参考答案

第一章　动量与动量守恒定律

1　动量

问题式预习

知识点一

1.相互作用　很短

2.动量守恒　保持不变　质量

[**科学思维**]

提示：木棒击球、台球相撞、冰壶运动、乒乓球与球拍相互作用等。

知识点二

1.(1)天平　数字计时器　(2)质量　速度

2.(1)质量　速度　mv　(2)千克米每秒　kg·m/s

(3)矢　速度　(4)状态量

[**科学思维**]

速度、力、加速度、动量　某一段时间　位移、平均速度、功、速度变化量

[**判一判**]

(1)√　(2)×　(3)×

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：(1)可以测量悬线和小球半径的总长度 L，并测量小球 A 被拉起的角度 i，根据机械能守恒，可知小球 A 碰撞前的速度 $v_1=\sqrt{2gL(1-\cos i)}$。

(2)测出小球 B 被碰撞后摆起的最大摆角 r，则碰撞后小球 B 的速度 $v_2=\sqrt{2gL(1-\cos r)}$。

(3)将双面胶粘在小球 A、B 的对立面上，可使它们碰撞后粘在一起运动。

(4)碰撞前、后，两小球的质量与速度的乘积之和是守恒的。

【评价活动】

1.C　**解析**：该实验是在一维碰撞情况下设计的，其他非一维碰撞情况未做探究，A说法正确；系统中物体各自的质量与速度的乘积之和在碰撞前后为守恒量，B说法正确；守恒量应是在各种情境下都守恒的量，具有普遍性，在一种情境下满足的守恒量，对其他情境不一定适用，C说法错误；进行有限次实验找到的守恒量，具有偶然性，结论还需要在其他情境下进行检验，D说法正确。

2.ABD　**解析**：两细绳等长能保证两小球正碰，以减小实验误差，选项A正确；由于计算碰撞前的速度时，用到了 $mgh=\frac{1}{2}mv^2$，即要求初速度为零，选项B正确；本实验中对小球的弹性无要求，选项C错误；两小球正碰后，可以有各种运动情况，选项D正确。

3.解析：(1)为保证滑块 A、B 放开后做匀速直线运动，必须使气垫导轨水平。

(2)要求出 A、B 两滑块在卡销放开后的速度，需测出 A 至 C 的运动时间 t_1 和 B 至 D 的运动时间 t_2，并且要测量出两滑块到挡板的距离 l_1 和 l_2，再由公式 $v=\frac{x}{t}$ 求出其速度。

(3)设向左为正方向，根据所测数据求得两滑块作用后的速度分别为 $v_A=\frac{l_1}{t_1}$，$v_B=-\frac{l_2}{t_2}$。电动卡销放开前两滑块静止，$v=0$，速度与质量乘积之和为零；电动卡销放开后两滑块的速度与质量乘积之和为 $(M+m)\frac{l_1}{t_1}-M\frac{l_2}{t_2}$。

答案：(1)调整导轨使其水平

(2)A 至 C 的距离 l_1、B 至 D 的距离 l_2

(3)0　$(M+m)\frac{l_1}{t_1}-M\frac{l_2}{t_2}$

4.解析：(2)①气垫导轨可以大大减小因滑块和导轨之间的摩擦而引起的误差，还可以保证两个滑块的碰撞是一维的。

②滑块1碰撞之前的速度

$$v_1=\frac{d}{\Delta t_1}=\frac{5\times10^{-3}}{10.01\times10^{-3}}\ \text{m/s}=0.50\ \text{m/s},$$

滑块1碰撞之后的速度

$$v_2=\frac{d}{\Delta t_2}=\frac{5\times10^{-3}}{49.99\times10^{-3}}\ \text{m/s}=0.10\ \text{m/s},$$

滑块2碰撞之后的速度

$$v_3=\frac{d}{\Delta t_3}=\frac{5\times10^{-3}}{8.35\times10^{-3}}\ \text{m/s}=0.60\ \text{m/s}。$$

③A.滑块1和滑块2碰撞前、后质量与速度的乘积之和不变。

理由：滑块1和滑块2碰撞之前 $m_1v_1=0.15\ \text{kg·m/s}$，滑块1和滑块2碰撞之后 $m_1v_2+m_2v_3=0.15\ \text{kg·m/s}$。

B.滑块1和滑块2碰撞前、后的总动能不变。

理由：滑块1和滑块2碰撞之前的总动能

$$E_{k1}=\frac{1}{2}m_1v_1^2=0.037\ 5\ \text{J},$$

滑块1和滑块2碰撞之后的总动能

$$E_{k2}=\frac{1}{2}m_1v_2^2+\frac{1}{2}m_2v_3^2=0.037\ 5\ \text{J}。$$

答案：(2)①A.减小因滑块和导轨之间的摩擦而引起的误差　B.保证两个滑块的碰撞是一维的　②0.50　0.10　0.60　③见解析

任务二

1.AC　**解析**：物体的动量是由速度和质量两个因素决定

的，动量大的物体质量不一定大，所以惯性也不一定大，A 正确；同样，动量大的物体速度也不一定大，B 错误；动量相同指的是动量的大小和方向均相同，而动量的方向就是物体运动的方向，故动量相同的物体运动方向一定相同，C 正确；由动量和动能的关系 $p=\sqrt{2mE_k}$ 可知，只有质量相同的物体动量相同时，动能才相同，故 D 错误。

2.C　**解析**：动量定义式为 $p=mv$，代入数据可得两款机器人动量大小分别为 $p_1=750\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，$p_2=380\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，差值 $\Delta p=(750-380)\text{kg}\cdot\text{m/s}=370\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，故选 C。

3.B　**解析**：两物体的动量相等，若质量不相等，则根据 $E_k=\frac{p^2}{2m}$ 可知，动能不相等，选项 A 错误；质量一定的物体，动能发生变化，则速度大小一定发生了变化，所以动量也一定发生变化，选项 B 正确；若初、末动量的方向在相反方向上，规定末动量方向为正方向，则动量的变化量跟末动量的方向一致，此时动量变化量的大小等于初、末状态动量大小之和，选项 C、D 错误。

4.B　**解析**：因为动量为矢量，其方向与速度方向相同，抛出瞬间 A、B、C 三球的速度方向不同，故 A 错误；四个小球在运动过程中根据动能定理有 $\Delta E_k=mgh$，ΔE_k 相同，小球 A、B、C 抛出时动能相同，落地时它们的动能也相同，故 B 正确，D 错误；动量是矢量，落地时 B 的速度方向与 A、C 不同，故 B 的动量与 A、C 不同，故 C 错误。

5.D　**解析**：动量变化量的大小为 $6\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，动量是矢量，动量变化量与初动量可能同向，可能反向，也可能不在同一条直线上，故物体的动量大小可能增加，可能减小，也可能不变，故 D 正确，A、B、C 错误。

6.解析：(1)取向右为正方向，则足球的初、末动量分别为

$p=mv=0.4\times4\ \text{kg}\cdot\text{m/s}=1.6\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，方向向右，

$p'=mv'=0.4\times10\ \text{kg}\cdot\text{m/s}=4\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，方向向右，

足球动量的变化量为 $\Delta p=p'-p=2.4\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，方向向右。

(2)取向右为正方向，则足球的初、末动量分别为

$p_1=mv_1=0.4\times10\ \text{kg}\cdot\text{m/s}=4\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，方向向右，

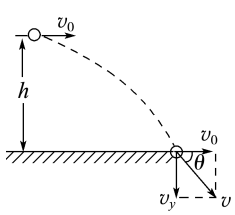
$p_2=mv_2=0.4\times(-3)\text{kg}\cdot\text{m/s}=-1.2\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，即方向向左，

足球动量的变化量为 $\Delta p'=p_2-p_1=-5.2\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，即方向向左。

答案：见解析

7.解析：(1)由于平抛运动的竖直分运动为自由落体运动，

故 $h=\frac{1}{2}gt^2$，



落地时间 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=1\ \text{s}$，

$\Delta v=v_y=gt=10\ \text{m/s}$，方向竖直向下，

故 $\Delta p=m\Delta v=1\times10\ \text{kg}\cdot\text{m/s}=10\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，方向竖直向下。

(2)小球落地时竖直分速度为 $v_y=gt=10\ \text{m/s}$，

由速度合成知，落地速度

$v=\sqrt{v_0^2+v_y^2}=\sqrt{10^2+10^2}\ \text{m/s}=10\sqrt{2}\ \text{m/s}$，

所以小球落地时的动量大小为

$p'=mv=10\sqrt{2}\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，

方向与水平方向的夹角为 45°斜向下。

答案：(1)$10\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，方向竖直向下

(2)$10\sqrt{2}\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，方向与水平方向夹角为 45°斜向下

2　动量定理

问题式预习

知识点一

1.(1)时间　(3)N·s　(4)力

2.(1)合力　动量的变化　(2)$p'-p$　$mv'-mv$

(3)矢量运算

[科学思维]

提示：(1)做匀速圆周运动的物体的向心力方向时刻变化，不能说合外力的冲量方向与力的方向相同，要说与动量变化量的方向相同。

(2)无关。

[判一判]

(1)×　(2)√　(3)×

知识点二

1.短　长

2.动量　流体

[做一做]

ACD　**解析**：根据 $F=\frac{\Delta p}{\Delta t}$，可把牛顿第二定律表述为：物体动量的变化率等于它所受的合外力，A 正确；力与力的作用时间的乘积叫作力的冲量，它反映了力的作用对时间的累积效应，是一个矢量，B 错误；动量定理可表示为 $F=\frac{\Delta p}{\Delta t}$，其实质与牛顿第二定律是相同的，但有时用起来更方便，C 正确；易碎品运输时要用柔软材料包装，船舷常常悬挂旧轮胎，都是为了延长力的作用时间以减小作用力，D 正确。

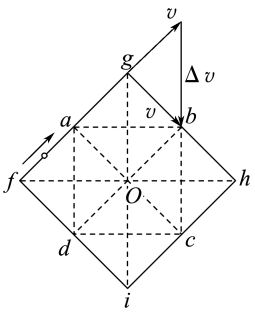
任务型课堂

任务一

1.D　**解析**：起跳时，运动员有竖直向上的速度，所以运动员做竖直上抛运动，A 错误；运动员做竖直上抛运动，加速度恒定为重力加速度，B 错误；运动员做竖直上抛运动，速度先减小，后增大，故动量先减小后增大，C 错误；运动员所受重力方向竖直向下，重力的冲量方向与重力方向相同，竖直向下，D 正确。

2.C　**解析**：题图甲、乙中人对绳子的拉力相同，作用时间相等，由冲量 $I=F\Delta t$ 可知，两冲量相等，只有选项 C 是正确的。

3.A　**解析**：设小球的速度大小为 v，质量为 m，以拐点 g 为例，其速度变化如图所示：



根据几何关系可得 $\Delta v=\sqrt{2}v$，小球在拐点处动量的变化量为 $\Delta p=m\cdot\Delta v=\sqrt{2}mv$，所以在拐点处其所受冲量大小 $I=\Delta p=\sqrt{2}mv$，则在拐点处其所受冲量和动量的比值 $\frac{I}{mv}=\frac{\sqrt{2}mv}{mv}=\sqrt{2}$，根据图中几何关系可得 $\frac{ab}{gb}=\sqrt{2}$，$\frac{ab}{bd}=\frac{\sqrt{2}}{2}$，$\frac{ab}{fh}=\frac{1}{2}$，$\frac{ab}{hi}=\frac{\sqrt{2}}{2}$，故选 A。

4.C　**解析**：根据冲量 $I=F\Delta t$，重力对滑块的冲量应为重力与作用时间的乘积，所以 $I_G=mg(t_1+t_2)$，故 C 正确。

5.解析：解法一：F-t 图像中，图线与坐标轴围成的面积表示冲量。由此得，经过 $t=10$ s，

F_1 的冲量 $I_1=\frac{1}{2}\times10\times10$ N·s=50 N·s，

F_2 的冲量 $I_2=-\frac{1}{2}\times10\times10$ N·s=−50 N·s，

合力 F 的冲量 $I_{合}=I_1+I_2=0$。

解法二：F_1、F_2 都随时间均匀变化，因此可以用平均力来计算它们的冲量。

F_1 的冲量 $I_1=\frac{10+0}{2}\times10$ N·s=50 N·s，

F_2 的冲量 $I_2=\frac{0-10}{2}\times10$ N·s=−50 N·s，

合力 F 的冲量 $I_{合}=I_1+I_2=0$。

答案：50 N·s　−50 N·s　0

6.解析：物体沿斜面下滑的过程中，受重力、支持力和摩擦力的作用。

重力的冲量 $I_G=Gt=mgt=5\times10\times2$ N·s=100 N·s，方向竖直向下。

支持力的冲量 $I_N=F_Nt=mg\cos\alpha\cdot t=5\times10\times0.8\times2$ N·s=80 N·s，方向垂直于斜面斜向上。

摩擦力的冲量 $I_f=F_ft=\mu mg\cos\alpha\cdot t=0.2\times5\times10\times0.8\times2$ N·s=16 N·s，方向沿斜面向上。

答案：见解析

任务二

1.C　**解析**：运输玻璃器皿等易碎品时，在器皿的四周总是垫着碎纸或海绵等柔软、有弹性的衬垫物，是为了延长作用时间，从而减小冲击力，即可以用动量定理解释；建筑工人戴的安全帽内有缓冲垫，把头和帽子的外壳隔开一定的距离，是为了延长作用时间，从而减小冲击力，即可以用动量定理解释；热水瓶胆做成双层，且把两层中间的空气抽去是为了保温，而不是为了减小冲击力，不能用动量定理解释；跳高运动中的垫子总是十分松软，是为了延长作用时间，从而减小冲击力，即可以用动量定理解释。本题要求选不能用动量定理解释的，故选 C。

2.D　**解析**：在船和码头悬挂老旧轮胎，是为了延长船靠岸时的作用时间，从而减小冲力，不会改变船舶靠岸过程中动量的变化量，即不会改变船舶靠岸过程的冲量，也不会影响船舶靠岸的末动量。故选 D。

3.B　**解析**：抽出纸条的过程中，铁块所受的滑动摩擦力一定。以速度 v 抽出纸条时，铁块所受滑动摩擦力的作用时间较长，铁块获得的速度较大，平抛运动的水平位移较大。以 $2v$ 的速度抽出纸条的过程中，铁块受滑动摩擦力作用的时间较短，铁块获得的速度较小，平抛运动的水平位移较小，故 B 选项正确。

任务三

【探究活动】

提示：(1)对车内的人分析，由动能定理得

$-\overline{F}x=0-\frac{1}{2}mv_0^2$，

得人受到的平均冲力大小为 $\overline{F}=5.4\times10^4$ N。

(2)对车内的人，由动量定理得

$-\overline{F}'t=0-mv_0$，

解得人受到的平均冲力大小为 $\overline{F}'=1.8\times10^4$ N。

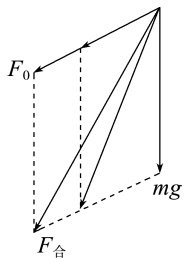
(3)在研究匀变速运动时可以用运动学规律，在研究有关位移的运动时用动能定理比较简单，在研究有关时间的运动时用动量定理比较简单。

【评价活动】

1.C　**解析**：由机械能守恒定律可得 $mgh=\frac{1}{2}mv^2$，可知鸡蛋落地时速度大小 $v=\sqrt{2gh}$，鸡蛋与地面作用过程中，取竖直向上为正方向，由动量定理得 $(F-mg)t=0-(-mv)$，可知鸡蛋对地面产生的冲击力大小为 $F=\frac{mv}{t}+mg$，每层楼高度约为 3 m，则 $h=24\times3$ m=72 m，得 $F\approx949$ N，接近 1×10^3 N，故选项 C 正确。

2.C　**解析**：取竖直向下为正方向，木槌打击糍粑的过程中，对木槌，由动量定理得 $(mg-\overline{F})t=0-mv$，解得 $\overline{F}=500$ N，故选 C。

3.AB　**解析**：无人机做匀速直线运动时受到拉力、空气的作用力和重力，则三个力的合力为零，根据受力平衡的特点可知，空气的作用力与重力和拉力的合力大小相等，方向相反，拉力大小 F 随时间 t 的变化关系为 $F=F_0-kt$，F 是逐渐减小的，它与重力的合力变化如图所示：



由图可知重力和拉力的合力方向是变化的，所以无人机受到空气的作用力的方向会变化，故 A 正确；由 $F=F_0-kt$ 可知拉力是均匀变化的，所以拉力的冲量 $I=\overline{F}T=\frac{F_0+(F_0-kT)}{2}\cdot T=(F_0-\frac{1}{2}kT)T$，故 B 正确；$0\sim T$ 时间段重力的冲量大小 $I'=mgT$，由于重力和拉力不在同一条直线上，因此无人机受到重力和拉力的合力的冲量大小不等于 $mgT+(F_0-\frac{1}{2}kT)T$，故 C 错误；空气的作用力与重力和拉力的合力大小相等，方向相反，所以 T 时刻无人机受到的空气作用力的大小等于重力和拉力的合力大小，即

$F_{空}=\sqrt{F_x^2+(mg+F_y^2)}$

$=\sqrt{(F\cos 30°)^2+(mg+F\sin 30°)^2}$

$=\sqrt{\frac{3}{4}(F_0-kT)^2+\left(mg+\frac{F_0-kT}{2}\right)^2}$，故 D 错误。

4.D　**解析**：根据动能定理可知 $W_1=\frac{1}{2}m(2v)^2-\frac{1}{2}mv^2=\frac{3}{2}mv^2$，$W_2=\frac{1}{2}m(5v)^2-\frac{1}{2}m(2v)^2=\frac{21}{2}mv^2$，可得 $W_2=7W_1$，由于速度是矢量，具有方向，当初、末速度方向相同时，动量变化量最小，方向相反时，动量变化量最大，因此冲量的大小范围是 $mv\leqslant I_1\leqslant 3mv$，$3mv\leqslant I_2\leqslant 7mv$，比较可得 $I_2\geqslant I_1$ 一定成立。故选 D。

3　动量守恒定律

问题式预习

知识点一

1.(1)整体　(3)以外

2.(1)外力　合外力　(2)$p_1'+p_2'$　$m_1v_1'+m_2v_2'$

(3)外力　合外力

[科学思维]

提示：(1)把两个物体 A、B 和弹簧看成一个系统时，弹簧和两个物体 A、B 之间的作用力是内力，物体 A、B 所受到的重力以及地面对物体 A、B 的支持力和静摩擦力是外力。(2)把物体 A 和弹簧看成一个系统时，弹簧和物体 A 之间的弹力是内力，物体 B 对弹簧的弹力是外力，物体 A 受到的重力以及地面对物体 A 的支持力和静摩擦力是外力。

[判一判]

(1)×　(2)√　(3)×

知识点二

1.普适性　合外力

3.内力远大于外力

4.不守恒　沿着该方向的分量

[做一做]

B　**解析**：把小孩与滑板看成一个系统，系统所受合外力为零，故系统动量守恒，设滑板运动的方向为正方向，则有 $0=mv'-Mv$，解得滑板的速度大小 $v'=\frac{M}{m}v$，B 正确。

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：(1)水平面光滑，两小球所受外力的合力为零，故系统动量守恒。

(2)剪断细线后，弹簧弹力是内力，系统所受外力的合力为零，系统动量守恒。

(3)物体和小车组成的系统，水平方向上合力为零，动量守恒；竖直方向上合力不为零，动量不守恒。

【评价活动】

1.C　**解析**：牛顿运动定律只适用于研究低速、宏观问题，动量守恒定律适用于目前为止物理学研究的各个领域。

2.B　**解析**：子弹在空中飞行过程中，重力的冲量不为零，故 A 错误；子弹在空中飞行过程中，克服阻力做功，机械能不守恒，故 B 正确；扣动扳机后，有化学能转化为机械能，子弹和枪整体的机械能不守恒，故 C 错误；扣动扳机后，子弹和枪整体受肩膀的作用力，在水平方向上动量不守恒，故 D 错误。

3.A　**解析**：对物块和槽组成的系统，在下滑过程中没有机械能损失，系统的机械能守恒，A 正确；在下滑的过程中，物块在竖直方向上有加速度，物块和槽组成的系统所受合外力不为零，故系统的动量不守恒，但系统在水平方向上动量守恒，B 错误；在压缩弹簧的过程中，对物块和弹簧组成的系统，由于挡板对弹簧有向左的弹力，所以系统受到的合外力不为零，则系统动量不守恒，C 错误；因为物块与槽在水平方向上动量守恒，且两者质量相等，根据动量守恒定律知物块离开槽时物块与槽的速度大小相等、方向相反，物块被弹簧反弹后，与槽的速度相同，即两者做速度相同的匀速直线运动，所以物块不会再滑上弧形槽，D 错误。

4.ACD　**解析**：当两手同时放开时，系统的合外力为零，所以系统的动量守恒，又因为开始时总动量为零，故系统总动量始终为零，选项 A 正确；先放开左手，左边的小车就向左运动，再放开右手后，此时系统所受合外力为零，故系统的动量守恒，只不过总动量不是零，先放开左手时总动量方向向左，再放开右手后总动量方向也向左，故选项 B 错误，选项 C、D 正确。

任务二

1.C　**解析**：以人、锤和车组成的系统为研究对象，取向左为正方向，人将大锤水平向左抛出的过程，人、锤和车组成的系统动量守恒，由动量守恒定律可得 $p-(m_1+m_3)v=0$，抛

出瞬间大锤的动量大小为 $p=(m_1+m_3)v$，故选 C。

2.C **解析**：x-t 图像的斜率表示物体的速度，根据题图可知，m_1 碰撞前的速度大小为 $v_0=4$ m/s，m_2 碰撞前的速度为零，A 错误；两物体正碰后，m_1 的速度大小为 $v_1=2$ m/s，m_2 的速度大小为 $v_2=2$ m/s，碰撞后两物体的速率相等，B 错误；两物体碰撞过程中满足动量守恒定律，即 $m_1v_0=-m_1v_1+m_2v_2$，解得两物体的质量关系为 $m_2=3m_1$，根据动量的表达式 $p=mv$ 可知，碰撞后 m_2 的动量大于 m_1 的动量，C 正确；根据动能的表达式 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$ 可知，碰撞后 m_2 的动能大于 m_1 的动能，D 错误。

3.B **解析**：炮弹和炮身在水平方向上不受外力作用，故水平方向动量守恒，则有 $mv\cos\alpha=(M-m)v'$，得 $v'=\frac{mv\cos\alpha}{M-m}$，B 正确。

4.B **解析**：设水平向右为正方向，两游泳者同时跳离小船后小船的速度为 v'，根据甲、乙两游泳者和小船组成的系统动量守恒有 $m_{甲}(-v)+m_{乙}v+Mv'=0$，代入数据可得 $v'=-0.6$ m/s，其中负号表示小船向左运动，所以选项 B 正确。

5.解析：设小明推出木箱后，小明和小车的速度为 v_1，小明接住木箱后三者的共同速度为 v_2，取水平向左为正方向。根据动量守恒定律

推出木箱的过程有 $0=(m+2m)v_1-mv$，

接住木箱的过程有

$mv+(m+2m)v_1=(m+m+2m)v_2$，

解得共同速度 $v_2=\frac{v}{2}$。

答案：$\frac{v}{2}$

6.解析：C 在 A 上滑动时，选 A、B、C 作为一个系统，其总动量守恒，有

$m_Cv_0=m_Cv_C'+(m_A+m_B)v_A'$，

C 滑到 B 上后 A 做匀速运动，再选 B、C 作为一个系统，其总动量也守恒，则

$m_Cv_C'+m_Bv_A'=(m_B+m_C)v_{BC}$，

联立两式得 $v_A'=2.1$ m/s，$v_C'=4$ m/s。

答案：(1)2.1 m/s　(2)4 m/s

7.解析：(1)以初速度 v_0 的方向为正方向，设 B 的质量为 m_B，A、B 碰撞后的共同速度为 v，由题意知碰撞前瞬间滑块 A 的速度为 $\frac{v}{2}$，碰撞前瞬间滑块 B 的速度为 $2v$。

由动量守恒定律得 $m\cdot\frac{v}{2}+2m_Bv=(m+m_B)v$，　①

由①式得 $m_B=\frac{m}{2}$。　②

(2)从开始到碰撞后的全过程，由动量守恒定律得

$mv_0=(m+m_B)v$，　③

由②③得 $v=\frac{2}{3}v_0$，　④

设碰撞过程 A、B 两滑块所组成的系统机械能的损失为 ΔE，则

$\Delta E=\frac{1}{2}m\left(\frac{v}{2}\right)^2+\frac{1}{2}m_B(2v)^2-\frac{1}{2}(m+m_B)v^2$，　⑤

联立②④⑤式得 $\Delta E=\frac{1}{6}mv_0^2$。

答案：(1)$\frac{m}{2}$　(2)$\frac{1}{6}mv_0^2$

4　实验：验证动量守恒定律

问题式预习

【实验思路】

1.平抛

2.很短　远大于

【原理启示】

质量　速度

【实验器材】

提示：斜槽轨道，两个大小相等、质量不同的小球，重垂线，复写纸，白纸，天平，刻度尺，圆规，三角板等。

任务型课堂

【原型实验】

1.解析：(1)小车 P 碰撞前做匀速直线运动，在相等时间内运动位移相等，由图乙所示纸带可知，应选择纸带上的 BC 段求出小车 P 碰撞前的速度。

(2)设打点计时器打点时间间隔为 T，由图乙所示的纸带可知，碰撞前小车的速度 $v=\frac{s_2-s_1}{4T}$，碰撞后两小车的共同速度 $v'=\frac{s_4-s_3}{6T}$。若碰撞前后系统动量守恒，则 $m_1v=(m_1+m_2)v'$，即 $m_1\frac{s_2-s_1}{4T}=(m_1+m_2)\frac{s_4-s_3}{6T}$，整理得 $\frac{m_1(s_2-s_1)}{2}=\frac{(m_1+m_2)(s_4-s_3)}{3}$。

(3)如果在测量小车 P 的质量时，忘记粘橡皮泥，则小车 P 质量的测量值小于真实值，由(2)中表达式可知，所测系统碰撞前总动量小于碰撞后系统的总动量。

答案：(1)BC　(2)$\frac{m_1(s_2-s_1)}{2}=\frac{(m_1+m_2)(s_4-s_3)}{3}$

(3)偏小

2.解析：(1)由于实验中必须保证向右运动的小球 a 与静止的小球 b 碰撞后两球均向右运动，则实验中小球 a 的质量应大于小球 b 的质量，即 $m_a>m_b$。

(2)对两小球的碰撞过程由动量守恒定律有 $m_av=m_av_a+m_bv_b$，由于小球从轨道右端飞出后做平抛运动，且小球落点与轨道右端的竖直高度相同，则结合平抛运动规律可知小球从轨道右端飞出后在空中运动的时间相等，设此时间为 t，则 $m_avt=m_av_at+m_bv_bt$，即 $m_ax_P=m_ax_M+m_bx_N$。

答案：(1)>　(2)$m_ax_P=m_ax_M+m_bx_N$　小球从轨道右

端飞出后做平抛运动，且小球落点与轨道右端的竖直高度相同，结合平抛运动规律可知小球从轨道右端飞出后在空中运动的时间相等（合理即可）

【创新实验】

3.解析：(1)由题图可以看出，s 应是 B 球初始位置到落地点的水平距离。

(2)还应测量的物理量是 A 球的质量 m_A，B 球的质量 m_B，A 球开始的摆角 α 和 OC 向左摆动的最大摆角 β，B 球下落的高度 H，O 点到 A 球球心的距离 L。

(3)根据机械能守恒定律可得 $m_AgL(1-\cos\alpha)=\frac{1}{2}m_Av_A^2$，$A$ 球碰撞前的动量 $p_A=m_Av_A$，联立解得 $p_A=m_A\sqrt{2gL(1-\cos\alpha)}$；根据机械能守恒定律可得 $m_AgL\cdot(1-\cos\beta)=\frac{1}{2}m_Av_A'^2$，$A$ 球碰撞后的动量 $p_A'=m_Av_A'$，联立解得 $p_A'=m_A\sqrt{2gL(1-\cos\beta)}$；$B$ 球做平抛运动，由平抛运动的规律可得 $H=\frac{1}{2}gt^2$，$s=v_Bt$，B 球碰撞后的动量 $p_B'=m_Bv_B$，联立解得 $p_B'=m_Bs\sqrt{\frac{g}{2H}}$。

答案：(1)落地点　(2)m_A、m_B、α、β、H、L

(3)$m_A\sqrt{2gL(1-\cos\alpha)}$　$m_A\sqrt{2gL(1-\cos\beta)}$　$m_Bs\sqrt{\frac{g}{2H}}$

4.解析：(1)由于挡光片的宽度比较小，故挡光片通过光电门的时间比较短，因此可将挡光片通过光电门的平均速度看成滑块通过光电门的瞬时速度，故滑块 A 通过光电门 1 时的速度大小可表示为 $v_1=\frac{d}{t_1}$。

(2)游标卡尺的主尺读数为 8 mm，游标尺读数为 0.1×4 mm$=0.4$ mm，所以挡光片的宽度为 $d=8$ mm$+0.4$ mm$=8.4$ mm$=0.84$ cm。

(3)滑块 A 通过光电门 1 时的速度 $v_1=\frac{d}{t_1}$，滑块 A、B 整体通过光电门 2 时的速度 $v_2=\frac{d}{t_2}$，不考虑摩擦力作用，若 A、B 组成的系统碰撞前后动量守恒，则 $m\cdot\frac{d}{t_1}=2m\cdot\frac{d}{t_2}$，化简得 $t_1=\frac{1}{2}t_2$，即当 $t_1=\frac{1}{2}t_2$ 时，A、B 组成的系统碰撞前后的动量守恒。

答案：(1)$\frac{d}{t_1}$　(2)0.84　(3)$t_1=\frac{1}{2}t_2$

5　碰撞

问题式预习

知识点一

1.(1)总动能不变　保持不变　(2)总动能减少　减少　(3)粘在一起　最多

2.动量守恒

[判一判]

(1)√　(2)×　(3)√

知识点二

1.动量守恒　能量守恒

2.$m_1v_1'+m_2v_2'$　$\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_1$　$\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_1$

3.这条直线　正碰

4.偏离

[做一做]

A　**解析**：设中子的质量为 m，因为发生的是弹性正碰，动量守恒，机械能守恒，规定初速度的方向为正方向，有 $mv_1=mv_2+Amv$，$\frac{1}{2}mv_1^2=\frac{1}{2}mv_2^2+\frac{1}{2}Amv^2$，联立两式解得 $\left|\frac{v_1}{v_2}\right|=\frac{A+1}{A-1}$，故 A 正确。

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：(1)以地面为参考系，将小球 A 和 B 看作一个系统。碰撞过程中系统动量守恒，有

$m_1v_1+m_2v_2=m_1v_1'+m_2v_2'$，

弹性碰撞中没有机械能损失，有

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

(2)$\begin{cases}v_1'=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_1\\v_2'=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_1\end{cases}$

(3)不一定。质量相等的两个物体只有发生弹性正碰时，同时满足动量守恒和动能守恒的情况下，两物体才会交换速度。

【评价活动】

1.D　**解析**：两球碰撞过程中动量守恒，由于碰撞后两球都静止，总动量为零，故碰撞前两个球的动量大小相等，方向相反，A 错误，D 正确；两球的质量是否相等不确定，故碰撞前两个球的速度是否相等也不确定，B、C 错误。

2.B　**解析**：根据系统的动量守恒可知 $mv_1=mv_1'+mv_2'$，解得 $v_2'=2$ m/s，故选项 B 正确。

3.A　**解析**：由动量守恒定律有 $3mv-mv=0+mv'$，所以 $v'=2v$。碰前总动能 $E_k=\frac{1}{2}\times3mv^2+\frac{1}{2}mv^2=2mv^2$，碰后总动能 $E_k'=\frac{1}{2}mv'^2=2mv^2$，$E_k=E_k'$，所以 A 项正确。

4.D　**解析**：对 P 和 N 的碰撞过程，规定它们的初速度方向为正方向，根据动量守恒定律有 $m_Pv_P+m_Nv_N=m_Pv_P'+m_Nv_N'$，可得 $m_P(v_P-v_P')=m_N(v_N'-v_N)$，根据题图甲可知 $(v_P-v_P')>(v_N'-v_N)$，故 $m_P<m_N$，同理，对 Q 和 N 组成的系统有 $m_Qv_Q+m_Nv_N=m_Qv_Q'+$

$m_N v_N''$，可得 $m_Q(v_Q-v_Q')=m_N(v_N''-v_N)$，根据题图乙可知 $(v_Q-v_Q')<(v_N''-v_N)$，故 $m_N<m_Q$，联立可得 $m_Q>m_N>m_P$，故选 D。

任务二

【探究活动】

提示：碰撞前系统总动量为 $p=m_Av_A+m_Bv_B=16\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，碰撞前总动能为 $\frac{1}{2}m_Av_A^2+\frac{1}{2}m_Bv_B^2=28\ \text{J}$。

(1)如果 $v_A'=3\ \text{m/s}$、$v_B'=3.5\ \text{m/s}$，系统动量守恒、动能不增加，符合实际，故可能；

(2)如果 $v_A'=2\ \text{m/s}$、$v_B'=5\ \text{m/s}$，系统动量守恒、动能增加，不符合实际，故不可能；

(3)如果 $v_A'=5\ \text{m/s}$、$v_B'=0.5\ \text{m/s}$，则碰撞后，后面的 A 的速度大于前面的 B 的速度，不符合实际，故不可能。

【评价活动】

1.AB　**解析**：由题意知碰撞后两物块运动方向相同，由动量守恒定律有 $Mv=Mv_1+mv_2$，由 $Mv_1=mv_2$ 得，$v_1=\frac{1}{2}v$，$v_2=\frac{M}{2m}v$，能量关系满足 $\frac{1}{2}Mv^2\geqslant\frac{1}{2}Mv_1^2+\frac{1}{2}mv_2^2$，把 v_1、v_2 代入求得 $\frac{M}{m}\leqslant3$，A、B 正确。

2.AD　**解析**：由碰撞前、后总动量守恒 $m_1v_1=m_1v_1'+m_2v_2'$ 和动能不增加 $E_k\geqslant E_{k1}'+E_{k2}'$ 验证 A、B、D 三项皆有可能；但 B 项碰撞后后面小球的速度大于前面小球的速度，碰撞没有结束，不符合实际，所以 A、D 两项有可能。

3.A　**解析**：以 A、B 两球整体为系统，系统所受合外力为零，A、B 两球组成的系统动量守恒，即 $p_A'+p_B'=p_A+p_B=9\ \text{kg}\cdot\text{m/s}+3\ \text{kg}\cdot\text{m/s}=12\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$，故先排除 D 项；$A$、$B$ 两球碰撞前的动能应大于或等于碰撞后的动能，即 $E_{kA}+E_{kB}\geqslant E_{kA}'+E_{kB}'$，碰撞前 $E_{kA}+E_{kB}=\frac{p_A^2}{2m}+\frac{p_B^2}{2m}=\frac{(81+9)(\text{kg}\cdot\text{m/s})^2}{2m}=\frac{90(\text{kg}\cdot\text{m/s})^2}{2m}$，碰撞后 $E_{kA}'+E_{kB}'=\frac{p_A'^2}{2m}+\frac{p_B'^2}{2m}$，将 A、B、C 三项代入，可排除 C 项；A、B 选项表明碰撞后两球的动量均为正值，即碰后两球沿同一方向运动，后面 A 球的速度应小于或等于 B 球的速度，即 $v_A'\leqslant v_B'$，因此又可排除 B 项，所以该题的正确选项为 A。

任务三

【探究活动】

提示：(1)弹簧被压缩至最短时，弹性势能最大，此时 A、B 具有相同的速度。

(2)当 A、B 作用结束时，也就是弹簧从被压缩又恢复到原长时，B 的速度最大。

【评价活动】

1.解析：在水平面上人跳离甲车和跳上乙车的两个过程中水平方向动量是守恒的。甲车从斜坡滑到平面上的速度 $v_甲=\sqrt{2gh}=3\ \text{m/s}$，设人跳离甲车后甲车的速度为 $v_甲'$，跳上乙车后乙车的速度为 $v_乙'$，人跳离甲车的水平速度为 v，以水平向右为正方向，则

$(M+m_1)v_甲=Mv+m_1v_甲'$，　①

$Mv-m_2v_0=(M+m_2)v_乙'$，　②

甲、乙两车恰好不相撞的临界条件为 $v_甲'=\pm v_乙'$，若甲、乙同向且 $v_甲'>v_乙'$，则甲、乙将相撞；若甲、乙反向且 $v_甲'>v_乙'$，则甲车冲上斜面返回后将与乙车发生碰撞。

联立①②两式解得当 $v_甲'=v_乙'$ 时，$v=3.8\ \text{m/s}$，当 $v_甲'=-v_乙'$ 时，$v=4.8\ \text{m/s}$。

故为了避免两车相撞，人从甲车跳到乙车上的速度应满足 $3.8\ \text{m/s}\leqslant v\leqslant4.8\ \text{m/s}$。

答案：$3.8\ \text{m/s}\leqslant v\leqslant4.8\ \text{m/s}$

2.解析：(1)当 A 与 B 的速度相等时，弹簧的弹性势能最大，设此共同速度为 $v_共$，由 A、B 与弹簧组成的系统动量守恒得 $2mv_0=(2m+m)v_共$，解得 $v_共=\frac{2}{3}v_0$，

所以 $E_p=\frac{1}{2}\times2mv_0^2-\frac{1}{2}\times(2m+m)v_共^2=\frac{1}{3}mv_0^2$。

(2)设 A 与弹簧第一次接触的过程中，A 脱离弹簧瞬间速度为 v_1，B 的速度为 v_2，则

由动量守恒定律得 $2mv_0=2mv_1+mv_2$，

由能量守恒定律得 $\frac{1}{2}\times2mv_0^2=\frac{1}{2}\times2mv_1^2+\frac{1}{2}mv_2^2$，

联立两式得 $v_1=\frac{v_0}{3}$，$v_2=\frac{4}{3}v_0$，

B 与挡板的碰撞是弹性的，则 B 与挡板碰后反弹，速度大小为 $\frac{4}{3}v_0$，方向水平向左。

设 A 与弹簧第二次接触过程中脱离的速度为 v_3，B 的速度为 v_4，由动量守恒定律得 $mv_2-2mv_1=2mv_3+mv_4$，

由能量守恒定律得

$\frac{1}{2}mv_2^2+\frac{1}{2}\times2mv_1^2=\frac{1}{2}\times2mv_3^2+\frac{1}{2}mv_4^2$，

联立两式得 $v_3=\frac{7}{9}v_0$。

答案：(1)$\frac{1}{3}mv_0^2$　(2)$\frac{7}{9}v_0$

3.解析：(1)以水平向右为正方向，对小球和 A 组成的系统由动量守恒定律，有

$mv=m\left(-\frac{v}{5}\right)+m_Av_A$，

设 A 和 B 相对静止后的速度为 v_1，对 A 与 B 组成的系统，由动量守恒定律有

$m_Av_A=(m_A+m_B)v_1$，

解得 $v_1=\frac{6mv}{5(m_A+m_B)}$，方向水平向右。

(2)A、B 相互作用的过程中系统减少的动能转化为内能，A 恰好不滑落的条件是 A 滑到 B 的右端时两者速度相等，设 A 在 B 上滑行的距离为 d，由能量守恒，有

$\mu m_Agd=\frac{1}{2}m_Av_A^2-\frac{1}{2}(m_A+m_B)v_1^2$，

解得 $d=\frac{18m^2m_Bv^2}{25\mu g(m_A+m_B)m_A^2}$。

答案：(1)$\frac{6mv}{5(m_A+m_B)}$，方向水平向右

(2)$\frac{18m^2m_Bv^2}{25\mu g(m_A+m_B)m_A^2}$

任务四

1.A　解析：设小球的质量为 m，A 球由释放到最低点的过程中机械能守恒，有 $mgL(1-\cos 60°)=\frac{1}{2}mv^2$，两球发生弹性碰撞，速度交换，$B$ 球向上运动的过程，机械能守恒，有 $mgh=\frac{1}{2}mv^2$，代入数据可得 $h=\frac{1}{2}L$，故选 A。

2.D　解析：由题意可知，碰撞瞬间 C 相对地面向左运动，故 A 错误；规定向右为正方向，则 A、B 碰撞过程由动量守恒定律可得 $mv_A-mv_B=2\ mv_1$，代入数据可得 $v_1=1$ m/s，方向向右，当三者共速时，则有 $2mv_1-mv_c=3mv_{共}$，代入数据可得 $v_{共}=0$，即可判断最终三者一起静止，对 C 进行受力分析，其受到向左的摩擦力，根据牛顿第二定律可得 $\mu mg=ma_C$，由运动学公式有 $v_{共}=v_C-a_Ct$，联立解得 $t=0.4$ s，故 B 错误；碰撞后到三者相对静止，摩擦产生的热量 $Q=\frac{1}{2}\times2\ mv_1^2+\frac{1}{2}mv_C^2=\frac{1}{2}\times2\times1\times1^2$ J$+\frac{1}{2}\times1\times2^2$ J$=3$ J，故 C 错误；碰撞后到三者相对静止，由能量关系可知 $Q=\mu mgx_{相对}$，代入数据可得 $x_{相对}=0.6$ m，故 D 正确。

3.解析：(1)碰前对 A 由动量定理有

$-\mu Mgt=Mv_A-Mv_0$，

解得 $v_A=2$ m/s。

(2)对 A、B，碰撞前后动量守恒有

$Mv_A=Mv_A'+mv_B$，

碰撞前后动能保持不变，有

$\frac{1}{2}Mv_A^2=\frac{1}{2}Mv_A'^2+\frac{1}{2}Mv_B^2$，

由以上各式解得 $v_A'=1$ m/s，$v_B=3$ m/s。

(3)B 球在轨道上只有重力做功，由动能定理可得

$2mgR=\frac{1}{2}mv_C^2-\frac{1}{2}mv_B^2$，解得 $v_C=\sqrt{5}$ m/s，

在最高点 C，对小球 B 有 $mg+F_N=m\frac{v_C^2}{R}$，

解得 $F_N=4$ N，由牛顿第三定律知，小球对轨道的压力大小为 4 N，方向竖直向上。

答案：(1)2 m/s　(2)1 m/s　3 m/s

(3)4 N，方向竖直向上

4.解析：(1)小球从开始下落到 P 处的过程中，以水平向左为正方向，水平方向上动量守恒，有

$mv_1=Mv_2$，

由能量守恒定律得

$mgH=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}Mv_2^2$，

代入数据联立解得

$v_1=6$ m/s，$v_2=\frac{2}{3}$ m/s，

即小球速度为 6 m/s，方向水平向左，方形物体速度为 $\frac{2}{3}$ m/s，方向水平向右。

(2)小球落在物块 a 正上方，与其粘在一起，竖直方向速度变为 0，以水平向左为正方向，小球和物块 a 在水平方向上动量守恒，则有

$mv_1=(m+m_a)v_3$，

代入数据解得

$v_3=2$ m/s，

设当弹簧形变量为 x_1 时物块 b 解除锁定，此时小球和物块 a 的速度为 v_4，根据胡克定律得

$F=kx_1$，

对小球、物块 a 和弹簧，由能量守恒定律得

$\frac{1}{2}(m+m_a)v_3^2=\frac{1}{2}(m+m_a)v_4^2+\frac{1}{2}kx_1^2$，

代入数据联立解得

$v_4=1$ m/s，$x_1=0.3$ m，

解除锁定之后，小球、物块 a 和物块 b 组成的系统动量守恒，当三者共速时，弹簧的弹性势能最大，由动量守恒定律有

$(m+m_a)v_4=(m+m_a+m_b)v_b$，

代入数据解得

$v_b=\frac{2}{3}$ m/s，方向水平向左；

对 a、b 和弹簧由能量守恒定律可得，最大弹性势能为

$E_{pm}=\frac{1}{2}(m+m_a)v_4^2+\frac{1}{2}kx_1^2-\frac{1}{2}(m+m_a+m_b)v_b^2$，

代入数据解得

$E_{pm}=2.5$ J。

答案：(1)6 m/s　$\frac{2}{3}$ m/s　(2)$\frac{2}{3}$ m/s　2.5 J

6　反冲

问题式预习

知识点一

1.静止　相反

2.动量守恒　远大于

3.$m_1v_1+m_2v_2$　相等　相反　反比

[判一判]

