果乙靠向甲的速度增大,乙接到球的频率会增加得更大,乙接球的时间间隔会更短。

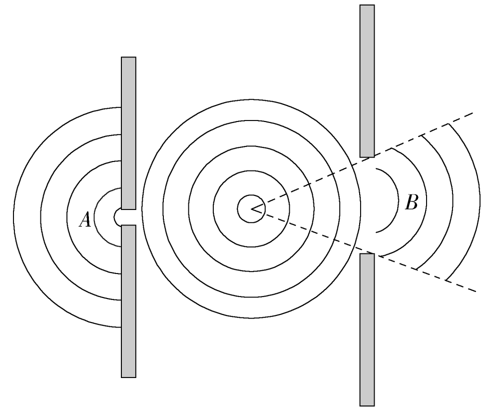
2.答案　**BD**　当观察者与声源相向运动时,相同时间内,观察者接收到的声波的个数增多,所以观察者接收到的声波的频率升高,听到乐音的音调比原来要高。当观察者与声源背向运动时,相同时间内,观察者接收到的声波的个数减少,所以观察者接收到的声波的频率降低,听到乐音的音调比原来降低了。综上所述,选 B、D。

3.答案　略。

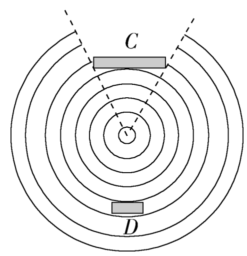
◆复习与提高

A 组

1.答案　如图所示



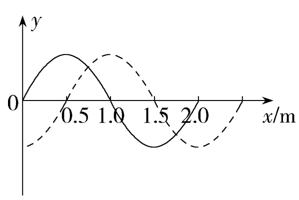
甲



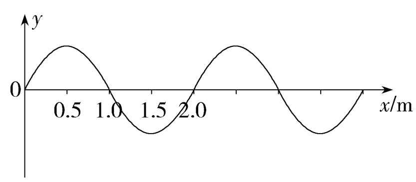
乙

2.答案　看到火把发光,10 s 后听到钟声,可以近似认为钟声在水中传播 14 km 所用的时间为 10 s,则水中的声速为 $v=\frac{x}{t}=\frac{14\times10^{3}}{10}\ \text{m/s}=1\ 400\ \text{m/s}$。

3.答案　经过 1 s 后,该波向右传播的距离为 $x_1=vt_1=0.5\times1\ \text{m}=0.5\ \text{m}$,将波形曲线沿波的传播方向平移 0.5 m,其波形图如图中虚线所示。



经过 4 s 后,该波向右传播的距离为 $x_2=vt_2=0.5\times4\ \text{m}=2\ \text{m}$,将波形曲线沿波的传播方向平移 2 m,其波形图如图所示。



4.答案　(1)由图可知,这列波的波长 $\lambda=4\ \text{m}$,振幅 $A=10\ \text{cm}$。

(2)由质点 P 的振动方程为 $y=10\sin(5\pi t)\ \text{cm}$ 可知,$\omega=5\pi\ \text{rad/s}$,则周期 $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{5\pi}\ \text{s}=0.4\ \text{s}$,故这列波的波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{4}{0.4}\ \text{m/s}=10\ \text{m/s}$。

(3)由质点 P 的振动方程 $y=10\sin(5\pi t)\ \text{cm}$ 可知,质点 P 的起振方向沿 y 轴正方向,由波的传播特点“上坡下,下坡上”可知,该波沿 x 轴正方向传播。

5.答案　(1)由图可知,这列波的周期 $T=2.0\ \text{s}$,则 A、B 两点开

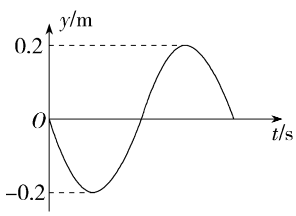
始振动的时间间隔 $t=1.0\ \text{s}=\dfrac{1}{2}T$，所以 A、B 两点间的距离为半个波长，故波长 $\lambda=2\times(55-45)\ \text{m}=20\ \text{m}$。

