

引入新课



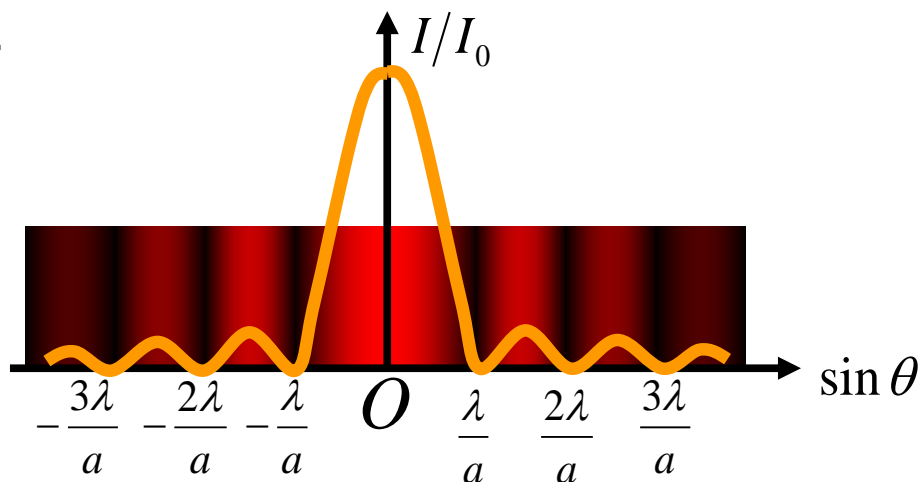
问题1：为何哈勃太空望远镜的物镜直径为2.4米之大？

问题2：宇航员在太空能看到长城吗？

知识回顾

■ 单缝夫琅禾费衍射

● 明暗纹条件：

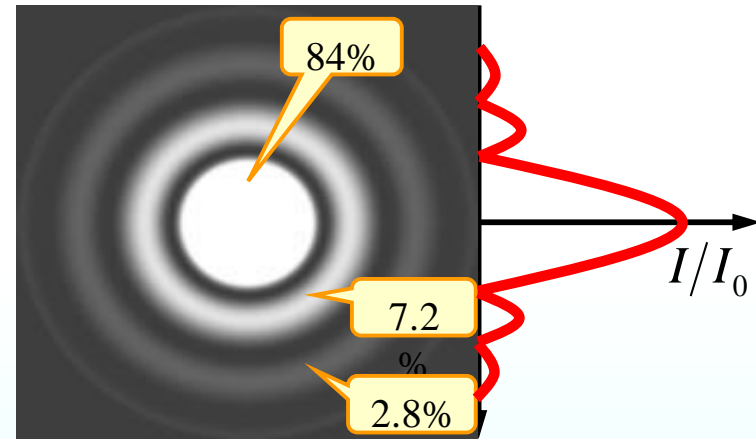
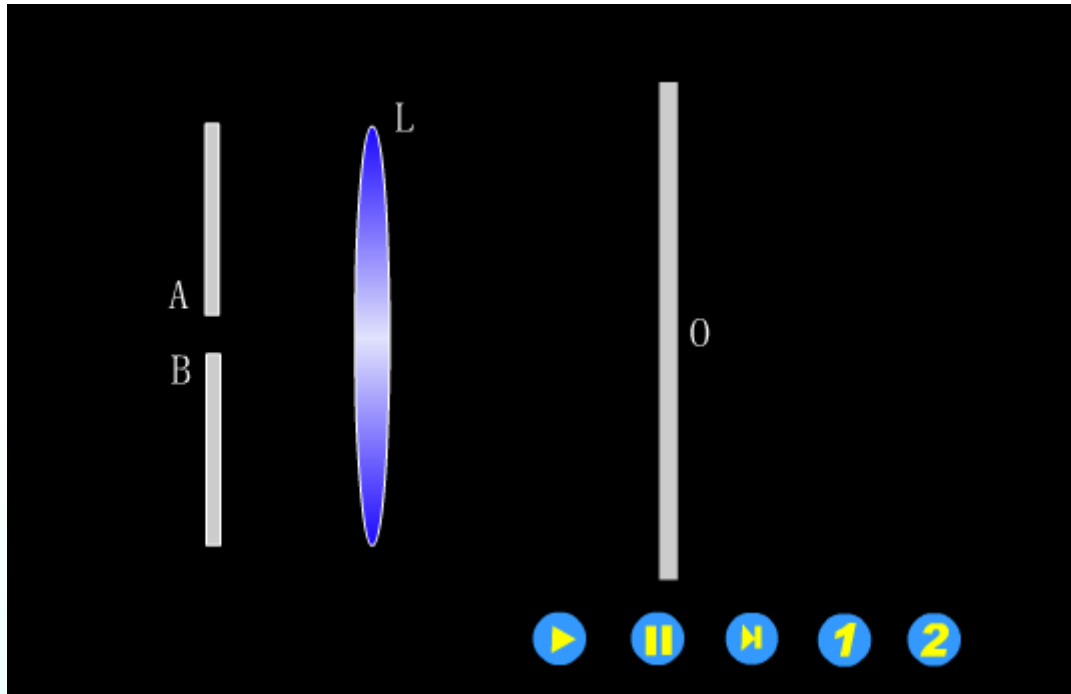


