



Problem 3

Single Lens Telescope

报告人：杨宸
指导老师：白翠琴

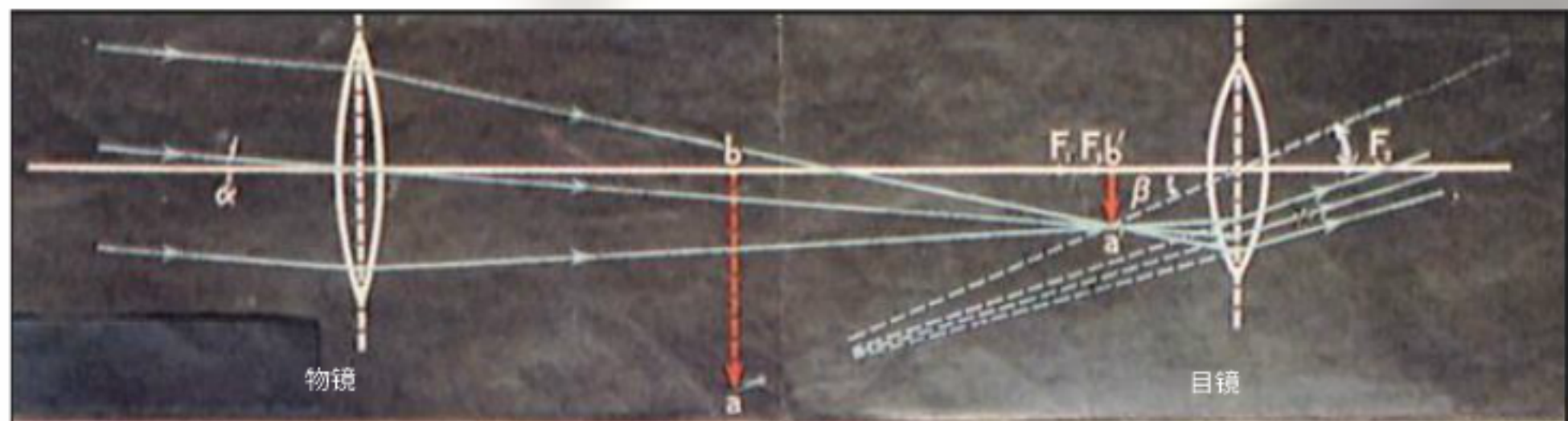
2017年4月22日

报告大纲

- 望远镜的基本原理
- 课题所提出的问题
- 单透镜望远镜望远的基本原理
- 小孔对成像的帮助及影响
- 实际使用中的情况
- 研究前景
- 参考文献及致谢

望远镜的基本原理

开普勒望远镜



视角增大!

把一次成像所成的像放在目镜的焦距之内?

清晰度的损失以及像差、色差!



