

# 第6章

## 辐射度学与光度学基础

## 6-10 人眼的主观光亮度

### 1. 基本概念

#### (1). 主观光亮度

**定义：**外界物体对人眼的刺激强度。

**特点：**人眼对亮暗的感觉，属于主观范畴。

**表示方法：**

主观光亮度可以用具体的光度学的量来表示。

不同的外界物体对应不同的物理量。

## (2). 外界物体的分类

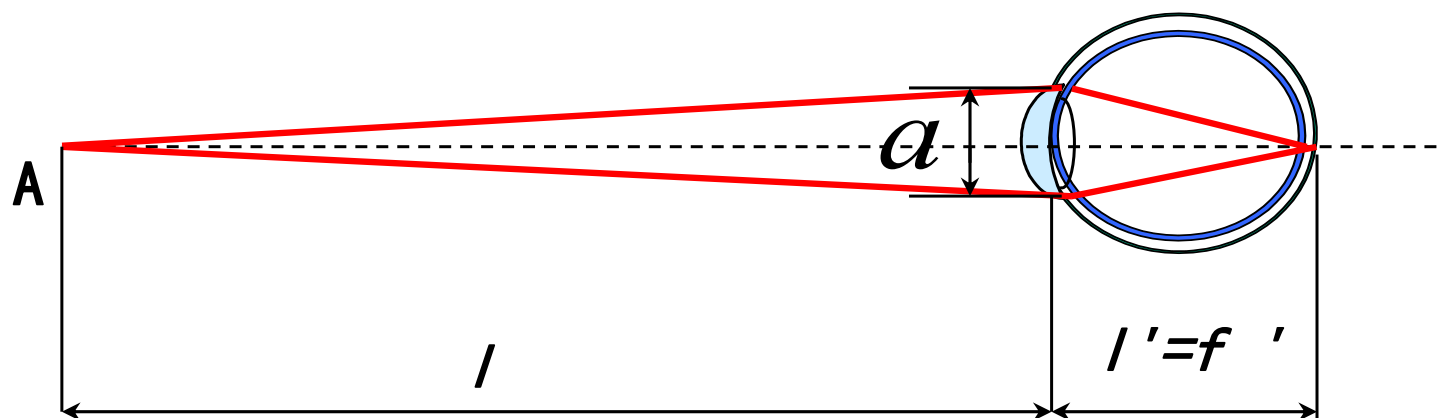
### 发光点

发光体对人眼的视角很小，在视网膜上所成的象小于一个视神经细胞的直径。

### 发光面

发光体对人眼张角较大，在视网膜上所成的象有一定面积。

## 2. 人眼直接观察发光点时的主观光亮度



(1). 衡量标准:

进入人眼的光通量。

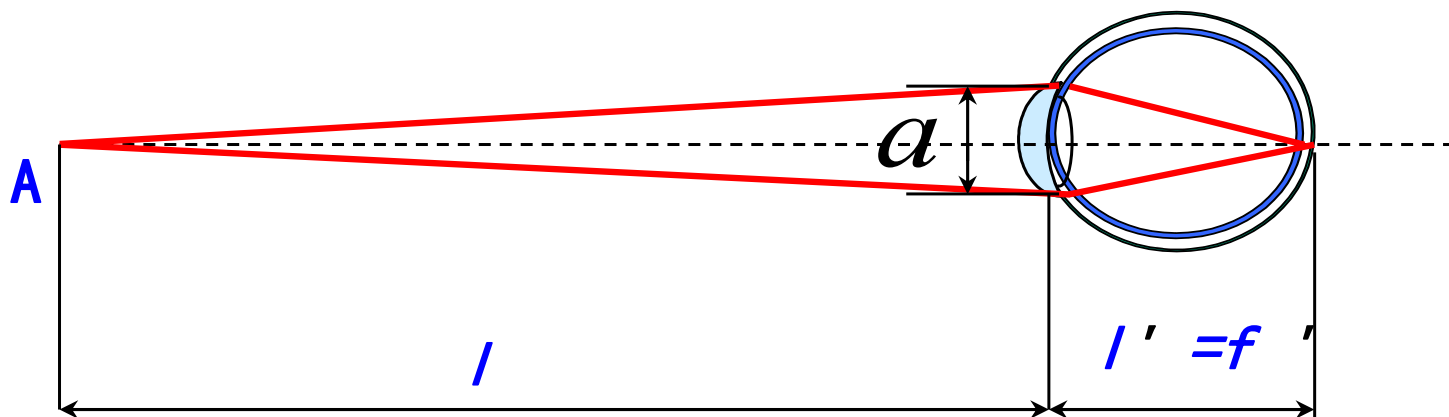
## (2). 计算公式

由光通量公式：

$$d\phi = Id\Omega$$

而 
$$d\Omega = \frac{ds}{r^2} = \frac{\pi(a/2)^2}{l^2} = \frac{\pi a^2}{4l^2}$$

因此 
$$d\phi = I \frac{\pi a^2}{4l^2}$$



$$d\phi = I \frac{\pi a^2}{4l^2}$$

结论：

主观光亮度与物体发光强度  $I$ 、人眼瞳孔直径  $a$  的平方成正比，与距离平方成反比。

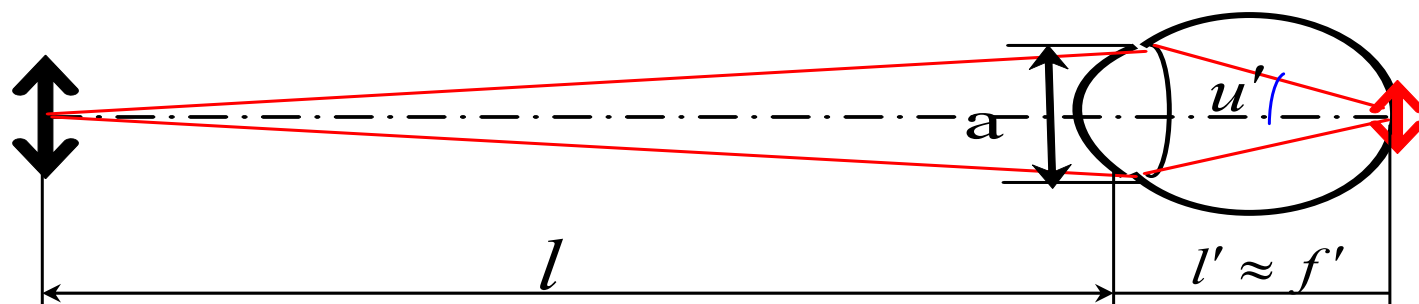
举例：

观察两颗星星

观察马路边的一排路灯



### 3. 人眼对发光面的主观光亮度



像平面光照度公式

$$E' = \tau \pi L \left( \frac{n'}{n} \right)^2 \sin^2 u'_{\max}$$

眼睛的透过率

物体光亮度

$n=1$

$n' = n_{\text{眼}} = 1.336$

$$\sin u' \approx \frac{a}{2f'}$$

## 人眼对发光面的主观光亮度

$$E'_0 = 1.4\tau L \left( \frac{a}{f'} \right)^2$$

讨论：日常生活中感觉不管是发光点还是发光面，距离越远越暗，越近越亮，与上式是否矛盾？



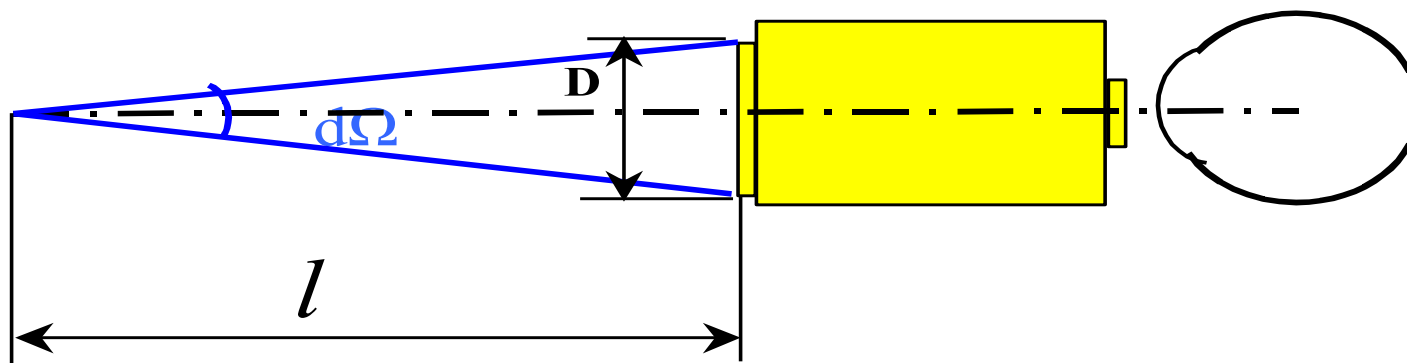
## 6-11 通过望远镜观察的主观光亮度



问题：夜晚直接用人眼观察星星以及用望远镜观察，哪种情况感觉亮？如果观察的是月亮呢？

## 1.发光点

(1).  $D' \leq a$ : 望远镜出瞳小于等于眼睛瞳孔直径



进入仪器的光通量