$$\delta = a \sin \theta \begin{cases} = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad (k=1,2,3\cdots) & \text{明纹} \\ = \pm 2k\frac{\lambda}{2} \quad (k=1,2,3\cdots) & \text{暗纹} \end{cases}$$

● 中央明纹半角宽度： $\Delta\theta_0 \approx \frac{\lambda}{a}$

§ 12-9 圆孔的夫琅禾费衍射 光学仪器的分辨本领

一、圆孔的夫琅禾费衍射



第一级暗环所围的中央光斑——艾里斑

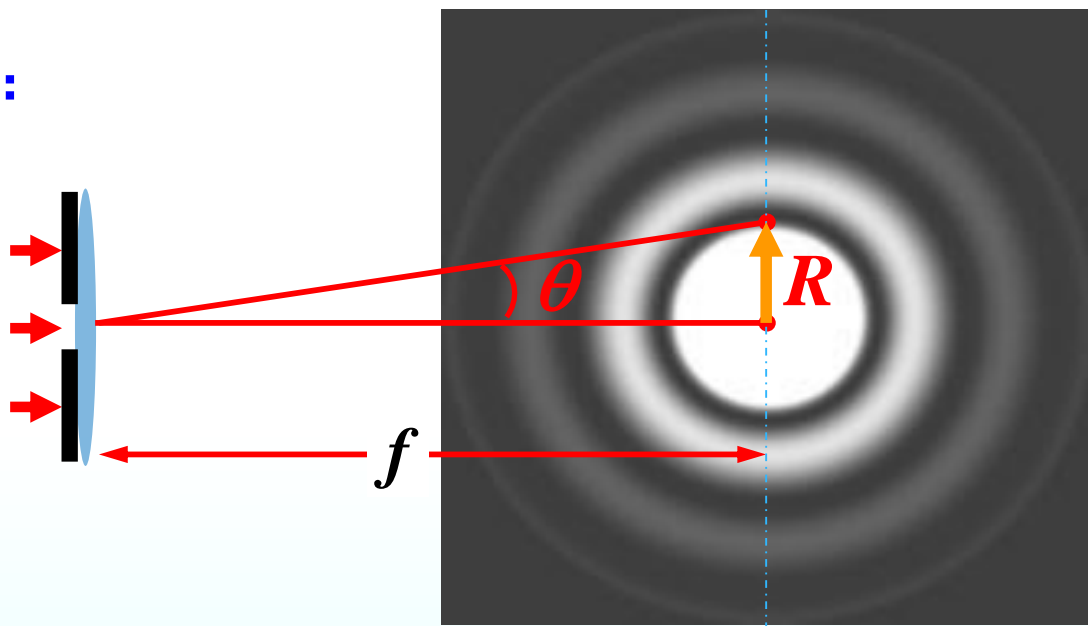
• 艾里斑的半径

☆ 角半径（半角宽度）：

$$\theta \approx \sin \theta \approx 1.22 \frac{\lambda}{d}$$

☆ 艾里斑的半径：

$$R = f \cdot \tan \theta \approx 1.22 \frac{\lambda}{d} \cdot f$$



λ 越大， d 越小，衍射现象越明显。

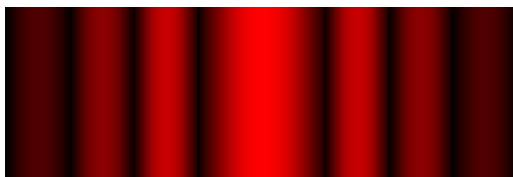
对比

单缝衍射的中央明纹半角宽： $\Delta\theta_0 = \frac{\lambda}{a}$

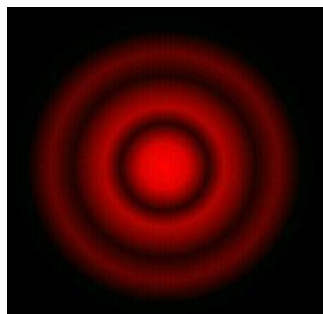
