

# 中天訓觀星實習課二

## 天文儀器介紹

# 為何要使用天文望遠鏡？

- 放大
- 可以看到暗淡的星體
- 拍攝記錄
- 測量星體大小及軌道



# 光學型式

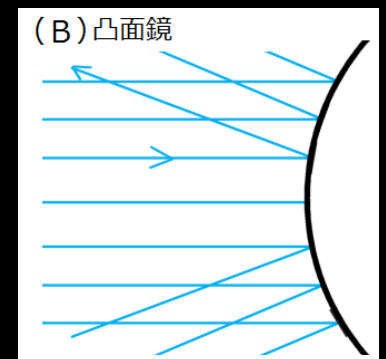
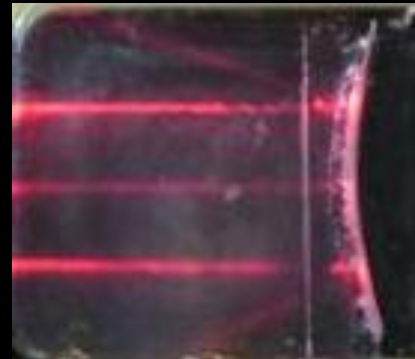
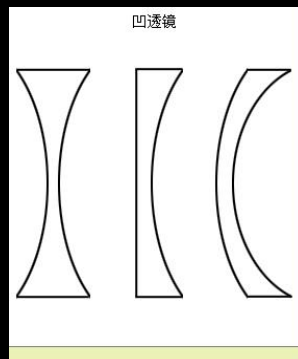
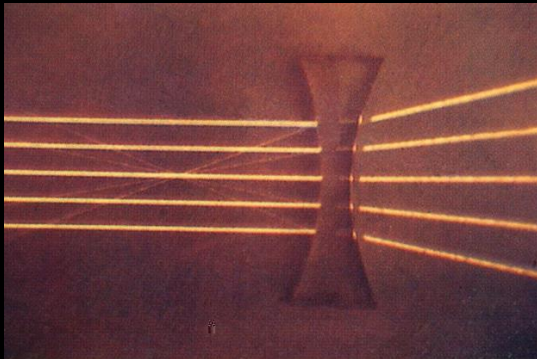
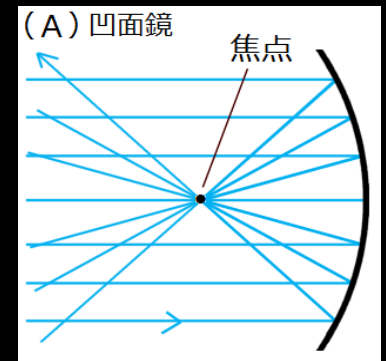
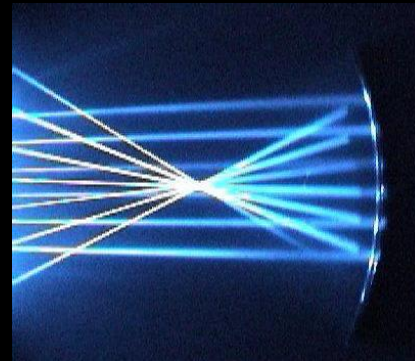
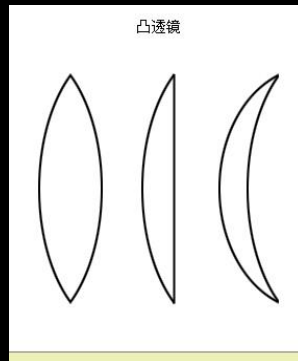
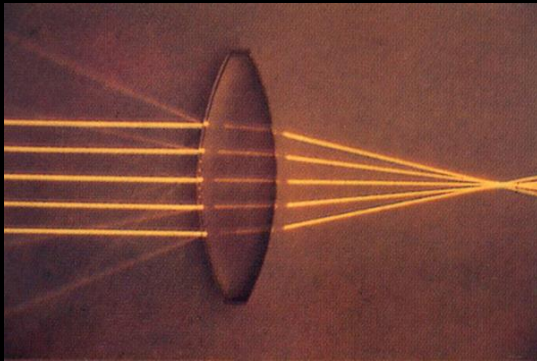
## 光學型式

