



测量 声 光

日期:

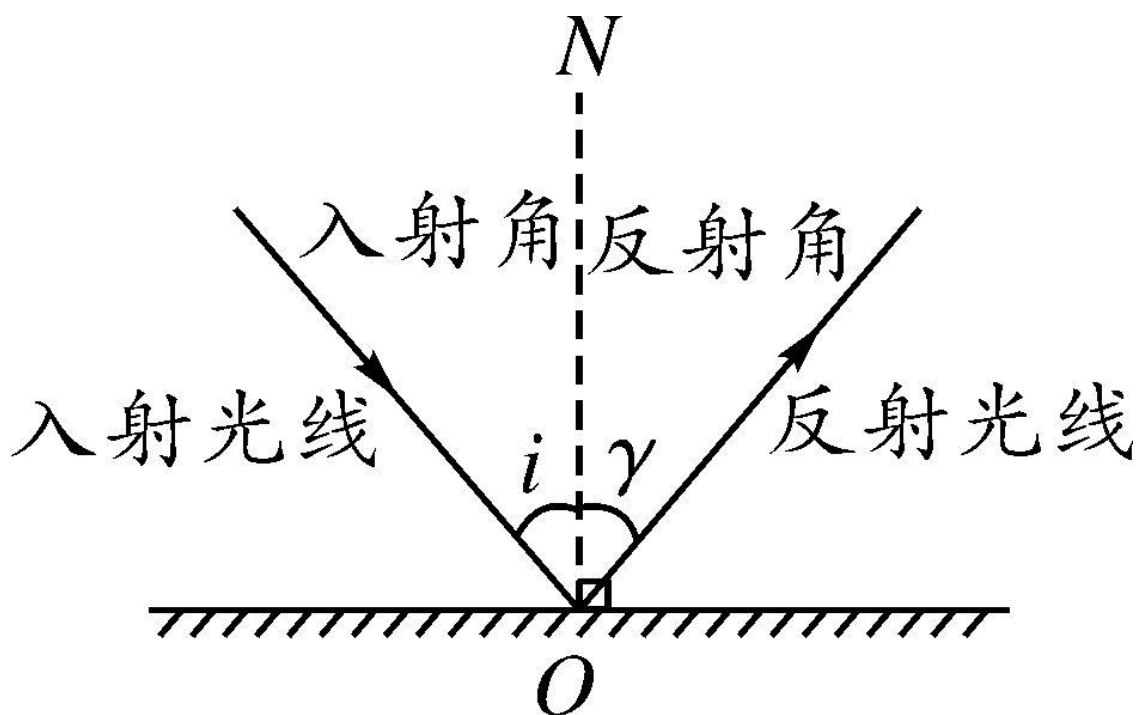
时间:

姓名:

Date: _____ Time: _____ Name: _____



初露锋芒



学习目标 & 重难点	1. 测量的定义，单位，单位的换算 2. 声音的产生与传播，声音的特征 3. 光的反射，平面镜成像，凸透镜成像规律及其应用 4. 光的折射，光的色散现象以及透镜的作用
	1. 光的反射及平面镜成像 2. 凸透镜成像规律及其应用



根深蒂固

1、测量

- (1) 定义：_____比较叫做测量。进行测量时，需要一个公认的比较标准，叫做_____。国际上制定的_____叫做国际单位制。
- (2) 时间的符号是_____；单位是_____。长度的单位是_____。_____叫做质量。物体的质量不随_____, _____, _____改变而改变。质量的符号是_____。国际单位制中的主单位是_____。
- (3) 测量工具应用：时间的测量工具_____。长度的测量工具_____。质量的测量工具_____。体积的测量工具_____。打点计时器是测_____工具。
- (4) 单位换算：1t=_____kg=_____g=_____mg。
1km=_____m=_____dm=_____cm=_____mm=_____um=_____nm。
1h=_____min=_____s。1m³=_____dm³=_____cm³。
- (5) 关于错误与误差的区分：误差是_____的，错误是_____的（“不可避免”、“可避免”）

