

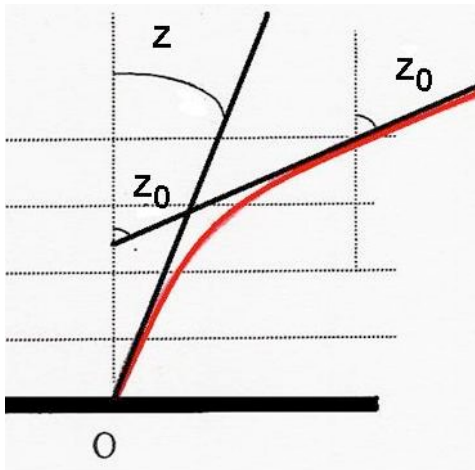
Práctica 01: Dispersión Atmosférica.

OBJETIVOS:

Se trata de modelar la imagen sobre el plano focal de un telescopio de una estrella observada a cierta distancia cenital. Con ello se comprenderá la importancia de la dispersión atmosférica en las observaciones astronómicas.

INFORMACIÓN:

La radiación que procede de los objetos celestes se desvía al atravesar la atmósfera y las imágenes se desplazan aparentemente hacia arriba. La refracción es la diferencia entre la distancia cenital real z_0 y la distancia cenital aparente (observada) z .



El cambio de dirección viene dado por la Ley de Snell:

$$\mu_1 \operatorname{sen} \theta_1 = \mu_2 \operatorname{sen} \theta_2$$

En la parte alta de la atmósfera, en cada capa infinitesimal y en la última capa:

$$\frac{\operatorname{sen} z_0}{\operatorname{sen} z_n} = \frac{\mu_n}{1} ; \quad \frac{\operatorname{sen} z_n}{\operatorname{sen} z_{n-1}} = \frac{\mu_{n-1}}{\mu_n} ; \quad \frac{\operatorname{sen} z_1}{\operatorname{sen} z} = \frac{\mu}{\mu_1}$$

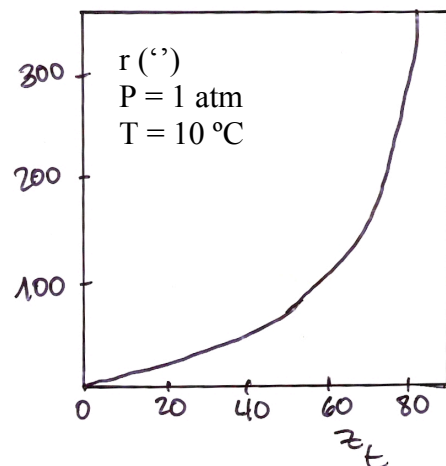
donde μ_n y z_n son el índice de refracción y la distancia cenital observada en la capa n . Multiplicando las expresiones:

$\operatorname{sen} z_0 = \mu \operatorname{sen} z$ donde se comprueba que la refracción depende sólo del índice de refracción cerca de la superficie de la Tierra. La refracción atmosférica r se define como el ángulo que la imagen del objeto es desplazada por la refracción atmosférica:

$$\operatorname{sen}(z + r) = \mu \operatorname{sen} z$$

$$\operatorname{sen} z + r \cos z = \mu \operatorname{sen} z \quad (\text{para } r \text{ pequeño})$$

$$r = (\mu - 1) \operatorname{tg} z \equiv R \operatorname{tg} z$$

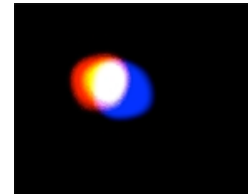
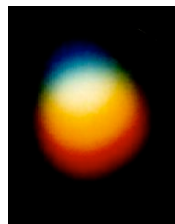
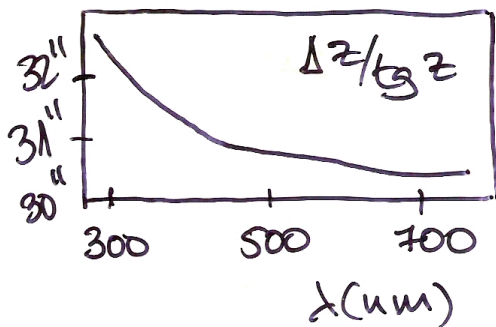


donde R se conoce como la constante de refracción.

