

透镜成像

一、透镜

透镜的种类

- 凸透镜：中间厚，边缘薄
- 凹透镜：中间薄，边缘厚

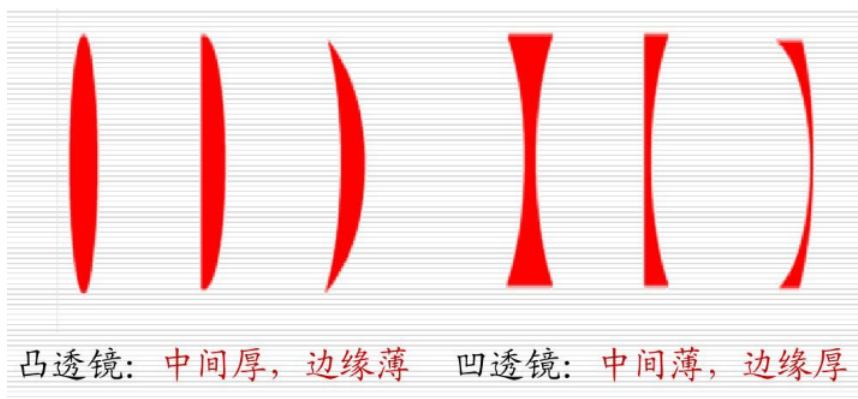


图 1: 凸透镜和凹透镜

透镜的基本概念

- 主光轴：通过透镜的两个球面球心的直线，每个透镜都有一条主光轴。
- 光心：每个透镜主光轴上都有一个特殊点，它是透镜的中心，凡通过该点的光，其传播方向不变，这个点叫光心，用字母“O”表示；
- 焦点：凸透镜能使平行于主光轴的光会聚在一点，这个点叫做焦点，凸透镜两侧各有一个焦点，且关于光心对称，焦点用字母“F”表示；
- 虚焦点：凹透镜能使平行于主光轴的光线透过凹透镜变得发散，且这些发散光线的反向延长线相交于主光轴上的一点，这一点不是实际光线的会聚点，故称为凹透镜的虚焦点；
- 焦距：焦点到光心的距离。透镜两侧焦距相等，焦距用字母“f”表示。
- 会聚作用：光线经过凸透镜折射后，折射光线比沿原入射光线方向更靠近主光轴，使它的光束变窄。



图 2: 透镜对光的汇聚和发散

- 发散作用: 光线经过凹透镜折射后, 折射光线比沿原入射光线方向更远离主光轴, 使它的光束变宽。

想一想: 经过凸透镜折射后的光线一定是汇聚光线吗? 经过凹透镜折射后的光线一定是发散光线吗?