• 衍射机制

单缝衍射和圆孔衍射都是受限制波阵面上发生的
无限子波的相干叠加

单缝衍射



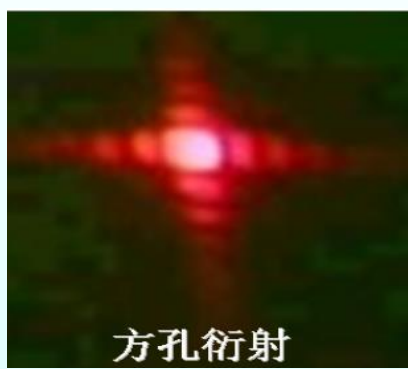
圆孔衍射



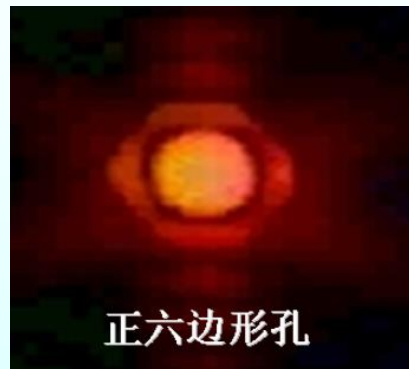
思考：圆孔换成其它形状小孔，衍射图样如何？



三角孔衍射



方孔衍射



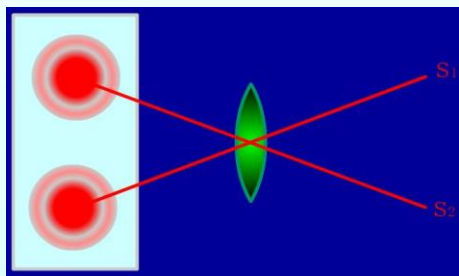
正六边形孔

二、光学仪器的分辨本领

关于光学成像问题，有两种讨论方法：

✓ 几何光学： 物点 \longleftrightarrow 像点
(经透镜)
物（物点集合） \longleftrightarrow 像（像点集合）

✓ 波动光学： 物点 \longleftrightarrow 像斑
(经透镜)
物（物点集合） \longleftrightarrow 像（像斑集合）



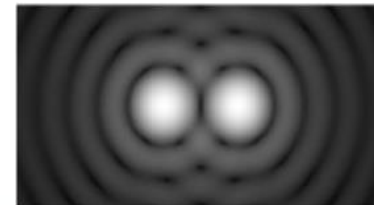
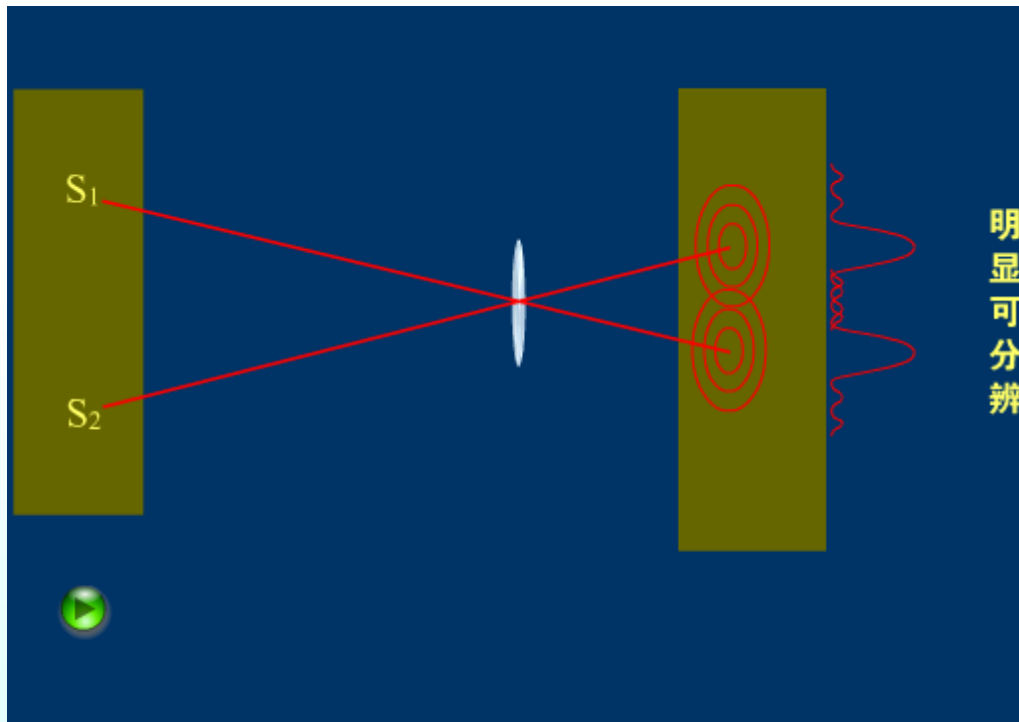
距离很近的两个物点的像斑（主要是艾里斑）有可能重叠，从而分辨不清！



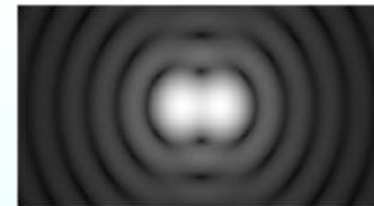
由远而近的车灯

瑞利判据

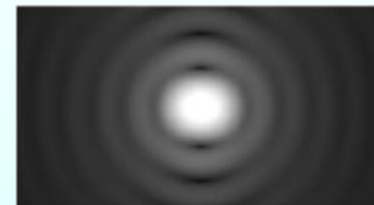
一物点衍射图样的中央最亮处刚好与另一物点衍射图样的第一级暗环相重合，就认为这两个物点恰好能被这一光学仪器所分辨。