El índice de refracción del aire es $\mu \sim 1.00029$, lo que proporciona $R = 60''$ ($1.00029 - 1 = 0.00029 \rightarrow 0.00029 \times 206265''/\text{rad} = 60''$). (Véase <http://ganymede.nmsu.edu/holtz/a535/ay535notes/>)

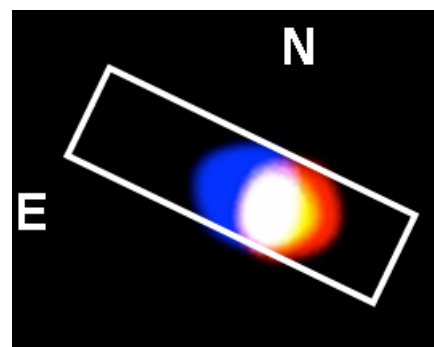
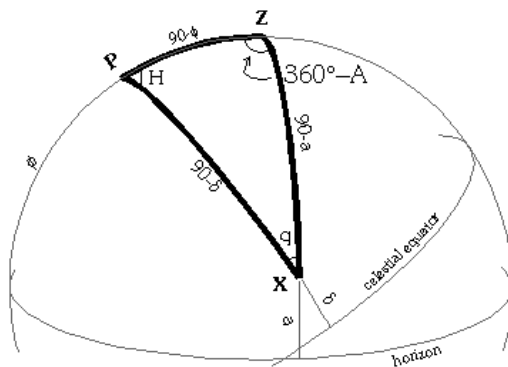
Este efecto aumenta con la distancia cenital de la fuente observada y alcanza su máximo valor cuando observamos cerca del horizonte.

La refracción afecta al apuntado y seguimiento de los telescopios y este efecto es tenido en cuenta en el modelo de apuntado de los telescopios profesionales.



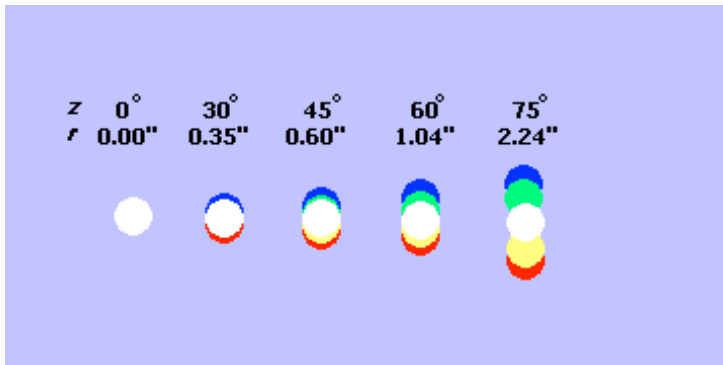
Como el índice de refracción depende de la longitud de onda la refracción afecta de diferente manera a los fotones dependiendo de su frecuencia.

El efecto resultante se denomina dispersión atmosférica (o también refracción atmosférica diferencial) y las imágenes de objetos celestes muestran el aspecto que se observa en las figuras anteriores.



La dirección de la dispersión de colores es perpendicular al horizonte del lugar de observación. Para evitar pérdidas de luz en los espectrógrafos el ángulo de posición de la rendija (la orientación de la rendija respecto al Norte) debe ser el correspondiente al ángulo paraláctico (q en la figura, siendo Z el cenit y P la posición del objeto celeste).

Alexei Fillipenko publicó un trabajo sobre cómo este efecto influía en las observaciones espectroscópicas (http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib_query?1982PASP%2E%2E%2E94%2E%2E715F&db_key=AST). Las fórmulas que a continuación se muestran están sacadas de ese artículo. Con ellas se puede calcular el índice de refracción del aire a diferentes longitudes de onda y por lo tanto la dispersión.



En esta gráfica se observa este efecto a diferentes distancias cenitales.

THE IMPORTANCE OF ATMOSPHERIC DIFFERENTIAL REFRACTION IN SPECTROPHOTOMETRY

ALEXEI V. FILIPPENKO PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF THE PACIFIC 94:715-721, August 1982

II. Atmospheric Differential Refraction

A. Magnitude

In this section atmospheric differential refraction as a function of wavelength is calculated for the conditions typical of major optical observatories.