$$d\phi_{\text{仪}} = Id\Omega = I \frac{\pi D^2}{4l^2}$$

从仪器出来的光通量

$$d\phi'_{\text{仪}} = \tau_{\text{仪}} d\phi_{\text{仪}}$$

通过仪器观察的主观光亮度

$$d\phi'_{\text{仪}} = \tau_{\text{仪}} I \frac{\pi D^2}{4l^2}$$

## 通过仪器观察的主观光亮度

$$d\phi'_{\text{仪}} = \tau_{\text{仪}} I \frac{\pi D^2}{4l^2}$$

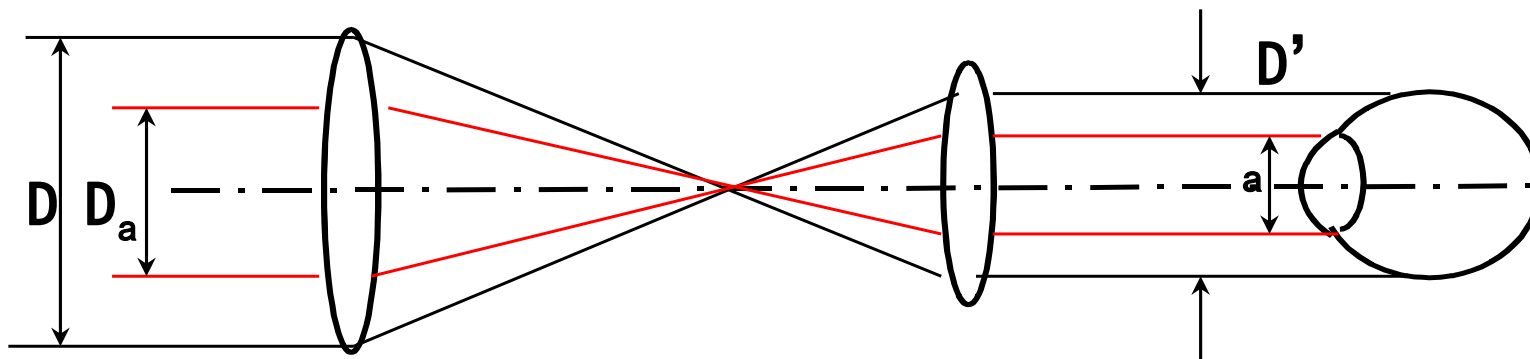
如果发光强度 $I$ 一定，则口径 越大，观察距离可以越大，即可以发现更远的星星。

如果观察距离一定，则口径 越大，发光强度 $I$ 可以更小，即可以发现发光更微弱的星星。

总之，对天文望远镜来说，口径越大越好。



(2).  $D' > a$ : 望远镜出瞳大于眼睛瞳孔直径



$$d\phi'_{\text{仪}} = \tau_{\text{仪}} I \frac{\pi D_a^2}{4l^2}$$

比较：将两种情况下的主观光亮度与人眼直接观察时对比：

$$d\phi = I \frac{\pi a^2}{4l^2}$$

$D' \leq a$  时的主观光亮度之比

$$\frac{d\phi'_{\text{仪}}}{d\phi} = \tau_{\text{仪}} \left(\frac{D}{a}\right)^2$$

$D' > a$  时的主观光亮度之比

$$\frac{d\phi'_{\text{仪}}}{d\phi} = \tau_{\text{仪}} \left(\frac{D_a}{a}\right)^2 = \tau_{\text{仪}} \Gamma_{\text{仪}}^2$$