能够分辨

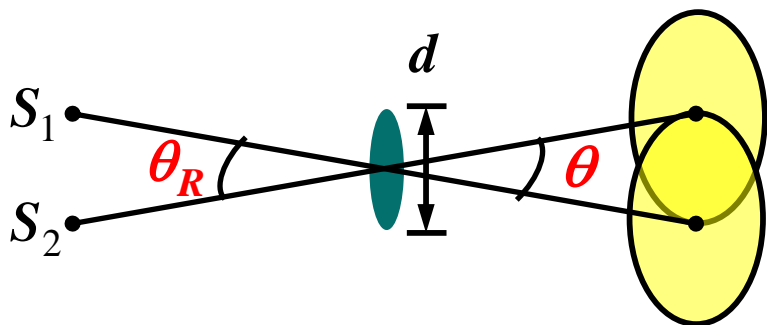


恰能分辨



不能分辨

- 两物点最小分辨角：



$$\theta_R = \theta \approx 1.22 \frac{\lambda}{d} \quad (\text{圆孔形物镜})$$

- 光学仪器的分辨本领：

$$R = \frac{1}{\theta_R} = \frac{d}{1.22\lambda}$$

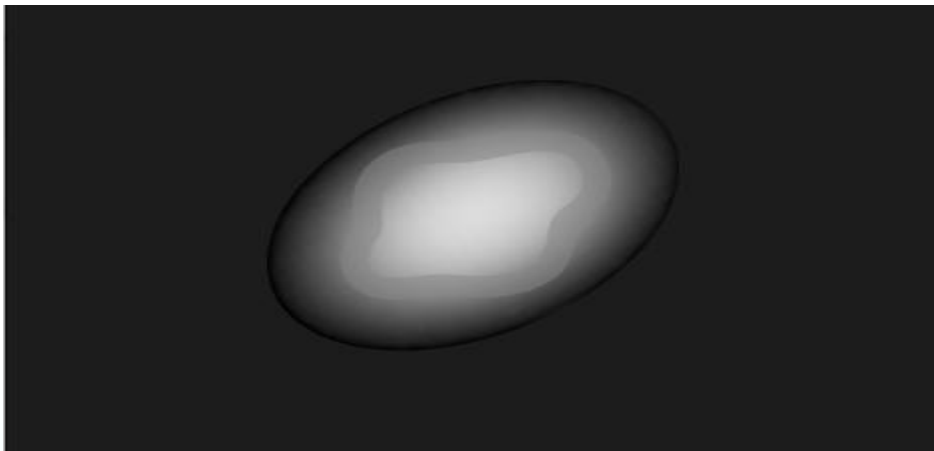
如何提高光学仪器分辨本领 ?

$$\uparrow d, \downarrow \lambda$$