（2）由于 A、B 两点间的距离为半个波长，所以 A、B 两点的振动情况总是相反，因此当 B 点离开平衡位置的位移为 6 cm 时，A 点离开平衡位置的位移是−6 cm。

B 组

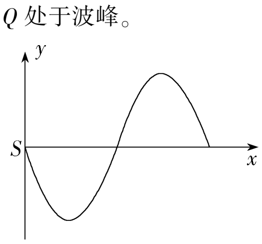
1.答案　根据波的叠加原理可知，在两列波相遇区域，每一个质点的振动速度都等于每列波单独引起的振动速度的矢量和。图乙中，由波的传播特点“上坡下，下坡上”可知，向右传播的波使质点 a 向下振动，向左传播的波使质点 a 向下振动，由波的叠加原理可知，质点 a 向下振动；向右传播的波使质点 b 向上振动，向左传播的波使质点 b 向上振动，由波的叠加原理可知，质点 b 向上振动。

2.答案　由图可知，波向右传播，$t=0$ 时刻 A 位于平衡位置，位移为零，由波的传播特点“上坡下，下坡上”可知，A 向下振动，其振动图像如图所示。



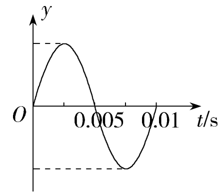
3.答案　由图可知，这列波的波长 $\lambda=4\ \text{m}$。若波向右传播，则有 $0.2\ \text{s}=\left(n+\dfrac{1}{4}\right)T$，其中 $n=0、1、2、\cdots$，可得 $T=\dfrac{0.8}{4n+1}\ \text{s}(n=0、1、2、\cdots)$，则波速 $v=\dfrac{\lambda}{T}=\dfrac{4}{\frac{0.8}{4n+1}}\ \text{m/s}=(20n+5)\ \text{m/s}$，其中 $n=0、1、2、\cdots$；若波向左传播，则有 $0.2\ \text{s}=\left(n+\dfrac{3}{4}\right)T$，其中 $n=0、1、2、\cdots$，可得 $T=\dfrac{0.8}{4n+3}\ \text{s}(n=0、1、2、\cdots)$，则波速 $v=\dfrac{\lambda}{T}=\dfrac{4}{\frac{0.8}{4n+3}}\ \text{m/s}=(20n+15)\ \text{m/s}$，其中 $n=0、1、2、\cdots$。

4.答案　（1）波向右传播，某时刻 t，S 点通过平衡位置向上运动，则 t 时刻的波形图如图甲所示。由 $v=\lambda f$ 可知该波的波长为 $\lambda=\dfrac{v}{f}=\dfrac{80}{100}\ \text{m}=0.8\ \text{m}$，则 $SQ=5.4\ \text{m}=6\dfrac{3}{4}\lambda$，$S$ 与 Q 之间的位置关系相当于相距 $\dfrac{3}{4}\lambda$ 的两质点；$SP=4.2\ \text{m}=5\dfrac{1}{4}\lambda$，$S$ 与 P 之间的位置关系相当于相距 $\dfrac{1}{4}\lambda$ 的两质点。结合图甲可知，t 时刻 P 处于波谷，Q 处于波峰。

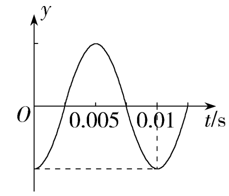


甲

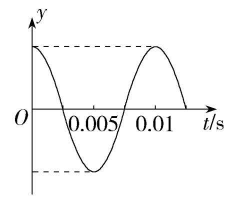
（2）S、P、Q 三点的振动周期为 $T=\dfrac{1}{f}=0.01\ \text{s}$，取时刻 t 为时间起点，S、P、Q 三点的振动图像分别如图乙、丙、丁所示。