2、声音

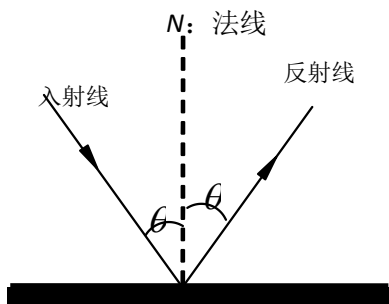
- (1) 声音的发生与传播：声音由物体的_____而产生。_____停止，发声也停止。
声音靠_____传播，_____中不能传声。声音在 15℃ 的空气中传播的速度是_____。
声音在_____传播比液体快，而在液体传播又比_____体快。
- (2) 回声：声波在传播过程中遇到障碍物时，一部分声波被_____，这就是回声。_____的表面反射声波的能力强，_____的表面吸收声波的能力强。
人耳能区分的最小声音间隔时间为_____。利用回声可以_____。
- (3) 乐音的三个特征：_____、_____、_____。
频率定义：_____的次数。单位是_____。振动_____, 频率越高，音调_____；用力振动_____越大，响度_____；发声体不同，音色_____。
- (4) 物理学上，_____声音叫做噪声。_____的声音叫做乐音。
环境学上，_____叫做噪声。
减弱噪声的途径：（1）在_____减弱；（2）在_____中减弱；（3）在_____处减弱。
超声波和次声波：_____叫做超声波；_____叫做次声波

3、光

- (1) 光的直线传播：光在_____中是沿_____传播。如：小孔成像、_____、日食、_____。
光在真空中传播速度最大，是_____m/s，而在_____传播速度也认为是_____。

(2) 光的反射定律:

反射光线与入射光线、法线在_____；反射光线与入射光线分居法线_____；
_____角等于_____角。(注:光路是_____的)。



应注意的问题:关于反射定律的中考题型,考作图题的概率比较大。反射光路是可逆的,入射角和反射角是入射光线和反射光线和法线的夹角,不能写成入射角等于反射角(因为先有入射光线才有反射光线的),反射定律适用于任何反射面,包括曲面,但是初中阶段只讨论平面镜反射。

(3) 平面镜成像特点:像与物体大小_____；像到镜面的距离_____物体到镜面的距离；像与物体的连线与镜面_____；平面镜成的是_____。

(4) 光的折射现象:光从一种介质_____入另一种介质时,_____发生偏折的现象。

光从空气斜射入_____时,折射角_____入射角;

光从水或其他介质斜射入_____时,折射角_____入射角;

折射光线与入射光线、法线在_____,折射光线和入射光线分居法线_____。

入射角增大时,折射角也随着_____；当光线垂直射向介质表面时,传播方向_____。

(折射光路也是_____的)

(5) 凸透镜:中间_____边缘_____的透镜,它对光线有_____作用,

凹透镜:中间_____边缘_____的透镜,它对光线有_____作用。

(6) 光的色散:光的三原色是_____,_____,_____。_____发现了光的色散。

透明物体的颜色由_____决定;不透明物体的颜色由_____决定。

(7) 凸透镜成像规律:

物距 (u)	像距 (v)	正立 (倒立)	放大 (缩小) (等大)	实像 (虚像)	应用
					无
$u=f$	不能成像				无
$u<f$	无				



枝繁叶茂

1、测量

知识点一：测量的定义

【例1】测量长度时能够达到的准确程度由这把尺的_____决定。用毫米刻度尺来测量物体的长度，能够准确到_____；测量需要达到的准确程度跟_____有关。

【例2】为了科学地测量物理量，就需要有一个标准作为依据，这个标准叫做_____。

知识点二：基本物理量

【例1】某同学测量了一些数据，但忘了写单位。请给他补上合适的单位。

- ①小红的身高 1.65_____。 ②一大袋米的质量 25_____。
- ③圆珠笔的长度约为9.0_____。 ④半场足球赛的时间为45_____。

【例2】一只苹果的质量约为 ()

- A. 0.015 千克 B. 0.15 千克 C. 1.5 千克 D. 15 千克

知识点三：测量工具

【例1】_____叫做质量。某物体的质量是 2002 千克，合_____吨。

知识点四：单位换算

【例1】完成下列单位换算。

$5.4\text{kg} = \underline{\hspace{2cm}}\text{g}$	$8.9\text{kg} = \underline{\hspace{2cm}}\text{t}$
$1800\mu\text{m} = \underline{\hspace{2cm}}\text{dm}$	$2989\text{dm} = \underline{\hspace{2cm}}\text{m}$
$15\text{min} = \underline{\hspace{2cm}}\text{h}$	$34\text{min} = \underline{\hspace{2cm}}\text{s}$