关于凸透镜和凹透镜的特殊光线, 见图 3所示

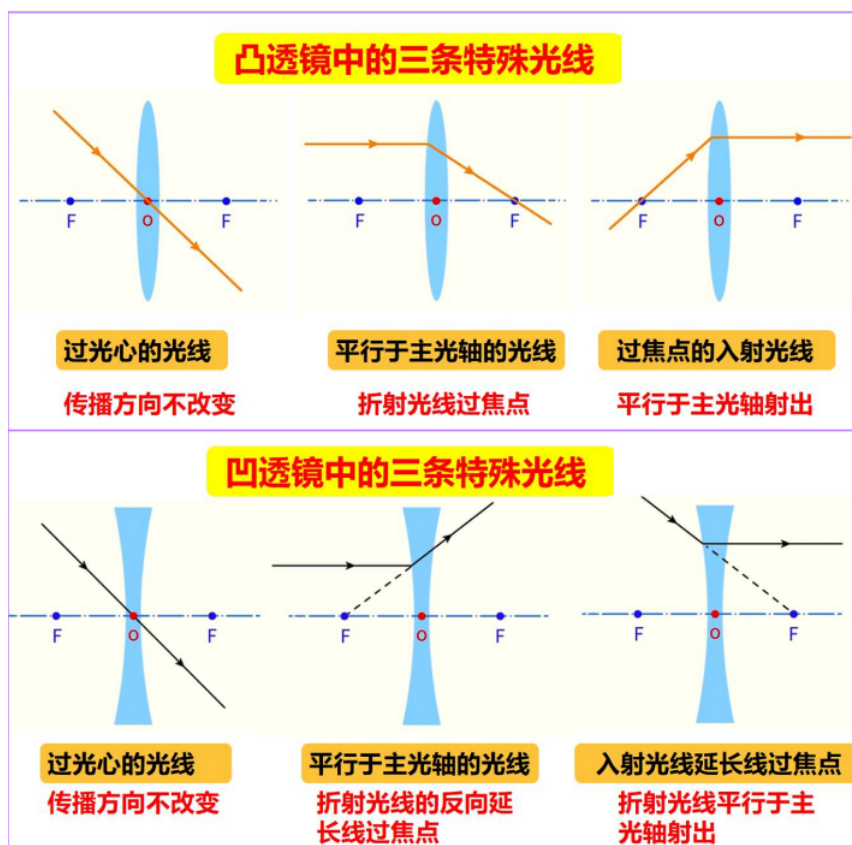


图 3: 透镜的三条特殊光线

二、透镜相关例题

1. 如图 4 所示, 在一块玻璃砖内, 一束平行光恰好对着玻璃内铁柄状的空气泡射去, 则光束通过空气泡后 _____ ?

- A. 仍然为平行光束 B. 变为发散光束
C. 变为汇聚光束 D. 无法确定

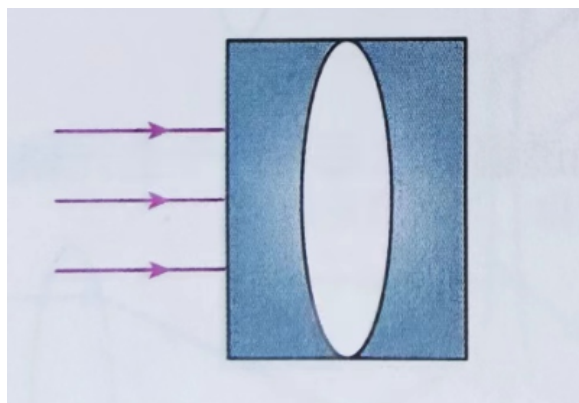


图 4: 玻璃中带有气泡

2. 如图 5 所示,请分别指出四个图中使用了什么透镜?

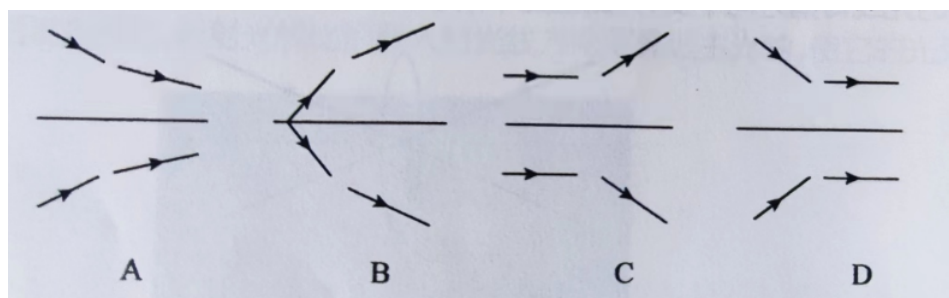


图 5: 光线示意图

3. 小欣同学利用太阳光测量凸透镜的焦距,方法如图 6 所示。他注意到让凸透镜正对阳光,但没有仔细调节纸片与透镜的距离,在纸片上的光斑并不是最小时,就测出了光斑到凸透镜中心的距离 L ,那么,凸透镜的实际焦距()

A. 一定小于 L

B. 一定大于 L

C. 可能等于 L

D. 可能小于 L , 也可能大于 L

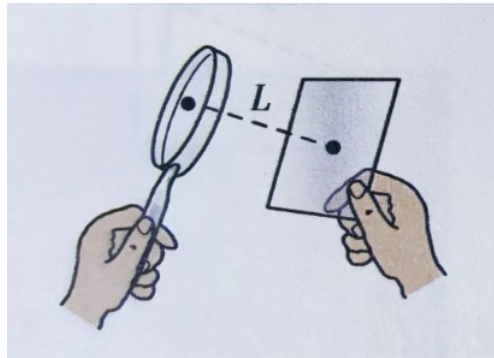


图 6: 示意图

4. 香水内通常含有酒精等易燃化学物质。如图 7所示的四瓶香水, 瓶盖均为透明玻璃且形状各异。请问哪种放在车里最危险?

