

## 第 1 节 透镜

玻璃在我们的生活中很常见，窗户、杯子、柜子、展台、镜子、相机镜头等主要组件就是玻璃。玻璃可以做成理想的形状，最重要的是能够透光。直到文艺复兴之前，因为制作技术的局限，玻璃主要是装饰品，文艺复兴时期，对透镜的需求促进了玻璃技术的发展，也正是从此时开始，物理等自然科学开始了“开挂”式的发展，因为透镜极大地拓展了人们可以观察到的物体的尺寸范围，大到宇宙天体，小到微生物。

而在中国，明清时期对玻璃的使用则局限在了装饰品，再加上历史、文化等方面的原因，错过了自然科学发展的快车，导致目前的教科书上的定理定律几乎都是以外国人的名字命名的，好在建国后，我们慢慢地追赶上了科学发展的脚步，然而直到 21 世纪，我们依然有很长的路要走。

在自然科学发展的萌芽时期，望远镜和显微镜的发明无疑是两颗明珠，第谷、开普勒、伽利略等科学家利用望远镜揭开了太空的帷幕，人们看到的不再是星星点点，这些规律的发现直接为牛顿开创经典力学做了最佳的铺垫。列文虎克发明了显微镜，且用它敲开了微生物世界和细胞的大门，这为之后的生物学奠定了基础。这其中的原理就涉及到玻璃对光的折射作用，人们利用此原理制作了各式各样的透镜，其中最基本的就是凸透镜和凹透镜。

### 1. 凸透镜和凹透镜

凸透镜：中间厚，边缘薄的透镜。放大镜、照相机镜头、投影仪镜头、远视眼镜都是凸透镜。如图 1 所示，第三个尽管左边凹进去了，但是依然中间厚，边缘薄，所以还是凸透镜。

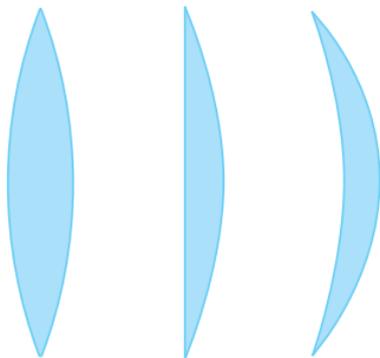


图 1. 不同形状的凸透镜

当光线穿过凸透镜时，入射点和出射点都会发生折射，根据光从空气进入玻璃时折射的规律，进入玻璃，光线靠近法线，射出玻璃，远离法线，结果就是光线经历了两次偏折，如图 2 所示，因此凸透镜曲面的形状决定了光线的路径。

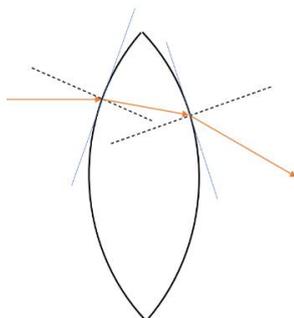


图 2. 光线穿过凸透镜发生两次折射

凹透镜：中间薄、边缘厚的透镜，近视眼镜是凹透镜。如图 3 所示，尽管第三个左边凸出，但是依然是凹透镜。

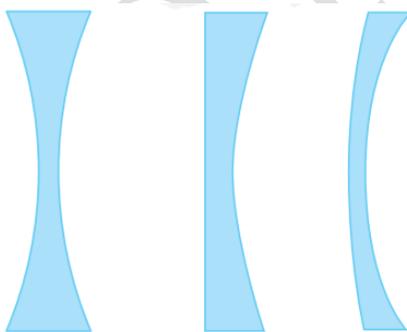


图 3. 不同形状的凹透镜

同样的道理，光线穿过凹透镜也会在入射点和出射点各发生一次折射，如图 4 所示。

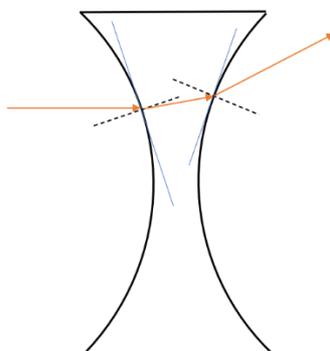


图 4. 光线穿过凹透镜发生两次折射

无论是凸透镜还是凹透镜，其镜面可以是球面、抛物面，也可以根据需要设计成不同曲率的面，并且和所用材质有关系，特殊镜面设计需要光学、数学等的支撑，目前我们只需要知道最简单的透镜规律即可。