课题所提出的问题

去掉目镜？

换成小孔！

放大率、清晰度、亮度与哪些因素有关？

单透镜望远镜望远的基本原理

依然是扩大视角

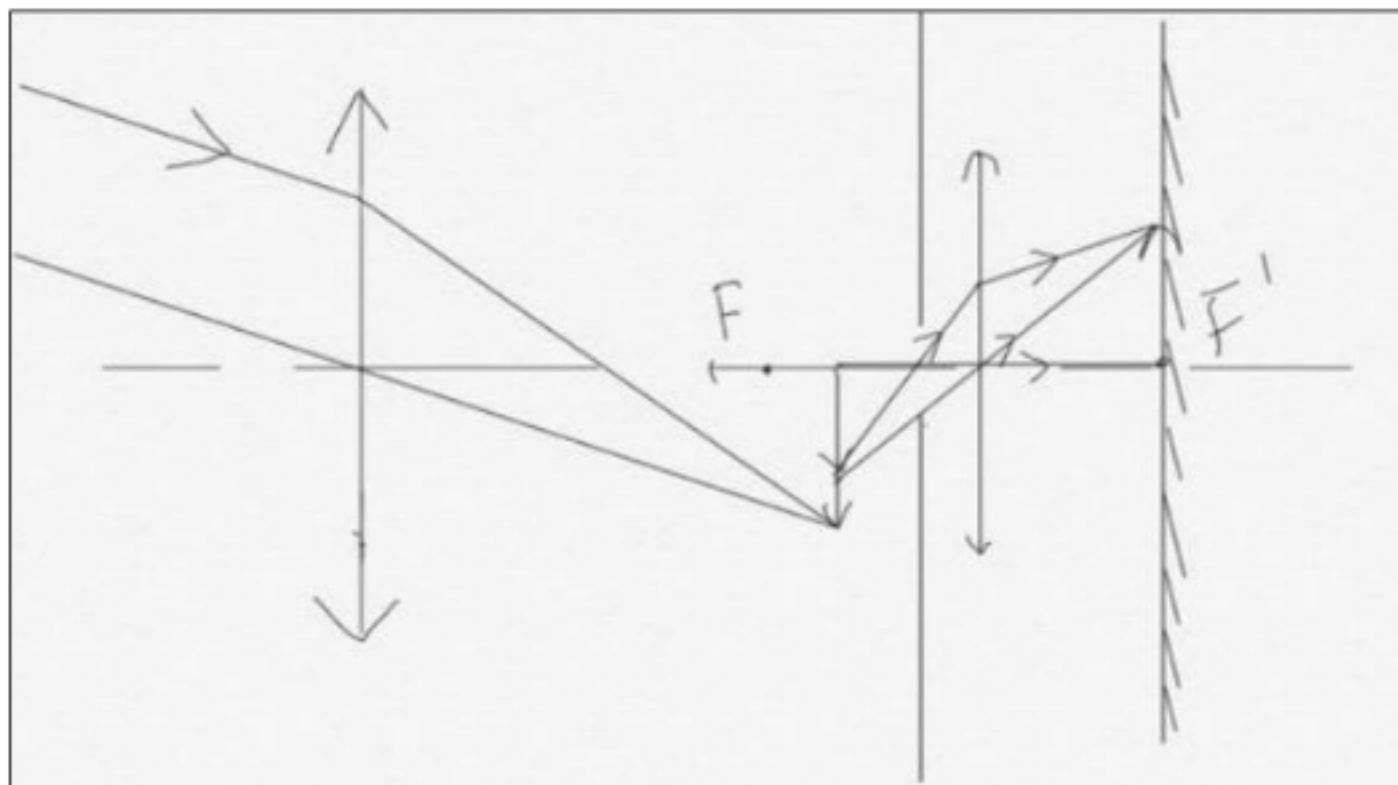
第二个透镜在哪？



由于小孔衍射会限制通过的射线，所以放大率可
与小孔孔径有关，更应与透镜的焦距有关。
由于人眼能分辨的最小角度为 $1'$ ，因此望远镜的放大率应大于 $1'$ 。
若物镜焦距为 f_1 ，目镜焦距为 f_2 ，则放大率
为 $M = f_1 / f_2$ 。

观察到“放大、正
立、清晰的像”

我们的眼睛可以简单等效成一块短焦凸透镜
(晶状体) 加光屏 (视网膜)



由于小孔并不会影响光线的折射，所以放大率方面与小孔并没有联系，而只与物镜和晶状体的焦距有关。

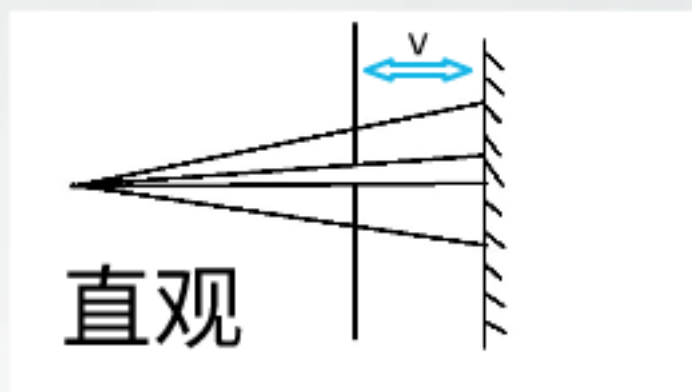
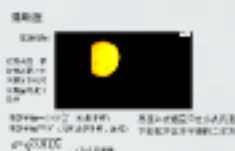
由于人眼视网膜至晶状体的距离 d 几乎不变，因此成像最好时，把极远处物近似为平行光，则有眼至透镜距离 $x=f+\frac{df}{d-f}$ 作为选取距离的基础。