(1)×　(2)√　(3)√

知识点二

1.反冲　反冲

2.喷气速度　越大　越大

[科学思维]

提示：火箭在飞行过程中抛掉空壳，可以减小火箭的质量，进而提高火箭最终所能获得的速度。火箭的发射遵循动量守恒定律，有 $mv=(M-m)v'$，故 $v=\frac{M-m}{m}v'=\left(\frac{M}{m}-1\right)v'$，其中 M 为火箭的总质量，m 为燃料燃尽后火箭的质量，v' 为气体喷出的速率，v 为火箭的最终速率。抛掉空壳后可以使 m 变得更小，由 $v=\left(\frac{M}{m}-1\right)v'$ 可知这样可提高火箭的最终速度。

［做一做］

A　**解析**：设喷出燃气后火箭的速度为 v'，以火箭的速度方向为正方向，则燃气的对地速度为 $v'-u$，根据动量守恒定律有 $Mv_0=(M-m)v'+m(v'-u)$，解得 $v'=v_0+\frac{mu}{M}$，A 正确。

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：(1)物体的不同部分受相反的作用力，在内力作用下向相反方向运动。

(2)反冲运动中，一般情况下相互作用的内力远大于外力，所以系统的动量守恒；反冲运动中，由于有其他形式的能量转变为机械能，所以系统的机械能增加。

【评价活动】

1.C　**解析**：飞船发动机点火喷出燃气，由动量守恒定律得 $mv=(m-\Delta m)v_1-\Delta mv_2$，选项 C 正确。

2.C　**解析**：爆竹在最高点水平方向动量守恒，以水平向东为正方向，由动量守恒定律可知，$3mv_0=2mv+mv'$，可得另一块的速度为 $v'=3v_0-2v$，故 C 正确。

3.D　**解析**：人与船组成的系统动量守恒，以人的速度方向为正方向，由动量守恒定律得 $m_{人}v_{人}-m_{船}v_{船}=0$，又 $m_{船}=8m_{人}$，所以 $v_{人}=8v_{船}$，人与船的速度方向相反；人与船组成的系统动量守恒，人突然停止走动后，人的动量为零，由于系统初动量为零，由动量守恒定律可知，船的动量为零，船的速度为零，则知人停止走动后，船也立即停止运动，可知人与船运动的时间相同，则 $v_{人}t=8v_{船}t$，即 $s_{人}=8s_{船}$，故 A、B、C 错误；因 $8m_{人}=m_{船}$，$v_{人}=8v_{船}$，根据 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$ 可知，人与船的动能之比 $E_{k人}:E_{k船}=8:1$，故 D 正确。

4.解析：以炮车和炮弹整体为研究对象，水平方向上不受外力，所以在水平方向上系统的动量守恒。以炮弹前进的水平方向为正方向，由动量守恒定律得

(1)$0=mv_0\cos\theta+M(-v_2)$，解得 $v_2=\frac{mv_0\cos\theta}{M}$。

(2)$0=m(v_0\cos\theta-v_3)+M(-v_3)$，解得

$v_3=\frac{mv_0\cos\theta}{M+m}$。

答案：(1)$\frac{mv_0\cos\theta}{M}$　(2)$\frac{mv_0\cos\theta}{M+m}$

5.解析：(1)小车和橡皮塞组成的系统所受外力的矢量和为零，系统动量守恒，以橡皮塞运动的方向为正方向，根据动量守恒定律有

$mv+(M-m)v'=0$，

$v'=-\frac{m}{M-m}v=-\frac{0.1}{3-0.1}\times2.9\ \text{m/s}=-0.1\ \text{m/s}$，

负号表示小车运动的方向与橡皮塞运动的方向相反。

(2)小车和橡皮塞组成的系统水平方向动量守恒，以橡皮塞运动的水平分运动方向为正方向，有

$mv\cos60^\circ+(M-m)v''=0$，

$v''=-\frac{mv\cos60^\circ}{M-m}=-\frac{0.1\times2.9\times0.5}{3-0.1}\ \text{m/s}=-0.05\ \text{m/s}$，

负号表示小车运动的方向与橡皮塞的水平分运动的方向相反。

答案：(1)0.1 m/s，方向与橡皮塞运动的方向相反

(2)0.05 m/s，方向与橡皮塞的水平分运动的方向相反

任务二

1.B　**解析**：火箭工作的原理是反冲运动，火箭燃料燃烧产生的高温高压燃气从尾喷管迅速喷出时，火箭获得反冲速度，故正确答案为 B。

2.B　**解析**：由火箭喷出气体过程中重力和空气阻力可忽略不计，可知在火箭发射的过程中二者组成的系统在竖直方向的动量守恒，以喷出气体的速度方向为正方向，由动量守恒定律得 $\Delta mv_0+(M-\Delta m)v=0$，解得 $v=-42\ \text{m/s}$，故 B 正确，A、C、D 错误。

3.B　**解析**："火箭"的推力来源于燃料燃烧时向后喷出的高温高压气体对火箭的作用力，A 错误；在燃气喷出后的瞬间，视万户及所携设备为一个系统，该系统动量守恒，设"火箭"的速度大小为 v，规定"火箭"运动方向为正方向，则有 $(M-m)v-mv_0=0$，解得"火箭"的速度大小为 $v=\frac{mv_0}{M-m}$，B 正确；喷出燃气后万户及所携设备做竖直上抛运动，根据运动学公式可得上升的最大高度为 $h=\frac{v^2}{2g}=\frac{m^2v_0^2}{2(M-m)^2g}$，C 错误；在"火箭"喷气过程中，燃料燃烧时有化学能转化为内能和机械能，所以万户及所携设备组成的系统机械能不守恒，D 错误。

4.解析：方法一　喷出气体的运动方向与火箭的运动方向相反，系统动量守恒，设第 1 次气体喷出后，火箭速度为 v_1，则有 $(M-m)v_1-mv=0$，

所以 $v_1=\frac{mv}{M-m}$，

第 2 次气体喷出后，火箭速度为 v_2，有

$(M-2m)v_2-mv=(M-m)v_1$，

所以 $v_2=\frac{2mv}{M-2m}$；

第 3 次气体喷出后，火箭速度为 v_3，有

$(M-3m)v_3-mv=(M-2m)v_2$，

所以 $v_3=\frac{3mv}{M-3m}=\frac{3\times0.2\times1\,000}{300-3\times0.2}\ \text{m/s}\approx2\ \text{m/s}$，

以此类推，第 n 次气体喷出后，火箭速度为 v_n，有

$(M-nm)v_n-mv=[M-(n-1)m]v_{n-1}$，

所以 $v_n=\frac{nmv}{M-nm}$；

因为每秒喷气 20 次，所以第 1 s 末火箭速度为

$v_{20}=\frac{20mv}{M-20m}=\frac{20\times0.2\times1\,000}{300-20\times0.2}\ \text{m/s}\approx13.5\ \text{m/s}$。

方法二　选取整体为研究对象，运用动量守恒定律求解。

(1)设喷出 3 次气体后火箭的速度为 v_3，以火箭和喷出的

3 次气体为研究对象，根据动量守恒定律得

$(M-3m)v_3-3mv=0$，

所以 $v_3=\dfrac{3mv}{M-3m}\approx 2$ m/s。

(2)以火箭和喷出的 20 次气体为研究对象，根据动量守恒定律有$(M-20m)v_{20}-20mv=0$，

所以 $v_{20}=\dfrac{20mv}{M-20m}\approx 13.5$ m/s。

答案：(1)2 m/s　(2)13.5 m/s

单元活动 1

【任务引导】

任务一

活动 1　**提示**：高压水枪单位时间内喷出的水的质量为

$m_0=\dfrac{\rho S v\Delta t}{\Delta t}=\dfrac{1}{4}\rho v\pi D^2$，

由动量定理有 $\overline{F}\Delta t=mv$，$m=m_0\Delta t$，

解得水柱对汽车的平均冲力为 $\overline{F}=\dfrac{1}{4}\rho v^2\pi D^2$。

活动 2　**提示**：(1)设 Δt 时间内，从喷口喷出的水的体积为 ΔV，质量为 Δm，则

$\Delta m=\rho\Delta V$，　①

$\Delta V=v_0 S\Delta t$，　②

由①②式得，单位时间内从喷口喷出的水的质量为

$\dfrac{\Delta m}{\Delta t}=\rho v_0 S$。　③

(2)设玩具悬停时其底面相对于喷口的高度为 h，水从喷口喷出后到达玩具底面时的速度大小为 v。对于 Δt 时间内喷出的水，由能量守恒得

$\dfrac{1}{2}(\Delta m)v^2+(\Delta m)gh=\dfrac{1}{2}(\Delta m)v_0^2$，　④

在 h 高度处，Δt 时间内喷射到玩具底面的水沿竖直方向的动量变化量的大小为

$\Delta p=(\Delta m)v$，　⑤

设水对玩具的作用力的大小为 F，根据动量定理有

$F\Delta t=\Delta p$，　⑥

由于玩具在空中悬停，由力的平衡条件得

$F=Mg$，　⑦

联立③④⑤⑥⑦式得 $h=\dfrac{v_0^2}{2g}-\dfrac{M^2 g}{2\rho^2 v_0^2 S^2}$。

任务二

活动 1　**提示**：以人和船组成的系统为研究对象，人由船的一端走到船的另一端的过程中，系统水平方向不受外力作用，所以整个系统水平方向动量守恒，可得 $m_{船}v_{船}=m_{人}v_{人}$，因人和船组成的系统动量始终守恒，人与船的运动时间相同，故有 $m_{船}x_{船}=m_{人}x_{人}$，由题图可看出 $x_{船}+x_{人}=L$，可解得 $x_{人}=\dfrac{m_{船}}{m_{人}+m_{船}}L$，$x_{船}=\dfrac{m_{人}}{m_{人}+m_{船}}L$。

活动 2　**提示**：(1)弹簧弹开物块和小车的过程，若取物块、小车和弹簧为系统，无其他力做功，机械能守恒；但若选物块和小车组成的系统，弹力做功属于系统外力做功，弹性势能转化成系统的机械能，此时系统的机械能不守恒。取物块和小车为系统，系统所受外力的合力为零，系统的动量守恒。

(2)由系统的动量守恒得 $mv-Mv'=0$，解得 $v'=\dfrac{m}{M}v$。弹开的过程实际是“人船模型”，有 $\dfrac{v}{v'}=\dfrac{M}{m}$，则在相同时间内 $\dfrac{x}{x'}=\dfrac{M}{m}$，且 $x+x'=L$，联立解得 $x'=\dfrac{mL}{M+m}$。

【活动达标】

1.B　**解析**：机长面部垂直风速方向的受力面积为 S，空中风速不计，则空气与飞行员的相对速度等于飞机的速度 v，设时间 t 内吹在机长面部的空气的质量为 m，则 $m=\rho Svt$，根据动量定理得 $-Ft=0-mv=0-\rho Sv^2 t$，解得机长面部受到的冲击力大小 $F=\rho Sv^2$，故选 B。

2.B　**解析**：当物体滑到长绳下端时，由竖直方向动量守恒得 $m_1\dfrac{h_1}{t}-m_2\dfrac{h_2}{t}=0$，且 $h_1+h_2=h$，解得 $h_1=\dfrac{10}{7}$ m，所以物体离地面的高度 $H=h-h_1\approx 3.6$ m，故 B 正确。

3.BD　**解析**：系统只是在水平方向所受外力的矢量和为零，竖直方向上不为零，故水平方向动量守恒，而总动量不守恒，A 错误，B 正确；由水平方向动量守恒及系统机械能守恒知，小球仍能向左摆到原高度，C 错误；小球相对于小车的最大位移为 $2l$，根据“人船模型”，系统水平方向动量守恒，设小球的平均速度为 $\overline{v}_m$，小车的平均速度为 $\overline{v}_M$，$m\overline{v}_m-M\overline{v}_M=0$，两边同时乘以运动时间 t，$m\overline{v}_m t-M\overline{v}_M t=0$，即 $mx_m=Mx_M$，又 $x_m+x_M=2l$，解得小车向右移动的最大距离为 $\dfrac{2ml}{M+m}$，D 正确。

4.解析：设飞船在微粒尘区飞行 Δt 时间，则在这段时间内附着在飞船上的微粒质量

$\Delta m=\rho Sv\Delta t$，

微粒由静止到与飞船一起运动，微粒的动量增加

由动量定理得 $F\Delta t=\Delta mv=\rho Sv\Delta tv$，

所以飞船所需推力

$F=\rho Sv^2=2.0\times 10^{-6}\times 5\times(2.0\times 10^3)^2$ N$=40$ N。

答案：40 N

第二章　机械振动

1　简谐运动及其图像

问题式预习

知识点一

1.往复运动　振动　平衡位置

2.小得多　空气阻力　振子

3.位移-时间

4.正弦函数　正弦曲线

［判一判］

(1)×　(2)√　(3)√

知识点二

1.(1)最大距离　(2)强弱

2.全振动　之比　秒(s)　赫兹(Hz)　振动快慢　$\frac{1}{T}$

3.所处状态

4.(1)振幅　(3)周期　(4)相位　(5)初相位　初相

［做一做］

解析：由 $x=A\sin(\omega t+\varphi_0)$ 与 $x=2\sin\left(2\pi t+\frac{\pi}{6}\right)$ cm 对照，可得 $A=2$ cm，初相位 $\varphi_0=\frac{\pi}{6}$，$\omega=2\pi$ rad/s$=\frac{2\pi}{T}$，所以 $T=1$ s。

答案：2 cm　1 s　$\frac{\pi}{6}$

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：(1)小球的运动具有往复性。小球因为受到摩擦力的作用最终会停止运动。

(2)小球往复运动的次数增多，运动时间变长。

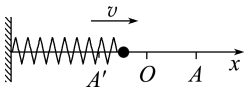
(3)小球将持续地做往复运动。

【评价活动】

1.A　**解析**：弹簧振子是研究机械振动的物理模型，故 A 正确；弹簧的质量需要很小，小球的质量远大于弹簧的质量，故 B、C 错误；弹簧和小球组成的系统机械能守恒，故 D 错误。

2.ABD　**解析**：$B\to O$ 时，振子在 O 点的左侧向右运动，其位移是负值，速度是正值，故 A 正确；$O\to C$ 时，振子在 O 点的右侧向右运动，其位移和速度都是正值，而加速度指向左侧，是负值，故 B 正确；$C\to O$ 时，振子在 O 点的右侧向左运动，其位移是正值，加速度指向左侧，是负值，故 C 错误；$O\to B$ 时，振子在 O 点的左侧向左运动，其位移是负值，速度是负值，故 D 正确。

3.BC　根据振动的 x-t 图像可知，$t=2.5$ s 时位移 $x<0$，且正在减小，对应振动情景如图所示。振子从负位移处向平衡位置运动，所以速度沿正方向且正在增大，位移沿负方向且正在减小，故 B、C 正确，A、D 错误。



4.CD　**解析**：平衡位置是振动系统不振动时，小球(振子)处于平衡状态时所处的位置，可知此时小球所受的重力大小与弹簧的弹力大小相等，即 $mg=kx$，也是小球原来静止时的位置，故选项 D 正确，A、B 错误；当小球处于平衡位置时，其加速度为零，速度最大，选项 C 正确。

任务二

【探究活动】

提示：(1)不是。从 $O\to B\to O\to A\to O$ 为一次全振动，经过一个周期后振子必须从同一方向经过 O 点，即经过一个周期，位移、速度第一次与初始时刻相同。

(2)振幅变大；到达 O 点时的速度变大。

【评价活动】

1.B

2.D　**解析**：周期 $T=\frac{1}{f}=\frac{1}{2.5}$ s$=0.4$ s，$t=2.5$ s$=6\frac{1}{4}T$，质点在 2.5 s 时到达正向最大位移处，故位移为 4 cm，路程为 $6\times4A+A=25A=100$ cm，D 正确。

3.C　**解析**：从 $O\to B\to O$ 的运动过程，振子只完成半个全振动，A 错误；从 $A\to B$ 振子也只完成了半个全振动，半个全振动的时间是 2 s，所以振动周期是 4 s，振幅是振动物体离开平衡位置的最大距离，振幅 $A=10$ cm，B 错误；$t=6$ s$=1\frac{1}{2}T$，所以振子经过的路程为 $4A+2A=6A=60$ cm，C 正确；从 O 点开始经过 3 s，即 $\frac{3}{4}T$，振子处于位置 A 点或 B 点，D 错误。

4.解析：(1)物体的振幅 $A=10$ cm。

(2)因 $\omega=5\pi$ rad/s，

故物体振动的频率为 $f=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{5\pi}{2\pi}$ Hz$=2.5$ Hz。

(3)$t=0.1$ s 时，物体的位移 $x=10\sin(5\pi\times0.1)$ cm$=10$ cm。

答案：(1)10 cm　(2)2.5 Hz　(3)10 cm

5.解析：(1)由题意可知，振子振动的振幅为 $A=10$ cm，

$t=0.1$ s$=\frac{T}{2}$，所以 $T=0.2$ s，

由 $f=\frac{1}{T}$ 得 $f=5$ Hz。

(2)根据简谐运动的对称性可知，振子由 A 点到 O 点的时间与振子由 O 点到 B 点的时间相等，均为 $\frac{T}{4}$，即 0.05 s。

(3)弹簧振子的振幅 $A=10$ cm，振子在 1 个周期内通过的路程为 $4A$，故振子在 $t'=5$ s$=25T$ 内通过的路程 $s=25\times4\times10$ cm$=1\,000$ cm$=10$ m。

答案：(1)10 cm　0.2 s　5 Hz　(2)0.05 s　(3)10 m

任务三

1.解析：物体沿 x 轴做简谐运动，振幅为 8 cm，周期为 2 s，则 $\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\pi}{2}$ rad/s$=\pi$ rad/s，故 $x=8\sin(\pi t+\varphi_0)$ cm，当 $t=0$ 时，物体的位移为 4 cm，代入数据得 $\varphi_0=\frac{\pi}{6}$ 或 $\frac{5\pi}{6}$。若 $t=0$ 时物体沿 x 轴正方向运动，则初相位为 $\frac{\pi}{6}$；若 $t=0$ 时，物体沿 x 轴负方向运动，则初相位为 $\frac{5\pi}{6}$。

答案：$\frac{\pi}{6}$ 或 $\frac{5\pi}{6}$

2.解析：从船位于平衡位置时开始计时，该简谐运动的表达

式为 $x=A\sin\omega t=20\sin\left(\frac{2\pi}{3}t\right)$ cm，当 $x=10$ cm 时，解得 $t_1=\frac{1}{4}$ s，$t_2=\frac{5}{4}$ s，所以在一个周期内游客能舒服登船的时间为 $\Delta t=t_2-t_1=1.0$ s。

答案：1.0 s

3.CD　**解析**：振幅是标量，A、B 的振动范围分别是 6 m、10 m，振幅分别为 3 m、5 m，A 项错误；A、B 的振动周期均为 $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{100}$ s$=\frac{\pi}{50}$ s，B 项错误；因 $T_A=T_B$，故 $f_A=f_B$，C 项正确；$\Delta\varphi=\varphi_A-\varphi_B=\frac{\pi}{3}$ 为定值，D 项正确。

4.BD　**解析**：由题图乙可知，小球做简谐运动的周期为 2 s，则有 $\omega=\frac{2\pi}{T}=\pi$ rad/s，则小球的振动方程为 $x=-A\cdot\cos\omega t=-4\cos(\pi t)$ cm，当 $t=0$ 时 $x_1=-4$ cm，当 $t=0.25$ s 时 $x_2=-2\sqrt{2}$ cm，设弹簧的劲度系数为 k，小球的质量为 m，由牛顿第二定律，则有 $a_1=\frac{kx_1}{m}$，$a_2=\frac{kx_2}{m}$，则有 $a_1:a_2=x_1:x_2=\sqrt{2}:1$，小球向右移动的距离为 $s=(4-2\sqrt{2})$ cm<2 cm，A、C 错误，B、D 正确。

5.解析：(1)已知 $\omega=8\pi$ rad/s，由 $\omega=\frac{2\pi}{T}$ 得

$T=\frac{1}{4}$ s，$f=\frac{1}{T}=4$ Hz，

振幅 $A=5$ cm，初相 $\varphi_1=\frac{\pi}{4}$。

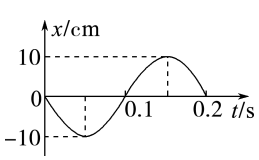
(2)由 $\Delta\varphi=(\omega t+\varphi_2)-(\omega t+\varphi_1)=\varphi_2-\varphi_1$ 得

$\Delta\varphi=\frac{5}{4}\pi-\frac{\pi}{4}=\pi$。

答案：(1)$\frac{1}{4}$ s　4 Hz　5 cm　$\frac{\pi}{4}$　(2)π

6.解析：(1)弹簧振子在 B、C 两点之间做简谐运动，$BC=20$ cm，故振幅 $A=10$ cm；振子在 2 s 内完成了 10 次全振动，振子的周期 $T=\frac{t}{N}=0.2$ s，$\omega=\frac{2\pi}{T}=10\pi$ rad/s。

(2)振子经过平衡位置时开始计时，故 $t=0$ 时刻，位移为零，经 $\frac{1}{4}$ 周期，振子的位移为负向最大值，故振子的位移-时间图像如图所示：



(3)由函数图像可知振子的位移与时间的函数关系式为 $x=10\sin(10\pi t+\pi)$ cm。

答案：(1)10 cm　0.2 s

(2)见解析图

(3)$x=10\sin(10\pi t+\pi)$ cm

2　简谐运动的回复力及能量

问题式预习

知识点一

1.平衡位置

2.位移　$-kx$

[判一判]

(1)√　(2)×　(3)×

知识点二

1.(1)势能　动能　(2)动能　势能

2.守恒　理想化

[做一做]

D　**解析**：质点在做简谐运动的过程中，振动系统的动能和势能相互转化，机械能保持不变，A 错误；某段时间内质点的速度在增大，则这段时间内质点从最大位移处向平衡位置运动，位移减小，B 错误；根据回复力 $F=-kx$ 可知，质点的位移减小，回复力减小，加速度减小，C 错误；质点从最大位移处向平衡位置运动的过程中，振动系统的势能减少，动能增加，D 正确。

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：(1)振子在 A 点时，弹力由 A 点指向 O 点，大小为 kx；在 B 点时，弹力由 B 点指向 O 点，大小为 kx。

(2)使振子回到平衡位置。

(3)弹力的大小与位移大小成正比，弹力的方向与位移的方向相反。

【评价活动】

1.CD　**解析**：简谐运动的回复力公式 $F=-kx$ 中，k 是比例系数，不一定表示弹簧的劲度系数，A 错误；$F=-kx$ 中的负号表示回复力总是与振动物体的位移方向相反，B 错误；位移 x 是相对平衡位置的位移，C 正确；简谐运动中，回复力随振动物体位移的增大而增大，D 正确。

2.BC　**解析**：小球 A 的速度最大时其加速度为零，其所受合力为零，此时弹簧弹力与小球 A 的重力等大反向，故小球 A 运动到速度最大时，弹簧不处于原长，而是处于伸长状态，故 A 错误；未剪断细线时，对 A、B 整体由平衡条件可知，弹簧弹力 $F_0=(m+2m)g=3mg$，剪断细线的瞬间弹簧弹力不变，对 A，根据牛顿第二定律得 $F_0-2mg=2ma$，解得小球 A 的加速度大小为 $a=\frac{g}{2}$，故 B 正确；剪断细线后小球 A 在竖直方向做简谐运动，初始位置即为小球做简谐运动的最低点，由 B 项的分析可知，小球 A 运动到最低点时，弹簧弹力方向向上，大小为 $3mg$，由胡克定律可得此时弹簧的伸长量为 $\frac{3mg}{k}$，小球 A 在最低点时所受合力向上，大小为 $F_0-2mg=mg$，由简谐运

动的对称性可知，小球 A 运动到最高点时，所受合力向下，大小亦为 mg，因小球 A 所受重力为 $2mg$，故小球 A 在最高点时弹簧弹力应向上，大小为 mg，此时弹簧仍为伸长状态，其伸长量为 $\frac{mg}{k}$，故 C 正确，D 错误。

3.AC　**解析**：F、a 与 x 的方向始终相反，所以由 x 的正负就能确定 F、a 的正负；在 x-t 图像中，图线各点切线的斜率表示该点对应时刻的速度，由斜率的正负又可确定速度的方向。由此可知在 0～0.01 s，速度为负，位移为正，加速度为负，A 正确；在 0.01～0.02 s，速度为负，位移为负，回复力为正，B 错误；在 0.025 s 时，速度为正，位移为负，加速度为正，C 正确；在 0.04 s 时，位移为正向最大，回复力为负向最大，速度为零，D 错误。

4.AD　**解析**：由题可知物体做的是简谐运动，由简谐运动的对称性可得 $OC=OB$，A 正确，B 错误；物体的位移为 x，则物体所受的合力 $F=-k_1x-k_2x=-(k_1+k_2)x=-3kx$，D 正确，C 错误。

5.BD　**解析**：当弹簧弹力等于 A、D 的重力沿斜面方向的分力时 A、D 处于平衡状态，由 $kx_0=2mg\sin\theta$ 可知，平衡时弹簧的形变量为 $x_0=\frac{2mg\sin\theta}{k}$，弹簧处于压缩状态；当 B 对 C 的弹力最小时，对 B 受力分析，则有 $mg\sin\theta=kx+\frac{1}{2}mg\sin\theta$，此时弹簧伸长达最大位移处，形变量为 $x=\frac{mg\sin\theta}{2k}$，故简谐运动的振幅为 $A=x_0+x=\frac{5mg\sin\theta}{2k}$，A 错误，B 正确；当 A、D 运动到最低点时，B 对 C 的弹力最大，此时弹簧的形变量为 $x'=A+x_0=\frac{mg\sin\theta}{2k}$，此时弹簧的弹力最大，为 $F=k(A+x_0)=\frac{9mg\sin\theta}{2}$，此时 B 对 C 的弹力 $F'=F+mg\sin\theta=\frac{11mg\sin\theta}{2}$，C 错误，D 正确。

6.解析：系统在水平方向上做简谐运动，其中弹簧的弹力作为系统的回复力，设弹簧的劲度系数为 k，以 A、B 整体为研究对象，当 B 运动到距平衡位置的位移为 $\frac{L_0}{2}$ 时，有

$k\frac{L_0}{2}=(3m+m)a$，

可得 $k=\frac{8ma}{L_0}$，

当 B 的位移为 x 时，A、B 间的静摩擦力为 F_f，A、B 具有共同加速度 a'，对系统有 $-kx=(3m+m)a'$

对 A 有 $F_f=3ma'$，

联立可得 $F_f=-\frac{6ma}{L_0}x$。

答案：$F_f=-\frac{6ma}{L_0}x$

任务二

【探究活动】

提示：(1)振子在 B、C 两点动能为零，$B\to O$ 过程动能增大，O 点动能最大，$O\to C$ 过程动能减小。振子在 B、C 两点势能最大，$B\to O$ 过程势能减小，O 点势能为零，$O\to C$ 过程势能增大。

(2)弹簧振子在振动过程中只有弹力做功，故振动系统的机械能守恒。

【评价活动】

1.B　**解析**：由题图乙可知，在 2～3 s，振子的回复力减小，则振子向平衡位置运动，速度变大，动能 E_k 变大，弹性势能 E_p 减小，B 正确。

2.CD　**解析**：振子在平衡位置两侧往复运动，速度相同的位置可能出现在关于平衡位置对称的两点，这时弹簧长度明显不等，故 A 错误；振子由最低点向最高点运动的过程中，弹力一定是先做正功，但过了平衡位置后，弹簧可能是压缩状态，弹力做负功，也可能一直是拉伸状态，弹力做正功，故 B 错误；振子运动过程中的回复力由振子所受合力提供且运动过程中机械能守恒，故 C、D 正确。

3.ABD　**解析**：振子在平衡位置两侧往复运动，在最大位移处速度为零，动能为零，此时弹簧的形变量最大，势能最大，所以 B 正确；在任意时刻只有弹簧的弹力做功，机械能守恒，所以 D 正确；振子在平衡位置处速度达到最大，动能最大，势能最小，所以 A 正确；振幅的大小与振子的位置无关，所以 C 错误。

4.A　**解析**：设小球的质量为 m，弹簧劲度系数为 k，小球在平衡位置时有 $kx_0=mg\sin\theta$，设沿着斜面向下为正方向，小球在平衡位移以下 x 处受的合力为 $F_{合}=-k(x+x_0)+mg\sin\theta=-kx$，小球所受的合力(即回复力)与球偏离平衡位置的位移大小成正比，方向相反，可知小球的运动是简谐运动，故 A 正确；根据 A 选项分析可知小球的回复力由弹簧的弹力与重力沿斜面向下的分力的合力提供，故 B 错误；小球与弹簧组成的系统机械能守恒，小球的机械能不守恒，故 C 错误；根据简谐运动的性质可知，小球经过平衡位置时动能是最大的，弹簧的拉力大小等于小球重力沿斜面向下的分力，弹簧处于伸长状态，弹性势能不是最小的，故 D 错误。

5.BC　**解析**：弹簧振子的振幅为振子偏离平衡位置的最大距离，所以该弹簧振子的振幅为 $A=0.5$ m，A 错误；由题图振动曲线可知，振动一个周期，白纸移动的距离 $x=2$ m，所以弹簧振子的周期为 $T=\frac{x}{v}=1$ s，B 正确；该振子所受最大回复力 $F=kA=5$ N，最大加速度为 $a=\frac{F}{m}=10\ \mathrm{m/s^2}$，C 正确；根据题述弹簧弹性势能的表达式为 $E_p=\frac{1}{2}ky^2$，弹簧振子振动过程中机械能守恒，由 $\frac{1}{2}mv_m^2=\frac{1}{2}kA^2$，可得最大速度为 $v_m=\sqrt{\frac{k}{m}}A=\sqrt{5}$ m/s，D 错误。

3 单摆

问题式预习

知识点一

1.(1)微小变化和质量　(2)大得多

2.(1)$G\sin\theta$　(2)$\frac{x}{l}$　(3)$-\frac{mg}{l}x$　$\frac{mg}{l}$

3.很小

4.动能　机械能

[判一判]

(1)√　(2)×　(3)√　(4)√

知识点二

1.(1)控制变量　(2)振幅　摆锤质量　摆线长度

2.(1)$2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$　(2)无关

[科学思维]

提示:(1)说明两个单摆的周期不相同,进而说明单摆的周期与摆长有关。

(2)单摆的摆长等于悬线的长度与摆球的半径之和。

[做一做]

C　**解析**:单摆的周期与摆球的质量无关,但当水从球内向外流出时,等效摆长先变长后变短,最后回到原值,因而周期先变大后变小,最后回到原值,故选项C正确。

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示:(1)小球受重力和细线的拉力。

(2)小球重力沿圆弧切线方向的分力提供回复力。

(3)小球的回复力不是它受到的合力,而是重力沿圆弧切线方向的分力。“重力沿摆线方向的分力”与“摆线拉力”的合力提供向心力。

【评价活动】

1.AD　**解析**:回复力逐渐增大时,摆球的重力沿切线方向的分力增大,速度变小,动能变小,重力势能增大,向心力减小,张力减小,振幅不变。

2.BD　**解析**:题图甲是研究弹簧振子的运动实验图,弹簧振子在弹簧弹力作用下做简谐运动,简谐运动是变加速运动,A错误;弹簧振子在弹簧弹力作用下做加速度方向永远指向平衡位置O点的变速直线运动,B正确;题图乙是研究单摆的回复力的实验图,单摆的回复力是摆球重力沿圆弧切线方向的分力,C错误;题图乙中单摆的摆球运动到O点时所受合力指向圆心,D正确。

3.D　**解析**:摆球受重力、摆线的拉力的作用,A错误;摆球的重力沿圆弧切线方向的分力充当回复力,B错误;摆球通过最高点时,合力不等于零,C错误;摆球通过最低点时,合力为$m\frac{v^2}{l}$,不为零,D正确。

4.CD　**解析**:由题图读出t_1时刻摆球的位移最大,说明摆球在最大位移处,速度为零,回复力最大,合外力不为零,故A错误;t_2时刻摆球的位移为零,说明摆球在平衡位置,摆球的速度最大,悬线对它的拉力最大,故B错误;t_3时刻摆球的位移最大,说明摆球在最大位移处,速度为零,回复力最大,故C正确;t_4时刻摆球的位移为零,说明摆球在平衡位置,摆球的速度最大,悬线对它的拉力最大,故D正确。

5.C　**解析**:回复力是效果力,玻璃管只受重力和浮力作用,故A错误;从图像可以看出,在$t_1\sim t_2$,负向的位移减小,由$F=-kx=ma$可得加速度沿y轴正方向,与速度同向,故B错误;振幅$A=4\ \text{cm}$,$T=0.5\ \text{s}$,则位移函数关系式$x=4\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\varphi\right)\ \text{cm}$,将$t=0$时刻$x=-\frac{A}{2}$和$t_1$时刻$x=-A$代入,解得$\varphi=-\frac{5}{6}\pi$,故该简谐运动的位移函数关系式$x=4\sin\left(4\pi t-\frac{5}{6}\pi\right)\ \text{cm}$,故C正确;简谐运动的周期与振幅无关,即与按压深度无关,故D错误。

任务二

1.C　**解析**:由单摆的周期公式$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,可知周期T与l、g有关,与摆球质量、摆动的幅度无关,当在同一地点时,周期只与摆长有关,故同时释放,甲、乙同时到达平衡位置,C正确。

2.C　**解析**:小球丙的摆长大于小球甲,小球甲完成2个周期的振动时,小球丙恰好到达与小球甲同侧最高点,说明小球丙的周期为小球甲的周期的2倍,即$T_{丙}=2T_{甲}$;小球甲第一次回到释放位置时,小球丙刚好到达另一侧的最高点,小球丙此时的回复力最大,加速度最大,故A错误。小球甲完成2个周期的振动时,小球乙、丁恰好到达另一侧最高点;根据单摆周期公式$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,由此可知$1.5T_{乙}=2T_{甲}$,$0.5T_{丁}=2T_{甲}$,即$T_{丁}=3T_{乙}$,小球丁经过$\frac{1}{4}T_{丁}$时间第一次回到平衡位置时,此时小球乙第二次经过平衡位置,动能最大,故B错误。由上述分析可知$\frac{T_{甲}}{T_{乙}}=1.5:2=3:4$,故C正确。根据单摆周期公式$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,摆长$l=\frac{g}{4\pi^2}T^2$,因此$\frac{l_{丙}}{l_{丁}}=\frac{T_{丙}^2}{T_{丁}^2}$,由于$T_{丙}=2T_{甲}$,$0.5T_{丁}=2T_{甲}$,得$T_{丁}=2T_{丙}$,联立解得$\frac{l_{丙}}{l_{丁}}=1:4$,故D错误。

3.A　**解析**:由于轨道半径远大于A、B两点与C点的距离,故两小球都可看作在做简谐运动,类似于单摆。因此周期只与“摆长”即轨道半径和当地的重力加速度有关,与运动的弧长即振幅无关,可知两小球周期相同,故两小球同时到达C点,即在C点相碰,A正确。

4.B　**解析**：摆球释放后到达右边最高点 B 点，由机械能守恒可知 B 点和 A 点等高，则摆球始终做简谐运动。

摆球在左边的周期为 $T_1=2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$，

摆球在右边的周期为 $T_2=2\pi\sqrt{\dfrac{0.81l}{g}}$，

则整个单摆的周期为

$T=\dfrac{T_1}{2}+\dfrac{T_2}{2}=\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}+\pi\sqrt{\dfrac{0.81l}{g}}=1.9\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$。

5.解析：(1)当单摆做简谐运动时，其周期 $T=2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$，

由此可得 $g=\dfrac{4\pi^2l}{T^2}$，

因为 $T=\dfrac{t}{n}=\dfrac{60.8}{30}$ s≈2.027 s，

所以 $g=\dfrac{4\pi^2l}{T^2}=\dfrac{4\times3.14^2\times1.02}{2.027^2}$ m/s²≈9.79 m/s²。

(2)秒摆的周期是 2 s，设其摆长为 l_0，由于在同一地点重力加速度是不变的，根据单摆的振动规律有

$\dfrac{T}{T_0}=\dfrac{\sqrt{l}}{\sqrt{l_0}}$，

故有 $l_0=\dfrac{T_0^2l}{T^2}=\dfrac{2^2\times1.02}{2.027^2}$ m≈0.993 m，

其摆长要缩短

$\Delta l=l-l_0=1.02\text{ m}-0.993\text{ m}=0.027\text{ m}$。

答案：(1)9.79 m/s²　(2)缩短　0.027 m

4　实验：用单摆测量重力加速度

问题式预习

【实验思路】

$2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$　$\dfrac{4\pi^2l}{T^2}$　周期 T

【原理启示】

1.平均值

2.$\dfrac{4\pi^2l}{g}$　$\dfrac{4\pi^2}{g}$　$\dfrac{4\pi^2}{k}$

任务型课堂

【原型实验】

1.AC　**解析**：在用单摆测量重力加速度的实验中，要使单摆在摆动过程中摆长不变，而且摆长便于调节，故选项 A、C 正确，选项 B、D 错误。

2.解析：(1)摆线要用不易伸长的细线，一般不应短于 1 m，选 A；摆球应选用密度较大、直径较小的金属球，选 E；计时仪器宜选用秒表 F；测摆线长应选用毫米刻度尺 I；用游标卡尺 J 测摆球的直径。

(2)根据单摆做简谐运动的条件知 $\theta<5°$；因平衡位置易判断，且摆球经过平衡位置时速度大，用时少，误差小，所以应从摆球经过平衡位置时开始计时。

根据 $T=2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$，又 $T=\dfrac{t}{n}$，$l=L+\dfrac{d}{2}$，

得 $g=\dfrac{4n^2\pi^2\left(L+\dfrac{d}{2}\right)}{t^2}$。

答案：(1)AEFIJ

(2)小于 5°　平衡位置　$\dfrac{4n^2\pi^2\left(L+\dfrac{d}{2}\right)}{t^2}$

3.解析：(3)周期为三次的平均值再除以 20，即 $T=\dfrac{t_1+t_2+t_3}{3\times20}=\dfrac{40.43+40.50+40.38}{3\times20}$ s≈2.02 s。

(4)由单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\dfrac{L+\dfrac{d}{2}}{g}}$

解得 $g=\dfrac{4\pi^2\left(L+\dfrac{d}{2}\right)}{T^2}=\dfrac{2\pi^2(2L+d)}{T^2}$。

(5)为了减小空气阻力的影响应该选择质量大、体积小的摆球。

答案：(3)2.02　(4)$\dfrac{2\pi^2(2L+d)}{T^2}$　(5)大　小

4.解析：(1)由公式 $T^2=\dfrac{4\pi^2}{g}l$ 及 $l=l_{摆线}+r$ 可得 $T^2=\dfrac{4\pi^2}{g}(l_{摆线}+r)=\dfrac{4\pi^2r}{g}+\dfrac{4\pi^2}{g}l_{摆线}$，由公式可知 T^2 与 l 为一次函数关系，截距是 r 造成的，即若测摆长 $l_{测}$ 时漏掉了摆球半径，就会有一个正截距。同样如果测摆长 $l_{测}$ 时测的是悬点到摆球底部的长度，则 $l_{真}=l_{测}-r$，代入公式会得到 $T^2=-\dfrac{4\pi^2r}{g}+\dfrac{4\pi^2}{g}l_{测}$，即图像会有一个负截距。由图像知当 $l=0$ 时 $T^2\neq0$，由公式 $T^2=\dfrac{4\pi^2}{g}l_{真实}$ 知当 $l=0$ 时，$T^2=0$。故此同学做实验时，可能漏掉了摆球的半径。

(2)由图像知，当 $T^2=4.0$ s 时，真实摆长 $l_{真实}=1.00$ m，代入公式 $g=\dfrac{4\pi^2l_{真实}}{T^2}$，得 $g=9.87$ m/s²。

答案：(1)测摆长时漏掉了摆球的半径　(2)9.87

【创新实验】

5.解析：(1)由图丙中主尺及游标尺的示数可知小球直径 $d=1.2\text{ cm}+0.01\text{ cm}\times0=1.20\text{ cm}$。

(3)从小铁球经过平衡位置开始计时，0～t 同方向经过平衡位置 30 次，则小铁球的振动周期

$T=\dfrac{t}{30}$。

(4)振动周期 $T=2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$，其中 $T=\dfrac{t}{30}$、$l=R-\dfrac{d}{2}$，则弧形玻璃的截面半径为

$R=\dfrac{gT^2}{4\pi^2}+\dfrac{d}{2}=g\left(\dfrac{t}{60\pi}\right)^2+\dfrac{d}{2}$。

(5)若在计时时将全振动的次数多数了一次，则周期 T 将偏小，由(4)可知弧形玻璃截面半径 R 的测量值将偏小。

答案：1.20　$\frac{t}{30}$　$g\left(\frac{t}{60\pi}\right)^2+\frac{d}{2}$　偏小

5　阻尼振动　受迫振动

问题式预习

知识点一

1.逐渐变小

2.(1)自身回复力　(2)保持不变

(3)自由振动　系统本身的特征

[判一判]

(1)√　(2)×　(3)√

知识点二

1.(1)周期性　(2)驱动力　(3)驱动力　固有频率

2.(1)振幅达到最大值　(2)等于　(3)振幅

(4)振幅 A　驱动力频率 f

3.(1)固有频率　(2)固有频率

[科学思维]

A　f　f

[做一做]

BD　**解析**：受迫振动是在周期性外力作用下的振动，也就是在一定频率的驱动力作用下的振动，A 错误，B 正确；物体做受迫振动的频率等于驱动力的频率，不一定与固有频率相等，C 错误，D 正确。

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：振幅逐渐减小；阻力阻碍了振子的运动，使振子的机械能转化为内能。

【评价活动】

1.ACD　**解析**：阻尼振动是振幅不断减小的振动，故阻尼振动一定不是简谐运动，而振幅是振动能量的标志，故阻尼振动中机械能不断减小，但动能在振动过程中是不断变化的，并不是不断减小。故 B 错误，A、C、D 正确。

2.BD　**解析**：根据阻尼振动的定义可知，其振幅越来越小，而振动过程中的周期是其固有周期，是由本身条件决定的，是不变的，故 A 错误，B 正确；又因阻尼振动过程中，振幅逐渐减小，振动的能量也在减小，即机械能在减小，故 C 错误，D 正确。

3.BD　**解析**：因机械能越来越小，所以 B 时刻的动能比 A 时刻小，选项 A 错误；由题图可看出 A、B 两时刻单摆的位移相同，即在同一位置，故势能相同，选项 B 正确；单摆做阻尼振动，因此其机械能不断减小，选项 D 正确，C 错误。

4.AD　**解析**：单摆做阻尼振动，因不断克服空气阻力做功，使机械能转化为其他形式的能，但是在振动过程中，动能和势能仍不断相互转化，不能说后一时刻的动能一定小于前一时刻的动能，故选项 A 正确，B 错误；做阻尼振动的物体，频率由系统本身的特征决定，与振幅无关，所以其频率不变，选项 C 错误，D 正确。

任务二

【探究活动】

提示：这是共振引起的一种现象。磬的频率偶然和钟的频率一样，因此每当钟响时，磬也会因共振而发出嗡嗡声。

【评价活动】

1.C　**解析**：电动机的转动使洗衣机做受迫振动。切断电源后，电动机转动的频率是逐渐变化的，当它的频率接近或等于洗衣机的固有频率时，发生共振现象，洗衣机振动得很剧烈，C 正确。

2.B　**解析**：振子稳定时的振动周期等于驱动力的周期 $T=\frac{60}{240}$ s=0.25 s，所以选 B。

3.D　**解析**：当受迫振动的驱动力频率等于固有频率时，出现共振现象，振幅最大，驱动力的频率越接近固有频率，振幅越大，A、B 的摆长更接近，故 B 比 C 的振幅大，A、B 错误；将 A 拉起一较小角度后释放，则 B、C 做受迫振动，受迫振动的频率等于驱动力的频率，与物体的固有频率无关，故 B、C 单摆的周期均为 $T=2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}$，C 错误，D 正确。