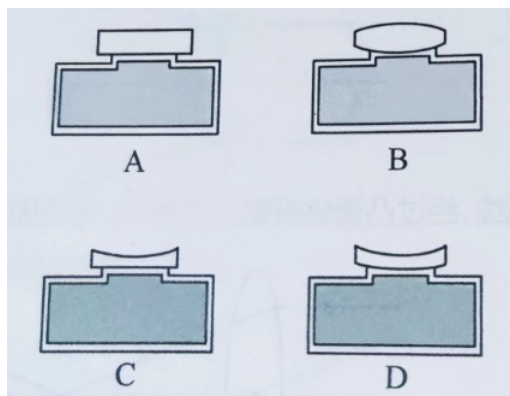


图 7: 四种香水瓶

三、凸透镜成像规律

凸透镜成像规律见图 8

想一想, 如何从几何知识得出以上结论, 并尝试证明凸透镜的成像公式, 见图 10。

试着证明凸透镜成像公式:

成实像:

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

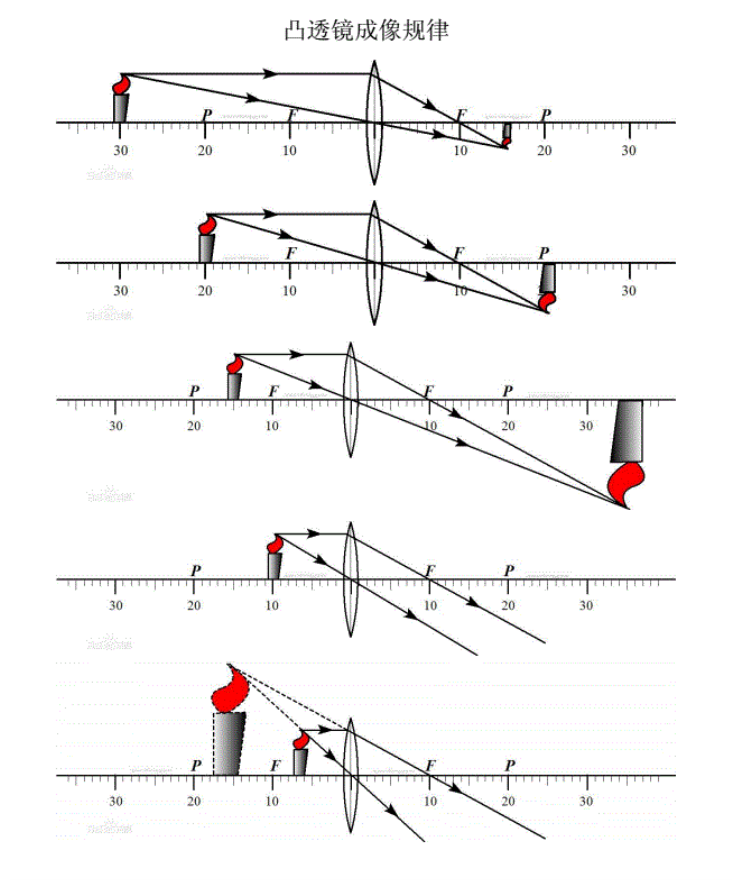


图 8: 凸透镜成像规律

成虚像:

$$\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

放大倍数:

$$n = \frac{v}{u} \quad (3)$$

一些推论: 若成实像, $u + v \geq 4f$, 证明如下:

$$\begin{aligned} (u - v)^2 &\geq 0 \\ (u + v)^2 &\geq 4uv \\ u + v &\geq \frac{4uv}{u + v} \\ u + v &\geq \frac{4}{\frac{1}{u} + \frac{1}{v}} \\ u + v &\geq 4f \end{aligned} \quad (4)$$