【例2】太阳的质量是 1.89×10^{30} 千克，等于多少吨？多少克？地球的质量是 5.76×10^{24} 千克，太阳质量是地球质量的多少倍？

知识点五：错误与误差

【例1】减小误差的方法：_____、选用更为精确的测量仪器、改进测量方法等。

【例2】用塑料卷尺测量物体的长度时，若用力拉长卷尺使之变形，则测量结果与准确值相比（ ）

- A. 偏大 B. 偏小 C. 相等 D. 可能偏大也可能偏小

2、声音

知识点一：声音的产生与传播

【例1】我们能听到声音，正确的传播途径是（ ）

- A. 良好的耳朵---介质---物体振动 B. 介质---物体振动---良好的耳朵
C. 物体振动---良好的耳朵---介质 D. 物体振动---介质---良好的耳朵

【例2】下列关于声音传播的说话中，不正确的是（ ）

- A. 声音在固体、液体中比在空气中传播得慢
B. 学生听到老师的讲课声音是靠空气传播的
C. 真空不能传声
D. 打锣时，要使锣停止发声，只须用手按住锣面就可以了

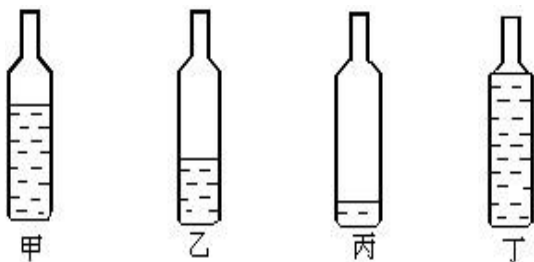
知识点二：回声

【例1】将超声波垂直向海底发射，测出从发生超声到接到回波所用时间是4.2秒，问海底深度是_____米。（声音在水中的传播速度是1450米/秒）

【例2】声音在介质中传播遇到障碍物时，一部分会在障碍物表面_____，另一部分能进入障碍物，甚至穿过障碍物。俗话说“隔墙有耳”就是指_____。（选“前者”、“后者”）

知识点三：声音的特征

【例1】如图所示，四个相同的玻璃瓶里装水，水面高度不同。用嘴贴着瓶口吹气，瓶子音调从高到低的序号是_____、_____、_____、_____。



【例2】花匠在挑选花盆时，常常将新花盆拎起后轻轻敲击它，根据敲击声来判断花盆是否有裂缝，他是主要根据声音三个特征的（ ）

- A. 响度 B. 音调 C. 音色 D. 三个特征全都有

知识点四：噪声

【例1】下列说法中正确的是（ ）

- A. 因为超声和次声人耳听不见，所以超声和次声对人体没有任何危害
B. 高音喇叭放出优美的音乐，如果妨碍了人们的正常的休息和学习，就属于噪声
C. 如果完全没有声音，人们将处于十分安静的环境中，生活会更加美好
D. 30-40 分贝以下的声音是人们难以忍受的噪声

【例2】减弱噪声的途径有三条：一是_____减弱；二是_____减弱；三是_____减弱。

3、光

知识点一：光在均匀介质中的直线传播

【例1】一根旗杆在阳光照射下，在地面上投下一个旗杆的影子。自早晨到黄昏这段时间内，旗杆影子长度变化是（ ）

- A. 逐渐变短 B. 逐渐变长 C. 先变长后变短 D. 先变短后变长

【例2】夏日炎炎，人们总喜欢躲在大树的阴影下乘凉，树荫的形成是由于（ ）

- A. 光的直线传播 B. 光的漫反射 C. 光的折射 D. 平面镜成像

知识点二：光的反射

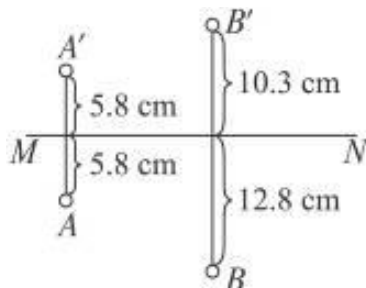
【例1】太阳光与水平面成 25° 角射到平静的湖面上，则反射角为_____度；若太阳光垂直射向湖面，则反射角是_____度，此时光线的传播方向改变了_____度。

【例2】有一光源放在平面镜前，经平面镜得到两条反射光线，如图所示，根据平面镜成像特点，确定光源 S 的位置并完成光路图。



知识点三：平面镜成像

【例1】在“研究平面镜成像特点”时，某同学利用一块玻璃代替平面镜，如图是这位同学做完实验后在白纸上留下的记录，其中MN是他实验时画出的玻璃板的位置，A、B是两次实验中点燃的蜡烛所在的位置，A'、B'分别是他找到的蜡烛的像的位置。