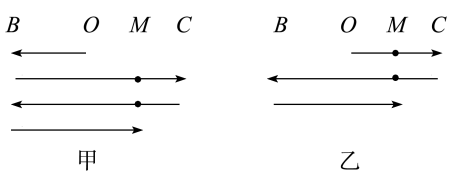
4.BC　**解析**：7 个摆的摆长不完全相同，故固有频率不完全相同，选项 A 错误；A 摆振动起来后，带动其余 6 个摆做受迫振动，振动稳定后 7 个摆的振动频率都相同，选项 B 正确；B、F 摆的摆长与 A 摆相同，发生共振，振幅最大，选项 C 正确，D 错误。

单元活动 2

【任务引导】

任务一

活动 1　**提示**：假设弹簧振子在水平方向 BC 之间振动，如图甲所示，若振子开始先向左振动，则振子的振动周期为 $T=2\times0.2\text{ s}+\frac{0.1}{3}\times4\text{ s}=\frac{1.6}{3}$ s，故振子第三次通过 M 点还要经过的时间是 $t=0.2\text{ s}+\frac{0.1}{3}\times4\text{ s}=\frac{1}{3}$ s。



甲　　乙

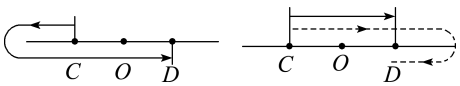
如图乙所示，若振子开始先向右振动，则振子的振动周期为 $T'=4\times\left(0.3+\frac{0.2}{2}\right)$ s=1.6 s，故振子第三次通过 M 点还要经过的时间是 $t'=1.6\text{ s}-0.2\text{ s}=1.4\text{ s}$。

活动2　**提示**：(1)若振幅为0.1 m，则

$t=\frac{T}{2}+nT(n=0,1,2\cdots)$，

得 $T=\frac{t}{n+\frac{1}{2}}=\frac{2}{2n+1}$ s$(n=0,1,2\cdots)$。

(2)若振幅为0.2 m，振动分两种情况讨论：



甲　　乙

①若振子振动如图甲所示，则振子由 C 点振动到 D 点用时至少为 $\frac{T}{2}$，周期最大为2 s。②若振子振动如图乙中实线所示，由 $x=A\sin(\omega t+\varphi)$ 知 $t=0$ 时，$-\frac{A}{2}=A\sin\varphi$，$\varphi=-\frac{\pi}{6}$，即振子由 C 点振动到 O 点用时至少为 $\frac{T}{12}$，由简谐运动的对称性可知，振子由 C 点振动到 D 点用时至少为 $\frac{T}{6}$，则 T 最大为6 s；若振子振动如图乙中虚线所示，振子由 C 点振动到 D 点，用时至少为 $\frac{T}{2}$，则周期最大为2 s。

任务二

提示：(1)质点振动的振幅 $A=2$ cm，周期 $T=4$ s，频率 $f=2.5$ Hz。

(2)$t=2$ s时质点位于平衡位置，其速度最大，方向沿 x 轴负方向；$t=5$ s时质点位于正的最大位移处，其加速度最大，方向沿 x 轴负方向。

任务三

提示：(1)甲球做自由落体运动有 $R=\frac{1}{2}gt_1^2$，所以 $t_1=\sqrt{\frac{2R}{g}}$，乙球沿圆弧做简谐运动(由于 $\overset{\frown}{AB}\ll R$，可认为摆角 $\theta<5°$)，此振动与一个摆长为 R 的单摆振动模型相同，故此等效摆长为 R，因此乙球第1次到达 C 点的时间为 $t_2=\frac{1}{4}T=\frac{1}{4}\times2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{R}{g}}$，所以 $t_1:t_2=\frac{2\sqrt{2}}{\pi}:1$。

(2)甲球从距弧形槽最低点 C 点的正上方高 h 处开始自由下落，到达 C 点的时间为 $t_{甲}=\sqrt{\frac{2h}{g}}$，由于乙球运动的周期性，所以乙球到达 C 点的时间为

$t_{乙}=\frac{T}{4}+n\frac{T}{2}=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{R}{g}}(2n+1)(n=0,1,2\cdots)$，

由于甲、乙两球在 C 点相遇，则 $t_{甲}=t_{乙}$，

解得 $h=\frac{(2n+1)^2\pi^2R}{8}(n=0,1,2\cdots)$。

【活动达标】

1.AD　**解析**：由振动图像可知，在 t_2 时刻，小鸟处于平衡位置向下振动，则小鸟的速度达到最大，方向竖直向下，A正确；在 t_1 和 t_3 时刻，小鸟的加速度 a 大小相等，t_1 时刻的加速度方向向下，根据牛顿第二定律有 $mg-F_1=ma$，解得 $F_1=mg-ma$，t_3 时刻的加速度方向向上，根据牛顿第二定律有 $F_3-mg=ma$，解得 $F_3=mg+ma$，可知在 t_1 和 t_3 时刻，树枝对小鸟的作用力大小不一样，B错误；在 $0\sim t_1$，小鸟的加速度越来越大，加速度方向向下，根据牛顿第二定律有 $mg-F=ma$，解得 $F=mg-ma$，若小鸟在 t_1 时刻的最大加速度小于重力加速度，可知随着小鸟加速度的增大，树枝对小鸟作用力越来越小，若小鸟在 t_1 时刻的最大加速度大于重力加速度，可知随着小鸟加速度的增大，树枝对小鸟作用力先逐渐减小到零，再反向逐渐增大，C错误；在 $t_2\sim t_3$，小鸟的加速度越来越大，加速度方向向上，根据牛顿第二定律有 $F-mg=ma$，解得 $F=mg+ma$，可知随着小鸟加速度的增大，树枝对小鸟的作用力一定是越来越大，D正确。

2.BD　**解析**：由题图可知该物体做简谐运动的周期为8 s，故A错误；在2～2 s，该物体所受的回复力增大，说明位移增大，物体做减速运动，故B正确；由题图可知，在 $t_1=3$ s和 $t_2=5$ s时，物体所受的回复力大小相等、方向相反，物体在平衡位置两侧且时间间隔小于半个周期，物体的速度大小相等、方向相同，故C错误；由题图可知，在 $t_2=5$ s和 $t_3=7$ s时，回复力大小相等、方向相同，物体在平衡位置同侧，物体的位移大小相等、方向相同，故D正确。

3.C　**解析**：设 C、D 为质点振动中左方和右方的端点，则由对称性可知，质点从 $B\to D\to B$ 的时间一定等于质点从 $A\to C\to A$ 的时间，即 $t_{BDB}=t_{ACA}=0.5$ s。所以质点的振动周期 $T=t_{AB}+t_{BDB}+t_{BA}+t_{ACA}=2$ s，故C正确。

4.A　**解析**：摆长为 l 时单摆的周期 $T_1=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，振幅 $A_1=l\alpha$(α 为摆角)，摆长为 $\frac{l}{4}$ 时单摆的周期 $T_2=2\pi\sqrt{\frac{\frac{l}{4}}{g}}=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}=\frac{T_1}{2}$，振幅 $A_2=\frac{l\beta}{4}$(β 为摆角)。根据机械能守恒定律得 $mgl(1-\cos\alpha)=\frac{mgl}{4}(1-\cos\beta)$，因 $\cos\alpha=1-2\sin^2\frac{\alpha}{2}$，$\cos\beta=1-2\sin^2\frac{\beta}{2}$，$\sin\frac{\alpha}{2}\approx\tan\frac{\alpha}{2}\approx\frac{\alpha}{2}$，$\sin\frac{\beta}{2}\approx\tan\frac{\beta}{2}\approx\frac{\beta}{2}$($\frac{\alpha}{2}$、$\frac{\beta}{2}$ 很小)，解得 $\beta=2\alpha$，故 $A_2=\frac{1}{2}A_1$，A正确。

5.解析：(1)摆球垂直于纸面做简谐运动，由题图可知此双线摆等效为单摆时的摆长 $l=L\sin\alpha$。

(2)根据单摆的振动周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可得摆球垂直于纸面做简谐运动的周期为

$T=2\pi\sqrt{\frac{L\sin\alpha}{g}}$。

答案：(1)$L\sin\alpha$　(2)$2\pi\sqrt{\frac{L\sin\alpha}{g}}$

第三章　机械波

1　机械波的形成和传播

问题式预习

知识点一

1.弹力　带动　绳端　振动

2.(1)传播振动　(2)机械振动　振动传播　(3)初始振动　(4)①运动形式　并没有　②机械能　传递能量

[判一判]

(1)×　(2)√　(3)×

知识点二

2.纵波

[科学思维]

提示:横波中质点的振动方向与波的传播方向垂直,而纵波中质点的振动方向与波的传播方向在同一直线上。在震中区,地震波传到地面,横波表现为前后、左右摇晃,破坏性较强;纵波表现为上下跳动,破坏性较弱,故横波对地面建筑物的破坏力更大。

[做一做]

C　**解析**:根据纵波与横波的定义知,质点振动方向与波的传播方向垂直的波是横波,质点振动方向与波的传播方向在同一直线上的波是纵波,并不是上下振动与水平振动的问题,所以A、B两项错误,C项正确。质点沿水平方向振动,波沿水平方向传播,不足以说明质点的振动方向与波的传播方向在同一直线上,则D项错误。故选C。

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示:(1)红色标记上下振动。

(2)绳的一端振动,带动绳上相邻部分振动,依次引起整个绳振动,由于后面的点总是比前面的点的振动滞后,所以会看到凸起状态和凹陷状态在绳上从一端向另一端移动。

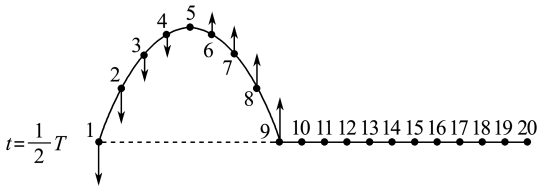
【评价活动】

1.B　**解析**:左边第一位同学开始周期性地下蹲、起立,其相当于波源,则"波浪"应向右传播,故A错误;根据同侧法可知波向右传播,则图中A同学正在往下蹲,故B正确;每个学生只是向右传播了振动形式,而每个学生还是在各自的平衡位置下蹲、起立,故C错误;波源最先起振,后边所有的同学延后重复左边第一位同学的动作,故D错误。

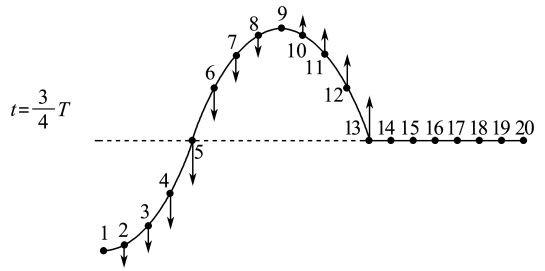
2.D　**解析**:当波源振动时,通过介质将波源的振动形式传递出去的同时,将能量也传递出去了。当波源停止振动后,传出去的能量不会消失,因绳足够长,当没有其他阻力时,这种波的形式和能量继续存在并将继续传递下去,故选D。

3.ACD　**解析**:根据波的产生和传播过程可知,传播过程中的各质点的振动都是重复波源的振动,所以所有质点的起振方向都相同,为竖直向下,但从时间上来说,各质点起振依次落后$\frac{T}{4}$的时间,所以A、C正确,B错误;由于质点9比质点1晚起振两个周期,所以当所有质点都起振后,质点1与质点9步调完全一致,只是质点9在振动总时间上永远比质点1晚$2T$,所以D正确。

4.解析:各质点在$\frac{T}{2}$和$\frac{3T}{4}$时刻的情况,如图所示。



甲



乙

(1)由图甲可知,$t=\frac{T}{2}$时,质点8还未到达波峰,正在向上振动,质点12、16未振动。

(2)由图乙可知,$t=\frac{3T}{4}$时,质点8正在向下振动,质点12向上振动,质点16未振动。

答案:见解析

任务二

【探究活动】

提示:(1)振动方向与波的传播方向垂直;横波。

(2)振动方向与波的传播方向在同一直线上;纵波。

【评价活动】

1.A　**解析**:从振动方向上看,质点振动方向与波的传播方向相互垂直的波叫横波,振动方向与波的传播方向在同一直线上的波叫纵波;从波形上看,横波有波峰和波谷,而纵波有密部和疏部,故A正确,B、C、D错误。

2.B　**解析**:纵波中质点的振动方向与波的传播方向虽然在同一条直线上,但质点的振动方向与波的传播方向可能相同,也可能相反。在波动中,横波有波峰和波谷,纵波有密部和疏部,故选项B正确。

3.BD　**解析**:质点的振动方向与波的传播方向相互垂直的波叫横波,A错误;纵波可在固体、液体和气体介质中传播,B正确;横波和纵波可在同一种介质中传播,如地震波,C错误;质点的振动方向与波的传播方向在同一条直

线上的波叫纵波，D 正确。

4.解析：(1)由题意可知，在地震产生的三种地震波中，P 波的速度最大，S 波次之，因此 P 波最先到达 N 地区，该中学实验室先发生的受迫振动是在竖直方向，后发生水平方向的振动，所以最先振动的是 B 摆。

(2)波的传播速度决定曲线上的记录顺序，故 a、b、c 三处波形分别对应 P 波、S 波、L 波；

设震源与地震台间的距离为 s，由 $\frac{s}{v_S}-\frac{s}{v_P}=t$ 得

$s=\frac{v_Pv_S}{v_P-v_S}t=62.7\ \text{km}$。

(3)纵波沿 ZT 方向传播，因 $y\ll x$，$s=62.7$ km，

由几何知识 $\frac{h}{s}=\frac{y}{x}$ 得 $h\approx1.1$ km。

答案：(1)B 摆　(2)$a\rightarrow P$ 波　$b\rightarrow S$ 波　$c\rightarrow L$ 波　62.7 km　(3)1.1 km

任务三

【探究活动】

提示：(1)声波是纵波，音响喇叭的纸盆振动，带动空气分子振动，从而引起蜡烛的火焰随着音乐摆动，音量越大，空气分子振动的幅度越大，火焰摆动的幅度也越大。

(2)振动的质点速度在发生变化，故振动属于变速运动；波可以将波源的能量传递出去，故波动是一种传递能量的过程。

【评价活动】

1.C　**解析**：自然界所刮的风，实质上是由于压强差等因素引起的空气流动，不是机械波，故 A 错误；波是运动形式的传播，是能量传递的一种方式，但各质点均在各自平衡位置附近振动，并不随波迁移，故 B 错误；波不仅能传播运动形式，也能传递信息，故 C 正确；由于固体也能传播机械波，故 D 错误。

2.ACD　**解析**：抽去玻璃罩内空气前，在罩外能听到铃声，说明玻璃罩和空气都能传播声音，抽去罩内空气后听不到铃声，说明声波不能在真空中传播。选项 A、C、D 正确。

3.BC　**解析**：机械波的形成必须具备两个条件，即振源和介质。物体做机械振动，而其周围没有传播这种振动的介质时，远处的质点不可能振动起来而形成机械波，故 A 选项错误；任何一个振动的质点都是一个波源，带动它周围的质点振动，将振动传播开来，所以后一个质点总是落后于前一个质点，但振动频率相同，故 B、C 选项正确；形成机械波的各振动质点只在平衡位置附近往复运动，并没有随波迁移，离波源远的质点振动的能量是通过各质点的传递从波源获得的，故 D 选项错误。

2　波速与波长、频率的关系

问题式预习

知识点

1.(2)相邻的波峰　波谷　相邻的密部　疏部

2.(1)最大距离　(2)能量

3.(1)相同的　(2)波源　(3)倒数

4.(1)一个波长　(2)λf　(3)介质　不同　不变　改变

[判一判]

(1)×　(2)√　(3)√

[做一做]

ACD　**解析**：波的周期和频率互为倒数关系，A 正确；质点在一个周期内走过的路程等于振幅的 4 倍，和波长没有关系，B 错误；除波源外其他质点的振动均属于受迫振动，频率和波源的振动频率一样，因此波的周期与波源振动的周期始终相等，C 正确；波在一个周期内传播的距离等于波长，D 正确。

任务型课堂

任务一

1.ABD　**解析**：波的周期性是由质点振动的周期性决定的，故 A 项正确；波的周期等于波源驱动力的周期，与形成波的介质无关，故 B 项正确，C 项错误；D 项正是波的周期性的体现，故 D 项正确。

2.B　**解析**：由于波的传播方向和振动方向垂直，该波为横波，故 A 错误；根据同侧法可知，P 的起振方向向上，则质点 S 开始振动时向上运动，故 B 正确；质点 S、P 的平衡位置相距 1.5λ，平衡位置相距半个波长的两个质点的振动情况完全相反，所以 S 和 P 的振动步调完全相反，故 C 错误；振动质点只能在自己的平衡位置上下振动，不随波迁移，故 D 错误。

3.BD　**解析**：在波的传播过程中，振动情况总是完全相同的两个相邻质点间的距离等于一个波长，两个相邻的均处于平衡位置的质点间的距离为半个波长，故 A 错误；波的频率等于波源的振动频率，故 B 正确；波速和波源的振动速度没有关系，故 C 错误；当波从一种介质进入另一种介质时，频率 f 不变，在不同介质中波速 v 会变化，由公式 $v=\lambda f$ 知，λ 变化，故 D 正确。

4.ABD　**解析**：由题图可知，B 的波长最长，A、B 的传播速度相等，C 的传播速度最小，选项 A 正确，C 错误；在相同时间内，A 的波源做全振动的次数最多，因此 A 的振动频率最高，选项 B 正确；由于机械波的传播速度由介质本身的性质决定，与温度有关，所以 C 与 A、B 的材料一定不同，选项 D 正确。

任务二

【探究活动】

提示：(1)纵波的波速大。

(2)取决于介质。

【评价活动】

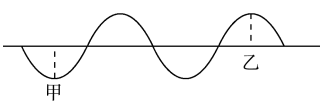
1.AC　**解析**：公式 $v=\lambda f$ 适用于一切波，故 A 正确；机械波的波速仅由介质决定，与频率 f、波长 λ 无关，故 B、D 错误；对同一列波，其频率由振源决定，与介质无关，其波速 v 由介质本身的性质决定，而波长 λ 由振源和介质共

同决定，故 C 正确。

2.C　**解析**：频率只取决于波源，由于波源相同，则 $f_1=f_2$；由公式 $v=\lambda f$ 得 $\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1 f_1}{\lambda_2 f_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{2}{1}$，所以 $v_1=2v_2$。故选项 C 正确。

3.D　**解析**：活塞在水平方向做简谐运动，推动管内空气沿水平方向振动，而波的传播方向也是水平的，由于质点的振动方向与波的传播方向在同一直线上，所以管内形成的机械波为纵波，故 A 错误；a、b 间距离为 1 cm，这是活塞半个周期运动的路程（即从最左端到最右端的距离），根据简谐运动的规律，振幅应为其一半，即 0.5 cm，故 B 错误；根据波速、波长和周期的关系公式 $v=\frac{\lambda}{T}$，可以推导出波长 $\lambda=vT$，已知声波在空气中的传播速度 $v=340$ m/s，周期 $T=0.1$ s，代入数据可得波长 $\lambda=34$ m，故 C 错误；已知周期 $T=0.1$ s，则频率 $f=\frac{1}{0.1}$ Hz$=10$ Hz，即波源每秒振动 10 次，因此每秒会有 10 个完整的波形产生并向前传播，经过管内的任意位置（包括位置 c），故 D 正确。

4.C　**解析**：由题意知甲、乙两小木块的位置示意图如图所示，两者间的距离 $x=3$ m$=\frac{3}{2}\lambda$，故波长 $\lambda=2$ m。又知两小木块都是每分钟振动 30 次，故周期 $T=2$ s，频率 $f=0.5$ Hz，则波速 $v=\frac{\lambda}{T}=1$ m/s。故选项 C 正确。



5.解析：由题意可知两次波长分别为

$\lambda_1=\frac{v_1}{f}=\frac{330}{50}$ m，$\lambda_2=\frac{v_2}{f}=\frac{340}{50}$ m，

设波速为 330 m/s 时，甲、乙两地间有 n 个完整波形，根据题意有 $n\lambda_1=(n-1)\lambda_2$，

所以 $n=\frac{\lambda_2}{\lambda_2-\lambda_1}=\frac{340}{340-330}=34$，

所以甲、乙两地间距离 $s=n\lambda_1=34\times\frac{330}{50}$ m$=224.4$ m。

答案：224.4 m

3　波的图像

问题式预习

知识点一

1.平衡位置　位移　平滑的曲线

2.平衡位置

3.正弦曲线　正弦波

［科学思维］

提示：在波的传播过程中，各质点都在各自的平衡位置附近振动，不同时刻质点的位移不同，故不同时刻波的图像不同。

［判一判］

(1)×　(2)×　(3)√

知识点二

1.某一　平衡位置

［科学思维］

提示：纵波的图像与横波的图像相似，也是正弦波，因为波的图像是一种数学的表示方法，在纵波中，如果规定质点的位移方向向右时取正值，位移方向向左时取负值，可以同样地画出纵波的图像，可以看出纵波的图像与纵波的“形状”并无相同之处。

［做一做］

BD　**解析**：波的图像的横坐标为波的传播方向上各质点的平衡位置，振动图像的横坐标为时间，故 A 错误，B 正确；题图甲中 A 质点被其左侧的质点带动向上振动，题图乙中 B 时刻后位移由 0 变为负值，故该时刻质点向下振动，故 C 错误，D 正确。

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：(1)横坐标表示在波的传播方向上各质点的平衡位置，纵坐标表示某一时刻各质点偏离平衡位置的位移。

(2)波的图像表示介质中各质点在某一时刻偏离平衡位置的位移的空间分布情况。

(3)振幅、波长、波的传播方向及质点的振动方向等。

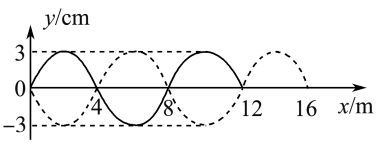
【评价活动】

1.CD　**解析**：由题图可知，各质点的振幅都为 5 cm，但此时刻各质点的位移并不都为 5 cm，选项 A 错误；根据波的传播方向和波的图像可以得出，$x=2$ m 处的质点此时速度方向沿 y 轴负方向，选项 B 错误；$x=4$ m 处的质点此时处于负向最大位移处，加速度方向为正，选项 C 正确；$x=8$ m 处的质点位于平衡位置，此时速度方向沿 y 轴正方向，所以速度为正的最大值，选项 D 正确。

2.BD　**解析**：根据题图有 $\frac{5}{4}\lambda=5$ m，可得波长 $\lambda=4$ m，故 B 正确；结合上述分析可知 $x_{OM}=\frac{1}{2}\lambda=2$ m，所以该波的波速 $v=\frac{x_{OM}}{t}=0.5$ m/s，故 A 错误；该波的周期 $T=\frac{\lambda}{v}=8$ s，从题图所示状态经过 2 s，波沿 x 轴正方向传播了 $\Delta x=\frac{1}{4}\lambda=1$ m，故 M 从平衡位置运动到了波峰位置，速度为 0，N 从波谷位置运动到了平衡位置，速度最大，显然两点的速度不同，故 C 错误；从题图所示时刻计时，M 的振动方程为 $y_M=A\sin\frac{\pi}{4}t$，N 的振动方程为 $y_N=A\sin\left(\frac{\pi}{4}t-\frac{\pi}{2}\right)$，经 $t=3$ s 后，$y_M=y_N=\frac{\sqrt{2}}{2}A$，故 D 正确。

3.D　**解析**：由图像可知该波的波长为 $\lambda=10$ cm，故 A 错误；波沿着 x 轴正方向传播时，在 $t=0$ 时刻到 $t=0.5$ s 的过程中，$\Delta t=nT+\frac{3}{4}T(n=0,1,2,\cdots)$，已知波的周期 $T>0.5$ s，则 n 只能取 0，则 $T=\frac{2}{3}$ s，故波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{10}{\frac{2}{3}}$ cm/s$=15$ cm/s，故 B、C 错误；该简谐横波沿着 x 轴正方向传播，根据同侧法可知 $t=0$ 时刻，质点 M 向下振动，故 D 正确。

4.解析：由题知波速 $v=\frac{0.8}{0.2}$ m/s$=4$ m/s，由题图知波长 $\lambda=8$ m，可知周期 $T=\frac{\lambda}{v}=\frac{8}{4}$ s$=2$ s。17 s 内的周期数 $n=\frac{\Delta t}{T}=\frac{17\text{ s}}{2\text{ s}}=8\frac{1}{2}$，将 8 舍弃，取 $\frac{1}{2}\lambda$，根据波动的时间与空间的周期性，将波向 x 轴正方向平移 $\frac{1}{2}\lambda$ 即可，如图中虚线所示。



答案：见解析图

任务二

1.ABC　**解析**：振动图像和波的图像都是用数学方法来描述物理现象，简谐运动的图像和简谐波的图像都是正弦（或余弦）曲线，故 C 项正确；但它们各自表达的物理意义又不同，振动图像表示的是一个振动质点离开平衡位置的位移与时间的函数关系，而从波的图像（不论横波还是纵波）上能找出某一时刻各个质点所在的空间位置，即空间上的分布，故 A 项正确，D 项错误；因振动图像表示一个质点在各个时刻的位移情况，故不随时间变化，而波的图像表示的是某一时刻各质点在空间的分布，不同时刻这些质点因振动而所处的位置会有不同，故波的图像的形状会随时间而变化，故 B 项正确。

2.C　**解析**：由波的传播特点可知，前面的质点带动后面的质点振动，后面的质点重复前面质点的振动，由题图可知振源 A 初始是从平衡位置向下振动的，所以 $t=0$ 时刻，质点 P 应由平衡位置开始向下振动，选项 C 正确。

3.BC　**解析**：根据振动图像可以确定，$t=1$ s 时题图乙所示质点经平衡位置向 y 轴正方向振动，若题图乙是质点 N 的振动图像，则根据平移法可判断，波向 x 轴负方向传播，A 错误；因为题图乙显示 $t=1$ s 时质点经平衡位置向 y 轴正方向运动，而质点 P 此时正在波峰位置，所以题图乙不可能是质点 P 的振动图像，B 正确；根据题图乙可知质点的振动周期 $T=4$ s，$t=1$ s 时 P 处于波峰，$t=2$ s 时，P 在平衡位置处，速度最大，向 y 轴负方向运动，C 正确；若波向 x 轴负方向传播，$t=3$ s 时，即经过 $\frac{1}{2}T$，Q 在平衡位置向 y 轴正方向运动，D 错误。

4.解析：(1)题图甲所示的波的图像表示在 $t=0$ 时刻，平衡位置位于 x 轴上的所有质点的振动位移，点 $M(5,5)$ 的坐标表示平衡位置位于 $x=5$ m 处的质点在 $t=0$ 时刻的位移 $y=5$ cm；在题图乙中点 $N(0.5,5)$ 坐标描述的物理意义是质点 a 在 $t=0.5$ s 时，相对平衡位置的位移 $y=5$ cm。

(2)由题图乙知，质点 a 在 $t=0$ 时刻沿 y 轴正方向运动，根据“同侧法”可判知简谐波沿 x 轴正方向传播。

(3)既然波沿 x 轴正方向传播，根据“同侧法”可判知点 $M(5,5)$ 处质点在题图甲所示时刻（$t=0$）的振动方向沿 y 轴正方向；由题图乙知，质点 a 在 N 状态下的振动方向沿 y 轴负方向。

答案：见解析

5.解析：(1)根据两图像得 $\lambda=4$ m，$T=1.0$ s，所以 $v=\frac{\lambda}{T}=4$ m/s。

(2)质点 P 3.5 s 内通过的路程为

$s=\frac{t}{T}\times4A=\frac{3.5}{1}\times0.8$ m$=2.8$ m。

(3)由题图乙知质点 P 在 $t=1.0$ s 时沿 y 轴负方向振动，由“同侧法”可知题图甲中波沿 x 轴负方向传播。

答案：(1)4 m/s　(2)2.8 m　(3)沿 x 轴负方向

6.解析：(1)根据上下坡法，$t=0$ 时质点 P 沿 y 轴负方向振动，说明 P 处于波形的“上坡段”，所以波沿 x 轴负方向传播；

由题意可知 $x=5$ m、$x=11$ m 均为平衡位置，两点间隔半个波长，所以 $\frac{\lambda}{2}=11\text{ m}-5\text{ m}=6$ m，

代入数据解得 $\lambda=12$ m，故波长 A 为 12 m；

已知波速 $v=2$ m/s，由波速公式 $v=\frac{\lambda}{T}$ 得

$T=\frac{\lambda}{v}=\frac{12\text{ m}}{2\text{ m/s}}=6$ s。

(2)波沿 x 轴负方向传播，平衡位置的波形沿 x 轴负方向推移，质点 P 第二次到达平衡位置时是 $t=0$ 时刻平衡位置 $x=11$ m 处的波形传到了 P，总移动距离

$\Delta x=11\text{ m}-3\text{ m}=8$ m，

时间 $t=\frac{\Delta x}{v}$，代入数据解得 $t=4$ s。

答案：(1)波沿 x 轴负方向传播　12 m　6 s　(2)4 s

4　波的反射与折射

问题式预习

知识点一

1.原介质

2.同一平面　等于

［判一判］

(1)×　(2)√　(3)×

知识点二

1.传播的方向

2.折射

［做一做］

D　**解析**：波的频率由波源决定，不发生变化；波速跟介质有关，发生变化，又根据 $v=\lambda f$ 知，波长也发生变化。故 D 正确。

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：(1)在耳郭原有形状、面积的基础上增加一个手的面积是为了增强波的反射来提高耳朵接收到的声波的强度。

(2)这两种现象都是声波的反射造成的。

【评价活动】

1.CD　**解析**：入射波线与法线的夹角为入射角，A、B 错误，C 正确；根据波的反射定律可知，反射角和入射角相等，D 正确。

2.A　**解析**：入射波与反射波在同种介质中波速相同，频率由波源决定，故频率相同，由 $v=\lambda f$ 知波长相同，A 正确，B 错误；因不知介质情况，故入射波与折射波波长无法比较，C、D 错误。

3.D　**解析**：1、2 都在介质 a 中传播，故 1、2 的频率、波速、波长均相等，A、B 错误；1、3 是在两种不同介质中传播，波速不同，但波源没变，因而频率相等，由 $\lambda=\frac{v}{f}$ 得波长不同，故 C 错误，D 正确。

4.C　**解析**：海浪是一种水面波，它的传播速度与水的深度有关，海浪向岸边传播的过程中，由于水深变浅，波速逐渐变化，故会发生折射，传播方向不断向法线靠拢，因此看到岸边海浪的传播方向几乎与岸边垂直，故 C 正确。

5.解析：(1)声波在介质Ⅰ中传播时，由 $v=\lambda f$ 得

$f=\frac{v_1}{\lambda_1}=\frac{340}{0.2}\ \text{Hz}=1\ 700\ \text{Hz}$，

由于声波在不同介质中传播时，频率不变，所以声波在介质Ⅱ中传播时，频率也为 1 700 Hz。

(2)由 $v=\lambda f$ 得声波在介质Ⅱ中的传播速度为

$v_2=\lambda_2 f=0.6\times 1\ 700\ \text{m/s}=1\ 020\ \text{m/s}$。

答案：(1)1 700 Hz　(2)1 020 m/s

任务二

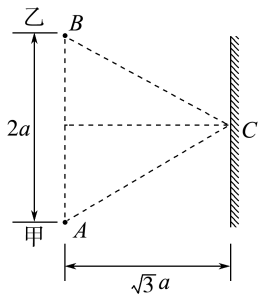
【探究活动】

提示：(1)因声音的频率在空气中和海水中没变，则 $\frac{v_1}{\lambda_1}=\frac{v_2}{\lambda_2}$，故 $v_2=\frac{v_1\lambda_2}{\lambda_1}$。

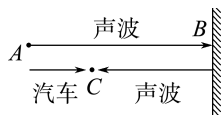
(2)声音传至海底用时为 $\frac{t}{2}$，故海水深度 $h=v_2\ \frac{t}{2}=\frac{v_1\lambda_2 t}{2\lambda_1}$。

【评价活动】

1.C　**解析**：甲、乙二人及墙的位置如图所示，乙听到的第一声枪响必然是甲开枪的声音直接传到乙的耳中，故 $t=\frac{2a}{v}$；乙听到的第二声枪响是墙反射的枪声，其传播路径如图中 AC 和 CB 所示，由几何关系可得 $AC=CB=2a$，故第二声枪响传到乙的耳中所用时间为 $t'=\frac{AC+CB}{v}=\frac{4a}{v}=2t$。故选 C。

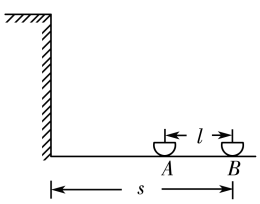


2.解析：如图所示为汽车与声波的运动过程示意图，设汽车由 A 到 C 路程为 x_1，C 到山崖 B 距离为 x；声波由 A 到 B 再反射到 C 路程为 x_2，因汽车与声波运动时间同为 t，则有 $x_2=x_1+2x$，即 $v_{声}t=v_{汽}t+2x$，所以 $x=\frac{(v_{声}-v_{汽})t}{2}=\frac{(340-15)\times 2}{2}\ \text{m}=325\ \text{m}$。



答案：325 m

3.解析：如图所示，汽船于 B 处发出鸣笛声，在 A 处旅客听到回声，即 3 s 内汽船前进了 A、B 间距离 l，则声波走过 $(2s-l)$ 的距离。所以 $v_{声}t=2s-l=2s-v_{船}t$，得 $s=\frac{(v_{声}+v_{船})t}{2}=\frac{(340+4)\times 3}{2}\ \text{m}=516\ \text{m}$。



答案：516 m

4.解析：声音直接到达 A 的时间

$t_1=\frac{AB}{v}=\frac{12}{344}\ \text{s}$；

声音先到达障碍物 C，然后到达 A 的时间

$t_2=\frac{BC+CA}{v}=\frac{24+(24+12)}{344}\ \text{s}=\frac{60}{344}\ \text{s}$；

时间差 $\Delta t=t_2-t_1=\left(\frac{60}{344}-\frac{12}{344}\right)\ \text{s}\approx 0.14\ \text{s}>0.1\ \text{s}$，

所以听者能把原声和回声区别开来。

答案:可以把原声和回声区别开来。(计算过程见解析)

5 波的干涉与衍射

问题式预习

知识点一

1.(1)保持　特性　保持不变　(2)同时　矢量和

2.相同

[判一判]

(1)×　(2)×　(3)√　(4)×　(5)√

知识点二

1.绕到障碍物

2.相差不多　更小

3.衍射

[科学思维]

提示:会发生,只不过衍射现象不明显。

[做一做]

解析:因为波长与孔的尺寸相差不多,所以能观察到明显的衍射现象。波通过孔后,波速、频率、波长均不变,则挡板前后波纹间的距离相等。

答案:能　相等

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示:两列波相遇后不会像两个小球碰撞而改变原来的运动状态,它们都保持各自的运动状态,彼此都没有受到影响。相遇区域的质点振动加强或减弱。

【评价活动】

1.BC　**解析**:由于两波的波速均为 2 m/s,则 $t=0.5$ s 时,题图所示平衡位置在 $x=1$ m 处和 $x=3$ m 处两质点的振动形式传到 P 点处,则由波的叠加可知,$t=0.5$ s 时,P 偏离平衡位置的位移为 -2 cm,A 错误,B 正确;与 A、B 项分析同理,$t=1$ s 时,题图所示平衡位置在 $x=0$ 处和 $x=4$ m 处两质点的振动形式(均向 y 轴正方向运动)传到 P 点处,根据波的叠加可知,$t=1$ s 时,P 向 y 轴正方向运动,C 正确,D 错误。

2.D　**解析**:当 $t=2$ s 时,根据两波源发出的波的传播速度可知,它们相互重叠,由于振动方向相反,则振动减弱,波形如题图③所示;当 $t=4$ s 时,各自传播了 4 m,由于互不干扰,所以波形如题图④所示,故选项 D 正确。

3.BD　**解析**:因两列波的波速相等,故两列波能同时到达 P 点,A 错误,B 正确;因 $f_1<f_2$,由 $\lambda=\frac{v}{f}$ 可知,$\lambda_1>\lambda_2$,故当两列波同时到达 P 点时,a 波的波峰离 P 点的距离比 b 波的波峰离 P 点的距离大,因此两波峰不能同时到达 P 点,两波峰应相遇在 P 点左侧,此位置对应的振幅为 A_1+A_2,振幅最大,C 错误,D 正确。

任务二

1.BC　**解析**:加强点的振动始终是加强的,但并不是始终处于波峰或波谷,它们在平衡位置附近做往复运动,有时位移也为 0,只是振幅为两列波的振幅之和,该点处两列波各自的分位移的方向相同,能量始终最大。加强点始终是加强点,减弱点始终是减弱点,故 B、C 正确。

2.AD　**解析**:波的干涉示意图所示的仅是某一时刻两列相干波叠加的情况,形成干涉图样的所有质点都在不停地振动着,其位移的大小和方向都在不停地变化着。但要注意,对稳定的干涉,振动加强和减弱的区域的空间位置是不变的。a 点是波谷和波谷相遇的点,c 点是波峰和波峰相遇的点,都是振动加强点;而 b、d 两点都是波峰和波谷相遇的点,是振动减弱点,A 正确;e 点位于加强点的连线 ac 上,为加强点,f 点位于减弱点的连线 bd 上,为减弱点,B 错误;相干波源产生的波的干涉是稳定的,加强点与减弱点不会随时间变化,C 错误;因形成干涉图样的质点也在不停地做周期性振动,经半个周期后,原来位于波峰的点将位于波谷,原来位于波谷的点将位于波峰,D 正确。

3.解析:题图所示为在一条直线上、同频的两列波叠加,相位差恒定,发生干涉。2、6 点相位总是相反,振动减弱,振幅最小;4、8 点相位总是相同,振动加强,振幅最大。

答案:4、8　2、6

4.AD　**解析**:根据题图乙两列波在 M 点的振动图像可知,完成一次全振动的时间相同,即两列波的周期相同,频率相同,则相遇后能形成稳定的干涉图样,故 A 正确;0～4 s,M 点完成振幅为 3 cm 的一次全振动,路程为 $4A=4\times3$ cm$=12$ cm,4～6 s,两列波叠加,M 点完成振幅为 1 cm 的一次全振动,路程为 $4A'=4\times1$ cm$=4$ cm,综上,0～6 s,M 点运动的路程为 16 cm,故 B 错误;两列波在同一介质中传播,波速相同,根据题图乙可知,向右传播的波经 4 s 传到 M 点,起振方向向上,波速为 $v=\frac{r_1}{t}=\frac{120}{4}$ cm/s$=30$ cm/s,则波长为 $\lambda=vT=60$ cm,由振动图像可知 M 点为振动减弱点,M 点左右每隔半个波长为振动减弱点,在 S_1S_2 之间(包括 S_1、S_2 两点,其中 S_1、S_2 两点也是振动减弱)减弱点一共 6 个,S_1S_2 之间共有 5 个振动加强点,故 C 错误;根据题图乙可知,$t=4.25$ s 时,M 点参与两列波的振动叠加,虚线数值比实线数值更大,所以叠加后位于平衡位置下方且远离平衡位置,故 D 正确。

5.AD　**解析**:根据公式 $\lambda=\frac{v}{f}$,代入数据得 $\lambda=4$ m,故 A 正确;两列波传到 C 处所需时间分别为 $t_1=\frac{3}{10}$ s$=0.3$ s,$t_2=\frac{\sqrt{3^2+4^2}}{10}$ s$=0.5$ s,$T=\frac{1}{f}=\frac{1}{2.5}$ s$=0.4$ s,故 $t=0.4$ s 时,A 处起振的波已传到 C 处且振动了 $\frac{1}{4}T$,B 处起振的波还没有传到 C 处,故 C 处质点处于正向或负向最大位

移处，加速度最大，速度为零，故 B、C 错误；$t=0.6$ s 时，两列波都已传播到 C 处，C 处质点到两波源的距离差为 $\Delta x=5\ \text{m}-3\ \text{m}=2\ \text{m}=\frac{1}{2}\lambda$，故 C 处为振动减弱点，由于两列波振幅相同，故两波相遇后，C 处质点的位移始终为零，速度为零，故 D 正确。

任务三

【探究活动】

提示：(1)水波遇到小孔时，水波能穿过小孔，并能到达挡板后面的“阴影区”。小孔的尺寸减小时，水波到达“阴影区”的现象更加明显。

(2)当水波遇到较大的障碍物时，将会发生反射。当障碍物较小时，水波能继续向前传播。

【评价活动】

1.CD　**解析**：波绕过障碍物继续传播的现象称为波的衍射现象，发生明显衍射现象的条件是孔或障碍物尺寸跟波长差不多或者比波长更小，孔或障碍物尺寸比波长大得多时也会发生衍射现象，但波的衍射现象不明显，A、B 错误，C 正确；衍射现象是波特有的现象，D 正确。

2.CD　**解析**：由 $\lambda=\frac{v}{f}$，得 $\lambda_A=1.03\ \text{m}$，$\lambda_B=4.55\ \text{m}$，$\lambda_C=1.13\ \text{m}$，$\lambda_D=5\ \text{m}$，根据障碍物的尺寸与波长相差不多或比波长更小时能发生明显衍射，可知 C、D 正确。

3.ABC　**解析**：能产生明显衍射现象的条件是缝、孔的宽度或障碍物的尺寸比波长小或与波长相差不多。从题图可看出孔 AB 的宽度比波长小，所以此时能观察到明显的波的衍射现象，A 正确；因为穿过挡板间的小孔后波速不变，频率相同，所以波长也相同，B 正确；若将孔 AB 扩大，可能会不满足产生明显衍射现象的条件，就有可能观察不到明显的衍射现象，C 正确；若将波源频率增大，由于波速不变，所以波长变小，有可能观察不到明显的衍射现象，D 错误。

6　多普勒效应

问题式预习

知识点一

1.频率

2.(1)增加　大于　变大　(2)变小

[判一判]

(1)×　(2)√　(3)×

知识点二

1.频率　反射波　频率变化

2.频率　反射　频率变化

3.频率　静止

[科学思维]

提示：由于星系远离我们运动，我们接收到的星光的频率变小，谱线就向频率较小(波长较大)的红端移动。科学家还可以通过红移的大小算出这种远离运动的速度。这种现象是证明宇宙在膨胀的一个有力证据。

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：这是由于波源与观察者之间存在着相对运动，使观察者听到的声音频率不同于波源频率。当波源远离观察者时，声波的波长增加，音调变得低沉；当波源接近观察者时，声波的波长减小，音调就变高。后来人们把这种现象称为“多普勒效应”。

【评价活动】

1.C　**解析**：多普勒效应是由波源和观察者之间发生相对运动而产生的，产生多普勒效应时，波源的频率不改变，A、B 错误，C 正确；一切波都能产生多普勒效应，D 错误。

2.C　**解析**：系统的固有频率与驱动力频率无关，由系统自身决定，故 A 错误；共振时，驱动力频率和固有频率接近，与驱动力大小无关，故 B 错误；应用多普勒效应可以测量车辆的速度，多普勒测速仪就是典型应用，故 C 正确；根据多普勒效应可知，观察者与波源相互远离时，接收到的波的频率比波源的频率小，故 D 错误。

3.B　**解析**：当声源与接收器之间的距离发生变化时，会发生多普勒效应。间距变小时，接收到的频率大于声源的频率，靠近得越快，接收到的频率越大。发生多普勒效应时，声波的速度不变，故选 B。

4.AD　**解析**：当汽车向你驶来时，两者距离减小，你单位时间内接收到的声波个数增多，频率升高，将大于 300 Hz，故 A 选项正确；当汽车从你身旁经过后，两者距离变大，你单位时间内接收到的声波个数减少，频率降低，将小于 300 Hz，故 D 选项正确。

5.解析：观察者在单位时间内接收到的完整波的个数等于观察者接收到的频率。如果观察者不动，则 1 s 内，观察者接收到的完整波的个数应为 20 个，然而当观察者从 A 运动到 B 的过程中，所能接收到的完整波的个数正好比不运动时少 1 个，即他只接收到 19 个完整波。

答案：19 个

任务二

1.CD　**解析**：根据多普勒效应可知，当波源和观察者间距离变小时，观察者接收到的波的频率一定比波源频率高；当波源和观察者间距离变大时，观察者接收到的波的频率一定比波源频率低。观察者听到这个音乐的音调比原来低，即接收到的声波频率降低，说明观察者和火车之间的距离在变大，所以 A、B 错误，C、D 正确。