- 折射式
- 反射式
- 折反射式



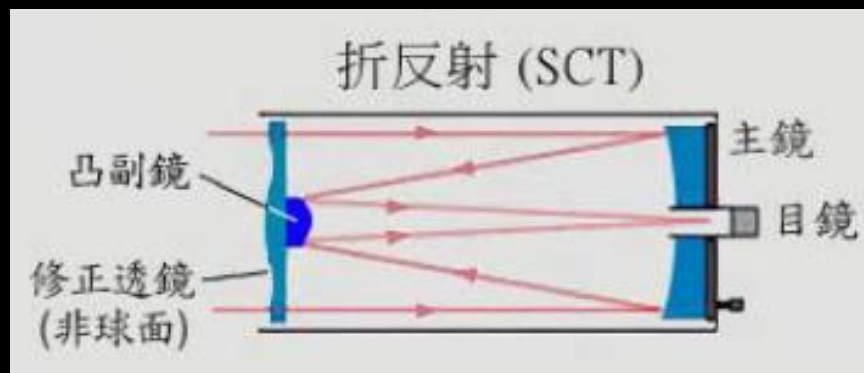
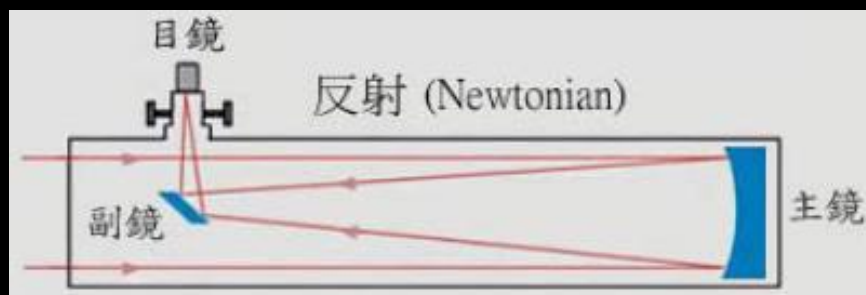
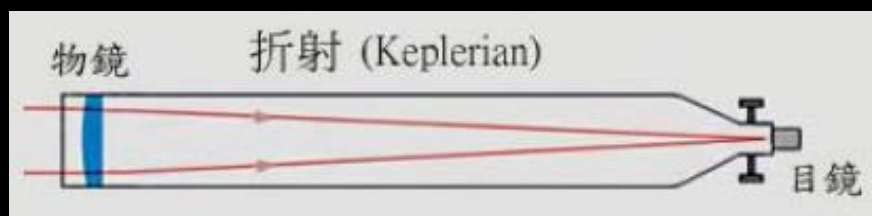
# 基本元素

- 基本元素：透鏡(Lens)／  
曲面鏡(Curved mirror)



# 基本元素

- 基本元素：物鏡(Objective)／目鏡(Eyepiece)