- (1) 用玻璃板代替平面镜的目的是_____。
- (2) 根据该同学在白纸上留下的实验记录，能否得出“像和物到镜面的距离相等”的结论？为什么？
- (3) 在玻璃板的同一侧，该同学通过玻璃板看到了同一个蜡烛的两个像，产生这种现象的原因是什么？

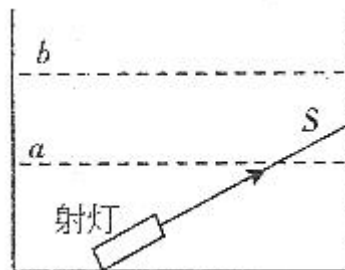
【例2】小明做研究平面镜成像的实验时，先将蜡烛放在平面镜前 50cm 处，他记下了像的位置，然后，他将平面镜向蜡烛移动了 10cm，则第二次成像的位置与第一次成像的位置比较 （ ）

- A. 向平面镜移动了 10cm
- B. 向平面镜移动了 20cm
- C. 远离了平面镜 10cm
- D. 远离了平面镜 20cm

知识点四：光的折射

【例1】某校新建成一个喷水池，在池底的中央安装一只射灯。池内无水时，射灯发出的一束光照在池壁上，在 S 点形成一个亮斑，如图所示，现往池内注水，水面升至 a 位置时，站在池旁的人看到亮斑的位置在 P 点；如果水面升至 b 位置时，人看到亮斑的位置在 Q 点，则 （ ）

- A. P 点在 S 点的上方，Q 点在 S 点的上方
- B. P 点在 S 点的上方，Q 点在 S 点的下方
- C. P 点在 S 点的下方，Q 点在 S 点的上方
- D. P 点在 S 点的下方，Q 点在 S 点的下方

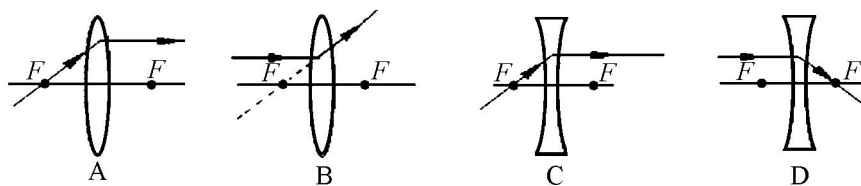


【例2】若水中的鱼能看到岸边的人，它看到的人其实是 （ ）

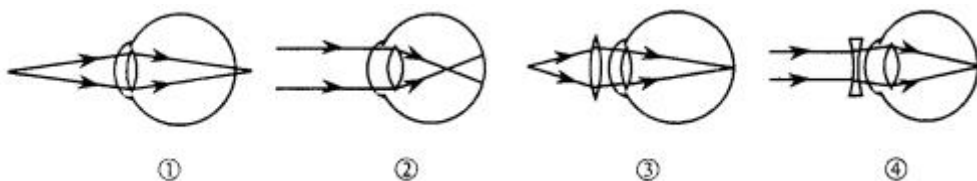
- A. 变矮了的人的实像
- B. 变高了的人的实像
- C. 变矮了的人的虚像
- D. 变高了的人的虚像

知识点五：透镜的种类

【例 1】下列光路图中，正确的是 ()



【例 2】图所示的四幅图，有的能够说明近视眼或远视眼的成像原理，有的给出了近视眼或远视眼的矫正方法。下列判断正确的是 ()

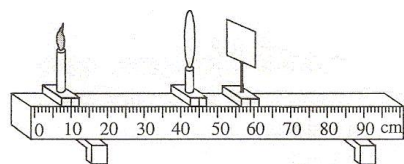


- A. 图②能够说明远视眼的成像原理，图③给出了远视眼的矫正方法
- B. 图②能够说明远视眼的成像原理，图④给出了远视眼的矫正方法
- C. 图①能够说明近视眼的成像原理，图③给出了近视眼的矫正方法
- D. 图②能够说明近视眼的成像原理，图④给出了近视眼的矫正方法