2.D　**解析**：汽车正在匀速远离，速度恒定，接收到的反射波的频率也是恒定的。由于是远离，汽车反射波的频率应该小于发出波的频率，所以 D 正确。

3.ABD　**解析**：波都具有多普勒效应，因此利用光波的多普勒效应可测定遥远天体相对地球运动的速度，故 A 项正

确；被运动物体反射的电磁波，相当于运动的物体发出的电磁波，该电磁波的频率发生变化，由多普勒效应的计算公式可以求出运动物体的速度，故 B 项正确；铁路工人把耳朵贴在铁轨上，是根据振动的强弱来判断火车运动情况的，故 C 项错误；炮弹飞行时与空气摩擦产生声波，人耳接收到的声波的频率与炮弹的相对运动方向有关，故 D 项正确。

4.解析：(1)警车接收到的电磁波频率比发出时低，此现象为多普勒效应。

(2)因警车接收到的频率变低，由多普勒效应知警车与轿车在相互远离，而警车车速恒定且在轿车的后面，可判断轿车车速比警车车速大，故轿车超速。

(3)若轿车以 20 m/s 的速度行进，因 100 km/h≈27.8 m/s＞20 m/s，则警车与轿车在相互靠近，由多普勒效应知警车接收到的轿车反射回来的电磁波的频率应变高。

答案：(1)C　(2)超速　(3)变高

单元活动 3

【任务引导】

任务一

提示：(1)由题图乙可知演员 P 在 $t=2$ s 时刻向下振动，结合题图甲由“上下坡法”可知，这列波的传播方向沿 x 轴负方向；由图像可得，波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{8}{4}$ m/s=2 m/s。

(2)由题图甲可知，从 $t=2$ s 时起，演员 M 先向上振动到波峰再向下振动回到平衡位置，则回到平衡位置的时间大于$\frac{1}{4}$周期，而演员 N 从题图所示位置向下振动回到平衡位置，则回到平衡位置的时间小于$\frac{1}{4}$周期，即演员 N 先回到平衡位置。

(3)演员 P 的振动函数为 $y=0.5\sin\left(\frac{\pi}{2}t\right)$ m，演员 M 的振动与演员 P 的振动有$\frac{3}{4}\pi$的相位差，故由题图甲可知演员 M 在 $t=2$ s 时的位移为 $y_1=0.5\sin\left(\frac{\pi}{2}\times2-\frac{3}{4}\pi\right)$m，经 $\Delta t=1$ s，波传播的距离 $\Delta x=v\Delta t=2$ m，可知演员 M 在 $t=3$ s 时的位移为 $y_2=0.5\sin\left(\frac{\pi}{2}\times3-\frac{3}{4}\pi\right)m=\frac{\sqrt{2}}{4}$ m，从 $t=2$ s 时起，演员 M 先向上振动，所以从 $t=2$ s 到 $t=3$ s，演员 M 通过的路程为 $2(A-y_1)=2\times\left(0.5-\frac{\sqrt{2}}{4}\right)$ m$=\left(1-\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$ m。

任务二

提示：(1)由题中的波形图，无法判断该列波传播的方向。

(2)根据波形图可知，该列波的波长为 $\lambda=4$ m，当该列波向右传播时，可得其周期满足$\left(n+\frac{1}{4}\right)T=3$ s，

解得 $T=\frac{12}{4n+1}$ s$(n=0,1,2\cdots)$，

由公式 $v=\frac{\lambda}{T}$，可得波速

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

当该列波向左传播时，可得其周期满足$\left(n+\frac{3}{4}\right)T=3$ s，

解得 $T=\frac{12}{4n+3}$ s$(n=0,1,2\cdots)$，

由公式 $v=\frac{\lambda}{T}$，可得波速

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

【活动达标】

1.C　解析：简谐横波沿 x 轴负方向传播，传播的距离$\Delta x=(2n+1.5)$ m，那么波速为 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{2n+1.5}{0.25}$ m/s$(n=0,1,2,3\cdots)$，当 $n=0$ 时，$v_1=6$ m/s，当 $n=1$ 时，$v_2=14$ m/s，当 $n=2$ 时，$v_3=22$ m/s，当 $n=3$ 时，$v_4=30$ m/s，故 C 正确，A、B、D 错误。

2.D　解析：质点 P 的振动周期等于波的传播周期，则 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{1.5\times10^{-2}}{1\times10^{-5}}$ m/s$=1.5\times10^3$ m/s，故 A 错误；由 P 的振动图像可知，$t=0$ 时质点 P 正在向 y 轴正方向运动，根据“带动法”分析可知，该波沿 x 轴正方向传播，故 B 错误；质点 P 只能在其平衡位置上下振动，不会随波的传播而迁移，故 C 错误；质点 P 在 0～1 s 运动的路程 $s=4A\cdot n=4\times5\times10^{-6}\times\frac{1}{1\times10^{-5}}$ m=2 m，故 D 正确。

3.AB　解析：由题图乙知，周期 $T=0.2$ s，且 $t=0.10$ s 时质点 Q 在平衡位置沿 y 轴负方向运动，可以推断波沿 x 轴负方向传播，C 错误；从 $t=0.10$ s 到 $t=0.15$ s，$\Delta t=0.05$ s$=\frac{T}{4}$，质点 Q 从图甲所示的位置振动$\frac{T}{4}$到达负向最大位移处，此时质点 Q 的加速度达到正向最大，而质点 P 从图甲所示位置运动$\frac{T}{4}$时，正在由正向最大位移处向平衡位置运动的途中，速度沿 y 轴负方向，A、B 正确；在 $\Delta t=T$ 时间内，质点运动的路程为 $4A$，在 $\Delta t=\frac{T}{2}$时间内，质点运动的路程为 $2A$，但在 $\Delta t=\frac{T}{4}$时间内，质点运动的路程不一定是 A，在 $\Delta t=\frac{3T}{4}$时间内，质点运动的路程也不一定是 $3A$，本题中从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s，$\Delta t=0.15$ s$=\frac{3T}{4}$，质点 P 的起始运动位置既不是平衡位置，又不是最大位移处，所以在$\frac{3T}{4}$时间内的路程不一定是 30 cm，故 D 错误。

4.解析：(1)设该波的周期为 T，由题图乙可知

$\frac{T}{12}+\frac{T}{4}=3$ s，

可得 $T=9$ s，

设质点 A 的位移-时间关系式为

$y=A\sin(\omega t+\varphi_0)$，

由题图甲可知 $A=10$ cm，

又有 $\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\pi}{9}$ rad/s，

由题意可知，当 $t=0$ 时 $y_1=-5$ cm，

代入振动方程得 $\varphi_0=-\frac{\pi}{6}$，

则质点 A 的位移-时间关系式为

$y=10\sin\left(\frac{2\pi}{9}t-\frac{\pi}{6}\right)$ cm。

(2)由题图乙可知 $t=0$ 时刻，质点 B 沿 y 轴负方向运动，结合题图甲可知，简谐横波沿 x 轴正方向传播，由题图甲可知，A、B 之间的相位差为 π，则有 $\frac{\lambda}{2}=12$ m，

又有 $v=\frac{\lambda}{T}$，

联立解得波的传播速度 $v=\frac{8}{3}$ m/s。

答案：(1)$y=10\sin\left(\frac{2\pi}{9}t-\frac{\pi}{6}\right)$ cm

(2)沿 x 轴正方向传播　$\frac{8}{3}$ m/s

5.解析：(1)未明确波的传播方向和 Δt 与 T 的关系，故有两组解。

当波向右传播时：

$$v_{右}=\frac{n\lambda+\frac{\lambda}{4}}{\Delta t}=4(4n+1)\ \text{m/s}(n=0,1,2\cdots),\qquad①$$

当波向左传播时：

$$v_{左}=\frac{n\lambda+\frac{3}{4}\lambda}{\Delta t}=4(4n+3)\ \text{m/s}(n=0,1,2\cdots)。\qquad②$$

(2)明确了波的传播方向，并限定 $3T<\Delta t<4T$，设此段时间内波传播距离为 s，则有 $3\lambda<s<4\lambda$

即 $n=3$，代入②式，

$v_{左}=4(4n+3)$ m/s$=4\times(4\times3+3)$ m/s$=60$ m/s。

(3)给定的波速 $v=68$ m/s，则给定时间 Δt 内波传播距离 $x=v\cdot\Delta t=68\times0.5$ m$=34$ m$=\left(4+\frac{1}{4}\right)\lambda$，故波向右传播。

答案：见解析

第四章　光及其应用

1　光的折射定律

问题式预习

知识点一

1.进入第二种介质

2.(1)同一平面内　两侧　(2)可逆

[判一判]

(1)×　(2)×　(3)×

知识点二

1.光学性质

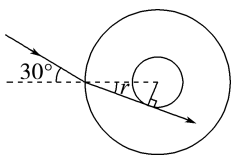
2.真空　$\frac{\sin i}{\sin r}$

3.真空　$\frac{c}{v}$

4.大于 1

[做一做]

B　**解析**：如图所示，折射角的正弦值 $\sin r=\frac{1}{3}$，根据折射定律可得该透明材料的折射率 $n=\frac{\sin 30^\circ}{\sin r}=1.5$，故选 B。

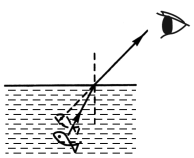


任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：从鱼身上反射的光线由水中斜射进入空气时，在水面上发生折射，折射角大于入射角，折射光线进入人眼后，人眼逆着折射光线的方向看去，所看见的鱼的位置变浅了，眼睛看到的是鱼的虚像，像在鱼的上方，所以叉鱼时要瞄准像的下方，如图所示。



【评价活动】

1.B　**解析**：题图 A 中光线从空气垂直水面射入水中，入射角为零，折射角也应为零，A 错误。题图 B 中光线从空气斜射入水中，传播方向发生改变，折射光线与入射光线分别位于法线两侧，符合折射定律，B 正确。题图 C 中光线从空气斜射入水中，传播方向没有发生改变，不符合折射定律，C 错误。题图 D 中光线从空气斜射入水中，折射光线与入射光线位于法线的同一侧，不符合折射定律，D 错误。

2.D　**解析**：光线在圆心处发生折射和反射，折射光线与半圆表面垂直，到达半圆表面后沿原路返回，返回至空气与玻璃的交界处时再次发生反射和折射，折射光路遵循光路可逆原理，D 正确。

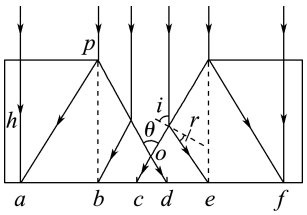
3.BD　**解析**：由于反射角等于入射角，入射光线、反射光线关于法线对称，所以 aO、Ob 应是入射光线或反射光线，PQ 是法线，又因为反射光线、折射光线都不与入射光线

位于法线同侧，所以 aO 是入射光线，Ob 是反射光线，Oc 是折射光线。

任务二

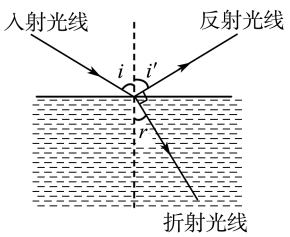
1.AC　**解析**：由公式 $n=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$，可得折射率 $n_a<n_b$，C 正确，D 错误；由 $v=\frac{c}{n}$，$n_a<n_b$ 知 $v_a>v_b$，A 正确，B 错误。

2.BC　**解析**：光路图如图所示：



由几何关系可知光在 V 形凹槽斜面的入射角 $i=60°$，由折射定律可知 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，代入数据可得 $r=30°$。由图可知底边左侧边缘与 a 之间只有竖直射入的光，a、b 之间为竖直射入光和斜面折射光的叠加，b、c 之间只有斜面折射的光，c、d 之间没有光线，所以 c、d 之间是暗区，由对称性可知 a、b 之间和 e、f 之间亮度最高，故 A 错误，B 正确；由几何关系可知，$pd=\frac{h}{\sin 60°}=\frac{h}{\frac{\sqrt{3}}{2}}=\frac{2\sqrt{3}h}{3}$，$cd=od=pd-l$，代入数据可得 $cd=\frac{\sqrt{3}h}{6}$，$ab=ef=\frac{h}{\tan 60°}=\frac{h}{\sqrt{3}}=\frac{\sqrt{3}h}{3}$，故 C 正确，D 错误。

3.解析：(1)由题意知入射角 $i=60°$，根据反射定律，反射角 $\theta'=60°$，折射角 $r=180°-60°-90°=30°$，光路图如图所示。



(2)$n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\sin 60°}{\sin 30°}=\sqrt{3}$，

根据 $n=\frac{c}{v}$ 得

$v=\frac{c}{n}=\frac{3.0\times10^8}{\sqrt{3}}$ m/s$\approx1.7\times10^8$ m/s。

(3)根据 $n=\frac{\sin i'}{\sin r'}$，得 $\sin r'=\frac{\sin i'}{n}$，

将 $\sin i'=\sin 45°=\frac{\sqrt{2}}{2}$ 及 $n=\sqrt{3}$ 代入上式，可求得

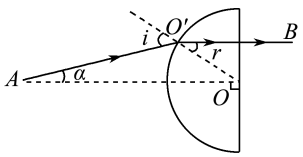
$\sin r'=\frac{\sqrt{6}}{6}$。

(4)玻璃的折射率不会变化，折射率由介质和入射光线的频率决定，跟入射角的大小无关。

答案：(1)见解析图　(2)$\sqrt{3}$　1.7×10^8 m/s

(3)$\frac{\sqrt{6}}{6}$　(4)不变

4.解析：如图所示，玻璃的折射率 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$。由于出射光线 $O'B$ 与 AO 平行，所以 $r=\angle AOO'$，而 i 是 $\triangle AOO'$ 的一个外角，由三角形的外角等于不相邻的两个内角之和，有 $i=\alpha+\angle AOO'=\alpha+r$，则 $r=i-\alpha$。所以玻璃的折射率 $n=\frac{\sin i}{\sin(i-\alpha)}$。



答案：$\frac{\sin i}{\sin(i-\alpha)}$

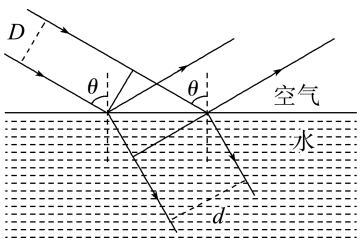
5.解析：(1)设折射角为 r，根据几何关系可得 $r=90°-\theta$，

根据折射定律可得 $n=\frac{\sin\theta}{\sin r}$，

联立可得 $n=\tan\theta$。

(2)如图所示，根据几何关系可得

$d=\frac{D}{\sin(90°-\theta)}\cdot\sin\theta=D\tan\theta$。



答案：(1)$\tan\theta$　(2)$D\tan\theta$

2　实验：测定玻璃的折射率

问题式预习

【实验思路】

提示：(1)$n=\frac{\sin i_1}{\sin r_1}$。

(2)$n=\frac{\sin r_2}{\sin i_2}$。

【原理启示】

1.插针法

2.G_3　G_1、G_2

任务型课堂

【原型实验】

1.BD　**解析**：光线由 aa' 进入玻璃砖时，由折射定律得 $n=$

$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$。光线从 bb' 射出玻璃砖时，由折射定律得 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，若 $aa'/\!/bb'$，则 $\beta=r$，进而 $\alpha=i$，出射光线 $O'B$ 与入射光线 AO 平行；若 aa' 与 bb' 不平行，则有 $\beta\neq r$，进而 $\alpha\neq i$，出射光线 $O'B$ 与入射光线 AO 不平行，故选项 B 正确，A 错误。用“插针法”测量玻璃折射率时，只要实验方法正确，光路准确无误，结论必定正确，它不受玻璃的形状影响，故选项 D 正确，C 错误。

2.解析：(1)采用插针法测定玻璃的折射率的时候，应选定光学表面间距大一些的玻璃砖，这样作出的光路图会更加清晰，减小误差，同时同侧的两枚大头针的距离尽量大一些，保证光线的准确度，因此 A、D 正确；光学表面是否平行不影响该实验的准确度，因此 B 错误；应选用细的大头针，因此 C 错误。

(2)根据光的折射定律可知当选用平行的玻璃砖时出射光和入射光应是平行光，又发生了折射，因此出射光的出射点应相比入射光的延长线向左平移，故 D 正确，A、B、C 错误。

(3)由折射定律可知折射率 $n=\frac{\sin\angle AOC}{\sin\angle BOD}$，

$\sin\angle AOC=\frac{AC}{R}$，$\sin\angle BOD=\frac{BD}{R}$，

联立解得 $n=\frac{AC}{BD}$。

答案：(1)AD　(2)D　(3)$\frac{AC}{BD}$

3.解析：(1)在本实验中，为了减小测量误差，入射角应适当大些，因为入射角越大，折射角也越大，所以入射角和折射角的测量误差都会减小，从而使折射率测量的误差减小，A 错误；与插针法测量相比，激光的平行度好，能更准确地确定入射光线和折射光线，从而更有利于减小实验误差，B 正确；选择圆心 O 点作为入射点，是因为便于计算折射率，并不是因为此处的折射现象最明显，C 错误。

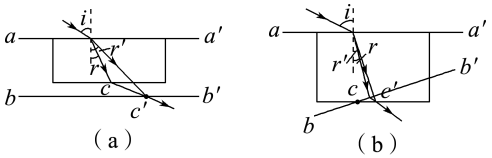
(2)设入射角为 α、折射角为 β、半圆弧轮廓线半径(玻璃砖半径)为 R，则由几何关系可知 $\sin\alpha=\frac{\overline{PP'}}{R}=\frac{y}{R}$、$\sin\beta=\frac{\overline{MM'}}{R}=\frac{x}{R}$，根据折射定律可得玻璃砖的折射率 $n=\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{y}{x}$，结合题图(b)可知 $y-x$ 图像的斜率为该玻璃砖的折射率，故该玻璃砖的折射率 $n=\frac{45}{28.3}=1.59$。(3)由题(2)分析可知，折射率的表达式中没有半圆弧轮廓线半径 R，所以轮廓线半径的测量误差对实验结果没有影响，即折射率的测量结果不变。

答案：(1)B　(2)1.59(1.58～1.60 均可)　(3)不变

4.解析：(1)甲同学所做实验的光路图如图(a)所示，真实值 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，测量值 $n'=\frac{\sin i}{\sin r'}$，因 $r'>r$，故 $n'<n$，所以甲同学测得的折射率与真实值相比偏小。

(2)乙同学用题图②测折射率时，只要操作正确，测量的结果与玻璃砖的形状无关，故乙同学测得的折射率与真实值相等。

(3)丙同学的测量可能出现三种情况，光路图如图(b)所示，当出射点在 c 点时，测量值与真实值相等(同乙同学)；当出射点在 c 点左侧时，测量值小于真实值；当出射点在 c 点右侧时，真实值 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，测量值 $n'=\frac{\sin i}{\sin r'}$，因 $r'<r$，故 $n'>n$，即测量值大于真实值。故丙同学测得的折射率与真实值相比可能偏大，可能偏小，可能相等。

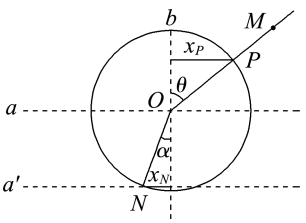


答案：(1)偏小　(2)相等　(3)可能偏大，可能偏小，可能相等

【创新实验】

5.解析：(1)M 点可标记在入射光线 MO 直线上任意处，且距离 a 较远时误差较小，故 A 错误；N 点是出射光线与 a' 的交点，题目操作要求在此标记，所以点 N 只能标记在光束 2 与 a' 的交点处，故 B 正确；半径可以任意选取，不一定非要 ON，故 C 错误。

(2)如图所示：



根据折射定律可得 $n=\frac{\sin\theta}{\sin\alpha}$，

根据几何关系可得 $\sin\theta=\frac{x_P}{x_{OP}}$，$\sin\alpha=\frac{x_N}{x_{ON}}$，

又 $x_{OP}=x_{ON}$，

联立解得 $n=\frac{x_P}{x_N}$。

(3)激光测距仪出厂时是按真空光速 c 标定的，无论是在介质中还是在空气中，都统一用 c 计算距离；光往返传播，路程 $L=c\cdot\Delta t$，单程示数为 $\frac{c\Delta t}{2}$。

(4)实际深度 $h=16.0$ cm，水中光速 $v=\frac{c}{n}$，光在水中往返时间 $\Delta t=\frac{2h}{v}=\frac{2h}{\frac{c}{n}}=\frac{2hn}{c}$，

测距仪示数 $L=c\cdot\frac{\Delta t}{2}=nh=1.33\times16.0$ cm≈21.3 cm。

答案：(1)B　(2)$\frac{x_P}{x_N}$　(3)$\frac{c\Delta t}{2}$　(4)21.3

3　光的全反射

问题式预习

知识点一

1.较小　较大　光密　光疏　光疏　光密　光密　光疏

2.光密　光疏　原介质

［科学思维］

解析：光由光密介质斜射入光疏介质时，折射角大于入射角，所以 A 是光密介质，B 是光疏介质。

答案：光密　光疏

［判一判］

(1)√　(2)×　(3)×

知识点二

2.光密　光疏　等于或大于

［做一做］

C　**解析**：根据 $n=\frac{c}{v}$，$\sin C=\frac{1}{n}$，得 $\sin C=\frac{v}{c}=\frac{1.5\times10^8}{3.0\times10^8}=\frac{1}{2}$，解得 $C=30°$，C 正确。

任务型课堂

任务一

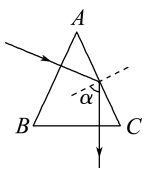
【探究活动】

提示：被蜡烛熏黑的铁球外表面附着一层未燃烧完全的碳蜡混合物，它是不溶于水的，当铁球从空气进入水中时，在其外表面上会形成一层很薄的空气膜，当有光线透过水照射到这层空气膜（水和空气的交界面）上时，会发生全反射现象，使其看起来比较亮。

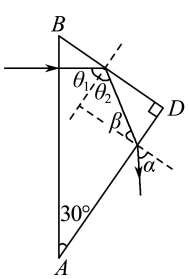
【评价活动】

1.C　**解析**：发生全反射的条件是光从光密介质射向光疏介质，且入射角大于或等于临界角，发生全反射时，全部光线均不进入光疏介质，故 A、B、D 错误，C 正确。

2.A　**解析**：作出光路图如图所示，由几何关系可知，$\alpha=\angle C=\angle B$，$2\alpha+\angle B=180°$，解得 $\alpha=60°$，因此该棱镜的折射率 $n=\frac{1}{\sin\alpha}=\frac{2\sqrt{3}}{3}$，A 正确。



3.解析：(1)由题意可知，光线从 AB 面垂直射入，恰好在 BD 面发生全反射，光线最后从 AD 面射出，光路如图所示。



设该透明物质的临界角为 C，由几何关系可知

$C=\theta_1=\theta_2=60°$，$\sin C=\frac{1}{n}$，

解得 $n=\frac{2\sqrt{3}}{3}$。

(2)由几何关系知 $\beta=30°$，

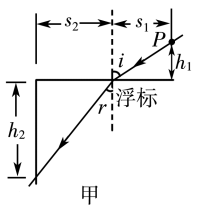
由折射定律得 $n=\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$，

解得 $\sin\alpha=\frac{\sqrt{3}}{3}$。

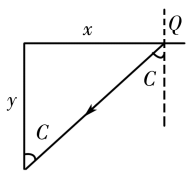
答案：(1)$\frac{2\sqrt{3}}{3}$　(2)$\frac{\sqrt{3}}{3}$

4.解析：(1)作光路图如图甲所示。

$$n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\frac{s_1}{\sqrt{s_1^2+h_1^2}}}{\frac{s_2}{\sqrt{s_2^2+h_2^2}}}=\frac{s_1}{s_2}\sqrt{\frac{s_2^2+h_2^2}{s_1^2+h_1^2}}=\frac{4}{3}。$$



甲



乙

(2)刚好看到 Q 点时的光路图如图乙所示。

$x=s_1+s_2+l$，$y=h_2+\Delta h$，

$\sin C=\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}$，

$n=\frac{1}{\sin C}$，

联立以上方程解得 $l=\left(\frac{24\sqrt{7}}{7}-\frac{19}{5}\right)$ m。

答案：(1)$\frac{4}{3}$　(2)$\left(\frac{24\sqrt{7}}{7}-\frac{19}{5}\right)$ m

任务二

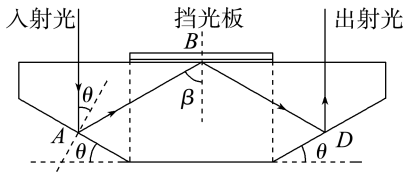
【探究活动】

提示：内芯的折射率大。因为只有当内芯的折射率大于外套的折射率时，光在内芯中传播时才能发生全反射，光线经过多次全反射后才能从一端传到另一端。

【评价活动】

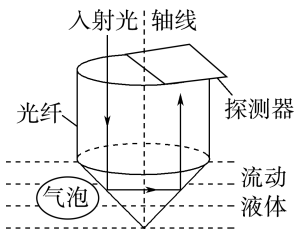
1.D　**解析**：光从光密介质射入光疏介质，才可能发生全反射，故 $n_1>n_2$；光在内芯中传播的路程 $s=\frac{L}{\sin\theta}$，光在内芯中的传播速度 $v=\frac{c}{n_1}$，所以 $t=\frac{s}{v}=\frac{n_1L}{c\sin\theta}$，故 D 正确。

2.CD　**解析**：因为 $1.4<\sqrt{2}$，所以当选用折射率为 1.4 的光学玻璃时，根据 $\sin C=\frac{1}{n}$，可得 $\sin C>\frac{\sqrt{2}}{2}$，即全反射临界角 $C>45°$，如下图所示：



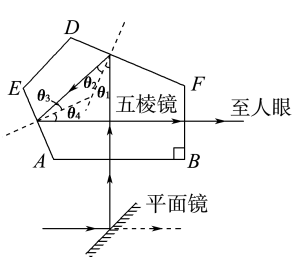
由几何知识可得光线在 A 点发生全反射时的入射角等于 θ，已知 $\theta<45°$，可知 $\theta<C$，故选用折射率为 1.4 的光学玻璃时光线在 A 点不会发生全反射，故 A 错误；当 $\theta=30°$ 时，此时在 A 点的入射角为 30°，选用折射率为 1.6 的光学玻璃时，此时的全反射临界角 C 满足 $\sin C=\frac{1}{1.6}=0.625>0.5=\sin 30°$，可得 $C>30°$，故此时光线在 A 点不会发生全反射，故 B 错误；若选用折射率为 2 的光学玻璃，同理可得此时的全反射临界角 $C=30°$，光线在 A 点第一次要发生全反射，入射角一定大于 30°，即 $\theta>30°$，如上图所示，根据几何关系可知，光线在 B 点第二次发生全反射时的入射角 $\beta=2\theta$，即 $\beta=2\theta>60°$，故第二次全反射的入射角可能为 70°，故 C 正确；若入射光线向左移动，则在 A、B、D 三处的入射光线与反射光线均会向左移动，故 D 正确。

3. AD　**解析**：锥面外为空气时，该单色光在锥面恰好发生全反射，根据光路图（如图）可知，入射光在锥面的入射角等于临界角 $C=45°$，由 $n=\frac{1}{\sin C}=\frac{1}{\sin 45°}$，



可得光纤的折射率 $n=\sqrt{2}$，故 A 正确；由 $v=\frac{c}{n}=\frac{c}{\sqrt{2}}$，可得该单色光在此光纤中的传播速度是真空中光速的 $\frac{\sqrt{2}}{2}$，故 B 错误；锥面浸入液体过程中，由于被测液体的折射率大于此光纤的折射率，光线在锥面逐渐不会发生全反射，则反射光会变弱，可知探测到的光强相对于浸入液体前变弱，故 C 错误；锥面完全浸入液体后，若探测到的光强在变强，说明检测到气泡（空气），因为气泡的折射率小于光纤，光线可能发生全反射导致探测器接收到的光线变强，故 D 正确。

4. **解析**：画出如图所示的光路图。设光射向 FD 面上时入射角为 θ_1，根据两次反射的入射角相等，结合光路图可得 $\theta_1=\theta_2=\theta_3=\theta_4=22.5°$，又折射率 $n=\frac{1}{\sin C}$，当临界角 $C=\theta_1=22.5°$ 时，折射率最小，故五棱镜折射率的最小值为 $n=\frac{1}{\sin 22.5°}$。



答案：$\frac{1}{\sin 22.5°}$

任务三

【探究活动】

提示：(1)$n\cdot\sin r=\sin i$。

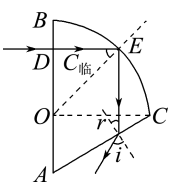
(2)根据 $n\cdot\sin r=\sin i$，i 增大时，r 会逐渐增大。因为 $n>1$，所以 $i>r$，i 最大能增大到 90°，这时有 $1=n\cdot\sin r_{max}$，所以最终 $\sin r_{max}=\frac{1}{n}$，即折射角 r 增大到一定程度后（$r<90°$）折射光线会消失。

(3)$\sin r=n\cdot\sin i$。

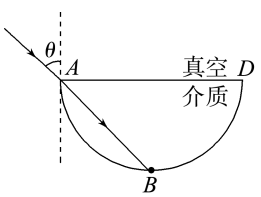
(4)根据 $\sin r=n\cdot\sin i$，i 增大时，r 会逐渐增大。因为 $n>1$，所以 $i<r$，r 最大能增大到 90°，这时有 $1=n\cdot\sin i_{max}$，即 $\sin i_{max}=\frac{1}{n}$，再增大入射角，就会发生全反射现象。

【评价活动】

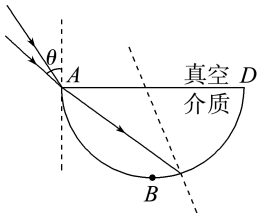
1. C　**解析**：作出光路图如图所示，由于光射到圆弧 BC 上时恰好发生全反射，则由几何关系得 $\sin C_{临}=\frac{OD}{OE}=\frac{R}{\sqrt{2}R}=\frac{\sqrt{2}}{2}$，则临界角 $C_{临}=45°$，该透明介质的折射率 $n=\frac{1}{\sin C_{临}}=\sqrt{2}$，由 $n=\frac{c}{v}$ 得光在介质中的传播速度 $v=\frac{c}{n}=\frac{\sqrt{2}}{2}c$，A 错误；由几何关系知，光射到 AC 面时的入射角 $r=30°<C_{临}$，因此光将在 AC 面发生折射，从 AC 面射出，B 错误；光在 AC 面第一次射出介质，根据折射定律有 $\sin i=n\sin r=\sqrt{2}\times\sin 30°=\frac{\sqrt{2}}{2}$，解得 $i=45°$，因此光第一次射出介质时的折射角为 45°，C 正确，D 错误。



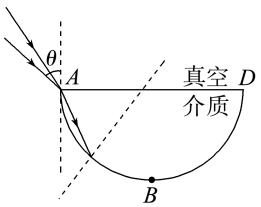
2. D　**解析**：根据题意，画出光路图，如图所示：



由几何关系可知，折射角为 $\theta'=45°$，则由折射定律有 $n=\frac{\sin\theta}{\sin\theta'}=\frac{\sin\theta}{\sin 45°}=\sqrt{2}\sin\theta$，由 $n>1$，则有 $\sin\theta>\frac{\sqrt{2}}{2}$，又因 $\sin\theta<1$，可得 $n<\sqrt{2}$，$\theta>45°$，故 A、B 错误；根据题意，由全反射临界角公式有 $\sin C=\frac{1}{n}$，可知 $\sin C>\frac{\sqrt{2}}{2}$，即 $C>45°$，增大入射角，光路图如图所示：

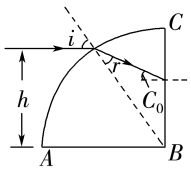


由几何关系可知，光在$\overset{\frown}{BD}$上的入射角小于45°，则该单色光在$\overset{\frown}{BD}$上不可能发生全反射，故C错误；减小入射角，光路图如图所示：



由几何关系可知，光在$\overset{\frown}{AB}$上的入射角大于45°，可能大于临界角，则该单色光在$\overset{\frown}{AB}$上可能发生全反射，故D正确。

3.解析：根据题意可画出入射光线与AB边的距离为h时的光路图，如图所示：



则由折射定律有$n=\frac{\sin i}{\sin r}=\sqrt{3}$，

由全反射临界角公式有$\sin C_0=\frac{1}{\sqrt{3}}$，

由几何关系有$i=r+C_0$，

$h=R\sin i$，

联立解得$\frac{h}{R}=\frac{\sqrt{2+\sqrt{2}}}{2}$。

答案：$\frac{\sqrt{2+\sqrt{2}}}{2}$

4 光的干涉

问题式预习

知识点一

1.托马斯·杨　波动性

2.(2)明暗相间

[科学思维]

提示：光的干涉是光波能量的重新分配，也遵循能量守恒定律，在亮条纹处，光能量比较集中，在暗条纹处，很少有光能到达。

[判一判]

(1)√　(2)×　(3)×

知识点二

1.液膜前后两个表面　同相　反相

[科学思维]

提示：光照射到薄膜上，在薄膜的前、后两个面反射而成的，这两束光是由同一个光源分解而成的，它们具有相同的频率、相同的振动方向和恒定的相位差。

[做一做]

B　**解析**：竖直放置的肥皂膜在重力作用下变成上薄下厚的膜，且在同一水平线上膜厚相等，故干涉条纹是水平的，正确图示为图B。

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：(1)两列光的频率相同、相位差恒定、振动方向相同。

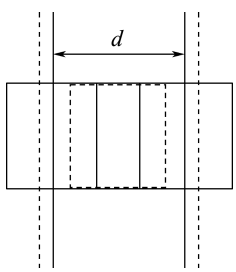
(2)通过双缝S_1、S_2的光波互相叠加，发生干涉，在一些地方振动加强，在另一些地方振动减弱，因此在挡板后的光屏上应出现明暗相间的条纹。

(3)由题图丙可知，光屏上某点到光源S_1、S_2的路程差为δ。δ为光波波长的整数倍时，波峰或波谷同时到达该点，该点处振动加强，出现亮条纹；δ为光波半波长的奇数倍时，一列波的波峰到达该点时，另一列波的波谷也到达该点，该点处振动减弱，出现暗条纹。

(4)与光的波长、频率有关。

【评价活动】

1.A　**解析**：金属丝受热膨胀，如图所示：



由图可知双缝间距变大，双缝干涉时相邻亮条纹间隔$\Delta x=\frac{L\lambda}{d}$，则$\Delta x$变小，故A正确，B、C、D错误。

2.A　**解析**：根据双缝干涉条纹间距公式$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$知，入射光的波长越长，同一装置产生的双缝干涉的图样中条纹的间距就越大。由本题的条件可确定另一种颜色的单色光比绿光的波长更长，因此A正确，B、C、D错误。

3.B　**解析**：从单缝S射出的光波被S_1、S_2两缝分成两束相干光，由题意知屏中央P点到S_1、S_2的距离相等，即分别由S_1、S_2射出的光到P点的路程差为0，因此P点是中央亮条纹，所以，无论入射光是什么颜色，波长多长，P点处都是亮条纹。由题意可知分别由S_1、S_2射出的光到P_1点的路程差刚好是橙光的一倍波长，即$|P_1S_1-P_1S_2|=600\ \text{nm}=\lambda_{橙}$，当换用波长为400 nm的紫光时，

$|P_1S_1-P_1S_2|=600\ \text{nm}=\frac{3}{2}\lambda_{紫}$，则两列光波在 P_1 点的振动情况完全相反，即分别由 S_1、S_2 射出的光在 P_1 点相互削弱，因此，在 P_1 点出现暗条纹，故选 B。

4.解析：(1)由 $\lambda=\frac{c}{f}$ 得 $\lambda=5\times10^{-7}\ \text{m}$，

$n=\frac{\Delta s}{\lambda}=\frac{3\times10^{-6}}{5\times10^{-7}}=6$，

由于两光源的振动情况恰好相反，所以 P 点处为暗条纹。

(2)由(1)知 P 点到 S_1 与 S_2 的路程为 6 倍波长，所以 OP 两点间还有 5 条暗条纹，6 条亮条纹。

答案：(1)暗条纹　(2)5 条暗条纹，6 条亮条纹

任务二

【探究活动】

提示：由薄膜干涉形成的。白光照射在肥皂泡膜、油膜表面，薄膜前、后表面反射的两列反射光波叠加，形成干涉条纹。由于白光中的各色光波长不同，干涉后的条纹间距不同，薄膜上就会出现彩色条纹。

【评价活动】

1.C　解析：看到的明暗条纹是膜前后表面分别反射形成的两列相干光波发生干涉形成的，明条纹是相干加强形成的，暗条纹是相干减弱形成的，而肥皂膜中的液体在重力作用下导致从上至下的薄膜厚度不同，反射回来的两列光波的步调不同，C 项正确。

2.D　解析：当光从薄膜的一侧照射到薄膜上时，只要前、后两个面反射回来的光波的路程差满足振动加强的条件，就会出现亮条纹，满足振动减弱的条件就会出现暗条纹，这种情况在薄膜厚度不均匀时才会出现。当薄膜厚度均匀时，不会出现干涉条纹，但也能发生干涉现象，这时某些颜色的光因干涉而减弱，另一些颜色的光因干涉而加强，减弱的光透过薄膜，加强的光被反射回来，所以这时和光源在同侧的观察者看到薄膜的颜色是振动加强的光的颜色，但不会形成干涉条纹。故 D 正确。

3.C　解析：单色平行光垂直照射平板玻璃，上、下玻璃上表面的反射光在上玻璃上表面发生干涉，形成干涉条纹，光程差为两块玻璃距离的两倍，根据光的干涉知识可知，同一条干涉条纹位置处光的波程差相等，则滚珠 a 的直径与滚珠 b 的直径相等，即滚珠 b 合格；不同的干涉条纹位置处光的波程差不同，则滚珠 a 的直径与滚珠 c 的直径不相等，即滚珠 c 不合格。故 C 正确。

4.解析：(1)干涉图样是标准样板和被检查平面间的空气膜表面(即 b、c 表面)反射的光叠加形成的。

(2)设绿光在真空中的波长为 λ_0，在增透膜中的波长为 λ，由折射率与光速的关系和光速与波长及频率的关系得

$n=\frac{c}{v}=\frac{\lambda_0 f}{\lambda f}=\frac{\lambda_0}{\lambda}$，

即 $\lambda=\frac{\lambda_0}{n}$，那么增透膜的厚度应满足 $2h=\frac{\lambda}{2}$(入射的绿光与反射的绿光的光程差为 $2h$)，即

$h=\frac{1}{4}\lambda=\frac{\lambda_0}{4n}=\frac{5.52\times10^{-7}}{4\times1.38}\ \text{m}=1\times10^{-7}\ \text{m}$。

答案：(1)b、c 表面　(2)1×10^{-7} m

5　实验：用双缝干涉测量光的波长

问题式预习

【实验思路】

滤光片

【实验器材】

滤光片

任务型课堂

【原型实验】

1.解析：(1)应先调节光源高度、遮光筒轴线及光屏中心，再放上单缝、双缝，选项 A 错误；测微目镜分划板中心刻线应与亮条纹中心对齐，使得移动过程测出的条纹间距较为准确，选项 B 正确；测微目镜移过 n 条亮条纹，则亮条纹间距 $\Delta x=\frac{a}{n-1}$，选项 C 正确。

(2)主尺读数是 1.5 mm，螺旋读数是 47.0×0.01 mm，因此示数为 1.970 mm。

答案：(1)A　(2)1.970

思考

提示：灯丝与单缝、双缝不共轴线，或测量头与遮光筒不共轴线。

2.(1)滤光片　单缝　双缝　增大双缝与光屏间的距离　减小双缝之间的距离　(2)1.610(1.609～1.611 均可)

3.解析：(1)若想增加从目镜中观察到的条纹个数，需要减小条纹间距，由公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 可知，需要减小双缝到屏的距离 l 或增大双缝间的距离 d，故 B 项正确，A、C、D 项错误。

(2)由题意可知，$\frac{\Delta x}{n-1}=\frac{l}{d}\lambda$，则 $\lambda=\frac{d\cdot\Delta x}{(n-1)l}$。

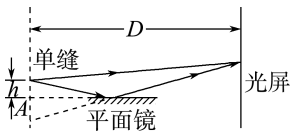
(3)将已知条件代入公式解得 $\lambda=630$ nm。

思考

提示：在测量双缝距离、屏和双缝的距离以及 n 条亮(暗)纹间距时容易产生误差。

【创新实验】

4.解析：如图，通过平面镜反射的光线可以看作在 A 点下方 h 处射出的光线，则干涉条纹可以看作由到 A 点距离均为 h 的双缝干涉形成的条纹，则相邻亮(暗)条纹间距 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda=\frac{D}{2h}\lambda$。



撤去平面镜，在单缝下方 A 处放置同样的另一单缝，构成双缝结构，但白炽灯发出的光不是相干光，通过两缝的光不能发生干涉。

答案：$\frac{D}{2h}\lambda$　不能

5.解析：(1)激光的频率单一，选激光作为光源是因为其相干性好，而避免激光直接射入眼睛，是因为激光亮度高、能量集中，会对眼睛造成损伤。

(2)由题图甲可知双缝位置为 $x_1=12.00$ cm，光传感器位置为 $x_2=43.25$ cm，双缝到光传感器的距离 $l=x_2-x_1=43.25\ \text{cm}-12.00\ \text{cm}=31.25$ cm。

(3)由题图乙可知条纹间距 $\Delta x=\frac{2.40\ \text{mm}}{6}=0.40$ mm。

(4)双缝干涉实验中相邻亮条纹间距 $\Delta x=\frac{l\lambda}{d}$，整理可得 $\lambda=\frac{\Delta x d}{l}$。

可见光波长在 400 nm 到 760 nm 之间，紫外线波长在 60 nm到 400 nm 之间，红外线波长在 760 nm 到 1 mm 之间，所以 640 nm 波长的激光为可见光。

答案：(1)亮度高　(2)31.25　(3)0.40　(4)$\frac{\Delta x d}{l}$　可见光

6　光的衍射与偏振

7　激光

问题式预习

知识点一

1.(1)亮条纹　暗条纹　(2)明暗相间　(3)波动

2.(1)较宽较亮　对称　明暗相间　很快减弱

(2)白色　很快减弱

3.(1)衍射　阴影的中心

4.差不多　更小

[科学思维]

提示：可见光的波长范围约为 $10^{-7}\sim10^{-6}$ m，由产生明显衍射的条件可知，不易观察到光的衍射现象。

[判一判]

(1)×　(2)√　(3)×　(4)√

知识点二

1.相同　垂直

2.横波　纵波　横波

4.太阳光　大量的

[科学思维]

提示：在垂直于传播方向的平面内，自然光沿所有方向振动，而偏振光沿某一特定方向振动。

[判一判]

(1)×　(2)√　(3)√　(4)×

知识点三

1.(4)相同　完全相同

任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示：(1)光的衍射现象。

(2)孔径越小，光的衍射现象越明显。

【评价活动】

1.D　**解析**：这是由于光在刀片边缘处产生衍射现象，在阴影边缘部分有光线到达，从而使其影子的边缘轮廓变得模糊不清，D 正确。

2.A　**解析**：圆孔衍射图样是中央为大亮斑，而在圆板衍射图样中，中央为大阴影，只是在大阴影背景下中心处有一个小亮斑，此即为泊松亮斑，所以题图甲为圆孔衍射，题图乙为圆板衍射，A 正确。

3.A　**解析**：当孔、缝的宽度或障碍物的尺寸与波长相近甚至比波长更小时就能发生明显的衍射现象。显然狭缝宽度 1.8 mm 远大于光的波长，故不能发生明显的衍射现象，根据光的直线传播原理，此时我们看到的应该是条纹状的光斑，即图甲；随着狭缝宽度的减小，光斑的宽度逐渐减小，在发生明显衍射前看到的是图乙；当发生明显衍射时，随着狭缝的宽度逐渐变小，衍射条纹的宽度逐渐变大，而条纹宽度较小的是丙，条纹宽度较大的是丁，所以先观察到丙，再观察到丁。综上所述，当狭缝宽度从1.8 mm 逐渐变小时，我们依次看到的四个图的顺序是甲、乙、丙、丁，A 正确。