当 $u = v$ 时取等号。这个结论告诉我们, 如果保持 u, v 的和不变并且大于 $4f$, 然后

凸透镜成像规律表格

物的位置	像的位置	像的性质	应用
$u=\infty$ (平行光)	$v=f$	成一点	测焦距
$u>2f$	$f<v<2f$	倒立缩小的实像	照相机
$u=2f$	$v=2f$	倒立等大的实像	测焦距
$f<u<2f$	$v>2f$	倒立放大的实像	投影仪 幻灯机
$u=f$	$v=\infty$	不成像	探照灯
$u<f$	物像同侧	正立放大的虚像	放大镜

图 9: 凸透镜成像规律总结

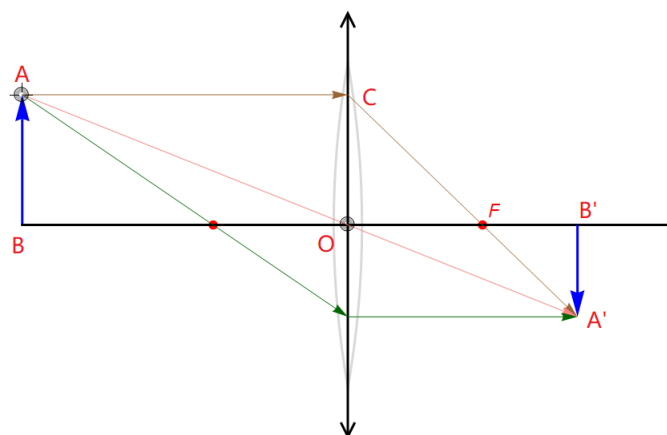


图 10: 凸透镜成像

移动透镜在两者中间的位置, 那么根据光路可逆的原理, 一共可以成两次像, 并且

$$u_1 = v_2; u_2 = v_1。$$

想一想, 成虚像的情况下(放大镜), 物体离开透镜越近, 则像越大还是越小? 尝试用几何知识作图说明。

四、凸透镜成像例题

5. 一凸透镜的焦距为 15cm, 将点燃的蜡烛从离凸透镜 40cm 处沿主光轴移到 20cm 处的过程中, 像的大小和像距的变化情况是 _____ ?

- A. 像变大, 像距变大
- B. 像变小, 像距变小
- C. 像变大, 像距变小
- D. 像变小, 像距变大

6. 在做凸透镜成像实验时,把物体从焦点沿主光轴向 2 倍焦距外移动的过程中 ____ ?

- A. 像逐渐变大,像距逐渐变大
- B. 像逐渐变大,像距逐渐变小
- C. 像逐渐变小,像距逐渐变小
- D. 像逐渐变小,像距逐渐变大

7. 投影仪是教学中常用的仪器,如图 11所示是投影仪的结构图,在水平放置的凸透镜的正上方有一与水平面成 45° 的平面镜,右边竖直放一屏幕,物体发出的光经过凸透镜和平面镜后,可在屏上成一清晰的像。某教师在使用投影仪时,发现屏幕上的画面太小,正确的调节方法有 ____ ?

- A. 减小投影仪与屏幕间的距离,下调凸透镜,减小凸透镜到物体间的距离
- B. 减小投影仪与屏幕间的距离,上调凸透镜,增大凸透镜到物体间的距离
- C. 增大投影仪与屏幕间的距离,下调凸透镜,减小凸透镜到物体间的距离
- D. 增大投影仪与屏幕间的距离,上调凸透镜,增大凸透镜到物体间的距离

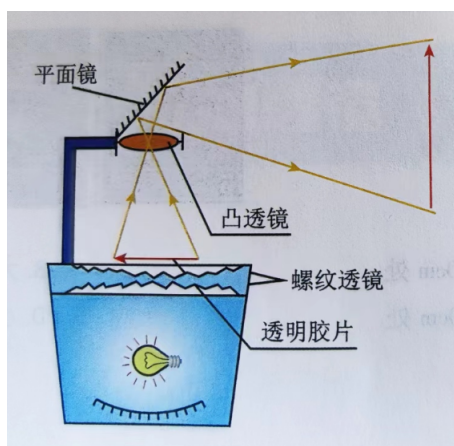


图 11: 投影仪结构示意图

8. 在凸透镜主光轴上的一物点 P ,物距大于焦距,如果对称地切除凸透镜中间很小一部分,如图 12所示,再把上、下半截凸透镜向原主光轴位置合拢,则成像情况与原来相比 ____ ?