知识点六：凸透镜成像规律及其应用

【例 1】在“验证凸透镜成像规律”的实验中：

- ①实验前，应首先观察并记下凸透镜的_____。
- ②在组装和调试实验器材时，要调整凸透镜和光屏的高度，使它们的中心与烛焰中心大致在_____。
- ③凸透镜焦距为 10 厘米，在图中，光屏上正好能得到一个清晰的像，与物体（烛焰）相比，像应该是_____（选填“等大”、“缩小”、“放大”）的。若凸透镜位置保持不变，蜡烛由光具座的 10 厘米刻度处向 30 厘米刻度处移动过程中，为了能在光屏上找到清晰的像，光屏应该_____（选填“向左移动”、“向右移动”、“位置不变”）。



【例 2】用镜头焦距不变的照相机给某同学拍照时，底片上成一清晰的半身像，现要改拍全身像，则应该 ()

- A. 照相机远离该同学，镜头向前调节
- B. 照相机远离该同学，镜头向后调节
- C. 照相机靠近该同学，镜头向前调节
- D. 照相机靠近该同学，镜头向后调节

知识点七：光的色散

【例1】下列物理事实中，属于光的色散的是（ ）

- A. 霓虹灯的灯光
- B. 彩色电视机的画面
- C. 色彩丰富的水彩画
- D. 雨后天空出现的彩虹

【例2】太阳光通过三棱镜后，被分解成各种颜色的光，如果用一个白屏承接，颜色依次是红、____、黄、____、蓝、____、紫。

随堂检测

1、关于声现象，下列说法中正确的是（ ）

- A. 声音在不同介质中的传播速度相同
- B. 道路旁植树可以有效地减弱噪声的传播
- C. 正常的人耳只能听到 20Hz~2000Hz 之间的声音
- D. 声源的振幅相同，人耳感觉到的声音的响度也相同

2、自然界和日常生活中有很多有趣的声现象。例如：笑树能发出笑声是因为果实的外壳上面有许多小孔，经风一吹，壳里的籽撞击壳壁，使其_____发声；广场音乐喷泉的优美旋律是通过_____传入我们耳中的。

3、小明自己制作了一个哨子，在筷子上缠了一些棉花，做成一个活塞，用水蘸湿棉花后插入两端开口的塑料管。吹管的上端，可以发出悦耳的哨声。这哨声是由管内_____产生的。上下推拉活塞，可以改变声音的_____（选填“音调”、“响度”、“音色”）。

4、如图所示，相同的瓶子里装入了不同的水量，用棒敲击瓶子时，可发出不同音高。那么发声体是_____，发出的声音音调从左至右是_____。



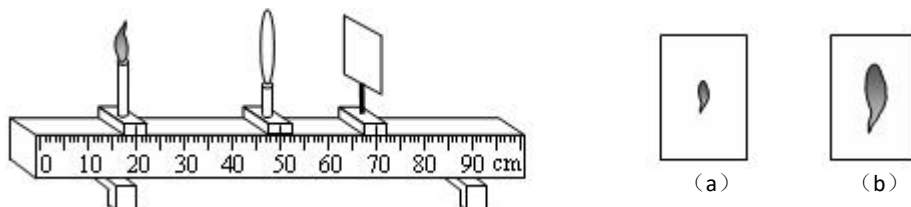
5、潜艇的“耳目”——声呐：声呐发出声波碰到的目标如果是运动的，反射回来的声波（下称“回声”）的音调就会有所变化，它的变化规律是：如果回声的音调变高，说明目标正向声呐靠拢；如果回声的音调变低，说明目标远离声呐。



请回答以下问题：

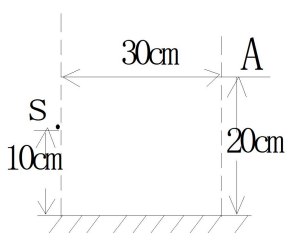
- (1) 人耳能够听到声呐发出的声波的频率范围是_____kHz 到_____kHz。
- (2) ①如果停在海水中的潜艇 A 发出的声波信号在 10s 内接收到经 B 潜艇反射回来的信号，且信号频率不变，潜艇 B 与潜艇 A 的距离 s_1 是_____。（设声波在海水中传播速度为 1500m/s）
- ②停在海水中的潜艇 A 继续监控潜艇 B，突然接到潜艇 B 反射回来的声波频率是变低的，且测出潜艇 B 的速度是 20m/s，方向始终在潜艇 A、B 的连线上，经一分钟后潜艇 B 与潜艇 A 的距离 s_2 为_____。
- (3) 在月球上能否用声呐技术来测量物体间的距离？为什么？