任务二

【探究活动】

提示：A。因为发生单缝衍射时，中央亮条纹最宽、最亮，两侧依次变窄、变暗。

【评价活动】

1.C　**解析**：根据单缝衍射条纹间距不等，而双缝干涉条纹间距相等，则题图(c)表示双缝干涉条纹，题图(d)表示单缝衍射条纹，故 A 错误；根据发生明显衍射现象的条件可知，单缝 S 越窄，越容易观察到对应的明暗条纹，故 B 错误；在双缝干涉中，干涉条纹的间距 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$，由公式可得，条纹间距与波长 λ、双缝与屏之间的距离 l 成正比，与双缝间的距离 d 成反比，故 C 正确，D 错误。

2.A　**解析**：双缝干涉图样的条纹等间距，单缝衍射图样的条纹中央亮条纹最宽，两侧亮条纹变窄，A 正确，B 错误；无论是双缝干涉还是单缝衍射形成的图样中，条纹间距大的波长长，C、D 错误。

3.B　**解析**：双缝干涉条纹是等间距的条纹，单缝衍射条纹是中间最宽、两边越来越窄的条纹，因此第 1、3 个图是干涉条纹，第 2、4 个图是衍射条纹。干涉条纹中，光的波长越长，条纹越宽，因此 1 是红光，3 是蓝光；L 单缝衍射条纹中，波长越长，条纹越宽，因此 2 是紫光，4 是黄光。故 B 正确。

任务三

【探究活动】

提示：黑板和黑板上粉笔字的反射光都是不同程度的偏振光，所以当转动偏振片时，透过偏振片看到黑板上的粉笔字的亮度会发生周期性的变化。

【评价活动】

1.D　**解析**：自然光和偏振光都能发生干涉、衍射现象，A 错误；除太阳、电灯等光源直接发出的光以外，我们通常看到的绝大部分光，都是不同程度的偏振光，B 错误；光的颜色由光的频率决定，与光的振动方向无关，C 错误；自然光和偏振光都具有能量，都能使感光底片感光，D 正确。

2.C　**解析**：题图甲看不清车内物品是因为外界强光在汽车挡风玻璃表面发生镜面反射，反射光盖过了车内物品透射出来的弱光；玻璃的反射光是偏振光。题图乙加装镜片后能看清车内物品是因为旋转镜片可削弱玻璃反射的偏振强光，让车内光线正常进入相机，所以该镜片元件为偏振片。滤光片只允许特定颜色的光通过，只能过滤色光，无法削弱玻璃反光，故 A 错误；增透膜被镀在镜头的外表面，作用是减少镜头镜片自身的反射，不能消除车玻璃的外部反光，故 B 错误；偏振片可以阻挡玻璃反射的偏振强光，减弱反光干扰，能清晰拍摄车内物品，故 C 正确；增反膜可增强光的反射，会让反光更严重，更看不清车内物品，故 D 错误。

3.BD　**解析**：自然光沿各个方向的振动强度是相同的，通过偏振片后，透过的是只沿着某一特定方向振动的光。从电灯直接发出的光为自然光，则选项 A 错误；光通过偏振片 A 后，即变为偏振光，则选项 B 正确；设通过偏振片 A 的光沿竖直方向振动，则偏振片 B 只能通过沿水平方向振动的光，而当以 SP 为轴将偏振片 B 转过 180°后，偏振片 A、B 的偏振方向仍垂直，在 P 处仍看不见光亮，则选项 C 错误；若将偏振片 B 转过 90°，则该偏振片将变为能通过竖直方向振动的光的偏振片，则偏振光能通过偏振片 B，即在 P 处可看到光亮，则选项 D 正确。

任务四

【探究活动】

提示：激光的亮度高、强度大，可以在很小的空间和很短的时间内集中很大的能量，可以用于切割、焊接以及在坚硬材料上打孔等。

【评价活动】

1.ACD　**解析**：激光的频率单一，相干性很好，自然光中含有各种频率的光，故 A、D 正确；激光和自然光都是由原子的跃迁产生的，故 B 错误，C 正确。

2.BD　**解析**：激光的平行度好，故可聚焦到很小的范围内；激光的亮度高，故可用于修复器官。

3.C　**解析**：由激光的特点及应用可知光纤通信主要利用了激光的相干性，A 错误；计算机内的“磁头”读出光盘上的信息主要应用了激光平行性好的特点，B 错误；医疗中的激光“光刀”利用了激光亮度高的特点，C 正确；激光测距利用的是激光的平行度和方向性好的特点，D 错误。

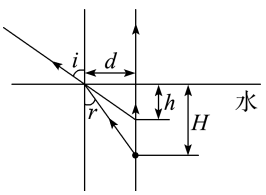
4.D　**解析**：激光在不同的介质中传播时，频率相同，波长不同，激光的波长与亮环的周长无关，故 A、B 错误；在肥皂膜内出现一个亮环，是因为激光在空气与肥皂膜分界面处发生了全反射，故 C 错误，D 正确。

单元活动 4

【任务引导】

任务一

提示：(1)设彩灯实际深度为 H，从正上方观察到的深度为 h，从正上方观察彩灯的光路图如图所示：



根据折射定律可知 $\frac{\sin i}{\sin r}=n$，

从正上方观察，角度 i 和 r 都很小，可以认为

$\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\tan i}{\tan r}=n$，

而 $\tan i=\frac{d}{h}$，$\tan r=\frac{d}{H}$，

联立可得 $\frac{H}{h}=n$ 解得 $h=1.0$ m。

(2)根据 $\frac{H}{h}=n$，可得 $H=nh$，

可知，n 越小，H 就越小，故红光彩灯安装的实际深度最浅，紫光彩灯安装的实际深度最深。

设红光折射率为 n_1，彩灯实际安装的深度最浅为 H_1，紫光折射率为 n_2，彩灯安装的深度最深为 H_2，深度差为 ΔH，则有 $\Delta H=H_2-H_1$ $H_1=n_1h$，$H_2=n_2h$，

代入数据，可得 $\Delta H=0.011\ 7$ m。

任务二

提示：(1)由题图可以看出，a 光偏折得较厉害，三棱镜对 a

光的折射率较大，所以 a 光是紫光，b 光是红光。

(2)各种色光从三棱镜射向空气中时，a 光的入射角较大，白色入射光以入射点为圆心逆时针转动，各种色光的入射角都增大，但 a 光的折射率较大，其临界角较小，所以 a 光入射角先达到临界角发生全反射，故光屏上 a 光先消失。

任务三

提示：(1)B 是景物，A 是蜃景。

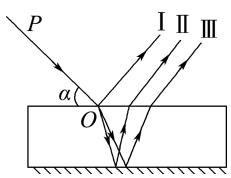
(2)当大气层比较稳定时，空气的密度随温度的升高而减小，对光的折射率也随之减小，海面上下层空气的温度比上层空气的温度低，下层空气的折射率比上层的大。远处的景物反射的光线射向空中时，不断被折射，射向折射率较低的上一层的入射角越来越大，当光线的入射角大于临界角时，就会发生全反射现象。在地面附近的观察者就可以观察到由空中射来的光线形成的虚像。这就是海市蜃楼形成的原因。

【活动达标】

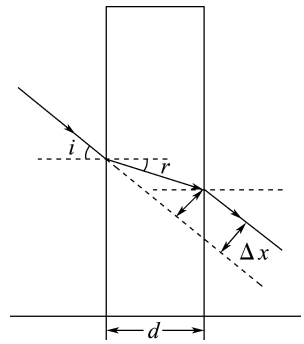
1.BC　**解析**：由光的折射定律可知，在小球下落的过程中，在正上方观察时，小球下落的位移 $x=\dfrac{h}{n}<1.5\ \text{m}$，所以看到小球下落的速度 $v=\dfrac{x}{t}<0.5\ \text{m/s}$，故 B、C 正确。

2.C　**解析**：只有入射角不等于 0 时才会发生折射，当人通过玻璃半球体看中心 O 处的字的时候，进入眼睛的光线沿着半球体半径，也就是球面法线方向，所以不发生折射，物像重合，从 A 处看到的字和从 B 处看到的字一样高，而且是和没有放玻璃半球体时一样高。故选 C。

3.ABD　**解析**：由题意画出如图所示的光路图，可知光束Ⅰ是反射光线，所以仍是复色光，而光束Ⅱ、Ⅲ由于折射率的不同导致偏折分离，所以光束Ⅱ、Ⅲ是单色光，故 A 正确；由于光束Ⅱ的偏折程度大于光束Ⅲ，所以玻璃对光束Ⅱ的折射率大于对光束Ⅲ的折射率，根据 $v=\dfrac{c}{n}$ 可知，光束Ⅱ在玻璃中的传播速度比光束Ⅲ小，故 B 正确；当增大 α 角且 $\alpha<90°$，即入射角减小时，光束Ⅱ、Ⅲ会靠近光束Ⅰ，故 C 错误；因为厚玻璃平面镜的上下表面是平行的，根据光的入射角与反射角相等以及光的可逆性，可知改变 α 角且 $\alpha<90°$ 时，光束Ⅱ、Ⅲ一定与光束Ⅰ平行，故 D 正确。



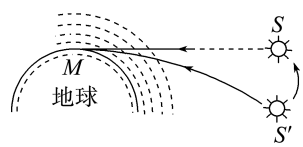
4.BC　**解析**：光路如图所示：



根据光的折射定律和几何关系，侧移量 Δx 的表达式为 $\Delta x=d\cdot\dfrac{\sin(i-r)}{\cos r}$，其中 i 为入射角(保持不变)，r 为折射角，满足折射定律 $n=\dfrac{\sin i}{\sin r}$，当玻璃砖折射率 n 增大时，$\sin r=\dfrac{\sin i}{n}$ 减小，故折射角 r 减小，当厚度 d 和入射角 i 保持不变时，由侧移量公式 $\Delta x=d\cdot\dfrac{\sin(i-r)}{\cos r}=d\cdot\dfrac{\sin i\cos r-\cos i\sin r}{\cos r}=d(\sin i-\cos i\tan r)$，可知侧移量 Δx 会增大，故 B 正确，A 错误；当侧移量 Δx 和入射角 i 保持不变时，由侧移量公式可得厚度 d 的表达式为 $d=\dfrac{\Delta x}{\sin i-\cos i\tan r}$，当折射率 n 增大时，折射角 r 减小，导致 $\tan r$ 减小，分母($\sin i-\cos i\tan r$)的值增大，由于分子 Δx 不变，分母增大，所以厚度 d 的值会变小，故 C 正确，D 错误。

5.B　**解析**：由题图可知，折射后 a 光的偏折程度大于 b 光的偏折程度，故玻璃砖对 a 光的折射率大于对 b 光的折射率，选项 D 错误；在真空中，a 光的频率大于 b 光的频率，a 光的波长小于 b 光的波长，选项 B 正确，C 错误；由 $n=\dfrac{c}{v}$ 知，在玻璃中，a 光的传播速度小于 b 光的传播速度，选项 A 错误。

6.B　**解析**：如图所示，假设地球表面不存在大气层，则地球上 M 处的人只能等到太阳运动到 S 处才看见日出，而地球表面存在大气层时太阳运动到 S' 处，阳光经大气层折射后就能射至 M 点，故 M 点观察到的日出时刻比不存在大气层时要提前。故选 B。



课后素养评价(一)

1.D　**解析**:由于此实验所研究的不变量与质量和速度有关,所以滑块的质量、挡光时间、挡光片的宽度都是需要测量的物理量,只有光电门的高度不需要测量,只要能与挡光片在同一高度即可,故选 D。

2.解析:A 球由静止释放到两球碰撞前,根据机械能守恒定律,有

$$m_A gl(1-\cos i)=\frac{1}{2}m_A v_A^2,$$

两球碰撞后粘到一起运动到最高点,根据机械能守恒定律,有

$$(m_A+m_B)gl(1-\cos r)=\frac{1}{2}(m_A+m_B)v^2,$$

又碰撞过程的守恒量满足 $m_A v_A=(m_A+m_B)v$,

所以用测得的物理量表示碰撞过程的守恒量的关系式为

$m_A\sqrt{1-\cos i}=(m_A+m_B)\sqrt{1-\cos r}$。

答案:小球 A、B 的质量 m_A、m_B

$m_A\sqrt{1-\cos i}=(m_A+m_B)\sqrt{1-\cos r}$

3.D　**解析**:做匀速圆周运动的质点的速度方向时刻变化,动量时刻变化,故 A 错误;摆动的小球相邻两次经过最低点时动量大小相等,但方向相反,故 B 错误;匀速飞行的巡航导弹巡航时虽然速度不变,但由于燃料不断燃烧(导弹中燃料占其总质量的一部分,不可忽略),从而使导弹总质量不断减小,导弹的动量减小,故 C 错误;做平抛运动的质点在竖直方向上的分运动为自由落体运动,在竖直方向上的分动量 $p_{竖}=mv_y=mgt$,故 D 正确。

4.BC　**解析**:要保证发生对心碰撞,在碰撞时两球球心必须在同一高度;多次测量求平均值时,必须保证测量过程的重复性,即 A 球必须从同一高度下落,故选项 B、C 正确,A、D 错误。

5.AD　**解析**:以初速度方向为正方向,如果末速度的方向与初速度的方向相反,由定义式 $\Delta p=mv'-mv$ 得 $\Delta p=(-7\times0.5-3\times0.5)$ kg·m/s$=-5$ kg·m/s,负号表示 Δp 的方向与初速度方向相反,选项 A 正确;如果末速度方向与初速度的方向相同,由定义式 $\Delta p=mv'-mv$ 得 $\Delta p=(7\times0.5-3\times0.5)$ kg·m/s$=2$ kg·m/s,方向与初速度方向相同,选项 D 正确。

6.AC　**解析**:动量 $p=mv$,动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$,则有 $p=\sqrt{2mE_k}$,故选项 A 正确;质量相同的物体动能相同,只能说明速度的大小相等,但方向不一定相同,动量不一定相同,故选项 B 错误;质量相同的物体,如果动量相同,则速度的大小一定相等,则动能一定相等,故选项 C 正确;由动量和动能的关系可知 $E_k=\frac{p^2}{2m}$,两个物体的质量之比为 $m_1:m_2=1:2$,动量大小之比为 $p_1:p_2=2:3$,则它们的动能之比为 $E_{k1}:E_{k2}=8:9$,故选项 D 错误。

7.解析:(1)因为小车 A 与小车 B 碰撞前、后都做匀速运动,且碰后小车 A 与小车 B 黏在一起,其共同速度比小车 A 原来的速度小,所以应选点迹分布均匀且点距较大的 BC 段计算小车 A 碰撞前的速度,选点迹分布均匀且点距较小的 DE 段计算小车 A 和小车 B 碰撞后的速度。

(2)由题图乙可知,碰前小车 A 的速度和碰后小车 A、小车 B 的共同速度分别为

$$v_A=\frac{10.50\times10^{-2}}{0.02\times5}\ \text{m/s}=1.05\ \text{m/s},$$

$$v_A'=v_B'=\frac{6.95\times10^{-2}}{0.02\times5}\ \text{m/s}=0.695\ \text{m/s},$$

故碰撞前 $m_A v_A+m_B v_B=0.40\times1.05$ kg·m/s$+0.20\times0$ kg·m/s$=0.420$ kg·m/s,

碰撞后 $m_A v_A'+m_B v_B'=(m_A+m_B)v_A'=(0.40+0.20)\times0.695$ kg·m/s$=0.417$ kg·m/s。

答案:(1)BC　DE　(2)0.420　0.417

8.解析:(1)以球飞回的方向为正方向,则

$$p_1=mv_1=-5\times10^{-3}\times\frac{90}{3.6}\ \text{kg·m/s}=-0.125\ \text{kg·m/s},$$

$$p_2=mv_2=5\times10^{-3}\times\frac{342}{3.6}\ \text{kg·m/s}=0.475\ \text{kg·m/s},$$

所以羽毛球的动量变化量为

$\Delta p=p_2-p_1=0.475$ kg·m/s$-(-0.125$ kg·m/s$)=0.600$ kg·m/s,

即羽毛球的动量变化量大小为 0.600 kg·m/s,方向与羽毛球飞回的方向相同。

(2)羽毛球的初速度为 $v_1=-25$ m/s,

羽毛球的末速度为 $v_2=95$ m/s,

所以 $\Delta v=v_2-v_1=95$ m/s$-(-25$ m/s$)=120$ m/s,方向与羽毛球飞回的方向相同。

羽毛球的初动能为

$$E_k=\frac{1}{2}mv_1^2=\frac{1}{2}\times5\times10^{-3}\times(-25)^2\ \text{J}\approx1.56\ \text{J},$$

羽毛球的末动能为

$$E_k'=\frac{1}{2}mv_2^2=\frac{1}{2}\times5\times10^{-3}\times95^2\ \text{J}\approx22.56\ \text{J},$$

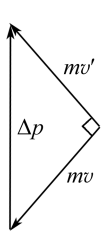
羽毛球的动能变化量为

$\Delta E_k=E_k'-E_k=22.56$ J-1.56 J$=21.00$ J。

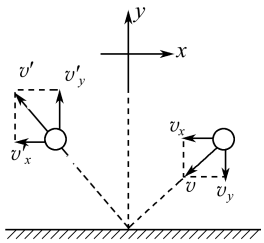
答案:(1)0.600 kg·m/s,方向与羽毛球飞回的方向相同　(2)120 m/s,方向与羽毛球飞回的方向相同　21.00 J

9.解析:方法一(作图法)

根据三角形定则求得钢球的动量变化量 Δp(如图甲所示),$\Delta p=\sqrt{2}mv=\sqrt{2}\times0.2\times2$ kg·m/s≈0.57 kg·m/s,方向竖直向上。



甲



乙

方法二(正交分解法)

如图乙所示,建立直角坐标系,将钢球的初动量、末动量在水平方向和竖直方向分解得

$mv_x=-mv\sin 45°$,$mv_y=-mv\cos 45°$,

$mv'_x=-mv'\sin 45°$,$mv'_y=mv'\cos 45°$,

则钢球在水平方向的动量变化量为

$\Delta p_x=mv'_x-mv_x=0$,

竖直方向的动量变化量为

$\Delta p_y=mv'\cos 45°-(-mv\cos 45°)=2mv\cos 45°=\sqrt{2}mv$,

钢球总的动量变化为

$\Delta p=\sqrt{\Delta p_x^2+\Delta p_y^2}=\sqrt{2}mv\approx 0.57\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$,

方向竖直向上。

答案:0.57 kg·m/s,方向竖直向上

课后素养评价(二)

1.AD　**解析**:力作用一段时间便有了冲量,而力作用一段时间后,物体的运动状态发生了变化,物体的动量也发生了变化,因此说冲量使物体的动量发生了变化,选项A正确;只要有力作用在物体上,经历一段时间,这个力便有了冲量,与物体处于什么状态无关,选项B错误;物体所受冲量$I=F\Delta t$与物体动量的大小$p=mv$无关,选项C错误;冲量是矢量,其方向与力的方向相同,D正确。

2.BD　**解析**:恒力F对物体的冲量就是F与F的作用时间t的乘积,所以B正确,A、C错误;由于物体静止,所受合力为零,故所受合力的冲量为零,D正确。

3.D　**解析**:虽然两物体所受的重力相同,但它们在斜面上运动的时间不同,故重力的冲量$I=mgt$不同,故A错误;两物体所受合力的大小和方向均不同,到达斜面底端时速度的方向不同,故B、C错误;物体到达斜面底端时的速度大小满足$v^2=2as=2g\sin\theta\cdot\dfrac{h}{\sin\theta}$,解得$v=\sqrt{2gh}$,与斜面倾角无关,故D正确。

4.B　**解析**:先伸出双臂迎接,手接触到球后,双臂随球引至胸前,这样可以增加球与手作用的时间,根据动量定理得$-Ft=0-mv$,则$F=\dfrac{mv}{t}$,当时间增大时,球对手的作用力减小,所以B正确。

5.BC　**解析**:由自由落体运动规律可得,足球与头部接触瞬间,速度大小为$v=\sqrt{2gh}=2$ m/s,下落到与头部接触时,足球的动量大小为$p=mv=0.8$ kg·m/s,A错误;由对称性可知,足球离开头部瞬间,速度大小为2 m/s,动量大小为0.8 kg·m/s,与头部作用过程中,以向上为正方向,根据动量定理可得$(F-mg)\Delta t=\Delta p=p-(-p)$,解得足球动量变化量大小为$\Delta p=1.6$ kg·m/s,头部对足球的平均作用力大小为$F=5mg=20$ N,B、C正确;重力的冲量为$I=mgt$,从最高点下落至重新回到最高点的过程中,时间t不可能为零,故重力对足球产生的冲量不为零,D错误。

6.解析:物体由开始运动到停止运动的全过程中,F的冲量为Ft_1,摩擦力的冲量为F_ft。选水平恒力F的方向为正方向,根据动量定理有

$Ft_1-F_ft=0$,

又$F_f=\mu mg$,

联立解得$t=\dfrac{Ft_1}{\mu mg}=3.75$ s。

答案:3.75 s

7.D　**解析**:由题图可知,在前10 s内物体初、末状态的动量相等,$p_1=p_2=5$ kg·m/s,由动量定理知$I_1=0$;在20 s末动量$p_3=-5$ kg·m/s,后10 s内冲量$I_2=p_3-p_2=-10$ N·s。故选D。

8.D　**解析**:在缓慢拉动和快速拉动纸条的过程中,杯子受到的摩擦力均为滑动摩擦力,大小相等,但快速拉动时,纸条与杯子的作用时间短,此时摩擦力对杯子的冲量小,由$I=\Delta p$可知,杯子增加的动量较小,因此杯子没有滑落,缓慢拉动时,摩擦力对杯子的冲量大,杯子增加的动量大,杯子会滑落,选项A、B错误;为使杯子不滑落,摩擦力对杯子的冲量应尽量小一些,杯子与纸条间的动摩擦因数应尽量小一些,选项C错误;杯子与桌面间的动摩擦因数较大时,杯子在桌面上做减速运动的加速度较大,则滑动的距离较小,杯子不容易滑落,选项D正确。

9.BCD　**解析**:根据自由落体运动可得$h=\dfrac{1}{2}gt^2$,解得$t=\sqrt{\dfrac{2h}{g}}=\sqrt{\dfrac{2\times 1.8}{10}}$ s$=0.6$ s,故A错误;物体在自由下落过程中重力的冲量大小为$I_1=Gt=mgt=5\times 10\times 0.6$ N·s$=30$ N·s,故B正确;物体落地的速度为$v=gt=6$ m/s,物体做匀减速直线过程中动量变化量为$\Delta p=0-mv=0-5\times 6$ kg·m/s$=-30$ kg·m/s,故物体做匀减速直线过程中动量变化量大小为30 kg·m/s,方向竖直向上,C正确;物体做匀减速运动的平均速度为

$\overline{v}=\frac{v}{2}=3$ m/s，可得物体做匀减速运动所经历的时间为 $t_1=\frac{x}{\overline{v}}=\frac{0.03}{3}$ s$=0.01$ s，根据动量定理有 $\Delta p=I$，可得 $-mv=(mg+\overline{F})t_1$，解得 $\overline{F}=-3\,050$ N，故匀减速直线运动过程中头盔对物体的平均作用力大小为 3 050 N，方向为竖直向上，故 D 正确。

10.B　**解析**：对整个过程运用动量定理，有 $(F-F_f)t_1-F_ft_2=0$。所以 $\frac{F}{F_f}=\frac{t_1+t_2}{t_1}$，选项 B 正确。

11.解析：设 t 时刻落到秤盘上的绳长为 x，此时绳速为 $v=\sqrt{2gx}$。在 $\Delta t(\Delta t\to 0)$ 时间内，有质量为 $\Delta m=\rho\Delta x$ 的绳落到秤盘上，其中 ρ 为绳的线密度（线密度是绳单位长度的质量）。取向上为正方向，忽略微元段绳本身的重力冲量，根据动量定理，有

$\overline{F}\Delta t=0-(-\Delta mv)$，

解得 $\overline{F}=2\rho gx$，

故 $N=\overline{F}+\rho gx=3\rho gx$，

所以台秤的最大读数为 $3mg$，出现在软绳刚要全部掉到秤盘上时。

答案：$3mg$

课后素养评价（三）

1.C　**2.**D

3.C　**解析**：船上的人相对于船竖直向上抛出物体时，由于惯性，物体仍然具有和船同方向的水平速度，船和物体组成的系统在水平方向上动量守恒，故船速不变，C 正确。

4.B　**解析**：小球 A 与小球 B 碰撞前的速度 $v_{y1}=gt_1=10\times 1$ m/s$=10$ m/s，方向竖直向下，小球 A 下落的高度 $h_1=\frac{1}{2}gt_1^2=\frac{1}{2}\times 10\times 1^2$ m$=5$ m，取水平方向为正方向，A、B 两小球水平方向动量守恒 $mv=mv_{xB}+mv_{xA}$，A、B 发生弹性碰撞，由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}mv_{y1}^2=\frac{1}{2}mv_{xB}^2+\frac{1}{2}m(\sqrt{v_{y1}^2+v_{xA}^2})^2$，联立解得 $v_{xA}=v$，$v_{xB}=0$，碰撞后小球 A 在竖直方向做匀加速直线运动有 $h_2=h-h_1=v_{y1}t_2+\frac{1}{2}gt_2^2$，解得 $t_2=1$ s，$t_2=-3$ s（舍弃），小球 A 在水平方向做匀速直线运动有 $x=v_{xA}t_2=vt_2$，解得 $v=3$ m/s，故选 B。

5.解析：(1)甲、乙运动员的动量守恒，由动量守恒定律得 $m_1v_1+m_2v_2=m_1v_1'+m_2v_2'$，

解得 $v_2'=3$ m/s。

(2)甲运动员的动量变化量 $\Delta p=m_1v_1'-m_1v_1$，

对甲运动员利用动量定理有 $\Delta p=\overline{F}\Delta t$，

可得 $\overline{F}=420$ N。

答案：(1)3 m/s　(2)420 N

6.C　**解析**：根据动量守恒定律有 $mv_0=mv_{对}+mv_{中}$，代入数据解得 $v_{中}=0.1$ m/s，故选 C。

7.BC　**解析**：对于木块 A 和物体 B 组成的系统，由于水平方向不受外力，所以系统水平方向动量守恒，设最终 A、B 的速度为 v，根据动量守恒定律得 $(m_A+m_B)v=0$，解得 $v=0$，A 错误，B 正确。B 在曲面部分加速下滑的过程中，A 在水平方向也做加速运动；B 在水平部分做减速运动时，A 也做减速运动，即 A 先做加速运动，后做减速运动，C 正确，D 错误。

8.A　**解析**：甲、乙两小车组成的系统动量守恒，系统初动量为零，由动量守恒定律可知，弹簧弹开后系统总动量仍为零，即两小车动量大小相等、方向相反，动量大小之比为 $\frac{p_1}{p_2}=\frac{m_1v_1}{m_2v_2}=\frac{2v_1}{v_2}=\frac{1}{1}$，速度大小之比为 $\frac{v_1}{v_2}=\frac{1}{2}$，故 A 正确，B 错误；弹簧弹开过程中，两小车受到的合力大小相等、方向相反，力的作用时间相等，两小车受到的冲量 $I=\overline{F}t$ 大小相等，即冲量大小之比为 1∶1，故 C 错误；由动能定理可知，弹簧对小车做功 $W=\frac{1}{2}mv^2$，故弹簧弹力对甲、乙两小车做功之比为 $\frac{W_1}{W_2}=\frac{\frac{p_1^2}{2m_1}}{\frac{p_2^2}{2m_2}}=\frac{m_2}{m_1}=\frac{1}{2}$，D 错误。

9.解析：(1)载弹无人机在斜直轨道上运动过程中，规定初速度方向为正，由动量定理有 $I_{合}=(2m_1+m_0)v_0$，

代入数据可得 $I_{合}=600$ N·s，

则载弹无人机在斜直轨道上运动过程中所受合力的冲量大小为 600 N·s，方向沿斜直轨道向上，即与水平方向夹角为 30°。

(2)释放一个灭火弹后，载弹无人机水平方向的动力大小为 $F_1=\frac{1\,960}{m_1+m_0}$N，

代入数据可得 $F_1=56$ N，水平方向由牛顿第二定律有 $F_1-f=(m_1+m_0)a$，

则释放第一个灭火弹后，第二个灭火弹与无人机一起做匀加速直线运动，所以后释放的灭火弹释放时的速度为 $v_2=v_1+a\Delta t$，

从释放第一个灭火弹到释放第二个灭火弹的过程，由速度-位移公式可知，后释放的灭火弹的位移为

$x_1=\frac{v_2^2-v_1^2}{2a}$，

由于两弹所受空气阻力不计，则两弹释放后均做平抛运动，有 $H=\frac{1}{2}gt_0^2$，

则两弹落地点之间的距离为 $\Delta x=x_1+v_2t_0-v_1t_0$，

代入数据可得 $\Delta x=42.4$ m。

(3)相对无人机无初速度释放甲，且无人机的速度始终不变，则根据平抛运动规律可知，甲落地时，乙在甲的正上方 H 处，设发射乙后乙的运动时间为 t，则此时两弹之间的距离为 $s=\sqrt{(vt)^2+\left(H-\frac{1}{2}gt^2\right)^2}=\sqrt{\frac{1}{4}g^2t^4+(v^2-gH)t^2+H^2}$，

由二次函数知识可知，当 $t^2=\frac{2(gH-v^2)}{g^2}$ 时，两弹之间距离最小，即 $s_{\min}=\sqrt{H^2-\frac{(v^2-gH)^2}{g^2}}$，

代入数据可得 $s_{\min}=\sqrt{125^2-\frac{(1\ 250-v^2)^2}{100}}$ m。

答案：(1)600 N·s，方向沿斜直轨道向上，即与水平方向夹角为 30°

(2)42.4 m

(3)$s_{\min}=\sqrt{125^2-\frac{(1250-v^2)^2}{100}}$（国际单位制）

课后素养评价(四)

1.B　**解析**：入射小球每次都应从斜槽上的同一位置无初速度释放，是为了使小球每次都以相同的速度飞出槽口，故B正确；只要末端水平，小球即可以做平抛运动，与起点无关，在空中飞行的时间由高度决定，而要使小球做对心碰撞，应该使两小球的半径相同，故A、C、D错误。

2.解析：(2)作用前滑块1的速度 $v_1=\frac{0.2}{0.1}$ m/s=2 m/s，其质量与速度的乘积为 0.310 kg×2 m/s=0.620 kg·m/s，作用前滑块2静止；作用后滑块1和滑块2具有相同的速度 $v=\frac{0.168}{0.14}$ m/s=1.2 m/s，两滑块的质量与速度的乘积之和为(0.310 kg+0.205 kg)×1.2 m/s=0.618 kg·m/s。

答案：(1)接通打点计时器的电源　放开滑块1　(2)0.620　0.618　(3)纸带与打点计时器的限位孔间有摩擦

3.解析：(1)为了保证发生的是一维碰撞，碰撞点应与两球球心在同一条水平线上，故两球的悬线长度应相等，O_1、O_2 两点之间的距离应等于球的直径。

(2)如果两球的半径不相等，也可以完成实验。调整装置时，应使 O_1、O_2 两点之间的距离等于两球的半径之和，且应调整两条悬线的长度，当两球静止时，两球的球心在同一水平高度上。

答案：(1)相等　球的直径　(2)见解析

4.解析：(1)由图所示装置可知，小球 a 和小球 b 相撞后，小球 b 的速度增大，小球 a 的速度减小，b 球在前，a 球在后，两球都做平抛运动，由图示可知，未放被碰小球时小球 a 的落地点为 B 点，碰撞后小球 a、小球 b 的落点分别为 A、C 两点。

(2)B 点是不发生碰撞时小球 a 的落地点，A 点是发生碰撞后小球 a 的落地点，C 点是碰撞后小球 b 的落地点，设小球 a 运动到轨道末端时的速度大小为 v_B，与小球 b 发生碰撞后的瞬时速度大小为 v_A，碰后小球 b 的速度大小为 v_C，本实验就是要验证关系式 $m_av_B=m_av_A+m_bv_C$ 是否成立，设小球下落时间为 t，则 $v_B=\frac{OB}{t}$，$v_A=\frac{OA}{t}$，$v_C=\frac{OC}{t}$。因为小球做平抛运动的高度相同，下落时间相同，它们在水平方向上的位移与水平方向上的速度成正比，所以本实验也可以验证 $m_a\cdot OB=m_a\cdot OA+m_b\cdot OC$，故B、E正确。

(3)根据(2)的分析，判断两球碰撞过程中的动量是否守恒的依据是看 $m_a\cdot OB$ 和 $(m_a\cdot OA+m_b\cdot OC)$ 在误差允许范围内是否相等。

答案：(1)A　C　(2)BE

(3)$m_a\cdot OB$　$m_a\cdot OA+m_b\cdot OC$

5.解析：设小球 B 开始下摆时的高度为 h_1，碰撞后小球 B 上摆的最大高度为 h_2，小球摆动过程中机械能守恒，由机械能守恒定律得 $m_2gh_1=\frac{1}{2}m_2v_0^2$，$m_2gh_2=\frac{1}{2}m_2v_B^2$，

解得 $v_0=\sqrt{2gh_1}$，$v_B=\sqrt{2gh_2}$，

碰撞后，对滑块 A，由动能定理得 $\mu m_1gx=\frac{1}{2}m_1v_A^2$，

解得 $v_A=\sqrt{2\mu gx}$，

碰撞过程中系统动量守恒，以向右为正方向，由动量守恒定律得 $m_2v_0=m_2v_B+m_1v_A$，

整理得 $m_2\sqrt{h_1}=m_2\sqrt{h_2}+m_1\sqrt{\mu x}$，

实验需要测量小球 B 开始下落时距地面的高度 h_1、碰撞后小球 B 上摆的最大高度 h_2 与滑块 A 滑行的距离 x，所以需要用刻度尺。

实验需要验证的表达式为

$m_2\sqrt{h_1}=m_2\sqrt{h_2}+m_1\sqrt{\mu x}$。

答案：(1)刻度尺　(2)小球 B 开始下落时距地面的高度 h_1，碰撞后小球 B 上摆的最大高度 h_2，碰撞后滑块 A 滑

行的距离 x　(3)$m_2\sqrt{h_1}=m_2\sqrt{h_2}+m_1\sqrt{\mu x}$

课后素养评价(五)

1.A　**解析**:由题中数据可得,碰撞前系统总动量 $p=m_1v_1+m_2v_2=2\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$,总动能 $E_k=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2=14\ \text{J}$,弹性碰撞过程中系统动量守恒、机械能守恒,经验证,B选项不满足动量守恒和机械能守恒,C选项不满足动量守恒,D选项不满足机械能守恒,只有A选项既满足动量守恒,又满足机械能守恒,故A选项符合题意。

2.A　**解析**:由于两球发生的是弹性碰撞,故系统动量、机械能均守恒,则 $mv=mv_a+3mv_b$,$\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}mv_a^2+\frac{1}{2}\times3mv_b^2$,由两式联立解得 $v_a=-\frac{v}{2}$,$v_b=\frac{v}{2}$,故A正确;由前面求得的速度可知第一次碰后 $p_a=-\frac{1}{2}mv$,$p_b=\frac{3}{2}mv$,故B错误;由于第一次碰后,$|v_a|=|v_b|$,根据机械能守恒可知两球可到达相同高度,即摆角相同,故C错误。

3.D　**解析**:下落过程为自由落体运动,触地时两球速度相同,$v=\sqrt{2gh}$,m_2 碰撞地面之后,速度瞬间反向,且大小不变,选 m_1 与 m_2 碰撞过程为研究过程,碰撞前后动量守恒,设碰后 m_1 与 m_2 速度大小分别为 v_1、v_2,选竖直向上为正方向,则 $m_2v-m_1v=m_1v_1+m_2v_2$,由能量守恒定律得 $\frac{1}{2}(m_1+m_2)v^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$,且 $m_2=3m_1$,联立解得 $v_1=2\sqrt{2gh}$,$v_2=0$,反弹后高度 $H=\frac{v_1^2}{2g}=4h$,选项D正确。

4.BC　**解析**:在非弹性碰撞中,机械能不守恒,但能量仍是守恒的,碰撞过程中会有一部分动能转化为其他形式的能量,故动能会减少。

5.解析:(1)A 从 P 点到 Q 点的过程,由动能定理得

$$-\mu mgl=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2,$$

解得 $v=\sqrt{v_0^2-2\mu gl}$。

(2)设 A 与 B 碰撞后,A 的速度为 v_A,B 与 C 碰撞前 B 的速度为 v_B,B 与 C 碰撞后粘在一起的速度为 $v_{共}$,由动量守恒定律得

对木块 A、B 有 $m_Av=m_Av_A+m_Bv_B$,

对木块 B、C 有 $m_Bv_B=(m_B+m_C)v_{共}$,

由最后 A 与 B 间的距离保持不变,可知 $v_A=v_{共}$,

A 与 B 碰撞过程中系统损失的机械能为

$$\Delta E=\frac{1}{2}m_Av^2-\frac{1}{2}m_Av_A^2-\frac{1}{2}m_Bv_B^2,$$

解得 $\Delta E=\frac{6m(v_0^2-2\mu gl)}{25}$。

答案:(1)$\sqrt{v_0^2-2\mu gl}$　(2)$\frac{6m(v_0^2-2\mu gl)}{25}$

6.AC　**解析**:在弹簧压缩过程中,甲、乙两物块及弹簧组成的系统所受的合外力为零,动量守恒,故A正确。当两物块相距最近时速度相同,取碰撞前乙的速度方向为正方向,设共同速率为 v,根据动量守恒定律有 $mv_乙-mv_甲=2mv$,解得 $v=0.5\ \text{m/s}$,故B错误。若物块甲的速率为 $1\ \text{m/s}$,方向与原来相同,则由 $mv_乙-mv_甲=-mv'_甲+mv'_乙$,解得 $v'_乙=2\ \text{m/s}$;若物块甲的速率为 $1\ \text{m/s}$,方向与原来相反,则由 $mv_乙-mv_甲=mv'_甲+mv'_乙$,解得 $v'_乙=0$,故C正确。若物块甲的速率达到 $5\ \text{m/s}$,方向与原来相同,则 $mv_乙-mv_甲=-mv'_甲+mv'_乙$,解得 $v'_乙=6\ \text{m/s}$,两个物块的速率都增大,动能都增大,违反了能量守恒定律;若物块甲的速率达到 $5\ \text{m/s}$,方向与原来相反,则 $mv_乙-mv_甲=mv'_甲+mv'_乙$,解得 $v'_乙=-4\ \text{m/s}$,碰撞后,乙的动能不变,甲的动能增加,系统总动能增加,违反了能量守恒定律,所以物块甲的速率不可能达到 $5\ \text{m/s}$,故D错误。

7.ACD　**解析**:当小球到达最高点时,小球与小车的水平速度相等,由动量守恒有 $mv_0=2mv$,得 $v=\frac{v_0}{2}$,故A正确;设小球离开小车时,小球的速度为 v_1,小车的速度为 v_2,整个过程中动量守恒,得 $mv_0=mv_1+mv_2$,由机械能守恒得 $\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}mv_2^2$,解得 $v_1=0$,$v_2=v_0$,即小球与小车分离后二者交换速度,所以小球与小车分离后做自由落体运动,故B错误,C正确;对小车运用动能定理得,小球对小车做的功 $W=\frac{1}{2}mv_0^2-0=\frac{1}{2}mv_0^2$,故D正确。

8.AD　**解析**:M、N 质量相等,发生弹性碰撞后交换速度,则 t_0 时刻两物块碰撞后瞬间 M 的速度为 v,N 的速度为 0,M 与斜面间的动摩擦因数为 $\tan\theta$,N 与斜面间无摩擦,则碰撞后 M 做匀速直线运动,N 做加速度大小为 $a=\frac{v}{t_0}$ 的匀加速直线运动,从 M、N 第一次碰撞后瞬间到第二次碰撞前瞬间的过程,两物块位移相等,设该过程运动时间为 Δt_1,则有 $v\Delta t_1=\frac{1}{2}a(\Delta t_1)^2$,解得 $\Delta t_1=2t_0$,则 $3t_0$ 时刻 M、N 发生第二次碰撞,第二次碰撞前瞬间 M 的速度为 v,N 的速度为 $v'=a\Delta t_1=2v$,碰后两者速度交换,所以第二次碰撞后瞬间 M 的速度为 $v'=2v$,N

的速度为 v，同理可得 M、N 从第二次碰撞后瞬间到第三次碰撞前瞬间有 $v'\Delta t_2=v\Delta t_2+\frac{1}{2}a(\Delta t_2)^2$，解得 $\Delta t_2=2t_0$，所以 $5t_0$ 时刻发生第三次碰撞，第三次碰撞前瞬间 M 的速度为 $v'=2v$，N 的速度为 $v''=v+a\Delta t_2$，解得 $v''=3v$，对比选项中图像可知，A、D 正确，B、C 错误。

课后素养评价(六)

1.C **解析**：探测器在加速运动时，因为受月球引力的作用，喷气所产生的推力一方面要平衡月球的引力，另一方面还要提供加速的动力，则应沿着后下方某一个方向喷气，选项 A、B 错误；探测器在匀速运动时，因为受月球引力的作用，喷气产生的推力只需要平衡月球的引力即可(竖直向下喷气)，选项 C 正确，D 错误。

2.B **解析**：根据水和车组成的系统动量守恒，原来系统动量为零，由 $0=m_{水}v_{水}+m_{车}v_{车}$ 知，车的运动方向与水的运动方向相反，故水应向后喷出，B 正确。

3.D **解析**：对火箭和卫星组成的系统，由动量守恒定律得 $(m_1+m_2)v_0=m_2v_2+m_1v_1$，解得 $v_1=\frac{(m_1+m_2)v_0-m_2v_2}{m_1}=v_0+\frac{m_2}{m_1}(v_0-v_2)$，故 D 正确。

4.B **解析**：人和船组成的系统动量守恒，总动量为零，人向前走时，船将向后退。又因为人的质量小于船的质量，则人前进的距离大于船后退的距离，B 正确。

5.C **解析**：取喷出气体的速度方向为正方向，根据动量守恒定律可得 $mu-(M-m)v_1=0$，航天员匀速返回空间站所需要的时间 $t=\frac{s}{v_1}$，联立解得 $t\approx600$ s，C 项正确。

6.AC **解析**：甲、乙两人和小车组成的系统动量守恒，且总动量为零，甲动量方向向右，小车动量方向向左，说明 $|p_{甲}|=|p_{乙}|+|p_{车}|$，则 $m_{甲}v_{甲}>m_{乙}v_{乙}$。若 $m_{甲}=m_{乙}$，则 $v_{甲}>v_{乙}$，A 正确，B 错误；若 $v_{甲}=v_{乙}$，则 $m_{甲}>m_{乙}$，C 正确，D 错误。

7.ABC **解析**：设气球质量为 M，人的质量为 m，由于气球匀速上升，系统所受的外力之和为零，当人沿吊梯向上爬时，动量守恒，则 $(M+m)v_0=mv_1+Mv_2$，在人向上爬的过程中，气球的速度为 $v_2=\frac{(M+m)v_0-mv_1}{M}$。当 $v_2>0$ 时气球匀速上升；当 $v_2=0$ 时气球静止；当 $v_2<0$ 时气球下降，所以选项 A、B、C 均正确。要使气球运动速度不变，则人的速度仍为 v_0，即人不上爬，显然不对，D 选项错误。

8.解析：(1)烧断细线后，木船和铁块组成的系统所受合力为 0，动量守恒，$m_0v_{船}=mv_{铁}$，

由水平方向动量守恒得 $m_0s_{船}=ms_{铁}$，

又 $s_{船}+s_{铁}=L$，

解得 $s_{船}=0.5$ m，$s_{铁}=2.5$ m，

铁块离开木船后做平抛运动，在水平方向上有

$s_{船}+x=v_{铁}t$，

在竖直方向有 $h=\frac{1}{2}gt^2$，解得 $t=0.5$ s，$v_{铁}=3.5$ m/s。

(2)铁块与小木船相互作用时，由动量守恒定律得

$m_0v_{船}-mv_{铁}=0$，

解得 $v_{船}=0.7$ m/s。

(3)由机械能守恒定律得 $E_p=\frac{1}{2}m_0v_{船}^2+\frac{1}{2}mv_{铁}^2$，

解得 $E_p=147$ J。

答案：(1)3.5 m/s　(2)0.7 m/s　(3)147 J

课后素养评价(七)

