

FIS02014
O QUE VAMOS OBSERVAR?
Prof. Basílio X. Santiago

Vimos na parte inicial do curso como definir os domínios de ascensão reta e declinação adequados para a observação do céu em uma dada noite (data do ano) e de um dado local (sítio de observação).

Mas isso realmente não é tudo. Sabemos que toda observação telescópica sofre de limites impostos pela própria instrumentação, tais como o limite de detecção, o campo limitado da imagem e o limite de resolução angular (também chamada de resolução espacial). Isso sem falar dos efeitos atmosféricos.

Limite de magnitude - objetos pontuais e extensos

Para observações com ocular, o limite de detecção pode ser expresso por uma magnitude aparente limite, m_{lim} dada por

$$m_{lim} = m_{olho} + 5 \log[D(mm)/6]$$

onde $D(mm)$ é o diâmetro da abertura primária do telescópio (também chamada de abertura do telescópio) e m_{olho} é o limite de magnitude para observação a olho nu. Numa noite escura, sem Lua, $m_{olho} \simeq 6$. Mas num ambiente urbano ou com bastante poluição luminosa (noite de Lua Cheia, por exemplo), $m_{olho} \simeq 4$.

Tomando como exemplo o Observatório do Campus do Vale da UFRGS (OCV), temos que $D = 30cm = 300mm$ para o telescópio Meade habitualmente usado ali. Na expressão acima, a abertura D é dividida por 6mm assumindo-se que essa é a abertura da pupila humana dilatada, ou seja, adaptada à escuridão. Então temos $m_{lim} \simeq 12.5$

Há várias questões ainda em aberto. Primeiro, por estarmos falando de observações oculares, em que o detector de radiação eletromagnética (luz) é o olho humano, $m_{lim} \simeq V_{lim}$, Ou seja, estamos falando de limite de magnitude aparente aproximadamente na banda visual V , como do sistema Johnson-Cousins.

Outra questão muito importante é que o limite de detecção obtido acima se refere a estrelas. Isso porque a expressão usada apenas escalona o limite de detecção da observação a olho nu para uma observação com um telescópio de abertura D . Mas o que vemos a olho nu com $m_{lim} = 4$? A resposta é estrelas. Essas são fontes que ocupam um ângulo sólido de diâmetro $\theta_{seeing} \simeq 1''$ no céu. Ou seja, são fontes pontuais cuja luz é espalhada pela turbulência atmosférica numa escala de $1''$. Então todo o fluxo visual correspondente à magnitude aparente da estrela está concentrado nesse disco de *seeing* como o chamamos. Mas o que dizer de um aglomerado estelar, nebulosa ou galáxia catalogada com a mesma magnitude aparente m ? Nesse caso, a luz do objeto está espalhada por um ângulo sólido maior no céu, já que são fontes extensas, não-pontuais. O fluxo proveniente desses objetos dentro de $1''$ será portanto muito menor. E, por conseguinte, o contraste de qualquer ponto da imagem do objeto com o céu também é menor, dificultando a detecção.

Seja uma fonte extensa de mesmo fluxo que uma estrela, mas que cobre um ângulo sólido Ω . Então o fluxo médio dessa fonte dentro de um ângulo sólido de $1'' \times 1'' = 1''^2 = 1 \text{ arcsec}^2$ será

$$F_1 = F/\Omega(arcsec^2)$$

Esse fluxo médio na verdade é chamado de intensidade média, tendo unidades de fluxo por ângulo sólido. Logo, a magnitude visual média contida num disco de seeing para essa fonte extensa, também chamada de brilho superficial médio, será

$$V_1 = V + 2.5\log\Omega(arcsec^2)$$

onde V é a magnitude aparente visual da galáxia.

Seja, por exemplo, a galáxia Centaurus A, que tem dimensões de $25.7' \times 20' = 514 arcmin^2 = 1.85 \cdot 10^6 arcsec^2$ e magnitude aparente $V = 6.84$. Para ela teremos

$$V_1 = 6.84 + 15.67 = 22.51$$

Isso está muitíssimo abaixo do limite de detecção de observações oculares no OCV! Claro que toda galáxia é muito mais brilhante no centro do que na periferia, de forma que a magnitude dentro de um $1 arcsec^2$ no centro pode satisfazer o limite de detecção de $V_{lim} \simeq 12.5$ dado acima. Isso significa que ao observarmos uma galáxia com uma ocular, pode ser que ainda consigamos detectar suas regiões centrais apenas.