$$\text{有 } \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

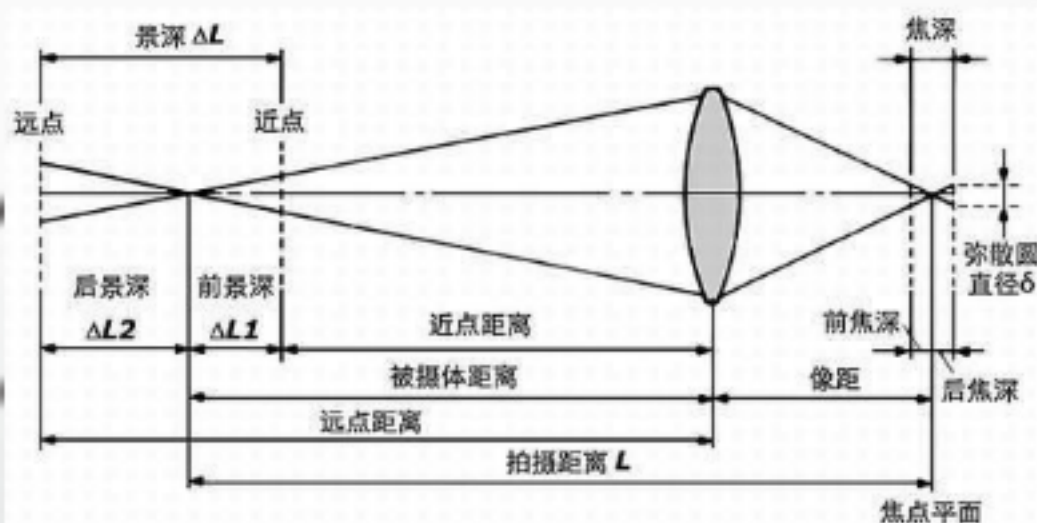
小孔对成像的帮助及影响

实际上由于存在非近轴光线，物体上每个点都可以形成一个弥散圆（像斑）

容许弥散圆直径：1/30mm



几何像斑vs艾里斑



σ 弥散圆直径

f 镜头焦距

F 镜头拍摄时的光圈值

L 对焦距离

ΔL_1 前景深

ΔL_2 后景深

ΔL 景深

$$\text{前景深 } \Delta L_1 = \frac{F\sigma L^2}{f^2 + F\sigma L} \quad (1)$$

$$\text{后景深 } \Delta L_2 = \frac{F\sigma L^2}{f^2 - F\sigma L} \quad (2)$$

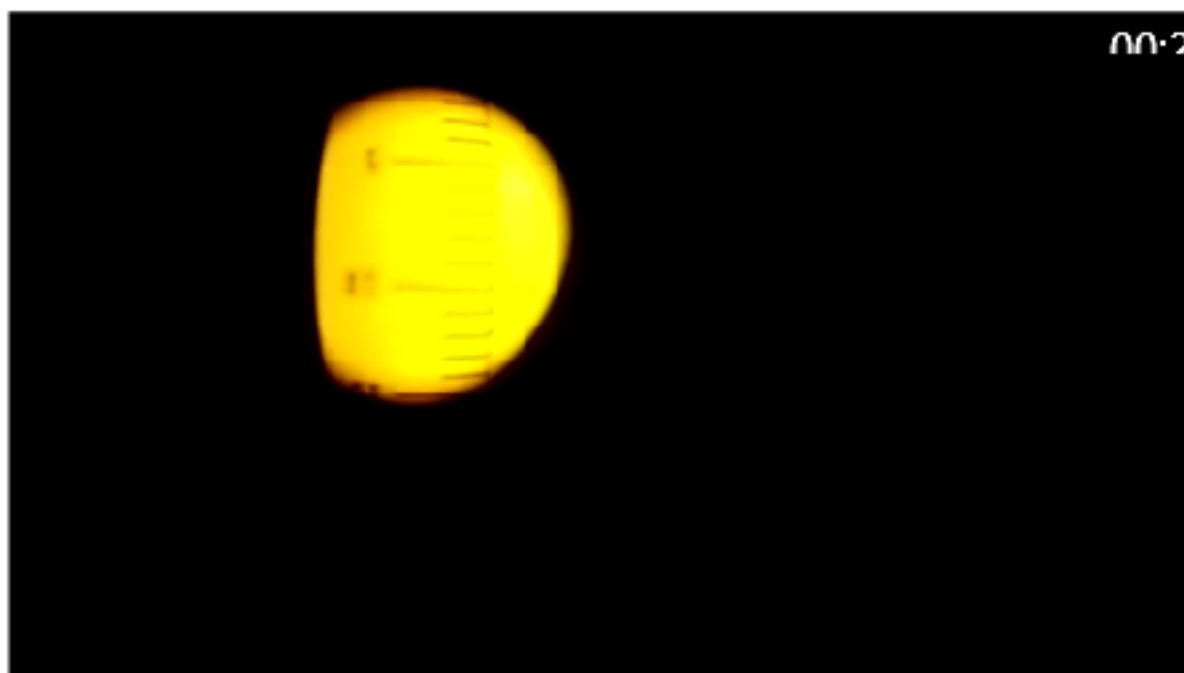
$$\text{景深 } \Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = \frac{2f^2 F\sigma L^2}{f^4 - F^2\sigma^2 L^2}$$



清晰度

演示视频:

定焦拍摄，很好的表现了遮去部分杂光对清晰度的提升效果



像斑半径 $r=0.61\frac{\lambda v}{s}$ (衍射条件)

像斑半径 $r=s$ (几何光学条件, 近似)

$$s=\sqrt{0.61f\lambda}, \quad s \text{ 为小孔半径}$$

亮度上光通量应在小孔尺度下近似正比于半径的二次方

实际使用中的情况

由于人的晶状体在一定范围内焦距可调，所以在一定放大率范围内都可以获得清晰的像。由于小孔限制了像的亮度，所以观察对象必须具有一定的亮度，否则会由于亮度过低而降低清晰度甚至无法观察。



研究前景

镜头的尺寸与视野相关

视野边缘存在明显的像差及色差

环境亮度对清晰度影响的边界条件等可供
进一步探索

参考文献及致谢

- Pinhole Optics、景深及影响景深的因素等40篇论文
- 感谢白翠琴老师、乐永康老师等老师及在实验中为我提供帮助、在理论构建阶段愿意听我的想法、与我讨论的同学们