1.D **解析**：该题考查机械振动和简谐运动的特点。机械振动具有往复的特性，可以重复地进行，小球在运动过程中，没有重复运动的路径，因此不是机械振动，当然也肯定不是简谐运动。

2.D **解析**：物体并不一定只在水平方向上做简谐运动，各个方向都有可能，A 错误；质点的位移与时间的关系遵从正弦函数的规律，这样的振动叫作简谐运动，B 错误；物体做简谐运动时会以某个位置为中心进行往复运动，轨迹并不是正弦曲线，C 错误；若物体的振动图像是正弦曲线，则其一定做简谐运动，D 正确。

3.B **解析**：简谐运动的位移的初始位置是平衡位置，所以简谐运动中位移的方向总是背离平衡位置的，故 A 选项错误；加速度的方向总是指向平衡位置，故 B 选项正确；位移方向与速度方向可能相同，也可能相反，故 C、D 选项错误。

4.BCD **解析**：简谐运动的图像表示质点的位移随时间变化的规律，不是运动轨迹，A 错误，C 正确；由图像可以判断某一时刻质点的位移和速度方向，B、D 正确。

5.BCD **解析**：t_1 与 t_3 时刻振子经同一位置向相反方向运动，速度方向不同，A 错误；t_3 与 t_4 时刻振子经过关于平衡位置对称的两点，速度大小相等、方向相同，B 正确；t_4 与 t_6 时刻振子的位移都是 -2 cm，C 正确；t_1 和 t_6 时刻振子经过关于平衡位置对称的两点且均向正方向运动，速度相同，D 正确。

6.B **解析**：质点的振动周期 $T=\frac{1}{f}=0.4$ s，2.5 s$=6\frac{1}{4}T$，所以 2.5 s 末质点在最大位移处，位移大小为 5 cm，质点通过的路程为 $5\times4\times\frac{2.5}{0.4}$ cm$=125$ cm，选项 B 正确。

7.C **解析**：由质点的位移随时间变化的关系式 $x=3\sin\left(\frac{\pi}{2}t\right)$ cm，可知质点做简谐运动的振幅为 3 cm，圆频

率 $\omega=\frac{\pi}{2}$ rad/s，则周期 $T=\frac{2\pi}{\omega}=4$ s，A、B 错误；$t=2$ s 时质点的位移为零，说明质点正通过平衡位置，速度最大，加速度最小，C 正确，D 错误。

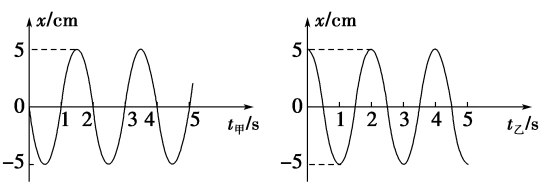
8.BC　**解析**：当纸带不动时，描出的只是振子在平衡位置两侧往复运动的轨迹，即一段线段，选项 A 错误，B 正确；由振动图像可以看出，图示时刻振子正由平衡位置向右运动，选项 C 正确；只有当纸带匀速运动时，运动时间才与纸带运动的位移成正比，振动图像才是正弦或余弦函数曲线，而简谐运动的图像一定是正弦或余弦函数曲线，故选项 D 错误。

9.B　**解析**：弹簧振子的周期只由弹簧振子本身决定，故碰撞后可能出现：碰后振子速度变为零，则振子停止运动；碰后振子速度大小不变，方向反向，则振子继续做简谐振动，振幅和周期都不改变；碰后振子速度大小发生改变，则振子继续做简谐振动，振幅改变而周期不变。故选 B。

10.A　**解析**：$A=8\times10^{-3}$ m，$T=0.5$ s，$\omega=\frac{2\pi}{T}=4\pi$ rad/s，初始时刻位移 $x=0.8$ cm，相位为 $\omega t+\varphi$，故 $\varphi=\frac{\pi}{2}$，则该弹簧振子的振动方程为 $x=8\times10^{-3}\sin\left(4\pi t+\frac{\pi}{2}\right)$ m，A 正确。

11.D　**解析**：x-t 图像上某点的切线斜率表示速度，故 1 s 末和 3 s 末时，质点的速度大小相等，方向相反，A 错误；在 1 s 末到 2 s 末的时间内，质点做减速运动，故加速度的方向与速度方向相反，B 错误；由题图知，质点振动的振幅为 2 cm，周期为 4 s，圆频率 $\omega=\frac{2\pi}{T}=0.5\pi$ rad/s，故简谐运动的表达式为 $x=A\sin(\omega t+\varphi)=2\sin(0.5\pi t+\varphi)$ cm，由题图可知，当 $t=0$ 时，$x=2$ cm，故可知 $\varphi=0.5\pi$，C 错误，D 正确。

12.解析：(1)由题意知，$A=5$ cm，$\frac{T}{2}=1$ s，则 $T=2$ s。甲开始计时时，振子正好在平衡位置并向下运动，即 $t_{甲}=0$ 时，$x_{甲}=0$，振动方向向下，故 $\varphi=\pi$，则甲观察到的弹簧振子的振动表达式为 $x_{甲}=5\sin(\pi t+\pi)$ cm，据此可画出甲观察到的弹簧振子的振动图像，如图甲所示。



甲　　乙

(2)乙在甲观察 3.5 s 后才开始观察并计时，因此 $t_{甲}=3.5$ s 时刻对应着 $t_{乙}=0$ 时刻。由 $x_{甲}=5\sin(\pi t+\pi)$ cm 得出，$t_{甲}=3.5$ s 时，$x_{甲}=5\sin(3.5\pi+\pi)$ cm $=5$ cm，故 $\varphi_{乙}=\frac{\pi}{2}$。所以乙观察到的弹簧振子的振动表达式为 $x_{乙}=5\sin\left(\pi t+\frac{\pi}{2}\right)$ cm，据此表达式可画出乙观察到的弹簧振子的振动图像如图乙所示。

答案：见解析图

课后素养评价(八)

1.D　**解析**：回复力 $F=-kx$，由于位移的大小和方向在变化，则回复力的大小和方向也在变化，故简谐运动的回复力一定是变力，选 D。

2.C　**解析**：由简谐运动的回复力公式 $F=-kx$ 可知，弹簧振子做简谐运动时的回复力和位移的关系图像应如选项 C 所示。

3.D　**解析**：物块 A 受到重力、支持力和 B 对它的摩擦力的作用。B 对 A 的摩擦力提供 A 做简谐运动所需的回复力，其大小和方向都随时间变化，A、B、C 选项错误，D 选项正确。

4.AB　**解析**：一个确定的振动系统的能量由振幅决定，振幅越大，能量越大，振动越剧烈，A、B 正确；振幅是质点离开平衡位置的最大距离，而位移与加速度随时间时刻变化，C、D 错误。

5.B　**解析**：简谐运动的位移是由平衡位置指向振子所在位置，每次经过同一位置时位移相同，故 A 错误；由于经过同一位置时速度有两种不同的方向，所以做简谐运动的质点每次经过同一位置时，速度可能不相同，故 B 正确；加速度总与位移大小成正比，方向与位移相反，每次经过同一位置时位移相同，加速度必定相同，故 C 错误；回复力总与位移大小成正比，方向与位移方向相反，每次经过同一位置时位移相同，回复力必定相同，故 D 错误。

6.C　**解析**：要使货物对车厢底板的压力最大，即车厢底板对货物的支持力最大，就要求货物向上的加速度最大，由振动图像可知在 $t=\frac{3}{4}T$ 时，货物向上的加速度最大，货物对车厢底板的压力最大，选项 C 正确，D 错误；要使货物对车厢底板的压力最小，即车厢底板对货物的支持力最小，就要求货物向下的加速度最大，由振动图像可知在 $t=\frac{1}{4}T$ 时，货物向下的加速度最大，货物对车厢底板的压力最小，选项 A 错误；同理可知，当 $t=\frac{1}{2}T$ 时，压力与重力大小相等，B 错误。

7.A　**解析**：小球做简谐运动的平衡位置是弹簧拉力和电场力平衡的位置，此时弹簧的形变量为 $\frac{qE}{k}$，小球到达最右端时，弹簧的形变量为 $\frac{2qE}{k}$，A 项正确，B 项错误；电场力做功，故小球的机械能不守恒，C 项错误；运动过程中，小球的动能、电势能和弹簧的弹性势能的总量不变，D 项错误。

8.BD　**解析**：由题图可知 $T_{甲}:T_{乙}=2:1$，则 $f_{甲}:f_{乙}=1:2$，因此两弹簧振子不相同，A 错误；当振子甲位于最大位移处时，速度为零，由题图可知此时乙处于平衡位置，速度最大，D 正确；因 $F_{甲}=k_{甲}A_{甲}$，$F_{乙}=k_{乙}A_{乙}$，由题图知 $A_{甲}:A_{乙}=2:1$，但由于 $k_{甲}$ 和 $k_{乙}$ 关系未知，因此无法判断 $F_{甲}$、$F_{乙}$ 之间的关系，所以 C 错误，B 正确。

9.解析：弹簧振子通过平衡位置时弹性势能为零，动能最大。向右通过平衡位置后，小物块 a 由于受到弹簧弹力而做减速运动，小物块 b 做匀速运动，两者分离。小物块 a 与弹簧组成的系统的机械能小于原来的系统的机械能，所以小物块 a 振动的振幅减小，$A<A_0$。由于振子质量减小，小物块 a 的加速度的大小相对原物块增大，更快变为零，所以周期减小，$T<T_0$。

答案：< <

10.解析：(1)由于系统在运动过程中满足能量守恒定律，故弹簧振子在平衡位置 O 点的速度最大，由题意知，外力做的功转化为系统的弹性势能，该势能又全部转化成振子的动能，即 $W=\frac{1}{2}mv^2$，

解得 $v=\sqrt{\frac{2W}{m}}=\sqrt{\frac{2\times1}{0.5}}$ m/s=2 m/s。

(2)振子在 A 点的位移大小为 $x=10$ cm，方向由 O 点指向 A 点。

(3)由于弹簧振子的振幅为 10 cm，故振子在 B 点的位移大小是 10 cm，即弹簧压缩 10 cm，此时回复力的大小 $F=kx=200\times0.1$ N=20 N，即振子所受到的合外力大小为 20 N，由牛顿第二定律得 $a=\frac{F}{m}=\frac{20}{0.5}$ m/s^2=40 m/s^2，方向由 B 点指向 O 点。

答案：(1)O 点　2 m/s　(2)10 cm，方向由 O 点指向 A 点　(3)40 m/s^2，方向由 B 点指向 O 点

课后素养评价(九)

1.A　**解析**：这些装置都是实际的摆。我们在研究单摆的摆动过程时，通常忽略空气等对单摆的阻力，因此实验中我们总是尽量选择质量大体积小的球和尽量细、不可伸长的线组成单摆。单摆是实际的摆的理想化模型。所以只有 A 中所示装置可视为单摆。

2.B　**解析**：单摆在一个圆弧上来回运动，摆球做圆周运动的向心力由重力沿悬线方向的分力和悬线拉力的合力提供，而回复力是重力沿圆弧切线方向的分力。摆球在平衡位置的速度不为零，向心力不为零，而回复力为零，所以此时合力不等于回复力；摆球在最高点时，速度为零，向心力为零，合力等于回复力，故选项 B 正确。

3.ABC　**解析**：单摆在运动过程中，摆球受重力和摆线的拉力作用，故 A 正确；重力垂直于摆线的分力提供回复力，当回复力最大时，摆球在最大位移处，速度为零，向心力为零，则拉力小于重力；在平衡位置处，回复力为零，速度最大，向心力最大，摆球的加速度方向沿摆线指向悬点，故 D 错误，B、C 正确。

4.AD　**解析**：用等大的铜球替代铁球，摆长不变，由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知，单摆的周期不变，故 A 正确；用大球替代小球，单摆摆长变长，由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知，单摆的周期变大，故 B 错误；由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知，单摆做简谐运动的周期与摆角无关，则摆角从 5°改为 3°时，单摆周期不变，故 C 错误；将单摆从赤道移到北极，重力加速度 g 变大，由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知，单摆周期变小，故 D 正确。

5.D　**解析**：单摆的周期 T 与摆球质量无关，选项 A 错误；偏角 α 变小，振幅变小，但单摆的周期 T 与振幅无关，选项 B 错误；摆球由 $O\to B\to O$ 的过程仅完成了半个全振动，运动时间等于 $\frac{T}{2}$，选项 C 错误，D 正确。

6.AB　**解析**：设摆动时间为 t，则 $T_{甲}=\frac{t}{45}$，$T_{乙}=\frac{t}{60}$，可得 $\frac{T_{甲}}{T_{乙}}=\frac{60}{45}=\frac{4}{3}$，$\frac{f_{甲}}{f_{乙}}=\frac{3}{4}$，故 A、B 正确；又由 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可得 $\frac{l_{甲}}{l_{乙}}=\frac{T_{甲}^2}{T_{乙}^2}=\frac{16}{9}$，故 C、D 错误。

7.BD　**解析**：从题图可知，两单摆的振幅相等，周期不同，所以两单摆的摆长一定不同，故 B、D 正确；由振幅相等而摆长不等知 C 错误；单摆的周期与摆球质量无关，故 A 错误。

8.B　**解析**：小球的运动可视为单摆的运动，小球从 A 点和 B 点释放，运动到 O 点的时间相等，都等于 $\frac{T}{4}$。根据动能定理有 $mg\Delta h=\frac{1}{2}mv^2-0$，$A$、$O$ 两点的高度差大于 B、O 两点的高度差，故 $v_1>v_2$，所以 B 正确，A、C、D 错误。

9.AC　**解析**：调整圆盘位置可改变摆长，从而达到调整周期的目的；摆钟变快，是因为周期变小，应增大摆长即下移圆盘；由冬季变为夏季，摆杆变长，应上移圆盘；从广州到北京，g 值变大，周期变小，应增加摆长。综上所述，选项 A、C 正确。

10.解析：由单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得 $T^2=\frac{4\pi^2}{g}l$，即图像的斜率 $k=\frac{4\pi^2}{g}$，重力加速度越大，斜率越小，我们知道北京的重力加速度比南京的大，所以去北京大学的同学所测实验结果对应的图线是 B；从题图乙可以得出

$T_b=1.5T_a$，由 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 知，两单摆摆长之比 $\frac{l_a}{l_b}=\frac{4}{9}$。

答案：B　$\frac{4}{9}$

课后素养评价(十)

1.解析：(1)游标卡尺读数＝主尺读数＋游标尺读数＝0.9 cm＋8×0.01 cm＝0.98 cm。

(2)要使摆球做简谐运动，摆角应小于5°，选择密度较大的摆球，阻力的影响较小，测得的重力加速度的误差较小，A、D错误；摆球通过最低点100次，完成49.5次全振动，周期是$\frac{t}{49.5}$，B错误；摆长应是 $l+\frac{D}{2}$，若把悬线的长度与摆球的直径之和作为摆长，则测出的重力加速度值偏大，C正确。

答案：(1)0.98　(2)C

2.解析：(1)根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可得，$\frac{t}{N}=2\pi\sqrt{\frac{L+\frac{d}{2}}{g}}$，解得 $g=\frac{4\pi^2N^2\left(L+\frac{d}{2}\right)}{t^2}$。

(2)本实验的操作中需要加以改正的地方有①应在摆球通过平衡位置时开始计时。因为摆球经过平衡位置时速度最大，计时的误差比较小，测量的周期较精确。②应测量单摆多次全振动的时间，再求平均值作为周期的测量值，这样可减小测量误差。③应在单摆振动稳定后开始计时。

答案：(1)$\frac{4\pi^2N^2\left(L+\frac{d}{2}\right)}{t^2}$　(2)①应在摆球通过平衡位置时开始计时　②应测量单摆多次全振动的时间，再求平均值作为周期的测量值(或应在单摆振动稳定后开始计时)

3.解析：(1)①当单摆的摆角不超过5°时，单摆做简谐运动。

②当摆球摆到最低点时，速度最大，从此位置开始计时误差较小。

③为了减小误差，应该记录30～50次全振动的时间，然后再计算出单摆的周期。

(2)摆球直径为20.5 mm＋18.5×0.01 mm＝20.685 mm。

答案：(1)①是　②是　③否　(2)20.685(20.683～20.687均对)

4.解析：(1)摆球的直径

$d=12\ \text{mm}+0\times0.1\ \text{mm}=12.0\ \text{mm}$，

摆长 $l=L-\frac{d}{2}=0.999\ 0\ \text{m}-0.006\ 0\ \text{m}=0.993\ 0\ \text{m}$。

(2)单摆振动的摆角 $\theta\leqslant5°$，当 $\theta=5°$ 时单摆振动的振幅 $A=l\sin5°=0.087\ \text{m}=8.7\ \text{cm}$，且为计时准确，在摆球摆至平衡位置时开始计时，故选项A正确，选项B、C、D错误。

答案：(1)12.0　0.993 0　(2)A

5.解析：(3)根据 v-t 图像可知单摆的周期为 $T=0.6\pi$ s。

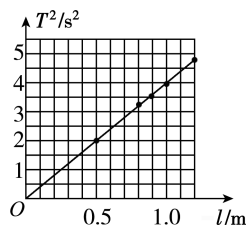
(4)单摆的摆长为悬点到球心的距离，所以 b 位置的读数即为摆长 l。

(5)根据单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，可得 $g=\frac{4\pi^2l}{T^2}$。

(6)该同学发现所得实验结果小于当地重力加速度，可能的原因是刻度尺的零刻度线低于悬点，摆长测量值偏小。

答案：(3)0.6π　(4)b　(5)$\frac{4\pi^2l}{T^2}$　(6)低于

6.解析：(1)T^2-l 图线如图所示。



(2)由单摆的振动周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得 $T^2=\frac{4\pi^2}{g}l$，所以图线的斜率 $k=\frac{4\pi^2}{g}$。

(3)由图线求得斜率 $k=4\ \text{s}^2/\text{m}$，

故 $g=\frac{4\pi^2}{k}=\frac{4\times3.14^2}{4}\ \text{m/s}^2\approx9.86\ \text{m/s}^2$。

答案：(1)见解析图　(2)斜率 $k=\frac{4\pi^2}{g}$　(3)9.86 m/s²

课后素养评价(十一)

1.C　解析：可以把自由摆动的秋千看成做阻尼振动的模型。振动系统中的能量转化不只是系统内部动能和势能的相互转化，振动系统是一个开放系统，与外界时刻进行着能量交换，但总能量守恒。系统由于受到阻力，消耗系统能量，从而使振动系统的机械能不断减小。综上，C正确。

2.B　解析：受迫振动是振动系统在驱动力作用下的运动，故只有B是受迫振动。A、C是阻尼振动，D是简谐运动。

3.CD　**解析**：共振曲线的纵坐标表示受迫振动的振幅，横坐标表示驱动力的频率，峰值表示驱动力频率等于固有频率时，发生共振的振幅。根据题图可知固有频率为0.5 Hz，故单摆的固有周期为2 s。

4.BD　**解析**：d 摆摆动起来后，做简谐运动，振动过程中通过张紧的绳给其余各摆施以周期性驱动力，因而 a、b、c 均做受迫振动，A错误；做受迫振动的物体的振动频率等于驱动力的频率，即等于 d 摆做简谐运动的频率，与各摆的固有频率无关，故所有摆均以 d 摆的周期振动，B正确；如果做受迫振动的物体的固有频率等于驱动力的频率，会发生共振现象，振幅最大，由于 $l_b=l_d$，即 b 摆的固有频率等于驱动力的频率，所以 b 摆发生共振，振幅最大，C错误，D正确。

5.**解析**：当圆盘转动时，通过小圆柱带动T形支架上下振动，T形支架又通过弹簧给小球一周期性的作用力使其做受迫振动，所以小球振动的频率应等于驱动力的频率，即T形支架的振动频率，而T形支架的频率又等于圆盘转动的频率，故小球振动的频率 $f=\frac{1}{T}=\frac{1}{4}$ Hz=0.25 Hz。

答案：0.25 Hz

课后素养评价（十二）

1.B

2.BC　**解析**：在波的传播过程中，介质不随波迁移，A错误；声波不仅能在气体中传播，也能在液体及固体中传播，B正确，D错误；太空为真空，因而飞船外不传播声波，C正确。

3.B　**解析**：在横波中质点的振动方向和波的传播方向相互垂直，所以二者方向一定不同，故A错误，B正确；在纵波中二者方向在同一直线上，有时相同，有时相反，故C、D错误。

4.B　**解析**：声波是纵波，故选项A正确，B错误；地震波既有横波，也有纵波，且二者传播速度不同，现代地震仪测震源距离就是利用了这一点，故选项C正确；横波只能在固体中传播，而纵波可以在固体、液体、气体中传播，故选项D正确。

5.CD　**解析**：机械振动在介质中的传播形成机械波，没有形成机械波时可以发生机械振动，A错误；声波不能在真空中传播，故B错误。

6.A　**解析**：波源带动了轻绳上的质点依次振动，且后面的质点总是重复前面质点的振动，所以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，此时波刚传播至 Q 点，Q 点此时的运动状态与波源 P 开始振动时的运动状态相同。由波的传播特点可知 Q 点此时是向上运动的，所以波源 P 刚开始振动时的方向也向上，由题图可知为横波，故选A。

7.BD　**解析**：根据题意，当振动传播到质点13时，质点1恰好完成一次全振动，故此时质点1～13间的波形为一个完整的正弦波形，此时质点10处于正向最大位移处，回复力最大，方向指向平衡位置，即向下；根据牛顿第二定律，可知加速度最大，且方向也指向平衡位置，即向下，故选B、D。

8.BC　**解析**：若波向右传播，则 a、d 向上振动，b、c 向下振动；若波向左传播，则 a、d 向下振动，b、c 向上振动，故BC正确。

9.C　**解析**：处在波峰或波谷处的质点一定向平衡位置处运动，故A、D错误；利用“带动法”可知，波峰左侧位于平衡位置处的质点向下运动，波峰右侧位于平衡位置处的质点向上运动，故B错误，C正确。

10.AD　**解析**：由题图可知四个质点中，a、d 在最大位移处，c 在平衡位置，b 在平衡位置到最大位移处之间，故它们的速度大小关系为 $v_a=v_d<v_b<v_c$，C错误，D正确；加速度大小关系为 $a_c<a_b<a_a=a_d$，A正确，B错误。

11.**解析**：(1)横波速度小于纵波速度，所以振子 P 先开始振动。

(2)设震源距地震仪的距离为 x，则由 $\frac{x}{9\ \text{km/s}}+5\ \text{s}=\frac{x}{4\ \text{km/s}}$，可得 $x=36$ km。

答案：(1)振子 P　(2)36 km

课后素养评价（十三）

1.ACD　**解析**：平衡位置相距一个波长的两个质点位移总是相同，加速度也总是相同，速度也总是相同，A正确；运动情况总是相同的两个质点可能相距一个波长，也可能相距多个波长，B错误；在横波中，两个相邻的波峰(或波谷)间的距离等于一个波长，C正确；机械振动在一个周期内传播的距离为一个波长，D正确。

2.ABD　**解析**：波的频率、周期和相位是由波源决定的，与介质无关，当波从一种介质进入另一种介质时，波长的频率、周期和相位不会变化，故A、B、D正确；当波从一种介质进入另一种介质时，一部分波会被反射，使得入射波的能量减小，因此振幅减小，故C错误。

3.D　**解析**：沿绳传播的机械波介质不变，则波速不变，故A、C错误；根据 $v=\lambda f$，频率增大，则波长减小，故B错

误，D 正确。

4.A　**解析**：一列声波从空气中传入水中时，波速变大，根据 $v=\lambda f$，且 f 不变，则可知波长一定会变长。故选 A。

5.D　**解析**：快速播放时，扬声器振动的频率增大，从而使声音的音调变高，让人感觉是童声。波速由介质决定，所以快速播放时波速不变。故选 D。

6.A　**解析**：两列波都在同种媒介中传播时速度相等，由题意相同时间内甲波源振动 50 次时，乙波源振动了 60 次，可得振动频率之比为 $f_{甲}:f_{乙}=50:60=5:6$，由 $v=\lambda f$ 得波长之比为 $\lambda_{甲}:\lambda_{乙}=6:5$，故选 A。

7.A　**解析**：心电图中相邻两峰值之间的时间间隔为心跳的周期，即 $T=\dfrac{\Delta x}{v}$，心脏跳动的频率为 $f=\dfrac{1}{T}=\dfrac{v}{\Delta x}=\dfrac{1.5\ \text{m/min}}{26\ \text{mm}}\approx 0.96\ \text{Hz}$，所以此人的心率约为 $n=60\times 0.96$ 次/分钟$=58$ 次/分钟，故选 A。

8.B　**解析**：波在传播过程中频率不变，声波从空气进入铜时，频率不变，波速增大，则由公式 $v=\lambda f$ 可知波长增大。故选 B。

9.C　**解析**：$t=3\times10^{-3}$ s 时在岩石Ⅰ（$x<0$）中的波恰好到达 $x=-3$ m 处，则岩石Ⅰ（$x<0$）中的波速 $v_{Ⅰ}=\dfrac{3\ \text{m}}{3\times10^{-3}\ \text{s}}=1\times10^{3}\ \text{m/s}$，故岩石Ⅰ和岩石Ⅱ中两波的波长之比 $\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}=\dfrac{v_{Ⅰ}}{v_{Ⅱ}}=\dfrac{1\times10^{3}}{3\times10^{3}}=\dfrac{1}{3}$，故 A 错误；波传到 $x=-1$ m 处的时间 $t'=\dfrac{1}{1\times10^{3}}\ \text{s}=1\times10^{-3}\ \text{s}$，则 $t=1.5\times10^{-3}$ s 时，质点已经振动了 $\Delta t=t-t'=0.5\times10^{-3}\ \text{s}=\dfrac{T}{2}$，质点从平衡位置（$y=0$）沿 y 轴正方向起振，经过 $0.5T$ 后，会从平衡位置向 y 轴负方向运动，故 B 错误；波传到 $x=1.25$ m 处的时间 $t''=\dfrac{1.25}{3\times10^{3}}\ \text{s}=\dfrac{5}{12}\times10^{-3}\ \text{s}$，则该质点的振动时间 $t_{振}=3\times10^{-3}\ \text{s}-t''=\dfrac{31}{12}\times10^{-3}\ \text{s}=2.5T+\dfrac{1}{12}T$，一个周期内质点经过的路程为 $4A$，则 $2.5T$ 时间内质点经过的路程为 $s_1=2.5\times4\times2\ \text{mm}=20\ \text{mm}$，且此时粒子在平衡位置，将 $t=\dfrac{1}{12}T$ 代入振动方程 $y=2\sin\dfrac{2\pi}{T}t\ \text{mm}$ 中，可得 $\dfrac{1}{12}T$ 时间质点继续运动了 $s_2=1\ \text{mm}$，故总路程 $s=s_1+s_2=20\ \text{mm}+1\ \text{mm}=21\ \text{mm}$，故 C 正确；机械波的波速由介质决定，与振源的振动周期无关，因此增大周期，岩石Ⅱ中的波速不变，故 D 错误。

10.解析：小船每分钟上下浮动 30 次，即每分钟完成 30 次全振动，故水波的周期为 $T=\dfrac{60}{30}\ \text{s}=2\ \text{s}$，

甲船在波峰，乙船在波谷，两船间还有两个波峰，则水波波长为 $\lambda=\dfrac{20}{2.5}\ \text{m}=8\ \text{m}$，

因此波速 $v=\dfrac{\lambda}{T}=4\ \text{m/s}$。

答案：4 m/s

课后素养评价（十四）

1.B　**解析**：由质点 P 沿 y 轴负方向运动，根据振动方向与波的传播方向的关系，可判定该波沿 x 轴正方向传播。由波的图像可知 $\lambda=20$ m，根据 $v=\dfrac{\lambda}{T}$ 得波速 $v=10$ m/s，选项 B 正确。

2.D　**解析**：由质点 P 的振动表达式可知 $A=10$ cm，周期 $T=\dfrac{2\pi}{\omega}=0.4$ s，A、B 错误；波速 $v=\dfrac{\lambda}{T}=10$ m/s，C 错误；质点 P 的振动图像为正弦曲线，$t=0$ 时刻质点 P 向上振动，结合波形图可知，波沿 x 轴正方向传播，D 正确。

3.C　**解析**：由题图乙可知，在 $t=0$ 时刻质点从平衡位置开始向上运动，由题图甲可知，若波沿 x 轴负方向传播，则题图乙表示的是质点 N 的振动图像；若波沿 x 轴正方向传播，则题图乙表示的是质点 L 的振动图像。故 C 正确。

4.BC　**解析**：波在 $0<x<6$ m 的介质中的传播速度为 $v_1=\dfrac{4}{0.1}\ \text{m/s}=40\ \text{m/s}$，波在 6～12 m 的介质中的传播速度为 $v_2=\dfrac{6}{0.1}\ \text{m/s}=60\ \text{m/s}$。设从 0.1 s 开始，再经过 Δt 时间两列波相遇，则有 $\Delta t=\dfrac{\Delta x}{2\,v_1}=\dfrac{6-4}{2\times40}\ \text{s}=0.025\ \text{s}$，所以 $t'=0.1\ \text{s}+0.025\ \text{s}=0.125\ \text{s}$ 时两列波相遇，故 A 错误；根据图像可知波的周期为 $T=0.02$ s，在 6 m$<x\leqslant$12 m 间 S_2 波的波长为 $\lambda_2=v_2T=60\times0.02\ \text{s}=1.2\ \text{m}$，故 B 正确；两列波叠加稳定后，$x=8.4$ m 处的质点位于右边介质，判断这个点是振动加强点还是振动减弱点，需要将 $x=6$ m 处视为 S_1 波的新波源，S_1 波传到 $x=6$ m 处的时刻为 $t=\dfrac{6}{40}\ \text{s}=0.15\ \text{s}$ 根据振动图像，S_1 新波源起振方向向上，此时 S_2 波源振动方向向下，两波的振动步调相反，而 $x=8.4$ m 处两波源的波程差为 1.2 m，正好是 1 个波长，所以该点振动减弱，故 C 正确；判断 $0<x<6$ m 间的加强点个数，需要将 $x=6$ m 处视为 S_2 的新波源，S_2 波传到 $x=6$ m 处的时刻为 $t=0.1$ s，根据振动图像，S_2 新波源起振方向向上，此时 S_1 波源振动方向向上，因此 $0<x<6$ m 范围内的加强点对两波源的波程差应为波长的整数倍。在左边介质中，波长 $\lambda_1=v_1T=40\times0.02\ \text{m}=0.8\ \text{m}$，所以从 $x=3$ m 处，每向左或向右 0.4 m 都是加强点，则 $0<x<6$ m 范围内的加强点个数为 15，故 D 错误。

5.AC　**解析**：由于 1.2 s 时 b 第一次回到波峰，则周期为

$T=1.2$ s，故 A 正确；设 a 点的振动方程为 $y=A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\varphi\right)$，即 $y=A\sin\left(\frac{5\pi}{3}t+\varphi\right)$，$t=0$ 时，$y=6$ cm，则有 $6=A\sin\varphi$，$t=0.5$ s 时，a 振动至波谷，则有 $-A=A\sin\left(\frac{5\pi}{3}\times0.5+\varphi\right)$，解得 $\varphi=\frac{\pi}{3}$，$A=4\sqrt{3}$ cm，故 C 正确；由于 $\varphi=\frac{\pi}{3}$，结合题图可知 $\frac{1}{4}\lambda\times\frac{1}{3}=0.5$ m，解得 $\lambda=6$ m，则波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{6}{1.2}$ m/s$=5$ m/s，故 B 错误；$0\sim0.6$ s，即经过 $\frac{1}{2}T$，质点 a 通过的路程为 $s=2A=2\times4\sqrt{3}$ cm$=8\sqrt{3}$ cm，故 D 错误。

6.BCD　**解析**：由振动图像知 $T=0.4$ s，由题意知 $0.45\text{ m}=\left(n+\frac{1}{4}\right)\lambda$，则 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{4.5}{4n+1}$ m/s$(n=0,1,2\cdots)$。当 $n=0$ 时，$v=4.5$ m/s；当 $n=1$ 时，$v=0.9$ m/s；当 $n=2$ 时，$v=0.5$ m/s。由此可判断出 A 项可能，B、C、D 项均不可能。

7.B　**解析**：由题图乙可知，$t=0.10$ s 时，质点 Q 的速度方向向下，根据“同侧法”可知，该波沿 x 轴的负方向传播，A 错误，B 正确；由题图甲可知，该波的波长 $\lambda=8$ m，由题图乙可知该波的周期 $T=0.20$ s，则该波的波速 $v=\frac{\lambda}{T}=40$ m/s，C 错误；从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s，经过的时间为 0.15 s，$0.15\text{ s}=\frac{3}{4}T$，由题图乙可以看出，$t=0.10$ s 时质点 P 不在平衡位置，也不在波峰或波谷处，所以从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s，质点 P 通过的路程不是 30 cm，D 错误。

8.解析：(1)由题图知，波长 $\lambda=4$ m，波沿 x 轴负方向传播时，传播的距离可能为

$\Delta x=\left(n+\frac{3}{4}\right)\lambda=(4n+3)$ m$(n=0,1,2,3\cdots)$，

传播的速度为

$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=(20n+15)$ m/s$(n=0,1,2,3\cdots)$。

(2)波沿 x 轴正方向传播时，传播的时间与周期关系为

$\Delta t=\left(n+\frac{1}{4}\right)T(n=0,1,2,3\cdots)$，

得 $T=\frac{4\Delta t}{4n+1}=\frac{0.8}{4n+1}$ s$(n=0,1,2,3\cdots)$，

当 $n=0$ 时周期最大，即最大周期为 0.8 s。

(3)波在 0.2 s 内传播的距离 $\Delta x=v\Delta t=5\text{ m}=\frac{5}{4}\lambda$，即传播了 $\frac{5}{4}\lambda$ 的距离，由题知波沿 x 轴正方向传播，所以在 $t=0$ 时刻 P 点沿 y 轴负方向振动。

答案：(1)$(20n+15)$ m/s$(n=0,1,2,3\cdots)$

(2)0.8 s　(3)沿 y 轴负方向

课后素养评价(十五)

1.BCD　**解析**：先看到闪电，后听到雷声是由于光比声音传播得快，不是声音的反射，故 A 错误；声音同光一样，具有反射现象，选项 B、C、D 中描述的都是声音的反射现象。

2.C　**解析**：声呐探测水中的暗礁、潜艇，利用了波的反射现象，故 A 正确；隐形飞机的原理是通过降低飞机的声、光、电等可探测特征量，使雷达等防空探测器无法尽早发现，所以隐形飞机可能在机身表面涂有高效吸收电磁波的物质，如使用吸收雷达电磁波的材料，使得反射的电磁波很弱，很难被发现，故 B 正确；雷达发射电磁波，然后根据被障碍物反射回来的电磁波进行判断分析，利用的是波的反射，故 C 错误；水波从深水区传到浅水区改变传播方向的现象，是波的折射现象，故 D 正确。

3.B　**解析**：设障碍物至少和人相距为 x，则应有 $2x=vt$，可得 $x=\frac{vt}{2}=\frac{340\times0.1}{2}$ m$=17$ m，故 B 正确。

4.B　**解析**：声波在水中的传播速度比在玻璃中的传播速度小。折射波与入射波的频率相等，又由 $v=\lambda f$ 可知，折射波的波长变大。

5.C　**解析**：由 $v=\lambda f$ 得 $\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{\sin60^\circ}{\sin45^\circ}=\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$，故 C 正确。

6.C　**解析**：同一列波频率不变，$v=\lambda f$，$\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{3}{1}$，故 C 选项正确。

7.ACD　**解析**：由题图可知 $\angle A=30^\circ$，则入射角为 30°，反射角也为 30°，即 $\angle B=30^\circ$，则 $\angle C=120^\circ$，A 正确，B 错误；入射波前进方向与障碍物之间的夹角即入射波的波线与障碍物间的夹角为 60°，反射波前进方向与障碍物之间的夹角也为 60°，C、D 正确。

8.C　**解析**：右边的声波从发出到反射回来所用时间为 $t_1=0.5$ s，左边的声波从发出到反射回来所用的时间为 $t_2=2$ s。山谷的宽度 $s=\frac{1}{2}v(t_1+t_2)=\frac{1}{2}\times340\times2.5$ m$=425$ m，故 C 正确。

9.解析：(1)声波由空气进入另一种介质时，频率不变，由 $v=\lambda f$ 得

$f=\frac{v}{\lambda}=\frac{340}{25\times10^{-2}}$ Hz$=1\,360$ Hz。

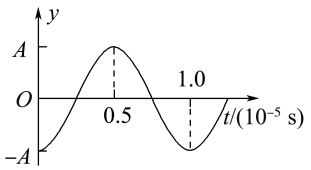
(2)因频率不变，有

$\frac{v}{\lambda}=\frac{v'}{\lambda'}$，

得 $v'=\frac{\lambda'}{\lambda}v=\frac{80\times10^{-2}}{25\times10^{-2}}\times340\ \text{m/s}=1\ 088\ \text{m/s}$。

答案:(1)1 360 Hz　(2)1 088 m/s

10.解析:(1)如图所示。



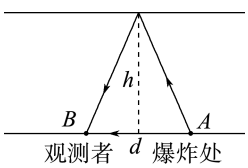
(2)由波形图读出波长 $\lambda=15\times10^{-3}$ m,波速公式为 $v=f\lambda$,

鱼群与渔船的距离 $x=\frac{1}{2}vt$,

联立并代入数据解得 $x=3\ 000$ m。

答案:(1)见解析图　(2)3 000 m

11.解析:由题意画出声音传播的平面图,如图所示。设云层下表面的高度为 h,则由云层反射回来的爆炸声传播的距离 $s=2\sqrt{h^2+\left(\frac{d}{2}\right)^2}$,声音由爆炸处传播到云层下表面,再经云层反射后传播到观测者的耳朵里所经历的时间 $t_1=\frac{s}{v}$,声音直接由空气传播到观测者耳朵里所经历的时间 $t_2=\frac{d}{v}$,又 $t_1-t_2=\Delta t$,联立以上各式并代入数据解得 $h=2.0$ km。



答案:2.0 km

课后素养评价(十六)

1.A　**解析**:两列波相遇后仍保持各自的运动特性,B、D 正确;由波的叠加原理可知,C 正确;两列波相遇时振动加强和减弱与波的振幅大小无关,A 错误。

2.C　**解析**:当 $t=0.3$ s 时,由 $s=vt=0.3$ m 可知,两波正好相遇,出现 A 选项所示的波形,A 正确;由波的叠加原理可知,B、D 正确,C 错误。

3.B　**解析**:由题图可知,两列波的波长不相等,波速相等,由 $v=\lambda f$ 知,频率不相等,不满足波的干涉条件,故 A 错误,B 正确;a 点的振动为两列波在 a 点的叠加,故 C、D 错误。

4.D　**解析**:根据干涉相消的原理可知,路程差为半波长 Δx 的奇数倍即可,而 $\frac{\lambda}{2}=0.85$ m,D 正确。

5.BC　**解析**:选项 A、B 中小孔宽度大于波长,衍射现象不明显,挡板会阻碍波的传播,故 A 不符合事实,B 符合事实;选项 C、D 中小孔宽度与波长相差不大,衍射现象明显,但穿过小孔后波速和频率不变,则波长应不变,故 C 符合事实,D 不符合事实。

6.D　**解析**:由于 MN 很高大,故衍射现象比较弱,由于女声音调更高,波长更小,衍射更不明显,故 D 正确。

7.B　**解析**:能发生明显衍射现象的条件是障碍物或缝的尺寸与波的波长差不多或小于波长,故只有当 MN 间的距离与水波的波长差不多或小于波长,水波才能发生明显的衍射现象,甲图中,适当减少 M、N 挡板间的距离,可以使水波发生明显衍射,故 B 正确,A 错误;乙图中 N 点为波峰与波谷相遇点,是振动减弱点,故 C 错误;M 点为两列波的波峰相遇点,经过四分之一周期时,为平衡位置相遇,此时位移为零,故 D 错误。故选 B。

8.ACD　**解析**:$t=0$ 时,质点 M、N 刚起振,由“同侧法”可知,质点 M 向下振动,质点 N 向上振动,即两列波的起振方向相反。两列波的传播速度相等,质点 Q 距质点 N 近,故质点 N 的振动形式先传播到质点 Q,故质点 Q 的起振方向与质点 N 的起振方向相同,起振时沿 y 轴正方向,A 正确;$t=1.25$ s 时,右侧波源的振动形式已传到质点 M,质点 M 距两波源的距离差值为一个波长,因两列波的起振方向相反,故质点 M 为振动减弱点,两列波的振幅相同,故质点 M 的位移始终为 0,B 错误;同理可判断质点 P 为振动减弱点,质点 Q 为振动加强点,故 C、D 正确。

9.解析:(1)设简谐横波波长为 λ,频率为 f,得

$\lambda=\frac{v}{f}=1$ m。

(2)以 O 点为坐标原点,设 P 点为 O、A 两点间的任意一点,其坐标为 x,则两波源到 P 点的路程差 $\Delta l=x-(2-x)$,$0\leqslant x\leqslant2$,其中 x、Δl 以米为单位。

合振动振幅最小的点的位置满足 $\Delta l=\left(k+\frac{1}{2}\right)\lambda$,$k$ 为整数,所以 $x=\frac{1}{2}k+\frac{5}{4}$,联立可得 $-\frac{5}{2}\leqslant k\leqslant\frac{3}{2}$,故 k 可以取 -2、-1、0、1,对应的 x 值分别为 0.25 m、0.75 m、1.25 m、1.75 m。

答案:(1)1 m　(2)分别距 O 点 0.25 m、0.75 m、1.25 m、1.75 m

课后素养评价(十七)

1.C　**解析**:多普勒效应是一种现象,发生多普勒效应时,波源的频率没有发生改变,波源与观察者之间相互靠近或相互远离时,观察者接收到的波的频率发生变化,即发生

多普勒效应，并且机械波、电磁波和光波都会发生多普勒效应。故 C 错误，A、B、D 正确。

2.A　**解析**：由题图可以看出，靠近 A 点这一侧波的波长变短，靠近 B 点这一侧波的波长变长，故波源正向 A 点运动。A 处接收到波的波长变短，但波速不变，从而使观察者接收到的波的频率变大，因而 A 处听到的音调变高，同理，B 处听到的音调变低。故 A 正确。

3.D　**解析**：b 接收到的声波的频率的高低取决于声源 a 与接收者 b 之间的距离如何变化，若远离，则 b 接收到的声波的频率比 a 发出的低，若靠近，则 b 接收到的声波的频率比 a 发出的高，故 A 错误，D 正确；当 a、b 向同一方向运动时，二者之间的距离可变大、可变小、可不变，故 b 接收到的声波的频率与 a 发出的声波的频率关系不确定，故 B、C 错误。

4.D　**解析**：波速由介质决定，所以被该汽车反射回来的反射波与测速监视器发出的超声波相比波速不变，根据声音的多普勒效应，声源和观察者靠近时接收到的频率变高，所以被该汽车反射回来的反射波与发出的超声波相比频率变大，故 D 正确，A、B、C 错误。

5.ABC　**解析**：星系谱线的“红移”现象可用多普勒效应解释，B、C 是多普勒效应的两个应用，多普勒效应在光波、声波、电磁波中都有应用，故 D 错误。

6.BC　**解析**：渔船向鱼群发出超声波，若鱼群正向渔船靠近，波速由介质决定，所以被鱼群反射回来的超声波与发出的超声波相比，波速不变，根据声音的多普勒效应，声源移向观察者时接收到的频率变高，所以被鱼群反射回来的超声波与发出的超声波相比频率变高，故 B、C 正确。

7.AC　**解析**：在振针（波源）前进方向上水波变得密集，在其反方向上水波变得稀疏，因此振针向右移动；由于波源远离观察者，水波波长变长，观察者接收到的频率变小，故 A、C 两项正确。

8.A　**解析**：由 x-t 图像可知，轮船靠近港口时的速度 $v_1>v_3>v_2$，可知 $f_1>f_3>f_2$，故 A 项正确。

9.C　**解析**：根据多普勒效应产生的原因，该图表示波源正在向 B 点移动，故 A 错误。当波源向观察者运动时，观察者接收到的频率一定比波源振动的频率高，当波源远离观察者时，观察者接收到的频率一定比波源振动的频率低，故 B、D 错误，C 正确。