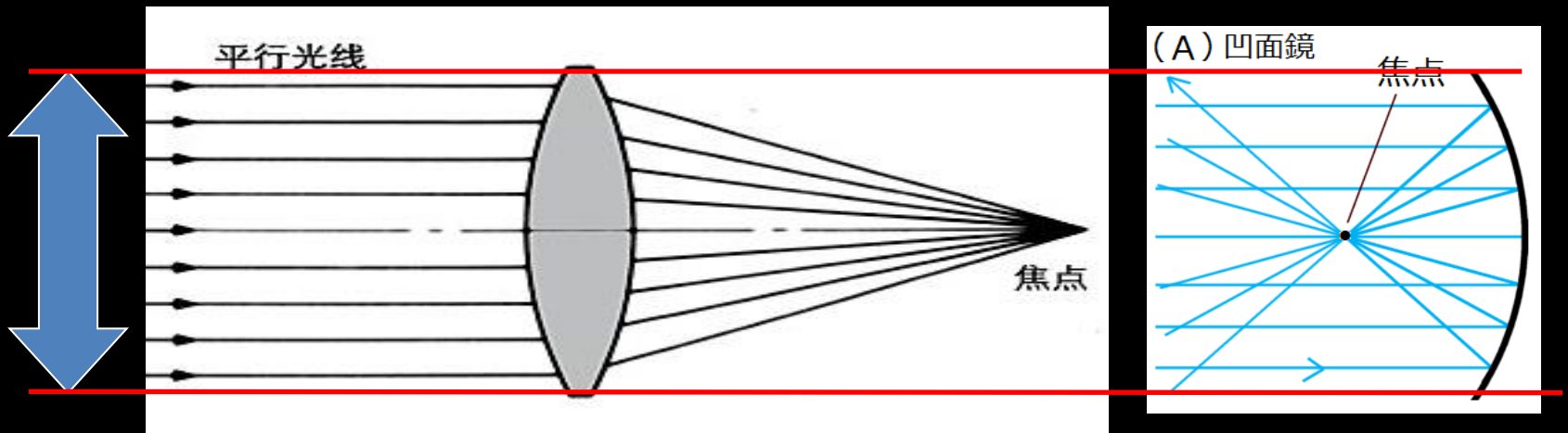


# 基本計算

- 口徑Diameter(D) / Aperture

口徑是指物鏡的直徑，簡寫D常用mm或Inch表示

eg. D=90mm 表示90mm口徑

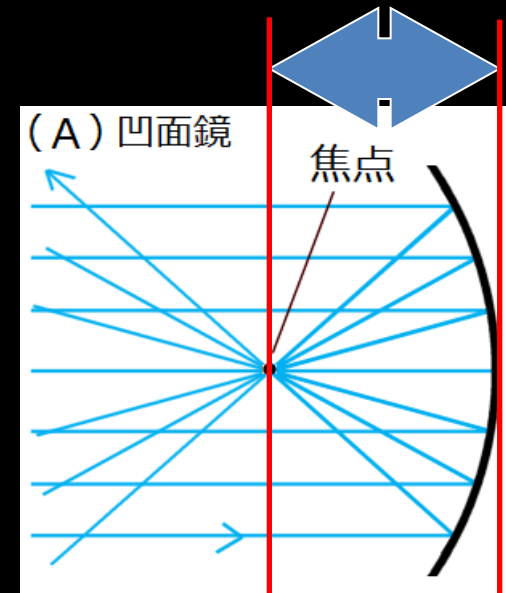
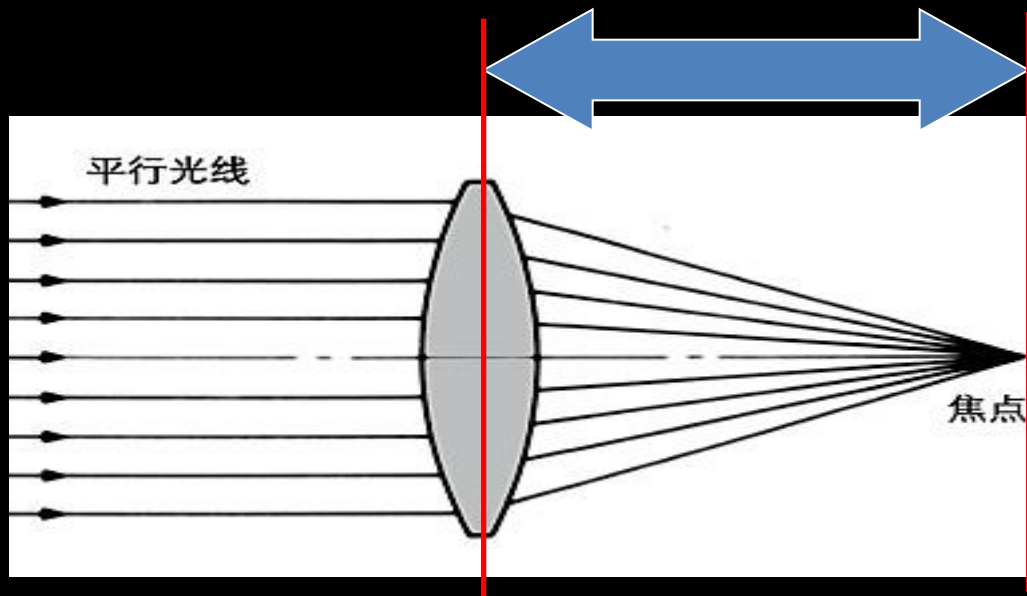


# 基本計算

- 焦距 Focal Length(F)