乙



丙



丁

5.答案　当该同学所处的位置距两个声源的距离差为波长的整数倍时，该位置振动加强，听到的声音是变强的，故该同学从中间向一侧移动 0、2.5 m、5 m、7.5 m、10 m 时，听到声音变强；该同学所处的位置距两个声源的距离差为半个波长的奇数倍时，该位置振动减弱，听到的声音是变弱的，故该同学从中间向一侧移动 1.25 m、3.75 m、6.25 m、8.75 m 时，听到声音变弱；故该同学从中间向一侧移动过程中听到扬声器声音由强变弱的次数为 4 次。

6.答案　若该波沿 x 轴由 a 向 b 传播，由振动图像可知，$t=0$ 时刻，质点 a 经过平衡位置向下运动，质点 b 位于波峰，则 $x_{ab}=\left(n+\dfrac{1}{4}\right)\lambda$，其中 $n=0、1、2、\cdots$，可得波长 $\lambda=\dfrac{4x_{ab}}{4n+1}=\dfrac{24}{4n+1}\ \text{m}$，其中 $n=0、1、2、\cdots$，波速 $v=\dfrac{\lambda}{T}=\dfrac{\frac{24}{4n+1}}{4}\ \text{m/s}=\dfrac{6}{4n+1}\ \text{m/s}$，其中 $n=0、1、2、\cdots$。同理可知，若该波沿 x 轴由 b 向 a 传播，波长 $\lambda=\dfrac{4x_{ab}}{4n+3}=\dfrac{24}{4n+3}\ \text{m}$，其中 $n=0、1、2、\cdots$，波速 $v=\dfrac{\lambda}{T}=\dfrac{\frac{24}{4n+3}}{4}\ \text{m/s}=\dfrac{6}{4n+3}\ \text{m/s}$，其中 $n=0、1、2、\cdots$。

7.答案　（1）两列波分别传到 P、Q 两质点，P、Q 的平衡位置相距 $s=0.8\ \text{m}-0.2\ \text{m}=0.6\ \text{m}$，设两列波经过时间 t 相遇，则有 $s=vt+vt$，解得两列波相遇的时刻为 $t=\dfrac{s}{2v}=\dfrac{0.6}{2\times0.4}\ \text{s}=0.75\ \text{s}$。

（2）两列波的振动周期为 $T=\dfrac{\lambda}{v}=\dfrac{0.4}{0.4}\ \text{s}=1\ \text{s}$，两列波经过 $t=0.75\ \text{s}$ 在 PQ 的中点 M 相遇，所以质点 M 在 $t=0.75\ \text{s}$ 时刻开始振动，两列波同时到达 M 点时，引起质点 M 的振动方向均向下，所以 M 点为振动加强点，即质点 M 的振幅为 $A'=2A=4\ \text{cm}$。当 $t=1.5\ \text{s}$ 时，质点 M 振动的时间为 $1.5\ \text{s}-0.75\ \text{s}=0.75\ \text{s}=\dfrac{3}{4}T$，故 1.5 s 后质点 M 运动的路程为 $s=\dfrac{3}{4}\times4A'=3A'=12\ \text{cm}$。

第四章　光

1　光的折射

◆练习与应用

1.答案　光线垂直半圆形界面射向 O 时，入射角等于零，光线不发生偏折，在经过平面界面时发生偏折。光线由空气斜射入玻璃时，折射角小于入射角；反之，由玻璃斜射入空气时，折射角大于入射角。

根据上述知识进行判断。

甲：光线由空气进入玻璃，折射角大于入射角，不可能发生。

乙：光线由空气进入玻璃，折射角小于入射角，可能发生。

丙：光线由玻璃进入空气，折射角大于入射角，可能发生。

丁：光线由玻璃斜射入空气，折射角等于入射角，不可能发生。

2.答案　由折射定律可知

$$\frac{\sin 60°}{\sin \theta}=\sqrt{3}$$

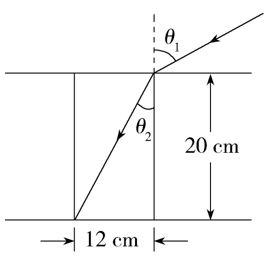
$$\sin \theta=\frac{\sin 60°}{\sqrt{3}}=0.5$$