如果是厚薄一致的透镜，就是一块普通玻璃，也叫平光镜，但是光线依然会发生折射，如果垂直进入平光镜，方向不变，如果是斜射入平光镜，依然会发生两次折射，入射光和出射光平行，有微小的偏移，光路如图 5 所示。

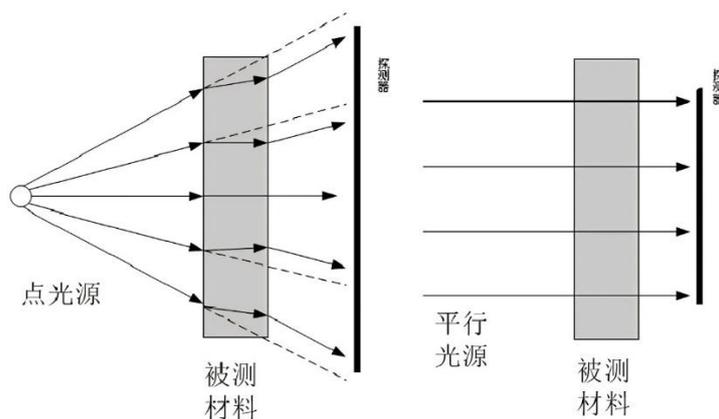


图 5. 某种材料制成的平光镜

对于凸透镜和凹透镜，有两个几何元素非常重要，一个是主光轴，一个是光心，如图 6 和图 7 所示，主光轴是通过两个球面球心的直线。光心是透镜的中心，通过这个点的光传播方向不变。