焦距是指直線進入的光線通過物鏡後的**焦點和物鏡間的距離**，  
簡寫f常用mm表示

eg.  $F=450\text{mm}$  表示 450mm 焦距



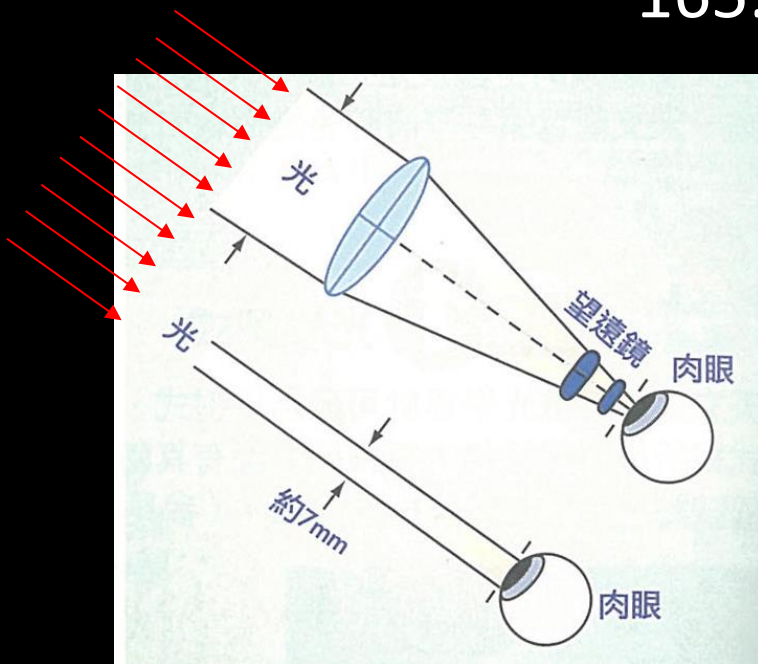
# 基本計算

## 集光力 Light Gathering Power

- 指相比於人眼收集多少倍的光線
- 大口徑的望遠鏡能收集更多的光線

$$\text{集光力(倍)} = (\text{口徑mm})^2 / 49$$

$$165.3\text{倍} = 90^2 / 49$$



證明：

集光力 = 面積比例

$$= \frac{A_O}{A_E}$$

$$= \left( \frac{D_O}{D_E} \right)^2$$

$$= \left( \frac{D_O}{7} \right)^2$$

$$= \frac{D_O^2}{49}$$

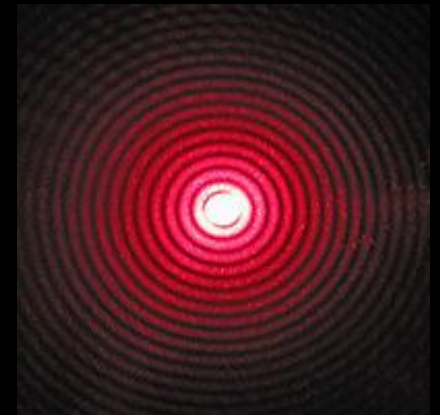
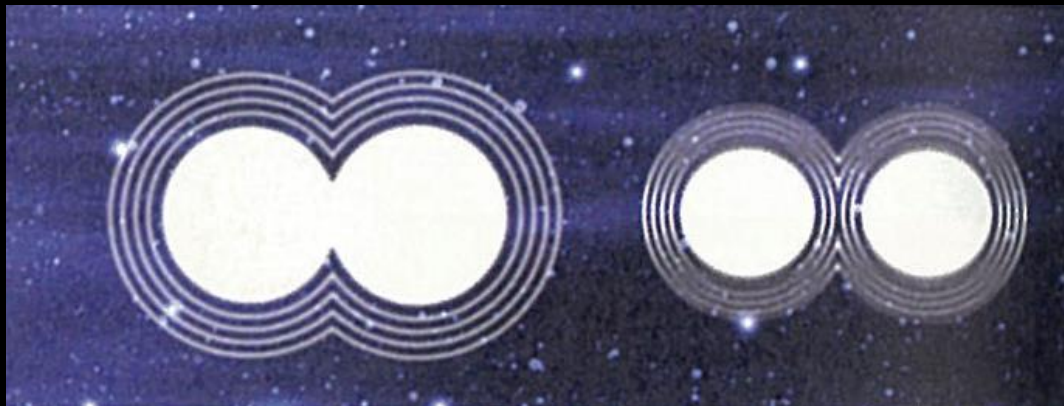
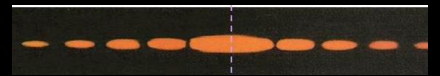
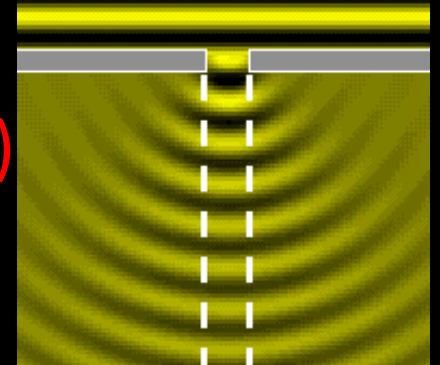