所以 $\theta=30°$。光路图略。

3.答案　$n=\dfrac{\sin 40°}{\sin 35°}=1.12$

$$v=\frac{c}{n}=2.68\times10^{8}\ \text{m/s}$$

4.答案　作出由坦克内部左侧观察外部的最大范围的光路图，由图可知，坦克内的人通过这块玻璃能看到的外界视角为左侧或右侧观察时的两倍。



根据几何关系可知 $\sin \theta_2=\dfrac{12}{\sqrt{20^2+12^2}}$

根据折射定律得 $n=\dfrac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$

代入数据得 $\theta_1=51°27'$

故视角 $\Phi=2\theta_1=102°54'$

5.答案　(1)证明：对于边 a 上的入射光线，根据折射定律得

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

对于边 a' 上的出射光线，同理有

$$n=\frac{\sin \theta_4}{\sin \theta_3}$$

因为 $\theta_2=\theta_3$，则 $\theta_1=\theta_4$（θ_3 和 θ_4 分别为出射光线对应的入射角和折射角）

所以入射光线与射出玻璃砖的光线是平行的。

(2)证明：设玻璃砖的厚度为 d，则侧移量

$D=OO'\sin(\theta_1-\theta_2)$

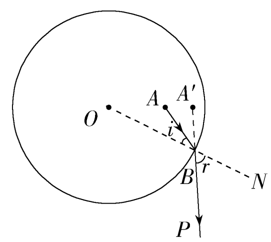
又 $OO'=\dfrac{d}{\cos \theta_2}$

根据折射定律有 $n=\dfrac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$

$$\begin{aligned}\text{所以 } D&=\frac{d}{\cos \theta_2}\times\sin(\theta_1-\theta_2)\\&=\frac{d}{\cos \theta_2}\times(\sin \theta_1 \cos \theta_2-\cos \theta_1 \sin \theta_2)\\&=d\sin \theta_1-d\cos \theta_1 \tan \theta_2\\&=d\sin \theta_1\left(1-\frac{\cos \theta_1}{\sqrt{n^2-\sin^2 \theta_1}}\right)\end{aligned}$$

可以看出，当 θ_1 越大时，D 越大。

6.答案　图为筷子竖直插入盛水玻璃杯内的俯视图，A 处为筷子，ABP 表示由筷子发出的穿过玻璃杯壁 B 射向观察者 P 处的一条光线，ON 为过 B 点沿半径的直线，即在 B 处水和空气的分界面的法线（忽略玻璃），上述光线相当于在 B 处由水中射入空气中，图中的角 i 和角 r 分别为此光线的入射角和折射角；根据光的折射规律可知 $r>i$，所以观察者在 P 处看到的 A 的像 A' 不在 A 的实际位置，而是由其实际位置偏离杯中心的方向向杯壁靠近一些；同时，玻璃杯相当于一个凸透镜，对筷子起到了放大作用，因此，观察到的筷子比实际粗些。



2　全反射

◆练习与应用

1.答案　根据 $n=\dfrac{1}{\sin C}$ 得

玻璃的临界角 C_1 满足 $\sin C_1=\dfrac{1}{1.5}$，得 $C_1=41°49'$

金刚石的临界角 C_2 满足 $\sin C_2=\dfrac{1}{2.42}$，得 $C_2=24°24'$

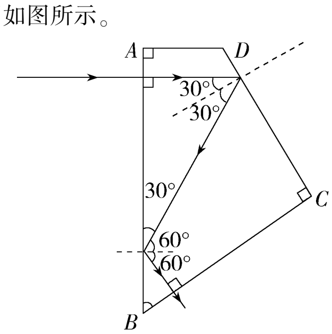
2.答案　根据 $n=\dfrac{1}{\sin C}$ 得介质的临界角 $C=45°$