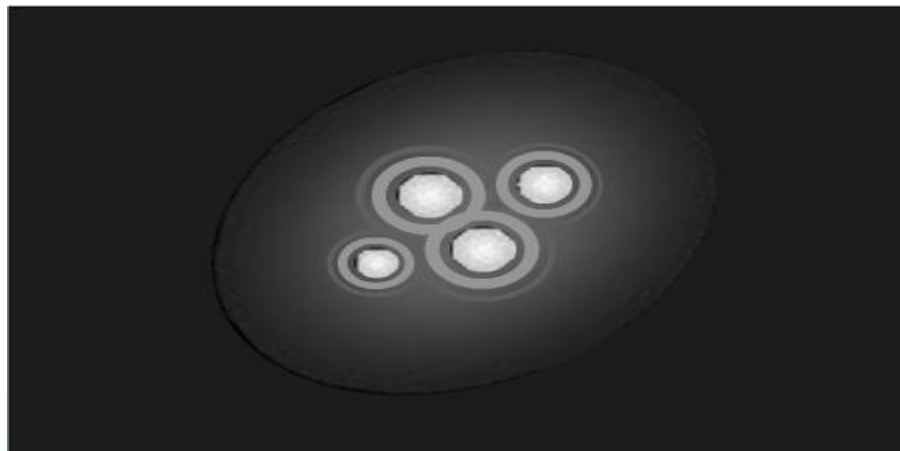


※ 望远镜

λ 不可选择, 可 $\uparrow d \rightarrow \uparrow R$



望远镜的物镜孔径较小



望远镜的物镜孔径较大

※ 望远镜

▲ 美国NASA:哈勃空间望远镜



主镜直径: 2.4m

空间轨道

▲ 欧洲:极大 (ELT) 望远镜



主镜直径: 39.3m

智利阿马索内斯山

▲ 中国:FAST射电望远镜



反射口径: 500m

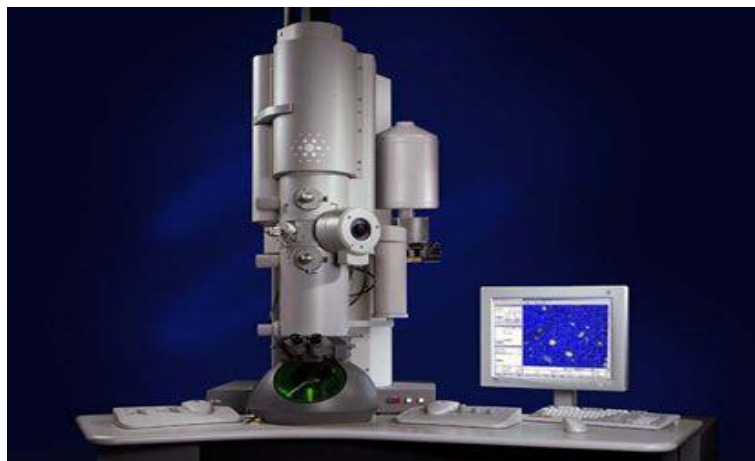
贵州喀斯特洼地



解释问题1: 望远镜物镜直径越大其分辨本领越大!