# 基本計算

## 角分辨率Angular resolution

- 光線穿過鏡筒時會產生繞射(Diffraction)
- 形成牛頓環圖案(Newton's rings)
- 當兩星點太接近時，看似只有一星點。



# 基本計算

## 角分辨率Angular resolution

- 指望遠鏡能分辨的最小角度，通常以角秒(arcsec)為單位。
- 角分辨率愈小，分辨能力(Resolving power)愈大。

$$\text{角分辨率(角秒)} = 114 / \text{口徑(mm)}$$

$$1.26'' = 114 / 90$$

# 基本計算

證明：

根據瑞利準則(Rayleigh Criterion)，理論上，

$$\text{角分辨率(弧度Radian)} = \frac{1.22 \times \text{波長}(m)}{D_o(m)}$$

但實際上，

$$\text{角分辨率(弧度Radian)} = \frac{1.00 \times \text{波長}(m)}{D_o(m)}$$

$$\text{因為 } 1 \text{ 弧度} = \frac{180}{\pi} \text{ 度} = \frac{180}{\pi} \times 60 \times 60 \text{ 角秒} = 206265 \text{ 角秒}$$

$$D_o(m) = 1000 D_o(mm)$$

人眼對綠光最敏感，代入波長 =  $555 \times 10^{-9} m$

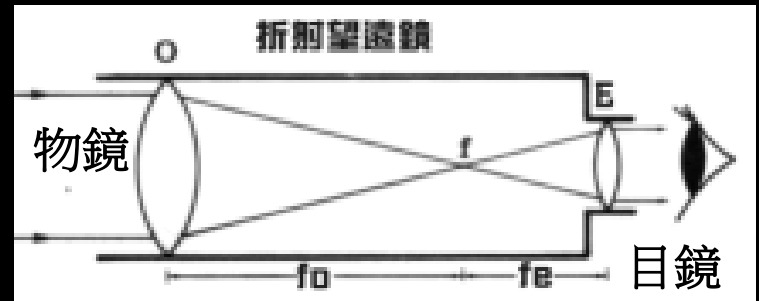
$$\frac{\text{角分辨率(角秒)}}{206265} = \frac{1.00 \times 555 \times 10^{-9}}{\frac{D_o(mm)}{1000}}$$

$$\text{角分辨率(角秒)} = \frac{114}{D_o(mm)}$$

# 基本計算

## 放大率/倍率 Magnification

- 望遠鏡是**利用目鏡來更換放大率**



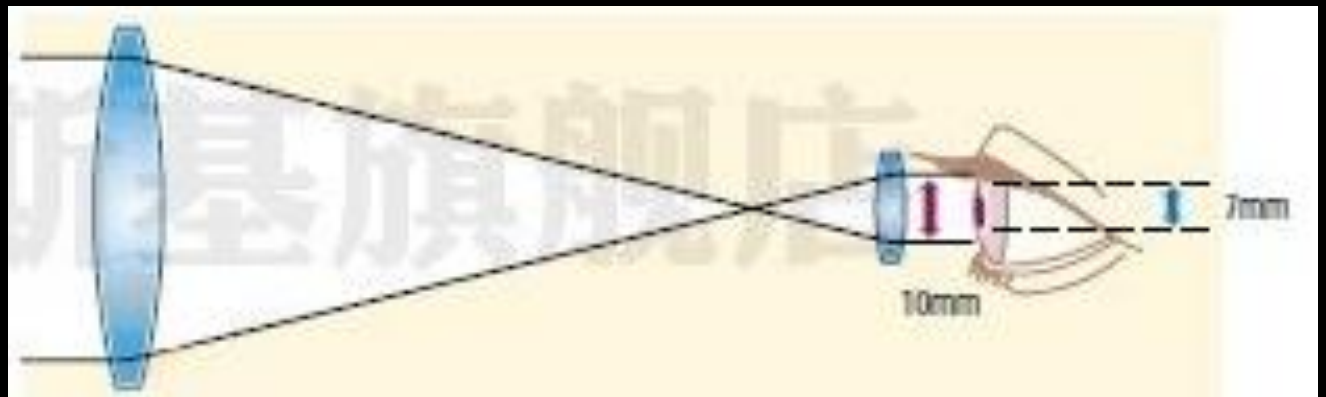
放大率= 物鏡焦距(mm)/ 目鏡焦距(mm)