由题目知，入射角小于 $45°$，故不能发生全反射。

3.答案　根据 $n=\dfrac{1}{\sin C}$ 得介质的临界角为 $C=24°37'$

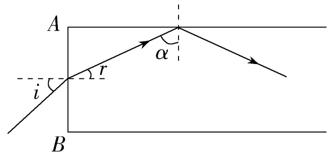
知 $C<30°$

其光路图如图所示。



4.答案　若要保证光能从玻璃丝的 AB 端面传播到另一端面，则需保证光能在内芯发生全反射，恰好发生全反射的光路如图

所示。由折射定律可得 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，由几何关系可知 $\alpha+r=90°$，则有 $\sin r=\cos\alpha$；由临界角公式可得 $\sin\alpha=\frac{1}{n}$，联立以上各式可得 $\sin i=\sqrt{n^2-1}$。故要使光能从玻璃丝的 AB 端面传播到另一端面，应满足 $\sin i\leqslant\sqrt{n^2-1}<1$，即 $i<90°$。



3 光的干涉

◆练习与应用

1.答案　干涉是波特有的现象，光的干涉现象说明光是一种波。

2.答案　亮条纹到两光源的距离差为半波长的偶数倍，暗条纹到两光源的距离差为半波长的奇数倍。

由于观察者 A 离两声源的距离差 $\Delta x_1=5.4\ \text{m}-4.5\ \text{m}=0.9\ \text{m}$，$\frac{\Delta x_1}{\frac{\lambda}{2}}=\frac{0.9\ \text{m}}{0.3\ \text{m}}=3$，故观察者 A 处为振动减弱点。由于观察者 B 离两声源的距离差 $\Delta x_2=5.5\ \text{m}-4.3\ \text{m}=1.2\ \text{m}$，$\frac{\Delta x_2}{\frac{\lambda}{2}}=\frac{1.2\ \text{m}}{0.3\ \text{m}}=4$，故观察者 B 处为振动加强点。所以，观察者 A 听到的声音比观察者 B 要小。

3.答案　由 $c=\lambda f$ 得

$$\lambda=\frac{c}{f}=\frac{3\times10^8}{6.0\times10^{14}}\ \text{m}=5\times10^{-7}\ \text{m}$$

路程差与半波长的关系

$$\frac{\Delta x}{\frac{\lambda}{2}}=\frac{7.5\times10^{-7}}{2.5\times10^{-7}}=3$$

故 P 点出现暗条纹。

4.答案　经空气薄膜上下表面分别反射的两列光是相干光源，其光程差为 $\Delta x=2d$，即光程差是空气层厚度的 2 倍。当光程差 $\Delta x=n\lambda$ 时，此处出现亮条纹，因此相邻亮条纹之间的空气层厚度差一定为 $\frac{1}{2}\lambda$。抽去一张纸后，空气层的倾角变小，则相邻亮纹（或暗纹）之间的间距变大，因此干涉条纹变疏。

4 实验：用双缝干涉测量光的波长

◆练习与应用

1.答案　（1）据 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 知，λ、d 不变，屏与双缝间的距离 l 变大，相邻两亮条纹中心的距离变大。

（2）据 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 知，l、d 不变，Δx 变大了，说明 λ 变大了，则红光的波长较长。

（3）据 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 知，l、λ 不变，d 由 0.2 mm 变为 0.3 mm，则相邻两个亮条纹中心间距变小。

2.答案　通过测多个条纹的间距求平均值可减小实验误差。

3.答案　甲图中手轮上的示数为 2 mm+0.01×33.3 mm=2.333 mm，乙图中手轮上的示数为 15 mm+0.01×37.6 mm=15.376 mm，则相邻两亮条纹的中心间距为 $\Delta x=\frac{15.376-2.333}{6-1}\ \text{mm}=2.609\times10^{-3}\ \text{m}$，根据双缝干涉的条纹间距公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 可得，该光的波长为 $\lambda=\frac{d\Delta x}{l}=\frac{0.3\times10^{-3}\times2.609\times10^{-3}}{1.2}\ \text{m}=6.52\times10^{-7}\ \text{m}=652\ \text{nm}$。