6、在“验证凸透镜成像规律”的实验中，凸透镜和光屏的中心跟烛焰的中心应大致在_____。在图中，光屏中心呈现了清晰的烛焰像，此时像距为_____厘米，所成的烛焰像应该是图中的图_____ [选填“(a)”或“(b)”]。

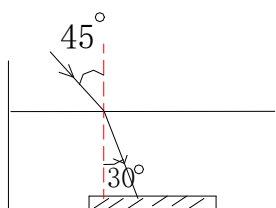


7、为了使和水平方向成 50° 角的阳光竖直射入井里，那么平面镜的反射面和水平面应成_____度角放置；如果太阳光与水平方向夹角增加 20° 角，仍使阳光竖直射入井里，则平面镜再转_____度角。

8、如图光源 S 发出一条光线经平面镜 M 反射后通过 A 点，S、A 距平面镜分别为 10cm 和 20cm，它们之间的水平距离为 30cm。求：(1) 入射点的位置 (2) 入射角的大小



9、如图，光线从空气射入某液体中，入射角为 45° ，折射角为 30° 。光线射到液体底部水平放置的平面镜上又反射回来，最后光线又回到空气中，这时折射角是多大？



- 10、潜水员从水中看岸边的路灯，所看到的灯的位置跟灯的实际位置比较 ()
A. 高一些 B. 低一些 C. 相同 D. 无法判定
- 11、小乐用放大镜看指纹时，觉得指纹的像太小，为使指纹的像大一些，正确的做法 ()
A. 眼睛和手指不动，让放大镜离手指稍近些
B. 眼睛和手指不动，让放大镜离手指稍远些
C. 放大镜和手指不动，让眼睛离放大镜稍近些
D. 放大镜和手指不动，让眼睛离放大镜稍远些
- 12、四块透镜分别放在蜡烛前 20cm，实验结果：用透镜甲可成倒立缩小的像；用透镜乙可成正立放大的像；用透镜丙可成倒立放大的像；用透镜丁可成正立缩小的像，可判定透镜焦距在 10~20cm 的凸透镜 ()
A. 甲 B. 乙 C. 丙 D. 丁
- 13、用不透光的纸遮住透镜的上半部分，在光屏上出现的像与不用纸遮住透镜形成的像区别是 ()
A. 像的上半部分消失 B. 像的下半部分消失
C. 像全部消失 D. 仍有原来大小的像，但亮度变暗
- 14、在研究“光的反射”的活动中，某同学用同一束光分别投射到平静的水面、玻璃表面和光滑的金属表面，研究光在不同物体表面所发生的反射现象如图 1 (a) (b) (c) 所示；接着又进一步研究光在同一物体表面反射光线、入射光线与法线间角度变化所发生的反射现象如图 2 (a) (b) (c) 所示。观察上述实验现象，归纳得出初步结论。(图中 AO 为入射光线、OB 为反射光线、ON 为法线)

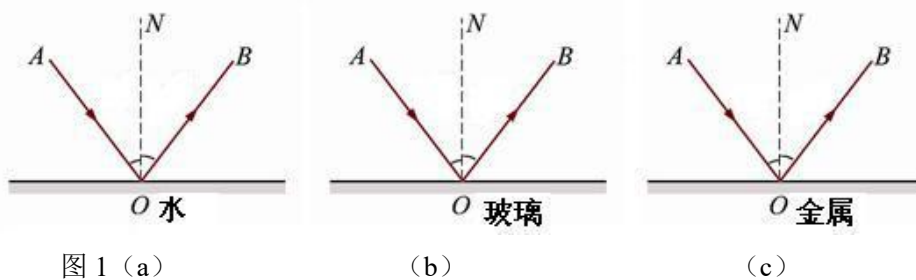


图 1 (a)

(b)

(c)

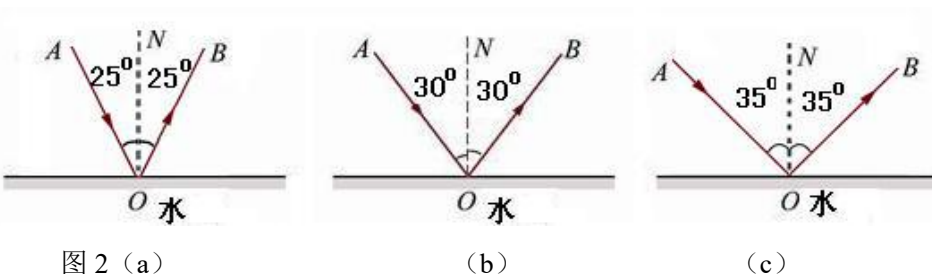


图 2 (a)