$$45\text{倍} = 450/10$$

# 基本計算

## 出瞳直徑 Exit Pupil

- 指光線經過目鏡**匯聚**後所形成的**影像直徑**
- 但因為光線**必須經過瞳孔**後進入視網膜成像，大於瞳孔直徑(7mm)的出瞳直徑是沒有意義的。



# 基本計算

- 出瞳直徑 Exit Pupil

$$\text{出瞳直徑(mm)} = \text{口徑(mm)} / \text{放大率}$$

證明：

在相似三角形(Similar Triangle)中,

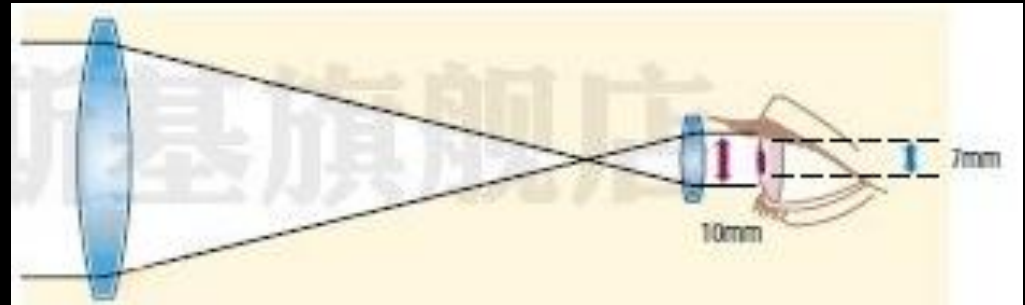
$$\frac{F_o}{F_E} = \frac{D_o}{D_E}$$

$$M = \frac{D_o}{D_E}$$

$$D_E = \frac{D_o}{M}$$

$$D_E = \frac{D_o}{M}$$

$$D_E = \frac{D_o}{M}$$



# 基本計算

## 最低有效放大率

- 對於直徑固定的望遠鏡，採用愈小的放大率，其出瞳直徑會愈大。
- 因為不流失光線下的出瞳直徑只有7mm，有效放大率是有下限的。

**最低有效放大率=口徑(mm) / 7**

證明：

$$\text{出瞳直徑(mm)} = \frac{\text{口徑(mm)}}{\text{倍率}}$$

$$7 = \frac{\text{口徑(mm)}}{\text{最低有效放大率}}$$

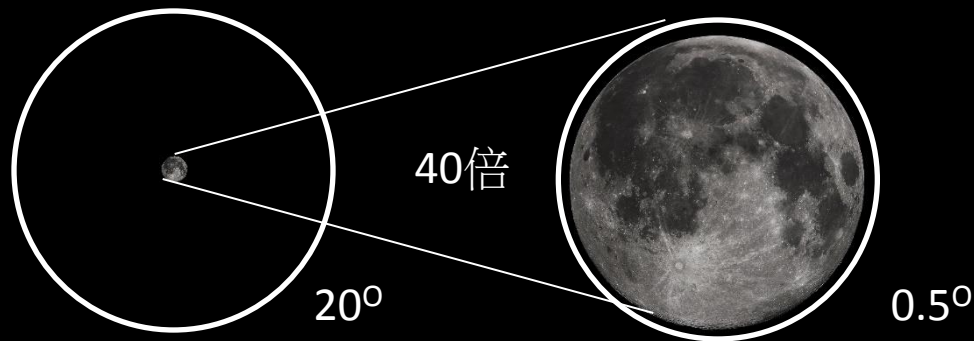
$$\text{最低有效放大率} = \frac{\text{口徑(mm)}}{7}$$