- A. 相同
- B. 成两个像,上半截凸透镜 A 成像点上移,下半截凸透镜 B 成像点下移
- C. 成两个像,上半截凸透镜 A 成像点下移,下半截凸透镜 B 成像点上移
- D. 不能成像

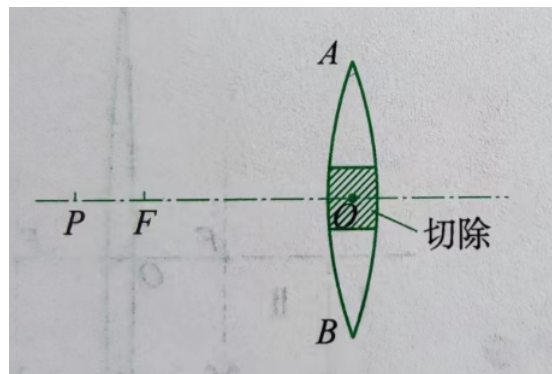


图 12: 凸透镜切除示意图

9. 如图 13所示, OO' 为凸透镜的主光轴,将点光源放在 A 点时,像在 B 点;将点光源放在 B 点时,像在 C 点。当将点光源放在 C 点时,则 _____ ?

- A. 一定在 B 点成一个实像
- B. 一定在 A 点的左侧成一个虚像
- C. 可能在 B 、 C 之间成一个实像
- D. 可能在 C 点的右侧成一个虚像



图 13: 成像位置示意

10. 如图 14所示, F 为凸透镜的两个焦点, $A'B'$ 为物体 AB 的像,则物体 AB 在 _

_____ ?

- A. 图中 I 区域, 箭头水平向右
- B. 图中 II 区域, 箭头水平向右
- C. 图中 II 区域, 箭头方向向左斜上方
- D. 图中 I 区域, 箭头方向向右斜上方

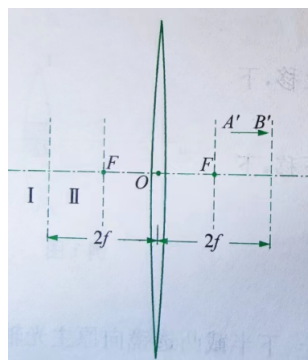


图 14: 成像位置示意

11. 如图所示, 一点光源位于金属圆筒内部轴线上 A 点, 圆筒轴线与凸透镜主光轴重合, 光屏与圆筒轴线垂直且距离透镜足够远。此时, 点光源正好在光屏上形成一个清晰的像。测出此时凸透镜与圆筒右端面的距离为 L ; 向右移动凸透镜到适当位置, 光屏上再次出现了清晰的像。由于光源位于圆筒的内部, 无法直接测量出 A 点与筒右端面的距离 d , 为了求出 d 的大小, 在上述过程中还需要测量出的一个物理量是什么? 如果用 N 来表示该物理量的大小, 则可以得出 d 为多少?

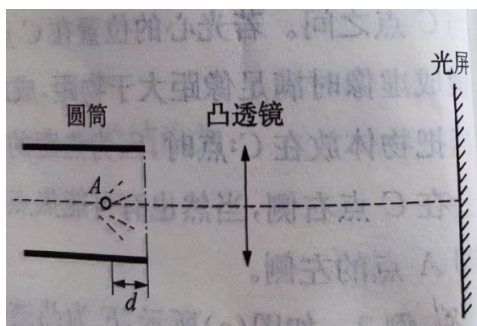


图 15: 成像位置示意

12. 光源和光屏相距 $0.9m$ 固定,将凸透镜放在它们之间某一位置时,屏上成一放大的像;把凸透镜移到另一位置时,屏上成一缩小的像,若第一次像的长度是第二次像的长度的 4 倍,则凸透镜的焦距为多少?