(b)

(c)

- ①由图 1 (a) 与 (b) 与 (c) 可知: _____。
- ②由图 2 (a) 与 (b) 与 (c) 可知: _____。

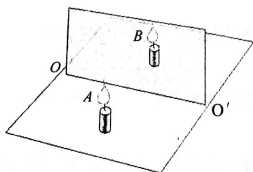


瓜熟蒂落

1、下列估测较为符合实际的是 ()

- A. 普通居民楼一层的高度约为 3m
B. 初中物理课本长度约为 26cm
C. 正常成年人的鞋子的长度约为 42cm
D. 教室的门高度约 200dm

2、小芳在家中照镜子时，发现镜中的她“远小近大”：于是她猜想：物体在平面镜中所成像的大小是否与物体到平面镜的距离有关？



- (1) 为了验证猜想，她选用如图所示_____（填“平面镜”或“玻璃板”）和两根_____（填“相同”或“不同”）的蜡烛及刻度尺来完成实验；
(2) 实验中她把蜡烛分别放在镜前的_____（填“相同”“不同”）位置，经过实验她得出的正确结论是：物体在平面镜中所成像的大小与物体到平面镜的距离_____（填“有关”或“无关”）。

3、由于钢的热胀冷缩，用同一把钢制刻度尺去测量同一块玻璃，在冬天和在夏天的测量结果比较 ()

- A. 一样大
B. 夏天的测量结果大一些
C. 冬天的测量结果大一些
D. 无法判定

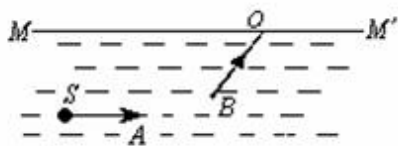
4、在风平浪静、清澈见底的水里，很容易观察到“水底的鱼儿在白云中穿梭”的景象，而起风后，在水面不同的位置都会看到水面上到处是波光粼粼。对观察到的“鱼”、“白云”和“波光粼粼”三种现象的下面几种解释，正确的是 ()

- A. 鱼和白云都是镜面反射形成的，波光粼粼是漫反射形成的
B. 鱼是镜面反射形成的，白云和波光粼粼是漫反射形成的
C. 鱼是折射形成的，白云是镜面反射形成的，波光粼粼是漫反射形成的
D. 鱼和白云都是折射形成的，波光粼粼是漫反射形成的

5、小明自己制作了一个哨子，在筷子上缠了一些棉花，做成一个活塞，用水蘸湿棉花后插入两端开口的塑料管。吹管的上端，可以发出悦耳的哨声。这哨声是由管内_____产生的。上下推拉活塞，可以改变声音的_____（选填“音调”、“响度”、“音色”）。

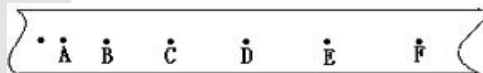
6、_____叫做质量，如果宇航员将质量为 50 克的矿石从地球带到月球，其质量将_____。一块冰融化成水，其质量将_____（选填“变大”、“变小”或“不变”）。

7、如图所示， MM' 为空气与水的界面，设水下装有一盏电灯 S ，射出的一条光线 SA ，经平面镜反射后沿 BO 方向射到界面上的 O 点，再从 O 点射出水面。请在图中画出平面镜的准确位置和光线射出水面后在空气中传播的大致方向。



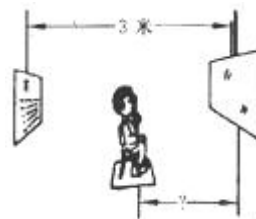
8、当凸透镜成实像时，若将物体逐渐向凸透镜移近，它的像到透镜的距离_____。（填“变大”、“变小”或“不变”）

9、打点记时器是测量时间的工具，某同学用打点记时器打出的一条纸带有 6 个点，如下图所示。A—F 点的时间间隔为_____秒。图中从 A 点到 C 点与 D 点到 F 点所用的时间是_____秒。该纸带拉得_____（选填“越来越快”或“越来越慢”）。