# 基本計算

## 視場 Field Of View

- 是指經由望遠鏡觀察時能觀察到的範圍直徑，以角度為單位。細分兩種：
- 視視場(Apparent FOV)指目鏡的視場
- 實視場(True FOV)指主鏡和目鏡一起使用時的視場

$$\text{實視場} = \text{視視場} / \text{放大率}$$





# 基本計算

## 極限星等 limiting magnitude

- 望遠鏡所能看到最暗的星等稱為極限星等。
- 人眼本身能看的星等有限，但透過望遠鏡收集光線，可以增加眼睛所看見的星等。

$$\text{極限星等} = 1.77 + 5 \log (\text{口徑mm})$$

$$11.54\text{等} = 1.77 + 5\log(90)$$

# 基本計算

## 極限星等

- 重溫一下，
  - 1) 何謂星等？
  - 2) 人眼最暗能看的星等是多少？

# 基本計算

- 重溫一下
- 1) 何謂星等？
- 答案：每星等之光強度相差大約 2.512 倍。  
相差五個星等 =  $2.512^5 = 100$  倍光強度。
- $\frac{\text{光度 1}}{\text{光度 2}} = 10^{-\frac{2}{5}(\text{星等 1} - \text{星等 2})}$
- 簡單檢查： $\frac{\text{光度 1}}{\text{光度 2}} = 10^{-\frac{2}{5}(1-2)} = 10^{\frac{2}{5}} = 2.512$ ,  $\frac{\text{光度 1}}{\text{光度 2}} = 10^{-\frac{2}{5}(1-6)} = 10^2 = 100$
- 2) 人眼最暗能看的星等是多少？
- 答案：6 等

# 基本計算

證明：

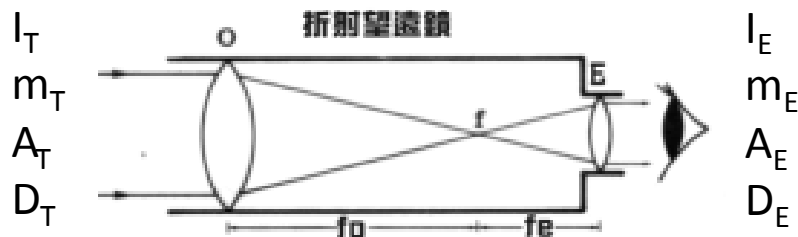
假設  $I$  = 光度(Intensity),  $m$  = 星等,  $A$  = 面積,  $E$  = 能量,  $t$  = 時間

$$\frac{I_T}{I_E} = 10^{-\frac{2}{5}(m_T - m_E)}$$

$$\frac{\frac{I_E}{E}}{tA_T} \div \frac{E}{tA_E} = 10^{-\frac{2}{5}(m_T - m_E)} \quad \text{光強度 (light intensity) (每秒於每平方米內所接收得的能量)}$$

$$\frac{A_E}{A_T} = 10^{-\frac{2}{5}(m_T - m_E)}$$

$$\left(\frac{D_E}{D_T}\right)^2 = 10^{-\frac{2}{5}(m_T - m_E)}$$



# 基本計算

證明：

因為 人眼瞳孔(Pupil)最大直徑為7mm，  
和最暗能看到6等星

$$\left(\frac{7}{D_T}\right)^2 = 10^{-\frac{2}{5}(m_T-6)}$$

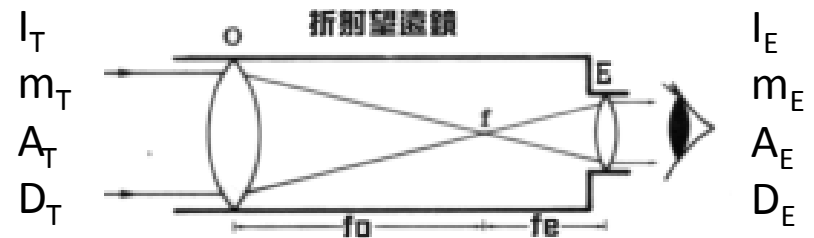
$$2\log\left(\frac{7}{D_T}\right) = -\frac{2}{5}(m_T - 6)$$