At sea level ($P = 760$ mm Hg, $T = 15^\circ\text{C}$) the refractive index of dry air is given by (Edlén 1953; Coleman, Bozman, and Meggers 1960)

$$(n(\lambda)_{15,760} - 1)10^6 = 64.328 + \frac{29498.1}{146 - (1/\lambda)^2} + \frac{255.4}{41 - (1/\lambda)^2}, \quad (1)$$

where λ is the wavelength of light in vacuo (microns). Since observatories are usually located at high altitudes, the index of refraction must be corrected for the lower ambient temperature and pressure (Barrell 1951):

$$(n(\lambda)_{T,P} - 1) = (n(\lambda)_{15,760} - 1) \times \frac{P [1 + (1.049 - 0.0157 T)10^{-6}P]}{720.883(1 + 0.003661 T)}. \quad (2)$$

In addition, the presence of water vapor in the atmosphere reduces $(n - 1)10^6$ by

$$\frac{0.0624 - 0.000680/\lambda^2}{1 + 0.003661T} f \quad , \quad (3)$$

where f is the water vapor pressure in mm of Hg and T is the air temperature in ° C (Barrell 1951). At an altitude of ~ 2 km and a latitude of $\sim \pm 30^\circ$, average conditions are (Allen 1973) $P \approx 600$ mm Hg, $T \approx 7^\circ$ C, and $f \approx 8$ mm Hg. These values are used in equations (1) through (3) in order to obtain $n(\lambda)$, and atmospheric differential refraction (arc seconds) relative to $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ is then calculated for an object at zenith angle z from (Smart 1931)

$$\begin{aligned} \Delta r(\lambda) &= r(\lambda) - r(5000) \\ &\approx 206265 [n(\lambda) - n(5000)] \tan z \quad . \end{aligned} \quad (4)$$

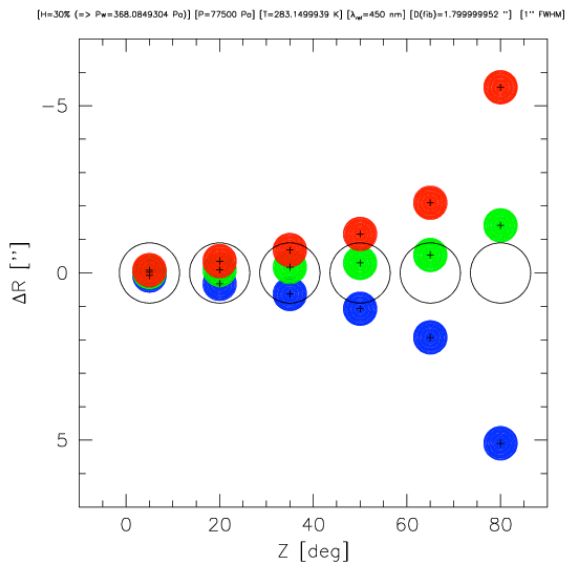
Por otra parte, el tamaño de las imágenes, igual que la refracción, depende de la longitud de onda. Para telescopios de abertura grande, la imagen en el plano focal depende de las condiciones atmosféricas (disco de seeing) y tiene un tamaño angular que viene dado por:

$$\alpha = 1.2 \cdot 206265 \frac{\lambda}{r_0} \text{ (")} \quad r_0(\lambda) = r_0(\lambda_0) \left(\frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^{1.2} (\cos z)^{0.6}$$

Donde la longitud de coherencia r_0 es el parámetro que refleja el estado turbulento de la atmósfera (z es la distancia cenital).

ENTREGABLES

Se pide determinar la dispersión para diferentes distancias cenitales. Para ello se pueden utilizar las imágenes de un objeto puntual a tres longitudes de onda (350nm, 500nm y 920nm) como en el ejemplo que se muestra abajo.



Relative positions of the images of a target, at 350nm, 500nm, and 920nm, at different zenith distances. The circle represents the 1.8 arcsec fiber entrance, and the spots have a diameter of 1 arcsec. The simulation has been done for H=30% (corresponding to a vapour pressure of 3.7 hPa), P=775 hPa, and T = 10 C. The differential refraction is computed with respect to a reference wavelength of 450 nm. From Ivo Saviane 'An atmospheric dispersion corrector for FEROS' (<http://www.eso.org/sci/facilities/lasilla/instruments/feros/Projects/ADC/index.html>)

En esa figura, como en el artículo [The Influence of the Atmosphere in Astronomy](http://www.licht.de/astro_article_atmosphere.php) (http://www.licht.de/astro_article_atmosphere.php) le falta el efecto del disco de seeing (diferentes tamaños de imagen para cada color). Para el disco de seeing úsese $r_0 = 15$ cm para $\lambda = 550$ nm.

Puede consultarse también [Chapter 4, The Point Design Section 4.5: Optics](http://www.gsmt.noao.edu/book/ch4/4_5.html) (http://www.gsmt.noao.edu/book/ch4/4_5.html) del 30-m Giant Segmented Mirror Telescope GSMT book, (<http://www.gsmt.noao.edu/book/>)

El resultado debe ser entregado de forma tabular y gráfica.