Mas a discussão acima sobre objetos extensos demonstra claramente a dificuldade de se observá-los quando comparados com estrelas, em função de que seu fluxo está disperso em uma região muito maior do céu. Uma referência importante no caso de galáxias é o valor do brilho superficial central, μ_0 , que é justamente a medida da intensidade (fluxo por unidade de ângulo sólido) no centro. Galáxias elípticas têm tipicamente $\mu_0 \simeq 12 mag/arcsec^2$, sendo de mais alto brilho central do que galáxias espirais. Mas note que esse valor de brilho central, mesmo para as elípticas, está bem próximo de nosso limite de detecção .

Campo coberto pela observação

Falando de objetos extensos, uma outra restrição importante é o campo limitado coberto pelo telescópio+ocular, chamado de campo de visão (FOV). Em geral, lentes oculares são capazes de captar luz dentro de um arco S de dezenas de graus. Mas quando acopladas ao telescópio, esse arco é reduzido pela magnificação M da imagem. A magnificação é dada pela razão entre distância focal F do telescópio e a distância focal f da ocular:

$$M = F/f; FOV = S/M$$

Assim, se o campo da ocular é de $S=50^\circ$ e a magnificação é $M=120$, o campo coberto na observação será

$$FOV = 50/120 = 0.4^\circ = 24arcmin$$

Esses valores são típicos para o OCV/Meade. Então não adianta escolhermos objetos extensos com diâmetro angular maior do que o FOV, pois, mesmo se forem muito brilhantes, eles não irão sequer caber no campo observado. Esses objetos muito extensos, se suficientemente brilhantes, são ideais para observar com um binóculo, que tende a cobrir um campo maior do céu do que um telescópio. Um exemplo de objeto deste tipo é o aglomerado aberto Plêiades.

O aglomerado contém pelo menos 10 estrelas com magnitudes visuais ≤ 6 (além de dezenas de outras mais tênues), o que permite, em tese, que sejam vistas individualmente mesmo a olho nu. A magnitude aparente do aglomerado (ou seja, somando-se os fluxos de todas as suas estrelas, visíveis a olho nu ou não, e convertendo em escala de magnitude) é de 1.6. Ou seja, o aglomerado é facilmente visível a olho nu. Mas suas estrelas se estendem por um arco no céu de quase 2 graus, de forma que com um FOV de alguns minutos de arco vamos ver apenas uma fração pequena do sistema.

Limite de resolução

Finalmente, temos que nos preocupar com o limite de resolução espacial. Para o comprimento de onda efetivo da banda V, $\lambda \simeq 5300\text{\AA} = 5.3 \cdot 10^{-7}\text{m}$, o telescópio Meade de $D=30\text{cm} = 0.3\text{m}$ tem limite teórico (de difração) de

$$\theta_d = \frac{1.22 \times 5.3 \cdot 10^{-7}}{0.3} = 2.15 \cdot 10^{-6}\text{rad} = 0.44\text{arcsec}$$

Esse valor é menor do que o disco de *seeing* causado pela turbulência atmosférica. Então podemos afirmar que a resolução espacial de nossas observações é de alguns arcsec, lembrando que a turbulência atmosférica num sítio situado a nível do mar será maior do que num sítio astronômico de ponta, em geral situado no alto de uma montanha. Assim sendo, objetos com separação angular menor do que algo como $\theta_{seeing} = 2''$ já chegam no telescópio com seus feixes de luz misturados pela atmosfera, sendo então impossível distingui-los.

Some-se a isso o fato de que na observação com ocular, o detector é o olho humano, que tem capacidade de resolução de alguns **minutos de arco**. Por outro lado, a imagem formada pelo telescópio+ocular é magnificada, de forma que a separação entre dois objetos também se amplifica. Se a magnificação é M , a resolução do olho é θ_{olho} e a separação entre as fontes é θ , vamos resolver apenas objetos que satisfaçam ao mesmo tempo as condições $\theta > \theta_{seeing}$ e $M \times \theta > \theta_{olho}$.

Esse tipo de discussão é particularmente importante para selecionarmos estrelas duplas ou múltiplas para observar. Então, por exemplo, Castor (α Gemini) tem dois componentes com separação $\theta = 2.2$ arcsec. Portanto, somente em condições de *seeing* atmosférico muito boas temos como resolver o par. E mesmo assim, se consideramos que a resolução do olho humano é $\theta_{olho} = 2$ arcmin = $120''$, vamos precisar de uma magnificação mínima $M \simeq 60$. Em especial por causa da turbulência atmosférica, trata-se de um sistema muito difícil de resolver espacialmente usando o OCV.