※ 显微镜

孔径 d 不会很大, 可 $\downarrow \lambda \rightarrow \uparrow R$



电子显微镜

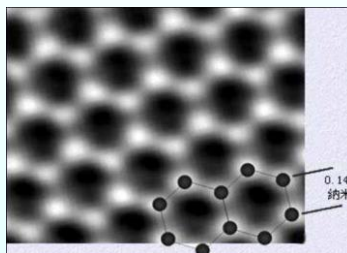
(100keV, $\lambda=0.0037\text{nm}$)



花粉 20~50 μm

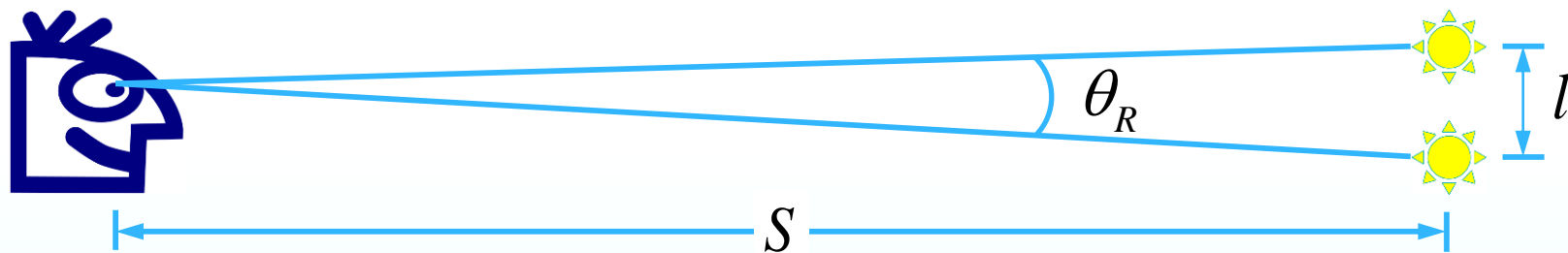


病毒 20~200nm



石墨烯晶格

思考：在迎面驶来的汽车上，两个前灯相距120cm，设夜间人的瞳孔直径为5.0mm，入射光波为视觉感受最灵敏的黄绿光，其波长为550nm。求：人在离汽车多远时，眼睛恰好能分辨这两盏灯？

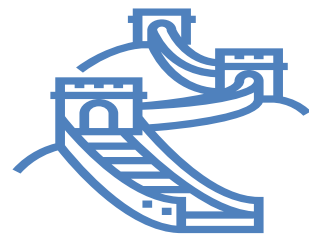


解：设人离车距离为 S 时恰能分辨这两盏灯，人眼的最小分辨角为：

$$\theta_R \approx 1.22 \frac{\lambda}{d} \quad S \approx \frac{l}{\theta_R} = \frac{d \cdot l}{1.22 \lambda} = \frac{5.0 \times 10^{-3} \times 1.2}{1.22 \times 550 \times 10^{-9}} = 8.94 \times 10^3 \text{ m}$$