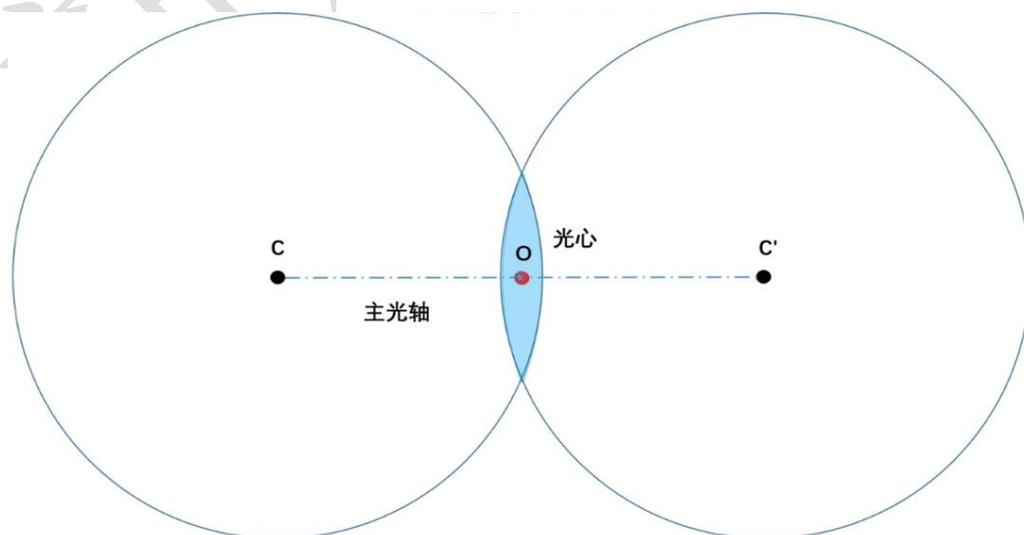


图 6. 凸透镜的主光轴和光心

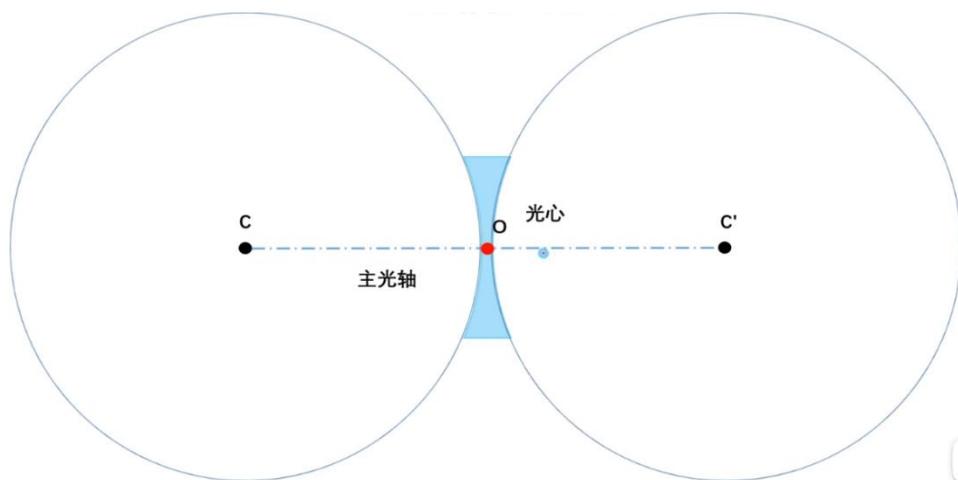


图 7. 凹透镜的主光轴和光心

## 2. 透镜对光线的作用

透镜的原理是光从空气进入玻璃会发生折射，光线会向法线方向偏折。

凸透镜对光有会聚的作用，不仅仅对平行于主光轴的光线有会聚作用，而是对所有进入透镜的光线都有会聚作用，如图 8 所示。

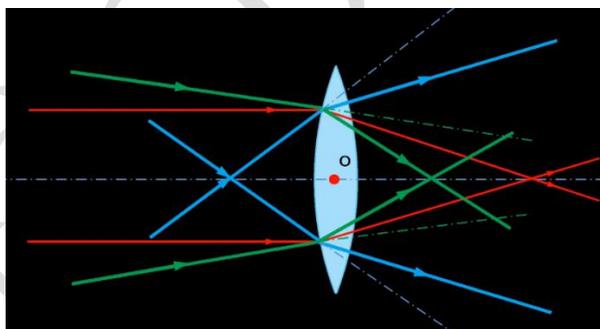


图 8. 凸透镜对所有光线的会聚作用

特例：从任何方向通过光心的光线，传播方向不变，如图 9 中的黄色光线。

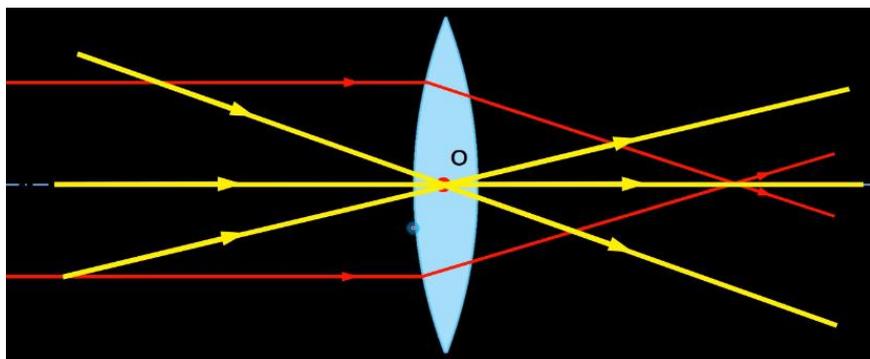


图 9. 经过光心的光线方向不变

凹透镜对光线有发散作用，如图 10 所示。

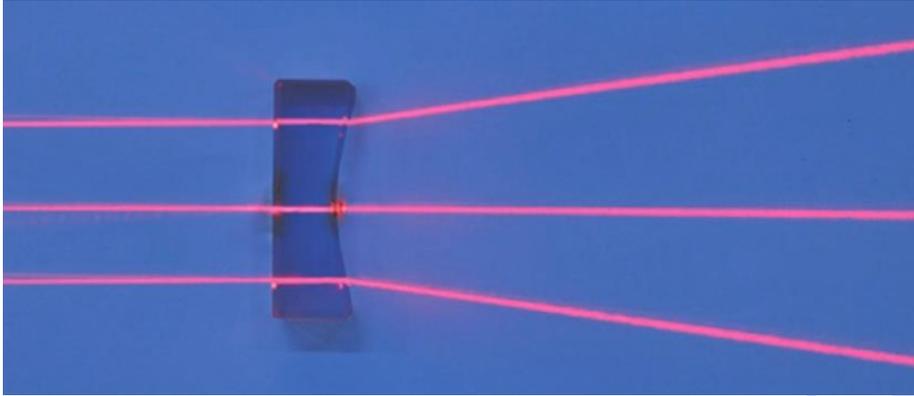


图 10. 凹透镜对光线的发散作用

不仅仅对平行于主光轴的光线有发散作用，而是对所有进入透镜的光线都有发散作用。