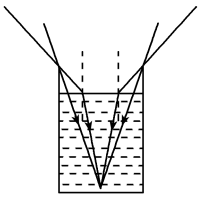
10.解析：要使飞行员恰好听不到爆炸声，即飞行员正好一个声波也接收不到，则他随战斗机运动的速度至少应与声波传播的速度一样，即战斗机至少应以 340 m/s 的速度远离爆炸点。

答案：340 m/s

课后素养评价（十八）

1.B　**解析**：光经过大气层时，因大气层空气分布不均匀，使得折射率不同，光发生折射现象，使光的传播方向发生改变。

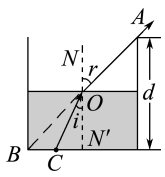
2.AD　**解析**：根据光沿直线传播作出青蛙在枯井中的视野范围。外界光线斜射到水面时，入射角大于折射角，如图所示，所以枯井中的青蛙觉得井口大些，A 正确；根据光线的可逆性可知，水井中的青蛙的观察范围超出光沿直线传播看到的范围，即水井中的青蛙看到井外的范围较大，所以晴天的夜晚，水井中的青蛙能看到更多的星星，故 D 正确。



3.CD　**解析**：某种介质的折射率等于光在真空中的传播速度 c 与光在介质中的传播速度 v 的比值，A 错误；折射率与折射角和入射角的大小无关，B 错误；折射率是衡量材料光学性能的重要指标，根据 $n=\frac{c}{v}$，$c>v$，知 $n>1$，C、D 正确。

4.BC　**解析**：折射率与介质有关，同一束光在同一介质中的折射率不变，即 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ 不变，且 n 始终大于 1，故选 B、C。

5.解析：(1)折射光线如图所示。



(2)底面直径与桶高相等，所以图中折射角 $r=45°$，入射角为 i，则有 $\sin i=\frac{CN'}{\sqrt{CN'^2+ON'^2}}=\frac{\sqrt{5}}{5}$，

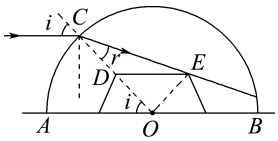
油的折射率 $n=\frac{\sin r}{\sin i}=\frac{\sqrt{5}}{2}$。

答案：(1)见解析图　(2)$\frac{\sqrt{5}}{2}$

6.AD　**解析**：由题图可知，单色光 1 的折射角小于 2 的折射角，根据 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ 可知，玻璃对 1 光的折射率大于对 2 光的折射率，即有 $n_1>n_2$，由 $v=\frac{c}{n}$ 分析得知，1 光在玻璃中的传播速度小于 2 光在玻璃中的传播速度，即有 $v_1<v_2$，故 A、D 正确。

7.B　**解析**：当太阳光照到存在大气层的地球表面时，光在大气层发生折射，光线偏向地球，故选 B。

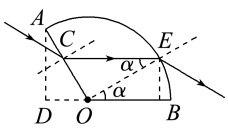
8.C　**解析**：光路图如图所示：



由几何关系可知 O、C、D 在同一直线上，$\sin i=\frac{\sqrt{2}}{2}$，$OD=OE=\sqrt{2}$ cm，$\angle DOE=90°$，则 $\sin r=\frac{OE}{CE}=\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{(\sqrt{2})^2+(2\sqrt{2})^2}}=\frac{\sqrt{5}}{5}$，由折射定律可知 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，代入数据可得 $n=\frac{\sqrt{10}}{2}$，故选 C。

9.BC　**解析**：在入射光线方向不变的情况下，界面顺时针转过 15°，则反射光线转过 30°，故 B 正确；光由空气进入介质时，折射角总小于入射角，因此当入射角增大时，折射角也增大，但增大量小于入射角的增大量，故 C 正确。

10.解析：(1)光路图如图所示：



由于折射光线 CE 平行于 BO，那么光线在圆弧面上的入射点 E 到 BO 的距离也为 $\frac{R}{2}$，

光线在 E 点的入射角 α 满足

$\sin\alpha=\frac{1}{2}$，$\alpha=30°$，

由几何关系可知，$\angle COE=90°$，因此光线在 C 点的折射角为 30°，

玻璃砖的折射率 $n=\frac{\sin 60°}{\sin 30°}=\sqrt{3}$，

由于光线在 E 点的入射角为 30°，则光线在 E 点的折射角为 60°。

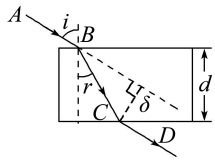
(2)由几何关系可知，$l_{CE}=\frac{R}{\cos 30°}=\frac{2\sqrt{3}}{3}R$，

光在玻璃砖中的传播速度为 $v=\frac{c}{n}$，

因此光在玻璃砖中传播的时间为 $t=\frac{l_{CE}}{v}=\frac{2R}{c}$。

答案：(1)$\sqrt{3}$　60°　(2)$\frac{2R}{c}$

11.解析：如图所示：



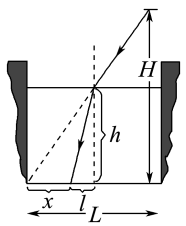
设折射角为 r，由折射定律 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，得 $r=30°$，

由图中的几何关系可得侧移量

$\delta=\frac{d}{\cos r}\sin(i-r)=\frac{4\sqrt{3}}{3}$ cm。

答案：$\frac{4\sqrt{3}}{3}$ cm

12.解析：(1)光路图如图所示，由几何关系知 $\frac{x+l}{h}=\frac{L}{H}$，由折射定律得 $\frac{L}{\sqrt{L^2+H^2}}=n\cdot\frac{l}{\sqrt{l^2+h^2}}$，代入 $h=\frac{H}{2}$、$l=x=\frac{L}{4}$，得 $n=\frac{\sqrt{L^2+4H^2}}{\sqrt{L^2+H^2}}$，由于液面高度变化时，入射角、折射角都不变化，所以始终有 $x=l$，则 $x=\frac{L}{2H}\cdot h$，当 $h=\frac{2}{3}H$ 时，解得 $x=\frac{L}{3}$。



(2)液面匀速下降，光斑也匀速向左移动，则有 $\frac{\frac{L}{4}}{v_x}=\frac{\frac{H}{2}}{v_A}$，得 $v_x=\frac{L}{2H}\cdot v_A$。

答案：(1)$\frac{L}{3}$　(2)$\frac{L}{2H}\cdot v_A$

课后素养评价(十九)

1.B　**解析**：折射率的计算式是 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，只要能求出 $\sin i$ 和 $\sin r$，就能计算出 n。如题图所示，设圆的半径为 R，$\angle AOB$ 为入射角，$\angle EOF$ 为折射角，则 $\sin i=\sin\angle AOB=\frac{AB}{R}$，$\sin r=\sin\angle EOF=\frac{EF}{R}$，$n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{AB}{EF}$。

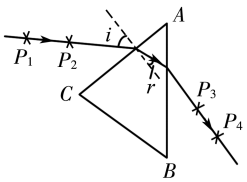
2.解析：(1)根据折射定律，折射率 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$。

(2)P_1、P_2 及 P_3、P_4 之间的距离应适当大些，作出的直

线误差会减小。

答案:(1)$\frac{\sin i}{\sin r}$　(2)大

3.解析:(1)如图所示。



(2)需要测量的物理量有入射角 i、折射角 r。

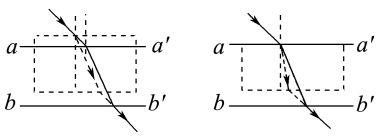
(3)计算折射率的公式是 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$,用量角器量出 i、r,查出 $\sin i$、$\sin r$ 的值,代入可求出 n。

答案:(1)见解析图　(2)入射角 i　折射角 r　见解析图

(3)$\frac{\sin i}{\sin r}$

4.(1)A　(2)D

5.解析:(1)如图甲所示,甲同学利用"插针法"确定入射光线、折射光线后,由几何知识分析可知测得的入射角、折射角没有受到影响,因此测得的折射率将不变。

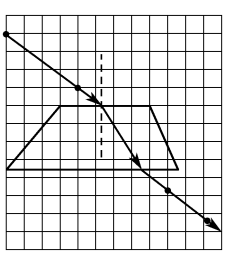


甲　　乙

(2)如图乙所示,乙同学利用插针法确定入射光线、折射光线后,测得的入射角不受影响,但测得的折射角比真实的折射角偏大,因此测得的折射率偏小。

答案:(1)不变　(2)偏小

6.解析:(1)分别连接玻璃砖两侧大头针所在的点,并延长与玻璃砖边界分别相交,标出传播方向,然后连接玻璃砖边界的两交点,即为光线在玻璃砖中传播的方向。光路图如图所示。



(2)设方格纸上正方形的边长为 1,光线的入射角为 i,折射角为 r,则 $\sin i=\frac{5.3}{\sqrt{5.3^2+4^2}}=0.798$,

$\sin r=\frac{2.2}{\sqrt{2.2^2+3.6^2}}=0.521$,

所以该玻璃的折射率 $n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{0.798}{0.521}=1.53$。

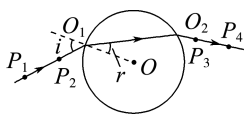
(3)由题图乙可知,经过 P_1、P_2 的光线入射到玻璃砖上时,相当于光线射到了一个三棱镜上,因此出射光线将向底边偏折,所以出射光线过 P_3 和 A。

答案:(1)见解析图　(2)1.53(1.53±0.03 范围内都可以)

(3)A

7.解析:解答本题需用"插针法"确定光路,找出跟入射光线相对应的折射光线;用量角器测出入射角 i 和折射角 r;根据折射定律计算出玻璃的折射率 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$。

如图所示,P_3P_4 光线为入射光线 P_1P_2 通过玻璃后的折射光线,O_1O_2 光线为入射光线 P_1P_2 在玻璃中的折射光线,故 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$。



答案:(1)(2)(3)见解析图　(4)$n=\frac{\sin i}{\sin r}$

课后素养评价(二十)

1.C　**解析**:发生全反射的条件之一是光从光密介质射入光疏介质,光密介质的折射率相对较大,故只有 C 项正确。

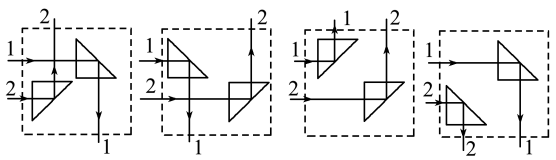
2.C　**解析**:与介质乙相比,介质甲为光密介质,根据发生全反射的条件可知,光线 2 不可能发生全反射,B、D 均错误;从介质甲射向介质乙的光线发生全反射的临界角 C 满足 $\sin C=\frac{1}{n}=\frac{\sqrt{2}}{2}$,解得 $C=45°$。由题图可知,光线 1 的入射角为 $60°>C=45°$,则光线 1 能发生全反射,A 错误,C 正确。

3.A　**解析**:由题图知 2 光的偏折程度大于 1 光的偏折程度,则水滴对 2 光的折射率大于对 1 光的折射率,根据 $v=\frac{c}{n}$ 知,1 光在介质中传播的速度较大,故 A 正确;根据 $\sin C=\frac{1}{n}$,可以知道 1 光的临界角比 2 光的大,故 B 错误;因为光从一个界面射入,折射到另一个界面上时,根据题图几何关系知,在第一个界面上的折射角等于在第二个界面上的入射角,所以两光均不能发生全反射,故 C 错误;由几何关系知,射出的光线不一定与入射光线平行,故 D 错误。

4.AD　**解析**:光发生全反射的必要条件是光必须从光密介

质(折射率较大的介质)射向光疏介质(折射率较小的介质),所以纤芯的折射率比外套的大,光传播时在纤芯与包层的界面上发生全反射,故 A 正确,B 错误;光的频率越低(即波长越长),介质对其的折射率 n 越小;光的频率越高(即波长越短),介质对其的折射率 n 越大。根据 $v=\frac{c}{n}$ 可知波长越短的光在光纤中传播的速度越小,频率越低的光在光纤中传播的速度越大,故 C 错误,D 正确。故选 AD。

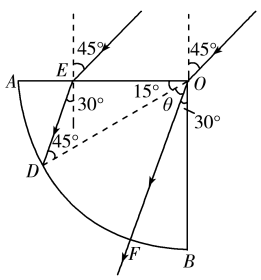
5.B　**解析**:四个选项产生的光路如图所示:



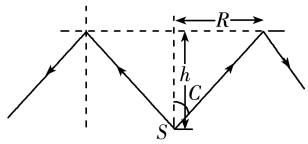
由图可知 B 正确。

6.B　**解析**:水面上方的所有景物只出现在顶角为 97°的倒立圆锥里,这是由于光从水中射向空气时全反射的临界角为 48.5°,光由空气射入水中时,最大折射角为 48.5°,不能发生全反射;当光由水中射向空中时才有可能发生全反射现象,故 B 正确,A、C、D 错误。

7.B　**解析**:由 $\sin C=\frac{1}{n}$ 可知,光在玻璃柱中发生全反射的临界角 $C=45°$。根据折射定律可知所有光线从 AO 进入玻璃柱后的折射角均为 30°。如图所示,从 O 点入射后的折射光线将沿半径从 F 点射出。假设从 E 点入射的光线经折射后到达 D 点时刚好发生全反射,则 $\angle ODE=45°$,由几何关系可知 $\theta=45°$,故弧长 $\overset{\frown}{DC}=\frac{1}{4}\pi R$,故 B 正确。



8.D　**解析**:如图所示,在水面上看到的透光平面半径为 R。设光从水射入空气发生全反射的临界角为 C,$\sin C=\frac{1}{n}$,由几何知识得 $\sin C=\frac{R}{\sqrt{R^2+h^2}}$,由以上两式得 $\frac{R^2}{R^2+h^2}=\frac{1}{n^2}$,解得 $R=\frac{h}{\sqrt{n^2-1}}$。透光平面的半径 R 与 h 成正比,R 匀速增大,则 h 匀速增大,故 D 选项正确。



9.解析:光信号由 A 点进入光导纤维后,沿 AO 方向照射到 O 点,此时入射角 α 恰好等于临界角。由几何关系可得光在光导纤维中传播的距离 $l=\frac{s}{\sin\alpha}$。设材料的折射率为 n,光在此材料中的速度为 v,则有 $\sin\alpha=\sin C=\frac{1}{n}$,$n=\frac{c}{v}$,而 $vt=\frac{s}{\sin\alpha}$,联立解得 $n=\sqrt{\frac{ct}{s}}$。

答案:$\sqrt{\frac{ct}{s}}$

课后素养评价(二十一)

1.BC　**解析**:两列光的波峰和波峰相遇、波谷和波谷相遇都是出现亮条纹。从空间中一点到两光源的路程差等于波长的整数倍,该点出现亮条纹;若为半波长的奇数倍,则为暗条纹。

2.B　**解析**:用白光做双缝干涉实验时,应在双缝前用一很窄的单缝取出一细束白光才能成功地观察到干涉现象,而移走 B 后,C 上出现一窄亮斑,并没有出现衍射条纹,所以单缝 S 太宽,故选 B。

3.AC　**解析**:其他条件不变,入射光波长越长,干涉条纹间距越大,红光、绿光、紫光波长依次减小;入射光频率越高,波长越短,故选 A、C。

4.D　**解析**:金属丝圈在所在竖直平面内缓慢旋转时,不影响薄膜上薄下厚的分布,因而干涉条纹保持原来状态不变,故选 D。

5.AC　**解析**:根据薄膜干涉的产生原理,上述现象是空气膜前后表面反射的两列光叠加而成的,当波峰与波峰、波谷与波谷相遇叠加时,振动加强,形成亮条纹,故选项 A 正确,B 错误;条纹的位置与空气膜的厚度是对应的,当上玻璃板平行上移时,同一厚度的空气膜向劈尖移动,所以条纹向着劈尖移动,故选项 C 正确;因相干光是反射光,故观察薄膜干涉时,应在入射光的同一侧,故选项 D 错误。

6.ACD　**解析**:双缝干涉发生后,并不只在有光屏处有干涉图样,而是在双缝右侧的空间,只要通过双缝后两列光在相遇的地方叠加就能发生光的干涉现象,并且在新的位置仍很清晰,A、C、D 正确。

7.A　**解析**：在干涉现象中，所谓“振动加强的点”是指两列波在该点引起的振动方向总是相同的，该点的振幅是两列波的振幅之和，而不要理解为该点始终处于波峰或波谷位置，在某些时刻它也可以位于平衡位置。A、B 为振动加强点，A、B 连线属于振动加强区，C 在 A、B 连线上。两列波在振动减弱点的振动总是相反的，该点的振幅是两列波的振幅之差，如果两列波的振幅相同，则该点始终在平衡位置。对光波而言，该点是完全黑暗的。综上可知，A 正确。

8.B　**解析**：由题设可知，从中央亮条纹 P 算起，P_1 处是第 10 号亮条纹的位置，表明缝 S_1、S_2 到 P_1 处的距离差 r_2-r_1 为波长的整数倍，且刚好是 10 个波长，所以选项 B 正确。

9.BD　**解析**：振动一致的两光源在空间发生干涉，得到亮条纹的条件应满足路程差 $\Delta r=n\lambda(n=0,1,2,3\cdots)$。路程差是指从双缝 M、N 到屏上某点的路程差，与 O 无关，A、C 错误；b 是 $n=1$ 时的第一级亮条纹，e 是 $n=2$ 时的第二级亮条纹，故 B、D 正确。

10.BC　**解析**：当单色光垂直照射到凸透镜上时，光的传播方向不变，而当光从玻璃射入空气时一部分光发生反射，另一部分光透射进入空气，当该部分光从空气进入下面的平面玻璃时又有一部分光发生反射，这两列反射光是相干光，它们在凸透镜的下表面相遇，当这两列光的光程差为波长的整数倍时是亮条纹，当光程差为半个波长的奇数倍时是暗条纹，故出现亮暗相间的圆环状干涉条纹，A 错误，B 正确；若换一个曲率半径更大的凸透镜，相同位置处的空气层的厚度变小，所以观察到的圆环状条纹的亮条纹间距变大，C 正确；如果改用波长更长的单色光照射而其他条件保持不变，则观察到的圆环状条纹的亮条纹间距变大，D 错误。

11.解析：(1)为了减小紫外线对眼睛的伤害，应使入射光分别从该膜的前后两个表面反射的光叠加后加强，则路程差应等于光在薄膜中的波长 λ' 的整数倍，即

$2d=n\lambda'(n=1,2,3\cdots)$。

(2)膜的厚度至少是紫外线在膜中波长的 $\frac{1}{2}$，

紫外线在真空中的波长是 $\lambda=\frac{c}{f}\approx3.7\times10^{-7}$ m，

在膜中的波长为 $\lambda'=\frac{\lambda}{n}$，

则“增反膜”的厚度至少是 $d=\frac{1}{2}\lambda'=\frac{\lambda}{2n}\approx1.23\times10^{-7}$ m。

答案：(1)见解析　(2)1.23×10^{-7} m

课后素养评价(二十二)

1.D　**解析**：根据 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 可知，当 d 较小、l 较大时，干涉条纹间距较大，由此可以排除 B、C 项；由于单缝的作用是得到线光源，单缝的宽度应较小，则排除 A 项，故选 D 项。

2.解析：题图实验装置中②③④依次是滤光片、单缝、双缝。

答案：滤光片　单缝　双缝

3.BD　**解析**：题图甲中条纹的间距比题图乙大，根据公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 知，可能是光的波长变短，也可能是双缝与屏间距减小，也可能是双缝间距增大，条纹间距与光源到单缝的距离无关，故 A、C 不符合题意，B 符合题意；将红色滤光片改为绿色滤光片，波长变短，条纹间距变小，故 D 符合题意。

4.C　**解析**：由 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 可得双缝间距 $d=\frac{l}{\Delta x}\lambda=\frac{1.00\times589\times10^{-9}}{0.350\times10^{-2}}$ m$=1.68\times10^{-4}$ m，选项 C 正确。

5.解析：由题图丙可看出，主尺读数为 0，游标尺的第 17 条刻度与主尺对齐，对应数值为 0.05×17 mm$=0.85$ mm，所以题图丙示数为 0.85 mm。同理，题图丁示数为 $x_2=8$ mm$+0.05\times19$ mm$=8.95$ mm。

由干涉条纹的相邻亮条纹间距公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 得

$\lambda=\frac{\Delta x\cdot d}{l}=\frac{d}{l}\times\frac{x_2-x_1}{5}=\frac{d}{5l}(x_2-x_1)$，

代入数据得 $\lambda=\frac{0.20\times10^{-3}}{5\times60\times10^{-2}}\times(8.95-0.85)\times10^{-3}$ m$=5.4\times10^{-7}$ m。

答案：0.85　8.95　$\frac{d}{5l}(x_2-x_1)$　5.4×10^{-7}

课后素养评价(二十三)

1.B　**解析**：泊松亮斑为光绕过不透光的圆盘而在圆盘阴影中心形成的一个亮斑，其图样周围还有明暗相间的圆环，故选项 B 正确。

2.B　**解析**：根据衍射条纹的特点进行判断，光的衍射条纹与狭缝平行，且中间宽、两边窄，不等间距，故 B 项正确，A、C、D 项错误。

3.D　**解析**：由光的干涉和衍射实验原理结合本题实验可

知，移去双缝后，在屏上出现不等间距的衍射条纹，说明单缝正常；移去单缝后，遮住缝 S_1 或缝 S_2 中的任一个，屏上均出现一窄亮斑，说明双缝太宽，D 正确。

4.D　**解析**：M、P 间为自然光，P、Q 间为偏振光，故 A、B 错误；P、Q 间光线亮度不变，光屏 N 上的亮度逐渐变暗，故 C 错误，D 正确。

5.A　**解析**：激光的特点之一是方向性好，它可以会聚到一个很小的点上，DVD、VCD、CD 机或计算机的光驱及刻录设备就利用了激光的这一特点，选项 A 正确，B、C、D 错误。

6.BD　**解析**：单缝衍射的条纹间距可以用双缝干涉条纹宽度的公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 定性讨论，其中 l 为屏与缝的距离，d 为缝宽，λ 为波长。使单缝宽度变小，即 d 变小，则衍射条纹间距变宽，A 错误；换用波长较长的光照射，根据公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 可知，衍射条纹间距变宽，B 正确；增大单缝到屏的距离，即 l 变大，则衍射条纹间距变大，C 错误；衍射条纹与干涉条纹不同，其中央条纹最宽，D 正确。

7.CD　**解析**：如图甲，自然光由空气射在水面上，反射光是部分偏振光，故 A 错误；如图乙，立体电影原理是光的偏振，照相机镜头表面涂上增透膜的原理是光的干涉，故 B 错误；如图丙，从筷子“折断”的现象可以看出，光线在液面上发生了折射，故 C 正确；图丁是光线通过一个不透光的圆盘得到的衍射图样，故 D 正确，故选 CD。

8.ACD　**解析**：A、B 之间不放糖溶液时，自然光通过偏振片 A 后，变成偏振光，通过 B 后到 O 处的光最强时，A、B 的透光方向平行。当在 A、B 间放置糖溶液时，由于溶液的旋光作用，通过 A 的偏振光振动方向转动了一定角度，通过 B 到达 O 处的光强会明显减弱，故 A 正确，B 错误；若 B 转过一个角度，恰好使透光方向与经过糖溶液后的偏振光振动方向一致时，O 处光强又为最大，B 的旋转角度等于糖溶液的旋光度，故 C 正确；同理可知 D 正确。

9.解析：(1)当圆孔的直径为 1 cm 时，在光屏上只能看到与圆孔形状相同的亮斑，这是光沿直线传播的结果。

(2)当圆孔的直径为 1 mm 时，在光屏上能看到单色光源倒立的像，这是小孔成像，也是光沿直线传播的结果。

(3)当圆孔的直径为 0.5 μm 时，在光屏上能看到明暗相间的环形条纹，这是由于小孔的尺寸与光波的波长差不多，光发生了衍射现象。

答案：(1)圆孔形状的亮斑　(2)单色光源倒立的像

(3)明暗相间的环形条纹

章末质量评估(一)

1.D **解析**:动量为零时,物体的瞬时速度为零,但物体不一定处于平衡状态,选项 A 错误;动能不变,则物体的速度大小不变,物体的动量不一定不变,例如做匀速圆周运动的物体,选项 B 错误;物体所受合外力大小不变,但方向改变时,其动量大小不一定发生改变,例如做匀速圆周运动的物体,选项 C 错误;物体受到恒力的冲量也可能做曲线运动,例如做平抛运动的物体,选项 D 正确。

2.B **解析**:无论安全气囊是否打开,模拟乘员的初、末动量不变,动量变化量不变,根据 $I=\Delta p$,受到撞击力的冲量不变,故 C 错误。安全气囊打开时,动量变化量不变,作用时间增加,由 $Ft=\Delta p$ 可知,撞击力减小,故 B 正确,A、D 错误。故选 B。

3.A **解析**:根据动量定理知 $-F_f t=0-mv$,因为甲、乙两车动量相等,路面对两车的阻力相同,则两车的滑行时间之比为 1∶1,A 正确。

4.B **解析**:小球 A 与小球 B 碰撞前的速度 $v_{y1}=gt_1=10\times1\ \text{m/s}=10\ \text{m/s}$,方向竖直向下,小球 A 下落的高度 $h_1=\frac{1}{2}gt_1^2=\frac{1}{2}\times10\times1^2\ \text{m}=5\ \text{m}$,取水平方向为正方向,$A$、$B$ 两小球水平方向动量守恒,则 $mv=mv_{Bx}+mv_{Ax}$,A、B 发生弹性碰撞,由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}mv_{y1}^2=\frac{1}{2}mv_{Bx}^2+\frac{1}{2}m(\sqrt{v_{y1}^2+v_{Ax}^2})^2$,联立解得 $v_{Ax}=v$,$v_{Bx}=0$,碰撞后小球 A 在竖直方向做匀加速直线运动,则 $h_2=h-h_1=v_{y1}t_2+\frac{1}{2}gt_2^2$,解得 $t_2=1\ \text{s}$,$t_2=-3\ \text{s}$(舍弃),小球 A 在水平方向做匀速直线运动,有 $x=v_{Ax}t_2=vt_2$,解得 $v=3\ \text{m/s}$,故选 B。

5.A **解析**:虽然抽油的过程属于船与油的内力作用,但油的位置发生了转移,从前舱转到了后舱,相当于人从船的一头走到另一头,故 A 正确。

6.A **解析**:根据牛顿第二定律可得加速度大小 $a=\frac{F}{m}$,由于两物体所受外力 F 大小相等,图像的斜率等于加速度,可知 M、N 的加速度大小之比 $a_M:a_N=4:6=2:3$,可知 M、N 的质量之比 $m_1:m_2=6:4=3:2$,设 M、N 的质量分别为 $m_1=3m$、$m_2=2m$,由图像可设 M、N 碰前的速度分别为 $4v$ 和 $6v$,则因 M、N 组成的系统所受合外力为零,则碰撞过程中动量守恒。取向右为正方向,由动量守恒定律可得 $3m\times4v-2m\times6v=3mv_1+2mv_2$,若为弹性碰撞,根据机械能守恒定律可得 $\frac{1}{2}\times3m(4v)^2+\frac{1}{2}\times2m(6v)^2=\frac{1}{2}\times3mv_1^2+\frac{1}{2}\times2mv_2^2$,解得碰撞后 M 和 N 的速度分别为 $v_1=-4v$,$v_2=6v$,因 M、N 的加速度大小之比仍为 2∶3,则停止运动的时间之比为 1∶1,即两物体一起停止运动;若不是弹性碰撞,取向右为正方向,由动量守恒定律可得 $3m\times4v-2m\times6v=3mv_1+2mv_2$,可知碰后速度大小之比 $v_1:v_2=2:3$,若假设 $v_1=2v$,则 $v_2=3v$,此时满足 $\frac{1}{2}\times3m\times(4v)^2+\frac{1}{2}\times2m\times(6v)^2>\frac{1}{2}\times3mv_1^2+\frac{1}{2}\times2mv_2^2$,则假设成立,因 M、N 的加速度大小之比仍为 2∶3,则停止运动的时间之比为 1∶1,对 M 来说碰撞前后的速度之比为 $4v:2v=2:1$,可知碰撞前后运动时间之比为 2∶1。故选 A。

7.B **解析**:设质量为 m 的太空碎片绕地球做半径为 r 的匀速圆周运动的线速度为 v_1,则 $\frac{Gm_0m}{r^2}=m\frac{v_1^2}{r}$,由动量定理得,太空碎片受瞬时冲量 I 的作用后的速度变化量大小为 $\Delta v=\frac{I}{m}$,方向与 v_1 垂直,故作用后瞬间太空碎片的速度大小为 $v'=\sqrt{\frac{I^2}{m^2}+v_1^2}$,根据动能的定义得该太空碎片受到冲量作用后瞬间的动能为 $E_k=\frac{1}{2}mv'^2$,解得 $E_k=\frac{Gm_0m}{2r}+\frac{I^2}{2m}$,故选 B。

8.ABD **解析**:根据 F-t 图像中图线与横轴围成的面积表示冲量,可知在 0~2 s 合外力的冲量一直增大,A 正确;由图像可知 0~4 s 合外力的冲量为零,B 正确;2 s 末冲量方向发生变化,物体的动量开始减小,但方向不发生变化,0~4 s 物体动量的方向一直不变,C 错误,D 正确。

9.CD **解析**:小球从进入槽口到运动至最低点的过程中,槽有向左运动的趋势,受到竖直墙对它的力的作用,此过程中小球与槽组成的系统的动量不守恒,但这个过程中只有重力做功,小球的机械能守恒。小球从最低点继续运动到离开槽的过程中,系统在水平方向上不受外力作用,水平方向的动量守恒,在这个过程中,除小球重力做功外,槽对球的作用力做负功,B 错误;小球在槽内运动的全过程中,对系统而言,只有重力做功,系统的机械能守恒,C 正确;当小球从槽口飞出时,在水平方向与槽具有相同的速度,故小球将做斜抛运动,A 错误;整个过程

中，系统的机械能守恒，水平方向的动量不守恒，D 正确。

10. AC　**解析**：系统总动量为零，所以若使小车向左运动，甲和乙的总动量必须向右，即要求甲的动量大于乙的动量，故 C 正确，D 错误；不明确质量关系，则无法比较速度大小，故 B 错误；要使小车静止不动，甲、乙的总动量应为零，即甲、乙动量大小相等、方向相反，A 正确。

11.解析：(2)③毫米刻度尺的分度值为 1 mm，需要估读到下一位，根据题图可得

$s_1=262.6\ \text{mm}-200.0\ \text{mm}=62.6\ \text{mm}=6.26\ \text{cm}$，

根据匀变速直线运动规律可得 $v_1=\dfrac{s_1+s_2}{2T}$，

根据速度-时间关系有 $v_2=v_1+gT$，

又 $s_2-s_1=gT^2$，

联立可得 $v_2=\dfrac{3s_2-s_1}{2T}$。

④根据题图可得 I_p 为 158 a.u.时，F 为 100 N。

⑤$m=30.0$ g，$T=0.02$ s，由动量定理可估测薄膜压缩时间 $t=\dfrac{2mv_2}{F}$，

结合 $v_2=\dfrac{3s_2-s_1}{2T}$，将数据代入可得

$$t=\frac{2m(3s_2-s_1)}{2FT}$$

$$=\frac{2\times30.0\times10^{-3}\times(3\times6.66-6.26)\times10^{-2}}{2\times100\times0.02}\ \text{s}$$

$$\approx2.06\times10^{-3}\ \text{s}。$$

答案：(2)③6.26(6.24～6.26 均可)　$\dfrac{s_1+s_2}{2T}$　$\dfrac{3s_2-s_1}{2T}$

④100　⑤$2.06\times10^{-3}$

12.解析：两滑块匀速下滑时所受合外力均为零，相互作用时二者所组成的系统所受的合外力仍为零，动量守恒。当弹簧被压缩时，m_1 加速，m_2 减速，当弹簧被压缩至最短时，m_1、m_2 速度相等。

设速度相等时为 v，根据动量守恒定律有

$m_1v_1+m_2v_2=(m_1+m_2)v$，

解得弹簧被压缩至最短时 m_1 的速度

$v=\dfrac{m_1v_1+m_2v_2}{m_1+m_2}$。

答案：$\dfrac{m_1v_1+m_2v_2}{m_1+m_2}$

13.解析：(1)二者组成的系统动量守恒，取 v 方向为正方向，设共同速度为 v'，则有 $mv=(M+m)v'$，

解得 $v'=0.4$ m/s。

(2)设平板车的最短长度为 l，由能量守恒定律有

$\mu mgl=\dfrac{1}{2}mv^2-\dfrac{1}{2}(M+m)v'^2$，

解得 $l=0.8$ m。

答案：(1)0.4 m/s　(2)0.8 m

14.解析：(1)设向上为正方向，对足球，根据动量定理可知

$(\overline{F}-mg)\Delta t=m\Delta v$，

解得足球受到头顶的平均作用力

$\overline{F}=\dfrac{m\Delta v}{\Delta t}+mg$，

代入数据解得

$\overline{F}=18.9$ N。

(2)足球的动量变化量的大小为

$\Delta p=p_{末}-p_{初}=m\Delta v$，

代入数据解得

$\Delta p=2.94\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$。

答案：(1)$\overline{F}=18.9$ N　(2)$\Delta p=2.94$ kg·m/s

15.解析：(1)小球甲从 a 点沿直线运动到 b 点的过程中，受重力和支持力作用，根据牛顿第二定律有

$m_1g\sin\theta=m_1a_1$，

解得小球甲在 ab 段运动的加速度大小 $a_1=g\sin\theta$。

(2)小球甲恰能到达 c 点，设到达 c 点时的速度为 v_1，根据牛顿第二定律和向心力公式有

$m_1g\sin\theta=m_1\dfrac{v_1^2}{R}$，

解得 $v_1=\sqrt{2gR\sin\theta}$，

根据题意，小球甲、乙发生完全弹性碰撞，碰撞前后动量守恒，取 v_1 方向为正方向，根据动量守恒定律有

$m_1v_1=m_1v_3+m_2v_2$，

根据能量守恒定律有 $\dfrac{1}{2}m_1v_1^2=\dfrac{1}{2}m_1v_3^2+\dfrac{1}{2}m_2v_2^2$，

解得碰后小球乙的速度为 $v_2=\dfrac{2m_1v_1}{m_1+m_2}$，

碰后小球乙能运动至 e 点，第一种情况，碰后小球乙顺着挡板做圆周运动后沿着斜面到达 e 点，此时需满足

$m_2g\sin\theta\leqslant m_2\dfrac{v_2^2}{R}$，

即 $v_2\geqslant\sqrt{2gR\sin\theta}$，

联立解得 $\dfrac{m_1}{m_2}\geqslant1$，

第二种情况，碰后小球乙做类平抛运动到达 e 点，此时可知 $7R+R=\dfrac{1}{2}g\sin\theta\cdot t^2$，$R=v_2t$，

解得 $v_2=\dfrac{1}{4}\sqrt{gR\sin\theta}$，

联立解得 $\dfrac{m_1}{m_2}=\dfrac{1}{7}$。

(3)在(2)问的质量比值条件下，若碰后小球乙能穿过线段 de，根据前面分析可知，当满足第一种情况时，碰后小球乙做圆周运动，显然不满足能穿过线段 de 的条件，

故碰后小球乙做类平抛运动穿过线段 de。

碰后小球乙的速度必然满足 $v_2<\sqrt{gR\sin\theta}$，

同时根据类平抛运动规律可知

$7R+R=\frac{1}{2}g\sin\theta\cdot\Delta t^2$，$v_2\Delta t>R$，

解得 $\frac{1}{4}\sqrt{gR\sin\theta}<v_2<\sqrt{gR\sin\theta}$，

将 $\frac{m_1}{m_2}=\frac{1}{7}$ 和 $v_2=\frac{2m_1v_1}{m_1+m_2}$ 代入，联立可得

$\sqrt{gR\sin\theta}<v_1<4\sqrt{gR\sin\theta}$，

对小球甲从 a 点到 c 点的过程，根据动能定理有

$-m_1g\times8R\sin\theta=\frac{1}{2}m_1v_1^2-E_{k0}$，

联立可得 $\frac{17}{2}m_1gR\sin\theta<E_{k0}<16m_1gR\sin\theta$。

答案：(1)$g\sin\theta$　(2)$\frac{m_1}{m_2}\geqslant1$ 或者 $\frac{m_1}{m_2}=\frac{1}{7}$

(3)$\frac{17}{2}m_1gR\sin\theta<E_{k0}<16m_1gR\sin\theta$

章末质量评估(二)

1.C　**解析**：已知月球表面的重力加速度约为地球表面的 $\frac{1}{6}$，根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知，要使该单摆在月球与地球上周期相同，必须将摆长缩短为 $\frac{L}{6}$，单摆的周期与摆球的质量无关。故选 C。

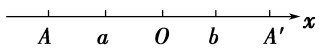
2.D　**解析**：单摆小角度摆动，做简谐运动的周期为 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，式中 l 为摆长，其值为悬点到摆动物体重心之间的距离。当小球装满水时，重心在球心，水流完后，重心也在球心，但水刚流出过程中重心要降低，因此，在水的整个流出过程中，重心位置先下降后上升，即摆长 l 先增大后减小，所以摆动周期将先增大后减小，故 A、B、C 错误，D 正确。

3.C　**解析**：单摆的周期公式为 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，由题图可知各种情形中的等效重力加速度的关系为 $g_甲<g_乙=g_丙<g_丁$，则 $T_甲>T_乙=T_丙>T_丁$，故选 C。

4.B　**解析**：由题图可知 A 点在 t 轴上方，位移 $x=0.25$ cm，所以回复力 $F=-kx=-5$ N，方向指向 x 轴负方向，故 A 错误；过 A 点作图线的切线，切线斜率为正值，即振子在 A 点的速度方向指向 x 轴的正方向，故 B 正确；振子的振动周期 $T=2$ s，在 0～4 s 完成两次全振动，故 C 错误；同理在 0～4 s 振子的位移为零，又 $A=0.5$ cm，所以在这段时间内振子通过的路程为 $s=2\times4\times0.5$ cm$=4$ cm，故 D 错误。

5.B　**解析**：由题图可知，在 $t=0.1$ s 时，质点位于平衡位置，$t=0.15$ s 时，质点到达负向最大位移处，因此在 0.1～0.15 s 这段时间，质点由平衡位置向负向最大位移处运动，其位移为负值，且数值增大，速度逐渐减小，而加速度逐渐增大，为加速度逐渐增大的减速运动，故加速度方向与速度方向相反，因此 B 选项正确。

6.B　**解析**：设质点在 A、A' 间运动，O 为平衡位置，$t_{Aa}=t_1$，$t_{aO}=t_2$，如图所示。



情形 1，计时时刻质点从 a 点沿 x 轴正方向运动，

则 $2t_2=0.2$ s，　①

$2t_1+2t_2=0.4$ s，　②

又因为 $T=4(t_1+t_2)$，　③

$f=\frac{1}{T}$，　④

由①②③④得 $f=1.25$ Hz。

情形 2，计时时刻质点从 a 点沿 x 轴负方向运动，则 $4t_1+2t_2=0.2$ s，而 $2t_2=0.4$ s，显然这种情形不成立。

7.A　**解析**：在经过时间 T 的过程中，振子回到原位置，此时通过的路程为 $4A$，则平均速率 $\overline{v}=\frac{4A}{T}$，选项 A 正确；若振子经过 $\frac{T}{16}$ 到达平衡位置，则再经过 $\frac{T}{16}$ 时的速度与 P 点位置相同，选项 B 错误；因为 P 与 O、B、C 三点均不重合，可知在经过时间 $\frac{T}{4}$ 的过程中，振子的路程可能大于 A，也可能小于 A，但不可能等于 A，选项 C 错误；经过 $\frac{T}{2}$ 时，振子运动到与 P 点对称的位置，则此时弹簧的伸长量不同，但弹性势能相同，选项 D 错误。

8.CD　**解析**：根据回复力公式 $F=-kx$ 可知，位移最大时，回复力最大；根据 $a=\frac{F}{m}$ 可得，回复力最大时，加速度最大；加速度最大时，速度为零；速度最大时，位移、回复力、加速度均为零。故选项 C、D 正确。

9.BD　**解析**：弹簧振子在把手的作用下做受迫振动，因此振动周期等于驱动力的周期，等于 T_2，故 A 错误，B 正确；驱动力的周期与弹簧振子的固有周期越接近，振幅越大，由于 $T_2>T_1$，欲使振幅增大，应使 T_2 减小，即转速应增大，故 C 错误，D 正确。

10.ABD　**解析**：$t=\frac{1}{4}T$ 时，振子具有正向的最大速度，则 $t=0$ 时，振子应处于负向最大位移处，此时，回复力和加速度正向最大，故选项 C 错误，A、B、D 正确。

11.解析：(1)实验中应选用长 1 m 左右、不能发生形变的细线，小球选用体积小、质量大的金属球，另外还需要停表、米尺、铁架台，故 B 正确。

(2)摆球经过最低点位置时的速度最大，在相等的距离误差上引起的时间误差最小，测得的周期误差最小，所以为了减小测量周期的误差，应在摆球经过最低点的位置时开始计时。由题分析可知，单摆全振动的次数 $N=\frac{n-1}{2}=27$，则周期 $T=\frac{t}{27}$。

答案:(1)B　(2)低　$\frac{t}{27}$

12.解析:(1)摆长应为摆线长与结点 M 到石块重心的距离之和,B 错误;为了减小误差,应从石块到达最低点时开始计时,D 错误;测得数据后,应先计算 g 的值,再求平均值,F 错误。

(2)用 OM 的长作为摆长,摆长偏小,根据 $g=\frac{4\pi^2}{T^2}l$ 可知,g 值偏小。

(3)可采用图像法,以 T^2 为纵轴、l 为横轴,作出多次测量得到的 T^2-l 图线,求出图线斜率 k,再由 $k=\frac{4\pi^2}{g}$ 得 $g=\frac{4\pi^2}{k}$。k 值不受悬点不确定因素的影响,因此可以解决摆长无法准确测量的困难。

答案:(1)BDF　(2)偏小　(3)见解析

13.解析:此题等效于用 $F=m_Bg$ 的力拉 A 使弹簧伸长 15 cm 后释放,则释放时 A 的加速度最大,此时 A 受到的合力与 F 等大、反向,则 $a_{max}=\frac{F}{m_A}=\frac{m_Bg}{m_A}=\frac{0.5\times10}{0.1}$ m/s^2=50 m/s^2。振子的平衡位置是不用 F 拉时 A 静止的位置。设弹簧的劲度系数为 k,A、B 静止时,弹簧伸长量为 15 cm,由平衡条件得$(m_A+m_B)g=k\cdot x'$,解得 $k=$40 N/m。没有 B 且 A 平衡时,弹簧伸长量 $x=\frac{m_Ag}{k}=$2.5 cm,则振子的振幅 $A=(x'-x)$ cm=12.5 cm。

答案:50 m/s^2　12.5 cm

14.解析:(1)由题图知,弹簧振子的振动周期为 $T=4$ s,则 $\omega=\frac{2\pi}{T}=0.5\pi$ rad/s,振幅 $A=5$ cm,初相 $\varphi=0$,故该振子简谐运动的表达式为 $x=A\sin\omega t=5\sin(0.5\pi t)$ cm。

(2)在 0~4 s,$t=3$ s 时,位移 x 为负向最大,根据 $a=-\frac{kx}{m}$ 知,振子的加速度为正向最大。$t=1$ s 时刻和 $t=3$ s 时刻,位移最大,弹性势能最大。

(3)因 $n=\frac{t}{T}=\frac{100\text{ s}}{4\text{ s}}=25$,而振子在一个周期内通过的路程是 $4A$,所以振子在前 100 s 的总路程是 $s=25\times4A=100\times5$ cm=500 cm=5 m。

答案:(1)$x=5\sin(0.5\pi t)$ cm　(2)3 s　1 s 和 3 s　(3)5 m

15.解析:放物体前最大回复力大小 $F=kA$,振动的最大机械能为 $\frac{1}{2}Mv_0^2$。

(1)放物体后,假设一起振动,则可能产生的最大加速度为 $a=\frac{kA}{M+m}$,对物体来说,所需回复力是由振子对它的摩擦力提供的,刚放时,所需的摩擦力最大,最大静摩擦力为 μmg,