五、作业

13. 如图所示,两端开口的圆筒内嵌有一凸透镜,透镜主光轴恰好与圆筒中轴线重合。为了测出该透镜的焦距以及透镜在圆筒内的位置,小李同学做如下实验:在圆筒左侧凸透镜的主光轴上放置一点光源 S ,在圆筒右侧垂直凸透镜的主光轴固定一光屏,点光源 S 与光屏的距离为 L 。左右移动圆筒,当圆筒左端面距离点光源 S 为 a 时,恰好在光屏上成一个清晰的像;将圆筒向右水平移动距离 b ,光屏上又出现了一个清晰的像。则凸透镜和圆筒左端面的距离 x 是多少?该透镜的焦距 f 是多少?

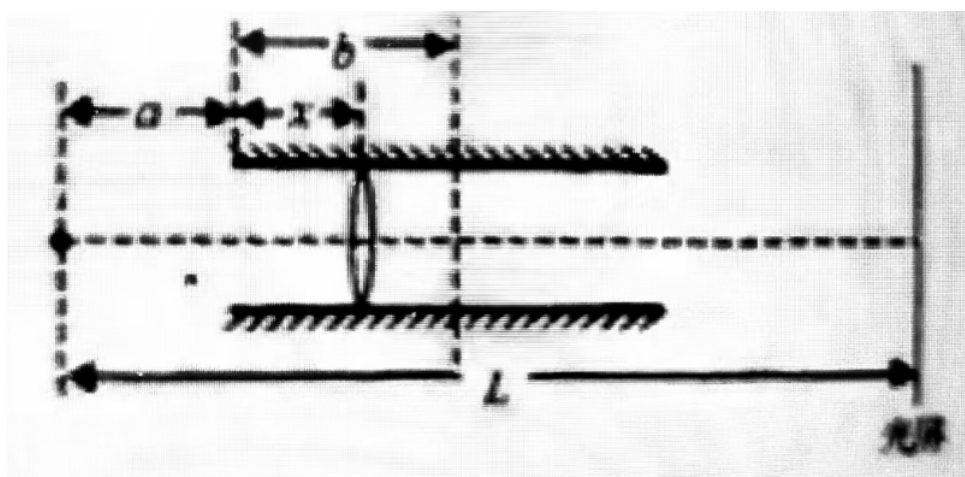


图 16: 成像位置示意

14. 老奶奶用放大镜看报时,为了看到更大的清晰的像,她常常这样做 _____ ?

- A. 报与放大镜不动,眼睛离报远些
- B. 报与眼睛不动,放大镜离报远一些
- C. 报与放大镜不动,眼睛离报近一些
- D. 报与眼睛不动,放大镜离报近一些

15. 小明拿着一个直径比较大的实验用的放大镜,伸直手臂观看远处的物体,他可以看到物体的像,下面说法中正确的是 _____

- A. 射入眼中的光一定是由像发出的
 - B. 像一定是虚像
 - C. 像一定是倒立的
 - D. 像一定是放大的
16. 在农村放映电影,试镜头时,发现屏上的影像小了一点,应当怎样调整放映机 _____
- A. 放映机离屏远一些,胶片离镜头远一些
 - B. 放映机离屏远一些,胶片离镜头近一些
 - C. 放映机离屏近一些,胶片离镜头远一些
 - D. 放映机离屏近一些,胶片离镜头近一些
17. 某同学拍毕业合影后,想拍一张单身像。摄影师应采取的方法是 _____
- A. 使照相机靠近同学,同时镜头往后缩,离胶片近些
 - B. 使照相机靠近同学,同时镜头往前伸,离胶片远些
 - C. 使照相机远离同学,同时镜头往后缩,离胶片近些
 - D. 使照相机远离同学,同时镜头往前伸,离胶片远些
18. 用照相机拍摄水池底部的物体时,若保持照相机的位置不变,比较池中有水和无水两种情况(假设两种情况下,人眼看到的物体等大),则有水时 _____
- A. 暗箱应略短一些,得到的像会略大些
 - B. 暗箱应略短一些,得到的像会略小些
 - C. 暗箱应略长一些,得到的像会略大些
 - D. 暗箱应略长一些,得到的像会略小些
19. 测绘人员绘制地图时,需要在空中的飞机上向地面照相,称为航空摄影,若使用航空摄影照相机的镜头焦距为 50mm,则底片到镜头的距离为 _____

A. 10mm 之内

B. 略小于 50mm

C. 略大于 50mm

D. 等于 50mm