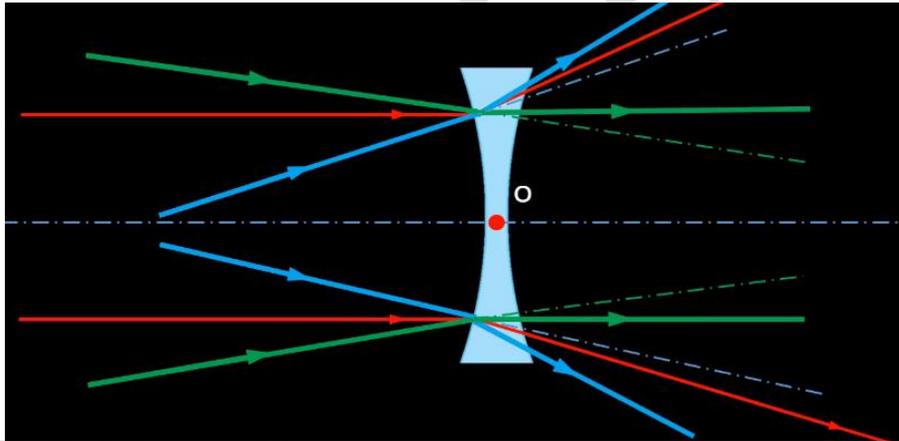


图 11. 凹透镜对所有光线的发散作用

特例：从任何方向通过光心的光线，传播方向不变，如图 12 中的黄色光线。

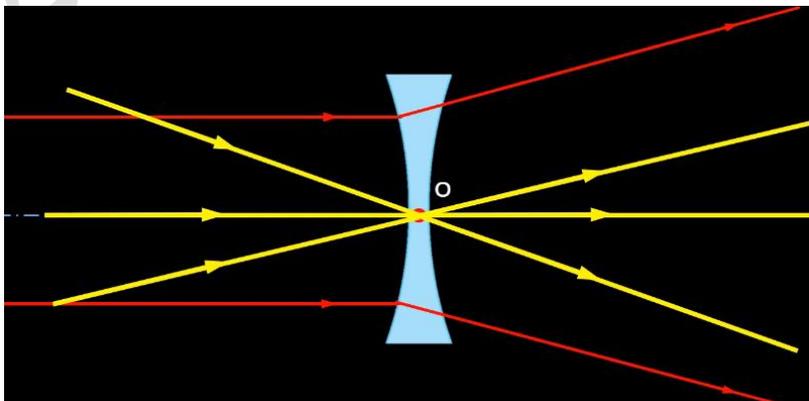


图 12. 经过光心的光线方向不变

### 3. 焦点、焦距

#### 凸透镜

焦点：平行于主光轴的光线通过凸透镜会聚于一点，该点叫做焦点，用  $F$  表示，一个凸透镜有左右两个焦点，关于光心对称。

焦距：任意一个焦点到光心的距离称为焦距，用  $f$  表示，两侧的焦距相等。

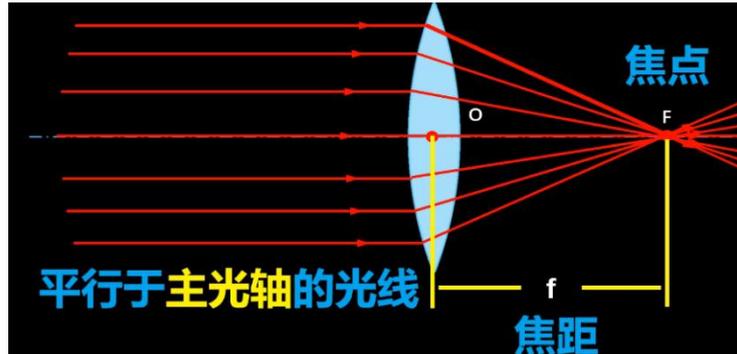


图 13. 凸透镜的焦点和焦距

焦距与透镜的材料和形状有关，不同的凸透镜一般有不同的焦距。凸透镜的焦距越小，光的偏折程度越大。对光的会聚作用越强。

如果在主光轴上从焦点再向外延长一个焦距的距离，该点叫“2 倍焦距处”。