$$-5\log\left(\frac{7}{D_T}\right) = m_T - 6$$

$$-5\log(7) + 5\log(D_T) = m_T - 6$$

$$m_T = (6 - 5\log 7) + 5\log(D_T)$$

$$m_T = 1.77 + 5\log(D_T)$$



# 基本計算

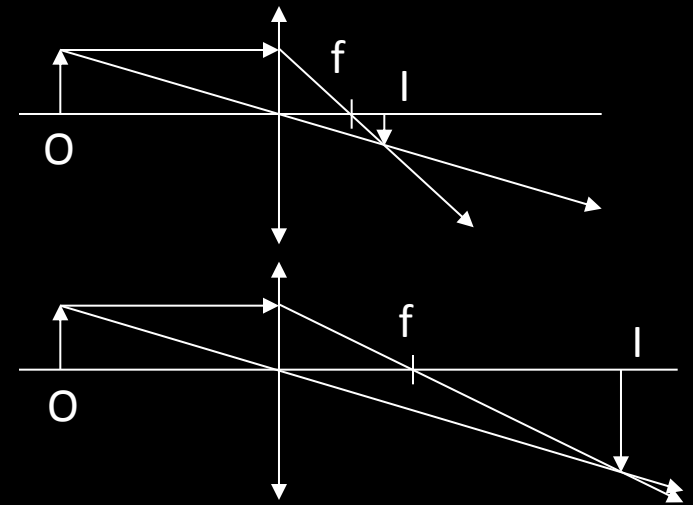
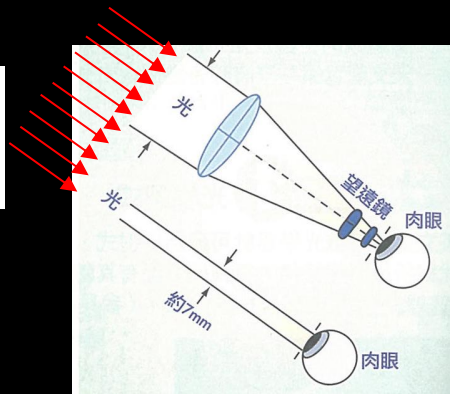
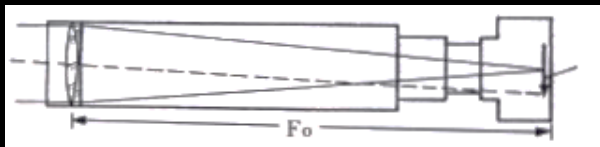
## 焦比 Focal Ratio (f/n)

- 焦比是指焦距和口徑間的比例，常用  $f/n$  表示。
- 在天文攝影時用。目鏡和相機鏡頭會被移去。
- 反映影像的光暗。

$$\text{焦距(mm)} / \text{口徑(mm)} = \text{焦比 (f/n)}$$

$$450 / 90 = f / 5$$

- 焦比愈細時，影像愈光。



# 實習二工作紙

一) 公式列表

二) 請完成以下各表

三) 請完成實習一的目視觀測記錄

將Maximum Magnification最高倍率  
改為Minimum Effective Magnification  
最低有效倍率

假設全部 視視場 為 $40^\circ$ 。

四) 部分公式之證明

時間：15min

# 實習二工作紙答案

二) 請完成以下各表：

	口徑 (mm)	焦距 (mm)	集光力 (倍)	角分辨率 (角秒)	最低有效 放大率	極限星等 (等)	焦比 (f/n)
3.5 吋鏡	90	405	165.31	1.27	12.86	11.54	4.50
8 吋鏡	200	2000	816.33	0.57	28.57	13.28	10.00

	$f_e=6.4\text{mm}$ ，視視場=40° 目鏡的			$f_e=32\text{mm}$ ，視視場=40° 目鏡的		
	放大率	實視場 (度)	出瞳直徑 (mm)	放大率	實視場 (度)	出瞳直徑 (mm)
3.5 吋鏡	63.28	0.63	1.42	2.81	14.22	32.00
8 吋鏡	312.50	0.13	0.64	6.25	6.40	32.00



# 實習二工作紙答案

三) 請完成實習一的目視觀測記錄：

Date 日期	-				Time 時間	-			
Location 地點	-				Target 目標	-			
Telescope 望遠鏡	C6	C130	m80	m114	Filter 濾鏡	-			
Optical Design 光學設計	折反	反射	折射	反射	Focal Ratio 焦距比	18.8	5.7	6	8.77
Aperture 口徑(mm)	80	114	80	114	Magnification 放大率	N/A			
Focal Length 焦距(mm)	1500	650	480	1000	Light Gathering power 集光力	131	265	131	265
Eyepiece 目鏡	N/A				Limiting Magnitude 極限星等(等)	11.3	12.1	11.3	12.1
Apparent FOV 視視場(度)	40				True FOV 實視場	N/A			
Mount 架台	-				Exit Pupil 出瞳直徑	N/A			
Seeing 視寧度	-				Resolving Power 分辨率	1.43	1	1.43	1
Transparent 透明度	-				Minimum Effective Magnification 最低有效倍率	11.4	16.3	11.4	16.3