10、检查视力时，眼与视力表要相距 5m 远，如图所示，若视力表距平面镜 3m，人离平面镜的距离应是（ ）

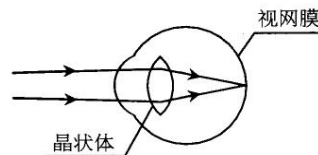
A. 1m B. 2m C. 3m D. 4m



11、如图所示是人眼球的成像原理图，晶状体相当于一个凸透镜，视网膜相当于光屏。则：当物体在很远的地方时，物体成像在视网膜上。当物体靠近人眼时，若晶状体的焦距不变，则它的像将会落在视网膜_____（选填“前”、“上”或“后”）而导致看不清物体，但实际上，人眼在由远到近地观察物体时，晶状体的焦距会_____（选填“变大”、“不变”或“变小”），所以人们还是能清晰地观察到物体。

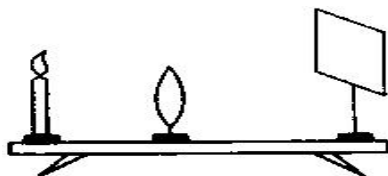
下列哪种光学仪器成像原理与人眼球成像原理一样？_____（选填序号）

①照相机 ②放大镜 ③投影仪 ④潜望镜

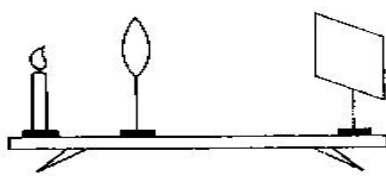


12、一个人站在两壁平行的山崖中的某处，当他大喊一声后，经过 0.3s 和 0.7s 先后听到两次回声，若空气中的声速为 340m/s，则此两山崖间的距离为多少 m？

13、在研究凸透镜成实像的规律时，甲组同学安装的器材如图（a）所示，他们在实验中只能在光屏上看到一个残缺的像，造成这一现象的原因是_____。乙组同学安装的器材如图（b）所示，光屏上得到了一个清晰的像。在不改变烛焰和光屏位置的前提下，当把凸透镜移到某一位置时，光屏上再次出现一个烛焰的像。他们是把凸透镜向_____（选填“左”、“右”）移动到该位置的，新出现的像是_____（选填“缩小”、“放大”）的_____（选填“实”、“虚”）像。



(a)



(b)

能力提升

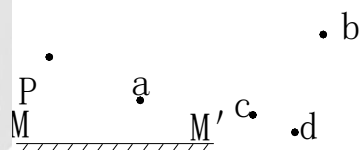
1、图中， MM' 是平面镜，a、b、c、d 是平面镜前放置的四个物体，人在镜前 P 点观看它们在平面镜中的像，其中不能看到的是放置在哪个点上的物体（ ）

A. a

B. b

C. c

D. d



2、蜡烛从到凸透镜距离为 $3f$ 的地方移到距离凸透镜为 $1.5f$ 的地方，凸透镜所成的像（ ）

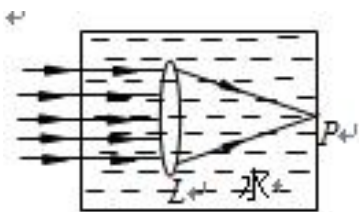
A. 始终是放大的

B. 始终是缩小的

C. 逐渐变大

D. 逐渐变小

3、如图所示，凸透镜 L 位于玻璃水槽中，一束阳光沿 L 主轴方向射到 L 上，经折射后会聚于 P 点。现把水槽中的水倒掉，其它条件不变，则这束阳光的会聚点将向_____边移动。



4、做“研究影响摆球摆动周期的因素”的实验，现有以下的器材：较长的细线一根；质量为 100 克和 200 克的铜球各一个；铁架台一套；夹子一个。

(1) 为了完成实验，还需要的器材是_____。

(2) 下表是一位学生在一次实验中记录的数据

实验次数	摆线长度 (米)	摆球的质量 (克)	摆幅	连续摆动 10 次时间 (秒)	摆动周期 (秒)
1	1	100	一拳宽	20	
2	1	200	一拳宽	20	
3	1	100	半拳宽	20	
4	0.5	100	一拳宽	14	
5	0.5	200	半拳宽	14	

①试完成“摆动周期”一栏中空格的填写。

②分析比较前两次实验，可以得到的初步结论是：当_____和_____相同时，摆动的周期与摆球质量_____（选填“有关”或“无关”）；

③分析比较第_____次和第_____次实验，可以得到的初步结论是：当摆长和摆球质量相同时，摆动的周期与摆幅无关。

④第 1 次实验和第 4 次实验是保持_____和_____不变，研究摆球摆动周期与_____的关系，并得到结论_____。

⑤这样的研究方法是_____科学方法。