#### 凹透镜

虚焦点：平行于主光轴的光线通过凹透镜会发散，其反向延长线会会聚于一点，该点叫做虚焦点，用  $F$  表示，一个凹透镜有左右两个虚焦点，关于光心对称。

焦距：任意一个虚焦点到光心的距离称为焦距，用  $f$  表示，两侧的焦距相等。

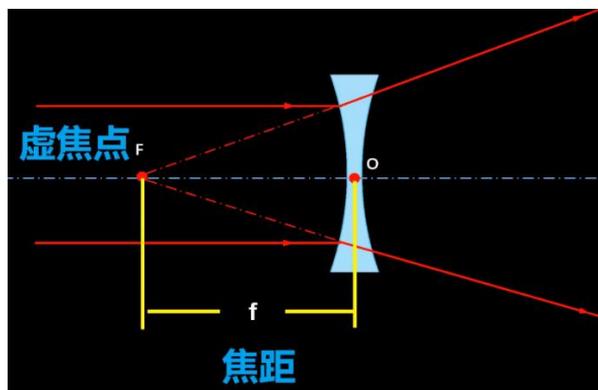


图 14. 凹透镜的虚焦点和焦距

## 4. 透镜的三种特殊光线

### 凸透镜的三种特殊光线

- 平行于主光轴的入射光线，出射光线通过另一侧的焦点。(红线)
- 经过焦点入射的光线，出射光线平行于主光轴。(蓝线)
- 经过光心的入射光线，出射光线方向不变。(绿线)

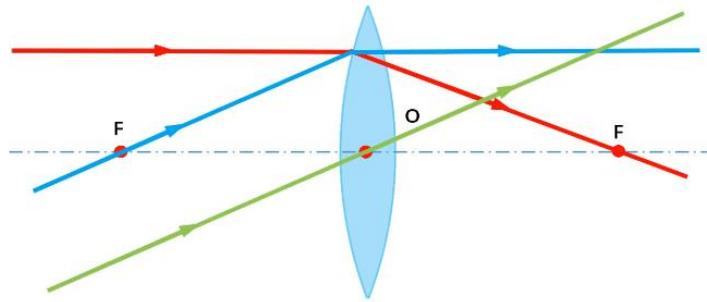


图 15. 凸透镜的三种特殊光线

### 凹透镜的三种特殊光线

- 平行于主光轴的入射光线，出射光线反向延长会通过同侧的虚焦点。(红线)
- 朝向对面虚焦点的入射光线，出射光线会平行于主光轴。(蓝线)
- 经过光心的入射光线，出射光线方向不变。(绿线)

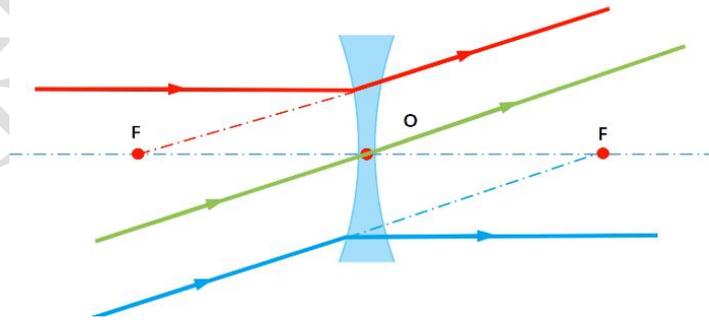


图 16. 凹透镜的三种特殊光线