解释问题2： 宇航员在太空能看到长城吗？



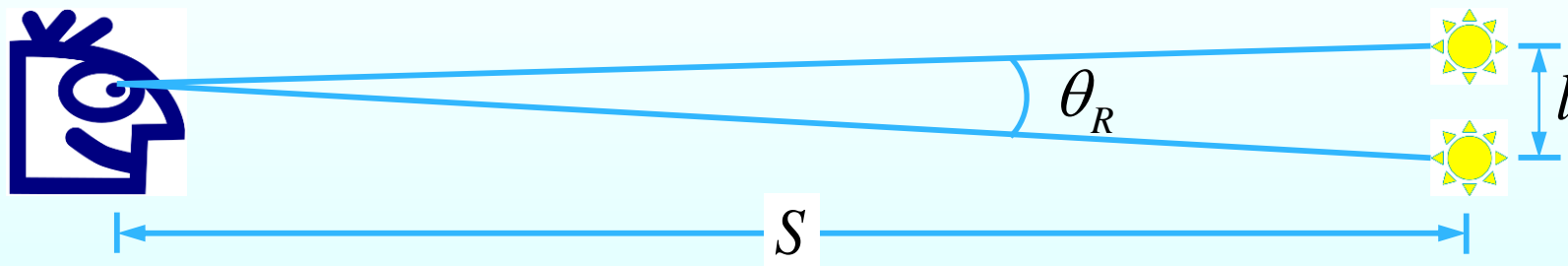
人眼瞳孔直径约 2.5mm，白光平均波长 550nm

$$\theta_R = \theta \approx 1.22 \frac{\lambda}{d} \approx 2.68 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

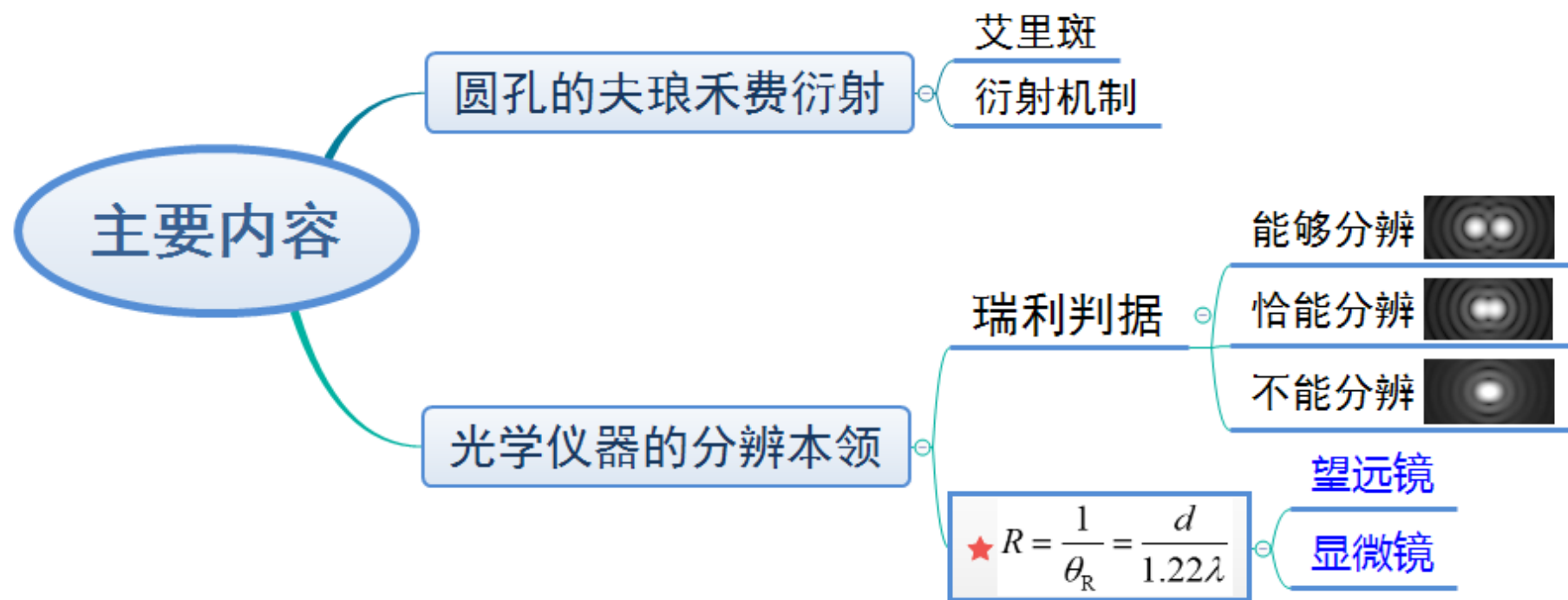
神舟飞船离地最近高度约 200Km



$$l = S\theta_R \approx 200000 \times 2.68 \times 10^{-4} = 53.6m$$



课堂小结





- 课后思考：

相机的衍射极限光圈现象及产生原因？



- 拓展选做训练：

查阅资料了解FAST的工作原理及观测成果