当 $\mu mg\geqslant ma$ 时一起振动,所以

$\mu\geqslant\frac{a}{g}=\frac{kA}{(M+m)g}$,

即动摩擦因数 μ 至少为 $\frac{kA}{(M+m)g}$。

(2)由于物体于最大位移处被放在振子上,放上后没有改变振动系统的机械能,振动中机械能守恒,经过平衡位置时,弹簧为原长,弹性势能为零,有

$\frac{1}{2}(M+m)v^2=\frac{1}{2}Mv_0^2$,

解得 $v=v_0\sqrt{\frac{M}{M+m}}$,

物体和振子在最大位移处动能为零,势能最大,这个势能与没放物体前相同,所以弹簧的最大形变量是相同的,即振幅仍为 A。

答案:(1)$\frac{kA}{(M+m)g}$　(2)$v_0\sqrt{\frac{M}{M+m}}$　A

章末质量评估(三)

1.B

2.D　**解析**:敲响一个音叉,另一个完全相同的音叉也响起来,这种现象是共振现象,故 A 错误;挂在同一个水平绳上的几个单摆,当其中一个振动后,另外几个也跟着一起振动,这种现象是受迫振动,故 B 错误;打雷时,经常听到雷声轰鸣不绝,这是雷声经过多次反射造成的,故 C 错误;水波向前传播时,遇到凸出水面的小树枝能不受影响地继续向前传播,属于波的衍射现象,故 D 正确。

3.C　**解析**:同一波中各质点的振动情况有先后之分,故 A 错误;由于波动过程中各质点的起振方向相同,横波向前传播时在最前面的要么是波峰要么是波谷,不会发生变化,故 B 错误;简谐波的周期等于每个质点振动的周期,故 C 正确;波向前传播时速度大小是一定的,故 D 错误。

4.C　**解析**:由题图知 $\lambda=8$ cm,所以 $T=\frac{\lambda}{v}=0.4$ s,$f=\frac{1}{T}=2.5$ Hz,A 错误;若 a 先于 b 回到平衡位置,则 a、b 向下振动,波向 x 轴负方向传播,B 错误;由 $F=-kx$ 可知,C 正确;0.5 s$=\frac{5}{4}T$,c 通过的路程为 75 cm,但因传播方向不确定,a、b 通过的路程不能确定,D 错误。

5.C　**解析**:由波形图知 $\lambda=0.4$ m,又由 $v=1$ m/s 可得 $T=0.4$ s;P 点在 $t=0$ 时刻沿 y 轴负方向振动,由“同侧法”可知,此列波沿 x 轴负方向传播。对 Q 点,波向 x 轴负方向传播,由“同侧法”可知此时刻 Q 点向 y 轴正方向振动,当 $t=0.1$ s 时,到达波峰,速度为零,加速度最大且沿 y 轴负方向,A、B 错误,C 正确;当 $t=0.3$ s 时,Q 点到达波谷,加速度最大且沿 y 轴正方向,D 错误。

6.C　**解析**:由题图可知 $\lambda=1.2$ m,由于 $v=\frac{\lambda}{T}$,得 $T=\frac{\lambda}{v}=\frac{1.2}{2.4}$ s=0.5 s。从 $t=0$ 到 $t=1$ s,质点完成两次全振动,则通过的路程 $s=2\times4A=2\times4\times2$ cm=0.16 m。

7.A　**解析**:根据题意知,$\lambda>3$ m,故 $\frac{3}{4}\lambda=x_2-x_1=3$ m,

$\lambda=4$ m，C 项错误；由 $\frac{1}{4}T+nT=1$ s 得 $T=\frac{4}{4n+1}$ s（$n=0,1,2,3\cdots$），由 $v=\frac{\lambda}{T}$ 知，D 项错误；1 s 末 A 点在正向最大位移处，B 点在平衡位置，位移不相等，B 项错误；2 s 末 A 点在平衡位置，B 点在最低点，A 项正确。

8.BD　**解析**：A 处没有振动说明不能发生明显的衍射现象，要发生明显的衍射现象，必须减小狭缝的宽度或增大波长，所以 C 错误；要想增大波长，由 $v=\lambda f$ 知，当 f 减小时，λ 增大，所以 B 正确，A 错误；发生衍射前后，波速、波长都是不变的，所以 D 正确。

9.BD　**解析**：质点 P 开始振动时的方向沿 y 轴负方向，则波源开始振动时的方向也沿 y 轴负方向，选项 A 错误，B 正确；此后一个周期内，质点 P 通过的路程为 4 个振幅，即 4×5 cm$=20$ cm，选项 C 错误；这列波的波长为 8 cm，波速 $v=\frac{\lambda}{T}=4$ m/s，选项 D 正确。

10.BD　**解析**：由题意可知，a、b 间的距离为半波长的奇数倍，即 $x_{ab}=(2n+1)\frac{\lambda}{2}(n=0,1,2\cdots)$，解得 $\lambda=\frac{2x_{ab}}{2n+1}=\frac{0.3}{2n+1}$ m$(n=0,1,2\cdots)$。当 $n=0$ 时，$\lambda=0.3$ m，选项 B 正确；当 $n=1$ 时，$\lambda=0.1$ m，选项 D 正确；波长不可能等于 0.6 m 和 0.2 m，选项 A、C 错误。

11.解析：(1)从波形图看，相邻波峰 $x=1$ m、$x=3$ m 的间距 $\lambda=2$ m，

所有波峰位置通式：

$x_p=1\text{ m}+n\lambda(n=0,1,2,3,\cdots)$

要求 $10\text{ m}<x_p<14$ m，即 $10\text{ m}<1\text{ m}+n\lambda<14$ m，

可得 $9<2n<13$，

解得 $4.5<n<6.5$，

所以整数 $n=5$ 或 $n=6$，

当 $n=5$ 时，代入数据解得 $x_p=11$ m，

当 $n=6$ 时，代入数据解得 $x_p=13$ m，

故 x_p 可取 11 m 和 13 m。

(2)由题图可得振幅 $A=1$ cm，一个完整周期内质点的路程 $s_0=4A=4$ cm，

原点处质点在 0～1 s 的总路程 $s=5\text{ cm}=5A$，$t=0$ 时刻原点处质点处于波谷位置，经 $\frac{T}{4}$ 到达平衡位置（路程 A），再经 T 回到平衡位置完成一周路程 $4A$，所以总振动时长

$1\text{ s}=T+\frac{T}{4}=\frac{5T}{4}$，

解得周期 $T=\frac{4}{5}$ s$=0.8$ s，

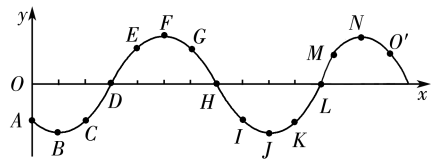
则波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{2}{0.8}$ m/s$=2.5$ m/s。

答案：(1)2 m　11 m 和 13 m　(2)0.8 s　2.5 m/s

12.解析：(1)绳子形成的波是横波，因为质点振动方向与波的传播方向垂直。由题意知，波的周期 $T=0.4$ s，波长为 $\lambda=4$ m，所以波速 $v=\frac{\lambda}{T}=10$ m/s。

(2)从 A 点开始振动，设 J 点开始起振时经过时间 t_1，则 $t_1=\frac{x_{AJ}}{v}=\frac{4.5}{10}$ s$=0.45$ s，设 J 点向上起振后经时间 t_2 第一次到达负向最大位移处，则 $t_2=\frac{3}{4}T=0.3$ s，所以 $t=t_1+t_2=0.75$ s。

(3)波形如图所示。



答案：(1)横波　质点振动方向与波的传播方向垂直　10 m/s　(2)0.75 s　(3)见解析图

13.解析：(1)由题意知 $T=1$ s，

又 $v=\frac{0.4}{2}$ m/s$=0.2$ m/s，

则 $\lambda=vT=0.2$ m。

(2)两列波到 P 点的路程差为半个波长，又波源的振动相位差为 π，即振动方向相反，故 P 点为加强点，则 P 点合振动的振幅 $A=0.2$ cm。

答案：(1)0.2 m　(2)0.2 cm

14.解析：(1)由题图可知该波的波长 $\lambda=4$ m，P 处质点与最近波峰的水平距离为 3 m，距离下一个波峰的水平距离 $s=4\text{ m}+3\text{ m}=7$ m，

所以 $v=\frac{s}{t}=10$ m/s。

(2)Q 处质点与最近波峰的水平距离为 11 m，故 Q 处质点第一次振动至波峰的时间 $t_1=\frac{s_1}{v}=1.1$ s。

(3)该波中各质点振动的周期 $T=\frac{\lambda}{v}=0.4$ s，

波传播到 P 处质点用时 $t'=\frac{s'}{v}=\frac{2}{10}$ s$=0.2$ s，

当 Q 处质点第一次振动至波峰时，P 处质点振动了 $t_2=t_1-t'=0.9$ s，

则 $t_2=2T+\frac{1}{4}T=\frac{9T}{4}$，

质点每振动 $\frac{T}{4}$ 通过的路程为 10 cm，

当 Q 处质点第一次振动至波峰时，P 处质点通过的路程 $s''=0.9$ m。

答案：(1)10 m/s　(2)1.1 s　(3)0.9 m

15.解析：(1)从波形图可知振幅 $A=16$ cm，波长 $\lambda=2.0$ m。

(2)已知波沿 x 轴负方向传播，$t=0$ 到 $t=0.25$ s，由波形图可知传播时间为 $\Delta t=\frac{1}{4}T+nT(n=0,1,2\cdots)$，

可得 $T=\frac{4\Delta t}{1+4n}(n=0,1,2\cdots)$，

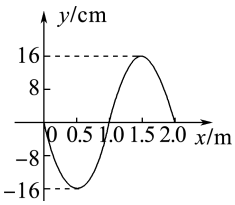
由周期 $T>0.25$ s，可知 n 只能取 0，

对应时间 $\Delta t=0.25\ \text{s}=\frac{T}{4}$，

解得 $T=4\times0.25\ \text{s}=1.0\ \text{s}$，

波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{2.0}{1.0}\ \text{m/s}=2.0\ \text{m/s}$。

(3)$t=0.5\ \text{s}=\frac{T}{2}$，波形图像为题图(b)中实线向$-x$方向平移$\frac{\lambda}{2}=1.0$ m，波形图像如图所示：



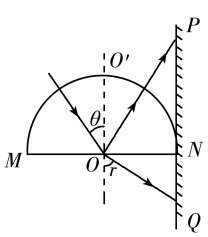
答案：(1)2.0 m　16 cm　(2)1.0 s　2.0 m/s　(3)见解析图

章末质量评估(四)

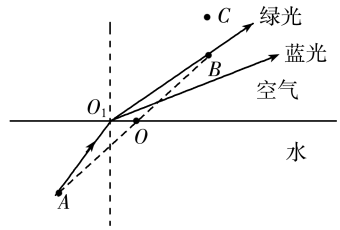
1.B　**解析**：白炽灯的光通过两个透振方向平行的偏振片 P、Q 照到光屏上，不能说明白炽灯的光是纵波，A 错误；当白炽灯光经偏振片 P 后就成为偏振光，又经与 P 平行的偏振片 Q 照到光屏上，所以偏振片 Q 起到检偏的作用，B 正确；光束Ⅱ中的光是经偏振片 P 透射来的，所以光束Ⅱ中光振动方向与透振方向平行，C 错误；将偏振片 P 以光的传播方向为轴转过 45°，光束Ⅲ将会减弱，D 错误。故选 B。

2.B　**解析**：偏振光沿各个方向振动的光波的强度不相同，故 A 错误；自然光在水面反射时，反射光和折射光都是一定程度的偏振光，故 B 正确；彩虹是由于光发生折射形成的，属于光的色散，故 C 错误；照相机的增透膜使得反射光发生干涉从而使其减弱，所以反射光的光程差等于光在增透膜中波长的$\frac{1}{2}$，则增透膜厚度通常为绿光在增透膜中波长的$\frac{1}{4}$，是光的干涉现象，故 D 错误。

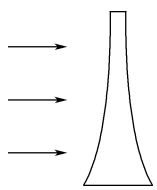
3.C　**解析**：画出如图所示光路图，设折射角为 r，根据折射定律 $n=\frac{\sin r}{\sin\theta}$，则 $\sin r=n\sin\theta=\sqrt{3}\times\sin 30°=\frac{\sqrt{3}}{2}$，解得 $r=60°$，根据几何关系，两个光斑之间的距离 $L=PN+NQ=R\tan 60°+R\tan 30°=10\sqrt{3}\ \text{cm}+10\times\frac{\sqrt{3}}{3}\ \text{cm}=\frac{40}{3}\sqrt{3}\ \text{cm}$，故 C 正确，A、B、D 错误。



4.D　**解析**：光由水中斜射入空气时折射角大于入射角，光路图大致如图所示，可以看出 O_1 点在 O 点的左侧，故 A 错误；绿光从水中射入空气中时传播速度增大，频率不变，由 $v=\lambda f$ 知，波长变大，故 B 错误；若沿 AO_1 方向射出一束蓝光，水对蓝光的折射率大于对绿光的折射率，射出水中时的折射角较大，则蓝光的折射光线经过 B 点下方，不可能经过 B 点正上方的 C 点，故 C 错误；光由光密介质(水)射入光疏介质(空气)时，当入射角增大到一定的值会发生全反射，则在空气中的任何位置都看不到绿光，故 D 正确。



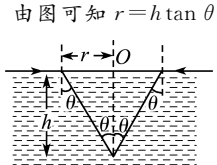
5.A　**解析**：肥皂膜有前、后两个表面，光线分别在膜的前表面、后表面反射，两束反射光发生薄膜干涉，不是衍射，在重力作用下，肥皂液向下流动，如图所示：



膜上部薄、下部厚，并且从上到下，膜的厚度增加得越来越快(厚度梯度变大)。光从左侧照射肥皂膜，任意两相邻亮条纹处对应的薄膜厚度之差是$\frac{\lambda}{2}$，由于薄膜不是均匀增厚的，从上到下薄膜增厚得越来越快，故明暗相间的条纹不是等间距的，而是上疏下密，故选 A。

6.D　**解析**：在真空中，不同颜色的光传播的速度都相同，即 $v_1=v_2$，故选项 A 错误；两束光折射后相交于题图中的 P 点，可知 2 光偏折程度大，则 1 光的折射率小于 2 光的折射率，所以 $n_1<n_2$，故选项 B 错误；1 光的折射率小于 2 光的折射率，根据 $v=\frac{c}{n}$ 知，1 光在棱镜中传播的速度大于 2 光的传播速度，两束光在棱镜中传播的距离相等，则 1 光通过棱镜的时间小于 2 光通过棱镜的时间，即 $t_1<t_2$，故选项 C 错误；根据 $\sin C=\frac{1}{n}$，可知 1 光发生全反射的临界角大于 2 光发生全反射的临界角，即 $\theta_1>\theta_2$，故选项 D 正确。

7.A　**解析**：如图所示，最远处的景物进入眼睛的光线几乎是紧贴水面的，其入射角接近 90°，折射角为 θ。因此，人看到的景物呈现在人眼上方以 O 点为圆心、r 为半径的圆形水面区域内。由图可知 $r=h\tan\theta$。



8.CD　**解析**：用透明的标准平面样板检查光学平面的平整程度是利用光的干涉现象，故 A 错误；用三棱镜观察白

光看到的彩色图样是利用光的色散现象，故B错误；在光导纤维束内传送图像是利用光的全反射现象，故C正确；光学镜头上的增透膜是利用光的薄膜干涉现象，D正确。

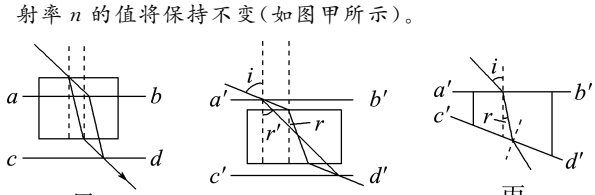
9.AC　**解析**：两光束的入射角 i 相同，折射角 $r_a<r_b$，根据折射定律得知折射率 $n_a<n_b$，故A正确；光在真空中的传播速度都为光速 c，故B错误；由公式 $v=\frac{c}{n}$ 可知，在水中 a 光的速度比 b 光的速度大，故C正确；由 $\sin C=\frac{1}{n}$ 可知，a 光的临界角较大，b 光的临界角较小，入射光 SP 与水面夹角 θ 不断减小，入射角不断增大，则 b 光先发生全反射，故D错误。

10.BC　**解析**：由题知现有波长为 λ 的光从入口1入射，所以只需对所有路径到达出口3、4位置的光进行分析即可。路径1(A 上 B 上)：全程同侧出口，额外光程为0，到达出口3；路径2(A 下 B 上)：两次都是异侧出口，额外光程为 $\frac{\lambda}{4}+\frac{\lambda}{4}=\frac{\lambda}{2}$，到达出口3；路径3($A$ 上 B 下)：先是同侧出口，再是异侧出口，额外光程为 $\frac{\lambda}{4}$，到达出口4；路径4(A 下 B 下)：先是异侧出口，再是同侧出口，额外光程为 $\frac{\lambda}{4}$，到达出口4。综上，到达出口3的光(路径1、3)的光程差为 $\frac{\lambda}{2}-0=\frac{\lambda}{2}$，为半波长的1倍，所以该点为减弱点；到达出口4的光(路径2、4)的光程差为 $\frac{\lambda}{4}-\frac{\lambda}{4}=0$，无相位差，所以该点为加强点。故A、D错误，B、C正确。

11.解析：由题图知，固定刻度读数为1.5 mm，可动刻度读数为 11.3×0.01 mm$=0.113$ mm，所以读数为1.5 mm+0.113 mm$=1.613$ mm，由 $\frac{\Delta x}{5}=\frac{l}{d}\lambda$ 得光波的波长 $\lambda=\frac{d\Delta x}{5l}=\frac{0.20\times10^{-3}\times11.550\times10^{-3}}{5\times0.70}$ m$=6.6\times10^{-7}$ m。

答案：1.613(1.612～1.614均对)　$\frac{d\Delta x}{5l}$　6.6×10^{-7}

12.解析：(1)甲同学在画好玻璃砖的两条界面线 ab、cd 以后，在做插针观察实验时把玻璃砖向上平移了一小段距离，但是 ab、cd 之间的距离和被测玻璃砖两个侧面的距离相等，所以入射光线和出射光线的方向没有改变，使得画出的在玻璃砖内的折射光线的方向也没有改变，得到的入射角和折射角的大小不变，因此测得的玻璃的折射率 n 的值将保持不变(如图甲所示)。



(2)图乙画的两条界面线 $a'b'$ 和 $c'd'$ 之间的距离大于实际玻璃砖两个侧面之间的距离，使画出的入射点向左移，而光线从玻璃砖射出的点向右偏移，使画出的折射角 r' 比实际的折射角 r 大(如图乙所示)。由折射定律 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ 算得的玻璃的折射率将偏小。

(3)丙同学所用玻璃砖两侧面不平行，由实验得到的入射光线和出射光线也不平行，只要实验操作和作图都没有错误，同样能画出折射光线，确定入射角和折射角(如图丙所示)，测得的玻璃的折射率 n 值也不会有偏差。

答案：(1)不变　(2)偏小　(3)不变

13.解析：(1)设1光在空气中的波长为 λ_1，在介质中波长为 λ_2，由 $n=\frac{c}{v}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$，得

$\lambda_1=n\lambda_2=1.5\times4\times10^{-7}$ m$=6\times10^{-7}$ m，

根据路程差 $\Delta r=2.1\times10^{-6}$ m，

所以 $N_1=\frac{\Delta r}{\lambda_1}=\frac{2.1\times10^{-6}}{6\times10^{-7}}=3.5$，

由此可知，从 S_1 和 S_2 到 P 点的路程差是波长 λ_1 的3.5倍，所以 P 点为暗条纹。

(2)根据临界角与折射率的关系 $\sin C=\frac{1}{n}$ 得

$n=\frac{1}{\sin37^\circ}=\frac{5}{3}$，

由此可知，2光在空气中波长

$\lambda_3=n\lambda_{介}=\frac{5}{3}\times3.15\times10^{-7}$ m$=5.25\times10^{-7}$ m，

路程差 Δr 和波长 λ_3 的关系为

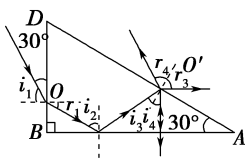
$N_2=\frac{\Delta r}{\lambda_3}=\frac{2.1\times10^{-6}}{5.25\times10^{-7}}=4$，

可见，用2光作光源，P 点为亮条纹。

(3)若让1光和2光分别照射 S_1 和 S_2，这时既不能发生干涉，也不发生衍射，此时在光屏上只能观察到亮光。

答案：(1)暗条纹　(2)亮条纹　(3)见解析

14.解析：如图所示，光从 O 点射入，折射角为 r_1，



由 $\frac{\sin i_1}{\sin r_1}=n$，

$\sin C=\frac{1}{n}$，

解得 $r_1=30^\circ$，$\sin C=\frac{\sqrt{3}}{3}$，则 $C<45^\circ$

$i_2=90^\circ-r_1=60^\circ>C$，故光在 AB 面发生全反射，

光在 AD 面发生折射，$i_3=30^\circ$，

由 $\frac{\sin r_3}{\sin i_3}=n$，

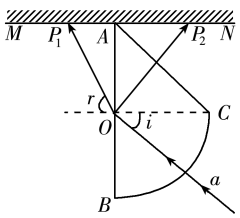
解得 $r_3=60^\circ$，光经 AD 面反射后，垂直射向 AB 面，再次反射，之后光在 AD 面再次折射，有 $i_4=i_3$，由对称性知 $r_4=r_3=60^\circ$。

答案：一条光线射出方向与 $O'A$ 夹角为30°，另一条光

线射出方向与 $O'D$ 夹角为 30°

15.解析：(1)设红光和紫光的临界角分别为 C_1、C_2，$\sin C_1=\frac{1}{n_1}=\frac{\sqrt{3}}{2}$，解得 $C_1=60°$，同理 $C_2=45°$，$i=45°=C_2$，$i=45°<C_1$，所以紫光在 AB 分界面上发生全反射，而红光在 AB 分界面上一部分发生折射，一部分发生反射，且由几何关系可知，反射光线与 AC 垂直，所以在 AM 处产生的亮斑为红色，在 AN 处产生的亮斑为红色与紫色的混合色。

(2)画出光路图，设红光的折射角为 r，两个光斑分别在 P_1、P_2 处。根据折射定律有



$n_1=\frac{\sin r}{\sin i}$，

求得 $\sin r=\frac{\sqrt{6}}{3}$，

由几何知识可得

$\tan r=\frac{R}{AP_1}$，

解得 $AP_1=5\sqrt{2}$ cm，

由几何知识可得△OAP_2 为等腰直角三角形，解得

$AP_2=10$ cm，

所以 $P_1P_2=(5\sqrt{2}+10)$ cm。

答案：(1)在 AM 处产生的亮斑颜色为红色，在 AN 处产生的亮斑颜色为红色与紫色的混合色

(2)$(5\sqrt{2}+10)$ cm

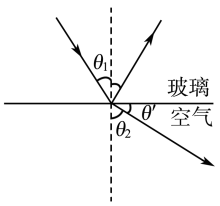
综合质量评估(一)

1.A　解析：衍射与干涉图样的区别是：前者是中间亮条纹，明亮宽大，越向两侧宽度越小，后者明暗条纹宽度相等，可知甲图是双缝干涉条纹，乙图是单缝衍射条纹；单色光照射小圆孔做衍射的实验时，中央较大的区域内是亮的，周围是明暗相间的圆环，条纹间距也不等，亮度向外逐渐变暗；而泊松亮斑的中间是一个比较小的亮点，亮度向外逐渐变亮，可知丙是小孔衍射，丁是小圆板“泊松亮斑”衍射，故 A 正确，B、C、D 错误。故选 A。

2.C　解析：炮弹炸裂过程发生在炮弹的速度恰好沿水平方向时，由于炮弹水平方向不受外力，所以在水平方向上动量守恒，设炮弹炸裂前瞬间的速度为 v，炸裂后 a、b 的速度分别为 v_a、v_b，由动量守恒定律有 $(m_a+m_b)v=m_av_a+m_bv_b$，由题意可知 $v_a<v$，故可得 v_b 的方向与 v 方向相同，且有 $v_b>v$，选项 A 错误；a、b 在水平方向飞行的同时，在竖直方向上做自由落体运动，即做平抛运动，落地时间由高度决定，选项 C 正确；由于水平飞行距离 $x=vt$，由上述可知 $v_a<v_b$，而落地时间又相等，所以 a 飞行的水平距离一定比 b 的小，选项 B 错误；由动量守恒定律可知，在炸裂过程中，a、b 动量的变化量大小一定相等，选项 D 错误。

3.A　解析：以向左为正方向，根据动量守恒得 $0=m_{甲}v-m_{乙}v+mv'$，代入数据解得 $v'=0.6$ m/s，方向向左。

4.A　解析：依题意作出光路图如图所示，折射角 $r=90°-\theta'=90°-i$，玻璃的折射率 $n=\frac{c}{v}=\frac{3\times10^8}{\sqrt{3}\times10^8}=\sqrt{3}$。由折射定律知



$n\sin i=\sin r=\sin(90°-i)=\cos i$，则 $\tan i=\frac{1}{n}=\frac{\sqrt{3}}{3}$，得 $i=30°$，故选项 A 正确。

5.A　解析：根据双缝干涉条纹间距公式 $\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$ 可知，当 P_2 旋转时，L、d、λ 均不变，故条纹间距 Δx 不变，但随着 P_2 的旋转，P_1 和 P_2 的透光方向夹角逐渐增大，则透过 P_2 的光强在减弱，因此干涉条纹的亮度也在减弱，故选 A。

6.D　解析：题图中，要使光线可在 OP 边发生全反射，光线在 OP 边上的入射角 $(90°-\theta)$ 应大于 $90°-r$。从 OP 边上反射到 OQ 边的光线，入射角 $[90°-(180°-3\theta)]$ 大于 $90°-(180°-3i)=3i-90°$ 时，可使光线在 OQ 边上发生全反射。若 $\theta>r$，光线不能在 OP 边上发生全反射；若 $\theta<i$，光线不能在 OQ 边上发生全反射。综上所述，选项 D 正确。

7.B　解析：当观察者与波源有相对运动(接近或远离)时，观察者测得的频率有变化，如果波源的频率不变，当观察者与波源尽管有相对运动，但距离不变时，如圆周运动，也不会出现多普勒效应，B 选项正确。

8.AC　解析：由题图可知，单摆摆到最低点时悬线上拉力最大，因此 $t=0.2$ s 时摆球正经过最低点，$t=1.1$ s 时摆球不在最低点，A 正确，B 错误；由于单摆在最低点时悬线上的拉力逐渐减小，因此摆球速度减小，机械能减小，C 正确；摆球摆动的周期是 $T=2\times(0.8-0.2)$ s$=1.2$ s，D 错误。

9.AC　解析：光线在有机玻璃与空气膜的界面发生全反射，临界角 $C\leqslant\beta$，根据全反射临界角公式 $\sin C=\frac{1}{n}$，由

于 $C\leqslant\beta$，则 $\sin C\leqslant\sin\beta$，即 $n\geqslant\frac{1}{\sin\beta}$，故 A 正确；同理可得 $n\geqslant\frac{1}{\sin\alpha}$，根据光在介质中的速度 $v=\frac{c}{n}$，可得 $v\leqslant c\sin\alpha$，故 B 错误；当有机玻璃的折射率大于油的折射率，光从光密介质进入光疏介质，折射角大于入射角，符合题图中的光路，故 C 正确；在 R 处注入同种油滴，光线在有机玻璃与油的界面处的入射角与 Q 处类似，同样满足折射条件，因此光线会从 R 处进入乙，故 D 错误。

10.BC　**解析：**因水平面光滑且 F_1、F_2 等大反向，故甲、乙两小车及弹簧组成的系统所受合外力为零，系统动量守恒，故 A 错误；在整个过程中，水平恒力一直对系统做正功，小车速度减为零时，弹簧伸长最长，系统的机械能最大，故 B 正确；由 $E_k=\frac{p^2}{2m}$ 及 $p_甲=p_乙$、$m_1>m_2$ 得 $E_{k甲}<E_{k乙}$，故 C 正确；在恒力作用下，甲、乙开始先做加速运动，弹簧伸长，弹簧弹力变大，然后两小车再做加速度减小的加速运动，当弹簧弹力等于恒力时小车速度达到最大，之后弹簧弹力大于恒力，两小车做减速运动，直到速度为零时，弹簧伸长量达最大，此时弹簧弹力大于恒力 F_1、F_2 的大小，故 D 错误。

11.解析：(1)根据几何知识得，入射角的正弦 $\sin i=\frac{AB}{BO}$，折射角的正弦 $\sin r=\frac{CD}{OC}$，又 $BO=OC$，则折射率为 $n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{l_1}{l_3}$，故需要测量的量有 l_1 和 l_3。

(2)该同学在插大头针 P_3 前不小心将玻璃砖以 O 为圆心顺时针转过一个小角度，折射光线将顺时针转动，而作图时仍以 MN 为边界，AD 为法线，与实际光线相比，入射角偏大，折射角不变，由折射率公式 $n_{12}=\frac{\sin i}{\sin r}$ 可知，测得玻璃砖的折射率将偏大。

答案：(1)l_1 和 l_3　$\frac{l_1}{l_3}$　(2)偏大

12.解析：(1)双缝干涉实验是让单色线光源通过双缝在光屏上形成干涉图样，所以元件安装在光具座上的正确顺序是 AFBDEC。

(2)根据 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 知，条纹间距与波长成正比，故红光的条纹间距大于绿光的条纹间距。

(3)滤光片的作用是获取单色光，单缝的作用是提供线状光源，双缝的作用是提供相干光源。

答案：(1)AFBDEC　(2)大于　(3)获得单色光　形成线光源　形成相干光源

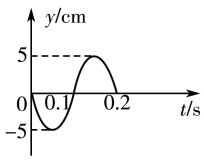
13.解析：(1)由题意知，图示时刻 d 质点向下振动，所以波沿 x 轴正方向传播。

周期 $T=4\times0.05\ \text{s}=0.2\ \text{s}$，

波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{4}{0.2}\ \text{m/s}=20\ \text{m/s}$。

(2)$\Delta t=1.5\ \text{s}=7.5T$，故在此时间内 a 质点通过的路程为 $7.5\times4A=30A=150\ \text{cm}=1.5\ \text{m}$。

(3)图示时刻 $x=3\ \text{m}$ 处的质点位于平衡位置且向下振动，则从图示时刻起 $x=3\ \text{m}$ 处质点的振动图像如图所示。



答案：(1)沿 x 轴正方向传播　20 m/s　(2)1.5 m　(3)见解析图

14.解析：(1)因黄光频率小于紫光频率，同种介质对黄光折射率小于紫光折射率，根据 $\sin C=\frac{1}{n}$，则 $C_{紫}<C_{黄}=45°$，故紫光从 a 点垂直射入，能在棱镜中发生全反射现象。

(2)由几何关系可得，设黄光 a 到 b 用时为 t_1，b 到 c 用时为 t_2，则

$$t_1=\frac{\frac{\sqrt{2}}{2}L_1}{\frac{c}{n}}=\frac{2\sqrt{2}\times10^{-2}}{3\times\frac{10^8}{\sqrt{2}}}\ \text{s}=\frac{4}{3}\times10^{-10}\ \text{s},$$

$$t_2=\frac{L_2}{c}=\frac{13\times10^{-2}}{3\times10^8}\ \text{s}=\frac{13}{3}\times10^{-10}\ \text{s},$$

故 $t=2t_1+t_2=7\times10^{-10}\ \text{s}$。

答案：(1)能在棱镜中发生全反射现象　(2)7×10^{-10} s

15.解析：(1)设 A 在圆弧轨道上滑到最低点的速度为 v_1，由动能定理有 $m_2gr=\frac{1}{2}m_2{v_1}^2$，

设此时 A 受到的支持力为 F_N，有 $F_N-m_2g=m_2\frac{{v_1}^2}{r}$，解得 $F_N=1\ 500\ \text{N}$，

由牛顿第三定律得 A 对轨道的压力大小为 1 500 N，方向竖直向下。

(2)设 A、B 在一起时速度为 v_2，A、B、C 三者共同运动的速度为 v_3，选取水平向右为正方向。

以 AB 为系统，根据动量守恒定律有

$m_2v_1=(m_1+m_2)v_2$，

以 ABC 为系统，根据动量守恒定律有

$m_2v_1=(m_1+m_2+M)v_3$，

AB 在 C 上滑动的过程中，设产生的热量为 Q，由能量守恒得 $Q=\frac{1}{2}(m_1+m_2)v_2{}^2-\frac{1}{2}(m_1+m_2+M)v_3{}^2$，

解得 $Q=750$ J。

①当 AB 没有滑进光滑段，相对小车的路程为 $s_1=1$ m，由功能关系得 $Q=\mu_1(m_1+m_2)gs_1$，

解得 $\mu_1=0.75$。

②当 AB 滑进光滑段又反弹回到粗糙段，相对小车的路程为 $s_2=3$ m，由功能关系得

$Q=\mu_2(m_1+m_2)gs_2$，解得 $\mu_2=0.25$。

即粗糙段的动摩擦因数有两种情况，0.75 或者 0.25。

答案：(1)1 500 N，方向竖直向下　(2)0.75 或者 0.25

综合质量评估(二)

1.B　**解析**：在时间 t 内与飞船碰撞并附着于飞船上微粒的总质量为 $M=vtSm$，由动量定理得 $Ft=Mv$，解得 $F=3.6$ N；根据牛顿第三定律，微粒对飞船的作用力为 3.6 N，要使飞船速度不变，根据平衡条件，飞船的牵引力应增加 3.6 N，故 B 正确。

2.C　**解析**：机械波的能量是由振幅决定的，声波在空气中的传播速度都相同，故 A、B 项错误；由 $v=\lambda f$ 知，v 一定，f 越小，λ 越大，则频率低的声波波长较长，易发生明显衍射，易在较远处被听到，故 C 项正确。

3.C　**解析**：根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，摆长之比为 1∶4，则周期之比为 1∶2，两球发生弹性碰撞，质量相等，根据动量守恒定律和能量守恒定律，两球相碰后交换速度，A 球运动两个周期，B 球运动了一个周期，在这段时间内两球相碰的次数为 3 次，故 C 正确。

4.D　**解析**：滑块和斜劈组成的系统，在水平方向上所受的合外力为 0，水平方向上动量守恒，根据动量守恒定律知，当滑块的速度沿斜劈向下达到最大时，斜劈向右的速度最大，此时滑块与斜劈开始分离，故 D 正确，A、B、C 错误。

5.D　**解析**：两列波的波速相同，波长不同，频率不同，两列波不能形成稳定的干涉图样，A、B 错误；任何两列波相遇都遵守波的叠加原理，C 错误，D 正确。

6.A　**解析**：根据折射定律得 $n=\frac{\sin(180°-127°)}{\sin 30°}=\frac{0.8}{0.5}=1.6$，则光在该有机玻璃圆柱中传播的速度为 $v=\frac{c}{n}=\frac{3\times10^8}{1.6}$ m/s $=1.875\times10^8$ m/s，故 A 正确，B 错误；根据 $\sin C=\frac{1}{n}$ 得，$\sin C=\frac{1}{1.6}=0.625$，可知 $C\neq37°$，故 C 错误；当光线与光导纤维平行时，传播的时间最短，则传播的时间 $t=\frac{L}{v}=\frac{nL}{c}=\frac{1.6\times3\times10^5}{3\times10^8}$ s $=1.6\times10^{-3}$ s，故 D 错误。

7.B　**解析**：将自行火炮车和炮弹看成一个系统，自行火炮车水平匀速行驶时，牵引力与阻力平衡，系统动量守恒，设向右为正方向，发射前系统的总动量为 m_0v_1，发射后系统的总动量为 $(m_0-m)v_2+m(v_0+v_2)$，由 $m_0v_1=(m_0-m)v_2+m(v_0+v_2)$，解得 $v_0=\frac{m_0(v_1-v_2)}{m}$，B 正确。

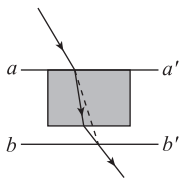
8.AC　**解析**：由题图可知，光盘对光束①的折射率大于对光束②的折射率，即 $n_1>n_2$，则光束①比光束②的频率大，选项 A 正确；由 $v=\frac{c}{n}$ 知，选项 B 错误；频率大的光束波长短，在单缝衍射、双缝干涉实验中的条纹宽度窄，选项 C 正确，D 错误。

9.ACD　**解析**：6 s 内质点传播的距离 $x=vt=12$ m，波恰好传到质点 d，A 项正确；由题意知，$\frac{3}{4}T=3$ s，周期 $T=4$ s，C 项正确；$t=3$ s 时刻，质点 c 刚开始向下振动，$t=5$ s 时刻，质点 c 刚好振动了 2 s，且刚好到达平衡位置，B 项错误；4～6 s 时间段质点 c 从最低点向最高点运动，D 项正确。

10.AD　**解析**：根据题意可知，初始时弹簧处于原长，释放后瞬间，弹簧形变量不变，弹力不发生突变，轻绳弹力发生突变，设释放后瞬间轻绳上的拉力大小为 T，对 Q、P 整体，由牛顿第二定律有 $2mg-mg=(m+2m)a$，对 Q，由牛顿第二定律有 $2mg-T=2ma$，联立解得 $a=\frac{1}{3}g$，$T=\frac{4}{3}mg$，故 A 正确，B 错误；根据题意，把物块 N、P、Q 看成整体，左边受向下的 $2mg$，右边也受向下的 $2mg$，整体合力为零，释放后 N 向下运动、P 向上运动、Q 向下运动，将 N 与 P、Q 整体的运动视作反冲运动，作用前有 $p=0$，作用后有 $p'=mv_N-(m+2m)v_{PQ}$，则根据动量守恒定律有 $p'=p$，所以 $mv_N=(m+2m)v_{PQ}$，则有 $mv_Nt=(m+2m)v_{PQ}t$，可得 $mx_N=(m+2m)x_{PQ}$，解得 $v_N=3v_{PQ}$，$x_N=3x_{PQ}$，设释放后 N 下降的最大距离为 $x_N=h$，则 $x_{PQ}=\frac{1}{3}h$，此时弹簧形变量为 $\Delta x_1=h+\frac{1}{3}h$，由能量守恒定律有 $mgh+2mg\cdot\frac{1}{3}h-mg\cdot\frac{1}{3}h=\frac{1}{2}k(\Delta x_1)^2$，解得 $h=\frac{3mg}{2k}$，当弹簧的弹力等于 N 的重力时，N 的速度最大，设释放后 N 的

最大速度为 $v_N=v_m$，则有 $v_{PQ}=\frac{1}{3}v_N=\frac{1}{3}v_m$，又有 $k\Delta x_2=mg$，解得 $\Delta x_2=\frac{mg}{k}$，又 $\Delta x_2=x'_N+x'_{PQ}$，$x'_N=3x'_{PQ}$，则有 $x'_N=\frac{3mg}{4k}$，$x'_{PQ}=\frac{mg}{4k}$，由能量守恒定律有 $mgx'_N+2mg\cdot x'_{PQ}-mg\cdot x'_{PQ}=\frac{1}{2}k(\Delta x_2)^2+\frac{1}{2}mv_m^2+\frac{1}{2}(m+2m)\left(\frac{1}{3}v_m\right)^2$，解得 $v_m=\frac{g}{2}\sqrt{\frac{3m}{k}}$，故 C 错误，D 正确。

11.解析：如图所示，A 同学在测定折射率时，作出的折射光线如图中虚线所示，实线表示实际光线，可见折射角偏大，则由折射定律 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ 可知，折射率 n 偏小。用题图乙测折射率时，只要操作正确，折射率的测量值与玻璃砖形状无关，故 B 同学测得的折射率与真实值相比相等。



答案：偏小　相等

12.解析：(1)A 球碰前做平抛运动的水平位移是题图甲中的 l_{OP}，B 球被碰后做平抛运动的水平位移是题图甲中的 l_{ON}。将 A 球落点用最小的圆包围，则圆心的位置为 A 球的平均落点，由题图乙可知落点的位置为 65.5 cm。

(2)本实验利用小球平抛运动规律验证动量守恒定律，只要小球 A 从同一点滑下即可，小球与轨道间的摩擦力对实验没有影响。

(3)入射小球的质量 m_A 不可以小于被碰小球的质量 m_B，否则 A 球碰后反弹，A 错误；在实验中不需要测量小球的下落高度，只要能保证高度相同即可，故 B 错误；入射小球每次必须从斜槽上的同一位置由静止释放，才能保证每次碰前 A 球的速度均相同，故 C 错误；斜槽末端的切线必须水平，小球放在斜槽末端时应能静止，故 D 正确。

(4)如果碰撞中动量守恒，则 $m_A\cdot l_{OP}=m_A\cdot l_{OM}+m_B\cdot l_{ON}$ 成立，移项后得 $m_A\cdot l_{MP}=m_B\cdot l_{ON}$，所以 A 正确。

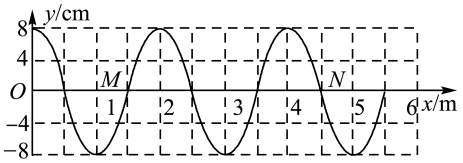
答案：(1)l_{OP}　l_{ON}　65.5(65.2～65.8 均可)　(2)不会　(3)D　(4)A

13.解析：(1)由波的传播特性和波的图像知，波长 $\lambda=2$ m，波从 $x=1$ m 传至 $x=4.5$ m 处的 N 质点需要的时间 $t=\frac{7}{4}T$，

此时 $x=4.5$ m 处的质点正向 y 轴负方向运动，

$x=4.5$ m 处的 N 质点恰好第一次沿 y 轴正方向通过平衡位置还需 $\frac{T}{2}$，因此 $\Delta t=\frac{9}{4}T=2.25$ s，

此时波形如图所示：



(2)由题图知，振幅 $A=8$ cm，

质点在一个周期内通过的路程为 $4A=32$ cm，

O 质点通过 88 cm 的路程共经过的时间为 $\frac{88\text{ cm}}{32\text{ cm}}T=\frac{11}{4}T$，

波从 $x=0$ 传至 $x=4.5$ m 处的 N 质点需要的时间 t_1 为 $\frac{9}{4}T$，

即 N 质点运动的时间为 $\frac{11}{4}T-\frac{9}{4}T=\frac{1}{2}T$，

所以 N 质点振动通过的总路程为 $2A=16$ cm。

答案：(1)2.25 s　见解析图　(2)16 cm

14.解析：(1)人起跳的竖直速度至少为

$v_y=\sqrt{2gh}=\sqrt{15.75}$ m/s，

因为人与滑板 A 的水平速度相同，所以

$v=\sqrt{v_0^2+v_y^2}=\sqrt{16}$ m/s$=4$ m/s。

(2)人跳起后 A 与 B 碰撞前后动量守恒，机械能守恒，设碰后 A 的速度为 v_1，B 的速度为 v_2，则

$m_Av_0=m_Av_1+m_Bv_2$，

$\frac{1}{2}m_Av_0^2=\frac{1}{2}m_Av_1^2+\frac{1}{2}m_Bv_2^2$，

解得 $v_1=-\frac{1}{6}$ m/s，$v_2=\frac{1}{3}$ m/s。

(3)人下落与 B 作用前后，水平方向上动量守恒，设共同速度为 v_3，$m_人v_0+m_Bv_2=(m_人+m_B)v_3$，

代入数据得 $v_3=\frac{7}{15}$ m/s。

答案：(1)$\sqrt{15.75}$ m/s　4 m/s　(2)$\frac{1}{6}$ m/s　$\frac{1}{3}$ m/s　(3)$\frac{7}{15}$ m/s

15.解析：设光线Ⅱ的入射角和折射角分别为 i 和 r，在 $\triangle bOd$ 中，

$bd=\sqrt{Od^2+Ob^2}=\sqrt{\left(\frac{1}{4}R\right)^2+R^2}=\frac{\sqrt{17}}{4}R$，

则 $\sin r=\frac{Od}{bd}=\frac{\sqrt{17}}{17}$，

由折射定律有 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，

即 $\sin i=\frac{\sqrt{17}}{17}n$，

又因为光线Ⅰ与光线Ⅱ平行，且在 O 点恰好发生全反射，有

$\sin i=\frac{1}{n}$，

所以有 $\frac{\sqrt{17}}{17}n=\frac{1}{n}$，

解得 $n=\sqrt[4]{17}$。

答案：$\sqrt[4]{17}$