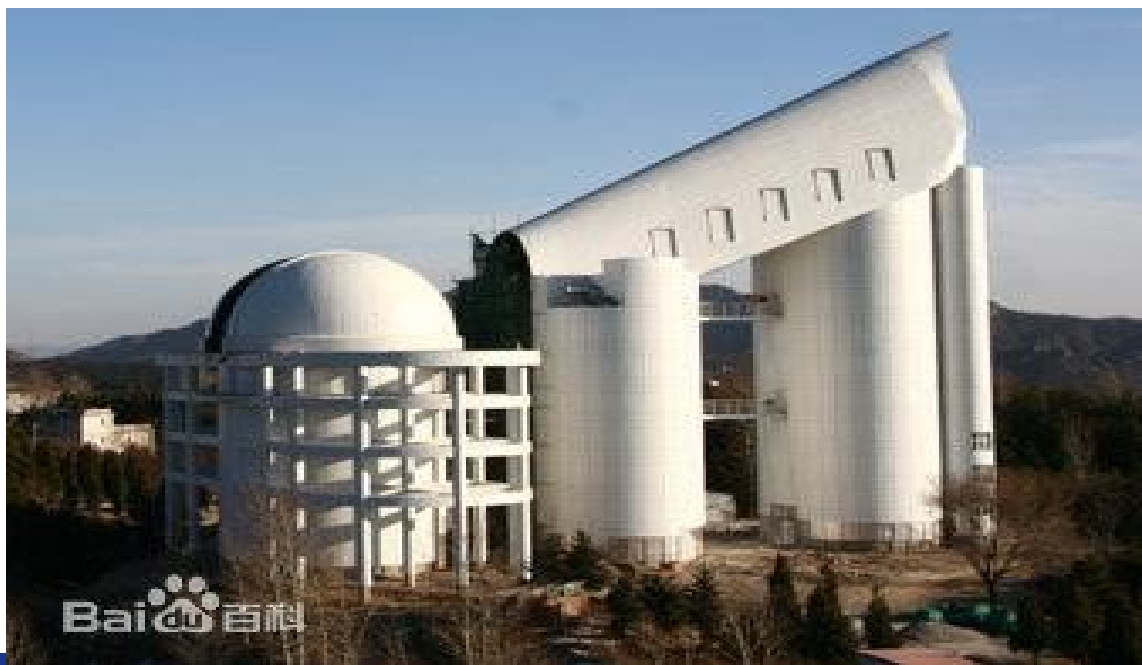

$$\Gamma = D_a / a$$

$D' \leq a$  时的主观光亮度之比

$$\frac{d\phi'_{\text{仪}}}{d\phi} = \tau_{\text{仪}} \left(\frac{D}{a}\right)^2$$

$D' > a$  时的主观光亮度之比

$$\frac{d\phi'_{\text{仪}}}{d\phi} = \tau_{\text{仪}} \left(\frac{D_a}{a}\right)^2 = \tau_{\text{仪}} \Gamma_{\text{仪}}^2$$





例：某天文台有一天文望远镜，口径为2.16米，人眼瞳孔在夜晚为 $a=8\text{mm}$ 。

$D' \leq a$  时

$$\frac{d\phi'_{\text{仪}}}{d\phi} = \tau_{\text{仪}} \left( \frac{D}{a} \right)^2 = \tau_{\text{仪}} \left( \frac{2160}{8} \right)^2 = 72900 \tau_{\text{仪}}$$

$D' > a$ 情形：例如视放大率为10，则可以提高约100倍

## 2. 发光面

(1).  $D' < a$ : 望远镜出瞳小于瞳孔直径

$$E'_0 = 1.4\tau_{\text{眼}} L \left( \frac{a}{f'} \right)^2$$

望远镜的像的光亮度  $L'$

$$L' = \tau_{\text{仪}} L$$

进入眼睛光束  $D'$

主观光亮度

$$E'_{\text{仪}} = 1.4\tau_{\text{眼}}\tau_{\text{仪}} L \left( \frac{D'}{f'} \right)^2$$

与人眼直接观察时对比:

$$\frac{E'_{\text{仪}}}{E'_{\text{眼}}} = \tau_{\text{仪}} \left( \frac{D'}{a} \right)^2 < 1$$



(2).  $D' \geq a$ : 望远镜出瞳大于等于瞳孔直径

$$E'_{\text{仪}} = 1.4\tau_{\text{眼}}\tau_{\text{仪}}L\left(\frac{D'}{f'}\right)^2 \longrightarrow E'_{\text{仪}} = 1.4\tau_{\text{眼}}\tau_{\text{仪}}L\left(\frac{a}{f'}\right)^2$$

与人眼直接观察时对比:

$$\frac{E'_{\text{仪}}}{E'_{\text{眼}}} = \tau_{\text{仪}}$$

结论：无论望远镜出瞳小于还是大于还是等于人眼的瞳孔直径，在通过望远镜观察发光面时，主管光亮度都小于人眼直接观察发光面时的主管光亮度。