5 光的衍射

◆练习与应用

1.答案　会观察到明暗相间的彩色条纹。因为当两支铅笔夹成的狭缝宽度与光波波长相差不多或更小时，会看到光的明显衍射现象。

2.答案　衍射条纹宽度增大。

3.答案　当孔足够大时，由于光的直线传播，屏上首先出现的是三角形光斑；之后随着孔的缩小，出现小孔成像，成的是太阳的像，故为小圆形光斑；随着小孔的进一步缩小，当孔的尺寸与光波波长相差不多时，出现了明暗相间的衍射条纹，最后随小孔的闭合而全部消失。

4.答案　（1）可见光的波长是微米数量级的，若眼睛的瞳孔直径也是微米数量级的，则瞳孔处会发生明显的衍射，所有光源都会变得模糊，也就无法清晰成像，这时所看到的外部世界将是模糊一片，出现明暗相间的条纹景象。

（2）某种动物可听到波长是毫米数量级的声波，那么平时可听到的波长是米数量级的声波就听不到了，听到的是超声波（也就是说和蝙蝠差不多），各个方向的声音差异会很大。因为超声波的方向性强，衍射比可听声波弱。

6 光的偏振　激光

◆练习与应用

1.答案　光在某个特定方向振动的现象叫偏振现象。偏振是波的特性，光的偏振现象说明光是横波。

2.答案　两者的目的都是减少通光量，但普通带色玻璃只允许某个特定颜色的光通过，使看到的物体的颜色改变了；而通过偏振片看到的物体的颜色不变。安装镜片时，两镜片的透振方向相互垂直。利用偏振镜片可以检验光波是不是横波，可以检测某一光波是不是偏振波。

3.答案　可以将激光应用在检查物体表面平整度和全息照相技术等方面。

4.答案　应用了激光的平行度好的特点。

5.答案　可以利用激光束来切割、焊接，以及在很硬的材料上打孔。医学上可以用激光做“光刀”来切开皮肤、切除肿瘤，还可以用激光“焊接”剥落的视网膜。

◆复习与提高

A 组

1.答案　（1）光的干涉和衍射现象；

（2）光的偏振现象；

（3）若想看到显著的光的衍射现象不容易，而水波的衍射现象却随处可见；

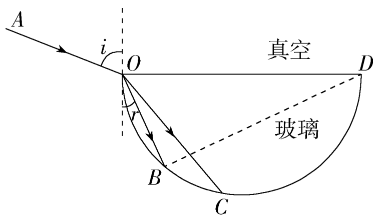
（4）在双缝干涉实验中，双缝间距、双缝到屏的距离相等时，用绿光做实验的相邻亮条纹中心间距比用红光做实验的

相邻亮条纹中心间距小，根据双缝干涉的条纹间距公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 可知，绿光的波长比红光的波长短。

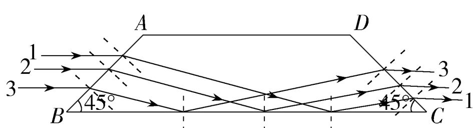
2.答案　将一块厚玻璃板压在书上，透过玻璃板看书上的字，眼睛看到的是字的虚像，像的位置比字的实际位置高。这是由于从玻璃射向空气的光线在玻璃界面发生折射，且折射角大于入射角，人逆着折射光线看去，像的位置变高。

3.答案　证明：设入射角为 i，折射角为 r，根据折射定律可得 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$；由几何关系可知 $\sin i=\frac{ON}{OM}$，$\sin r=\frac{ON}{OB}$，则 $n=\frac{OB}{OM}=\frac{R}{r}$。

4.答案　设任一光线的入射角为 i，折射角为 r，光在玻璃中传播的路程为 s，半圆柱截面的半径为 R。如图所示，由几何关系可知 $s=2R\cos(90°-r)=2R\sin r$，又知光在玻璃中传播的速度为 $v=\frac{c}{n}$，则光在玻璃中传播的时间为 $t=\frac{s}{v}=\frac{2R\sin r}{\frac{c}{n}}=\frac{2Rn\sin r}{c}$；由折射定律可知 $n\sin r=\sin i$，因此 $t=\frac{2R\sin i}{c}$。由此可知 $t_B=t_C$。



5.答案　由题知光线在 AB 边的入射角为 45°，设光线在 AB 边的折射角为 r，在 BC 边的入射角为 α，在 CD 边的入射角为 β，在 CD 边的折射角为 γ。由折射定律可得 $n=\frac{\sin 45°}{\sin r}$，解得 $r=30°$，则光线到达 BC 边时入射角 $\alpha=75°$；由临界角公式 $\sin C=\frac{1}{n}$，解得棱镜材料的临界角 $C=45°$，$\alpha>C$，故光线在 BC 边发生全反射，无法从 BC 边射出。光线射到 CD 边时，入射角 $\beta=30°$，$\beta<C$，则光线从 CD 边射出，折射角为 $\gamma=45°$。因此从 DC 边射出的光线跟入射光线平行。三条光线的光路图如图所示。



B 组

1.答案　一束光斜射入界面相互平行、折射率递增的多层介质膜中，光的轨迹将越来越靠近法线，如图 1 所示；若光斜射入界面相互平行、折射率递减的多层介质膜中，光的轨迹将越来越远离法线，如图 2 所示。

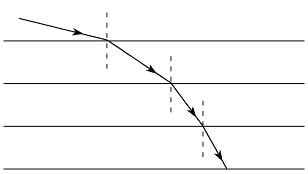


图 1

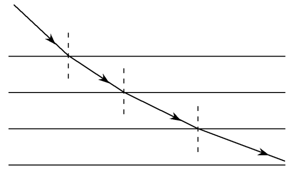
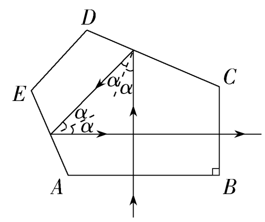


图 2

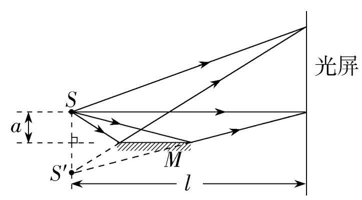
2.答案　(1)从液面上方的各个方向恰好看不到大头针，说明恰好发生全反射，则有 $n=\frac{1}{\sin C}$；由几何关系可知 $\sin C=\frac{r}{\sqrt{r^2+h^2}}$，因此用 r 和 h 求折射率的计算式为 $n=\frac{\sqrt{r^2+h^2}}{r}$。

(2)调节大头针在水面下的长度，使大头针的最下端反射到木塞边沿的光恰好发生全反射，连接大头针的下端与木塞的边沿，则该连线与竖直方向的夹角等于临界角 C，要测出 C，则需要测出薄木塞的半径 r、大头针在水面下的长度 h。

3.答案　光线在棱镜中的光路图如图所示，根据几何关系可知 $4\alpha=90°$，则 $\alpha=22.5°$。由临界角公式 $\sin C=\frac{1}{n}$，可知 $\sin 22.5°\geqslant\frac{1}{n}$，得 $n\geqslant\frac{1}{\sin 22.5°}$，故五棱镜折射率的最小值为 $\frac{1}{\sin 22.5°}$。



4.答案　光路如图所示，由题意可知，双缝间距为 $2a$，双缝到屏的距离为 l，根据双缝干涉的条纹间距公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$，可得 $\Delta x=\frac{l}{2a}\lambda$。



5.答案　光路如图所示，由发生全反射的临界角公式 $\sin C=\frac{1}{n}$，可得临界角 $C=30°$。若沿 DE 方向射到 AB 面上的光线刚好发生全反射，则有 $\angle ADF=30°$；同理，若沿 DG 方向射到 BC 面上的光线刚好发生全反射，则有 $\angle GDC=30°$；因此 $\angle FDH=30°$。根据几何关系可得 $\overset{\frown}{FH}=\frac{30°}{360°}\times 2\pi R=\frac{\pi R}{6}$，即这部分光照射圆弧 $\overset{\frown}{AC}$ 的弧长为 $\frac{\pi R}{6}$。