

Módulo Cándela Estándar

Referencia: [2016, Possel, M., Street lights as standard candles: A student activity for understanding astronomical distance measurements, astroEDU, 1535](#)

Varios métodos para medir distancia en astrofísica usan el mismo principio: Asumir que sabemos la potencia que emite un objeto (su luminosidad L) y medimos entonces el brillo aparente del objeto F en el observatorio. La comparación de luminosidad y brillo aparente está directamente relacionada con la distancia del objeto a nosotros. Si un objeto tiene una luminosidad L , a una distancia d del objeto, su energía se habrá dispersado sobre un área esférica $4\pi d^2$. Si el espejo del telescopio cubre un área A , entonces éste último recibe solamente una fracción $A/(4\pi d^2)$ de la emisión. La potencia por unidad de área colectora, esto es el flujo de la radiación que nos llega es por lo tanto $F=L/(4\pi d^2)$.

Esta última relación involucra el flujo observado F , luminosidad L y distancia d . Si supiéramos de antemano L para todos los objetos celestes, sabríamos sus distancias a partir de medidas de F en el observatorio, usando las imágenes obtenidas con la cámara acoplada al telescopio. Ejemplos de L conocido: Supernovas de tipo Ia, variables cepheidas, estrellas de la secuencia principal, galaxias rotantes, etc. Henrietta Leavitt a comienzos del siglo XIX explotó mucho la relación periodo-luminosidad en cefeidas lo que contribuyó al mejoramiento en el conocimiento de las distancias a las cuales están los objetos astrofísicos, concluyendo que las nebulosas espirales observadas por telescopios de la época eran galaxias independientes y no como se pensaba nebulosas de la Vía Láctea. **Objetos cuya L se conoce de antemano y nos aseguramos que no cambia, se denominan “candelas estándar”**

En la práctica la medida de F requiere calibraciones detalladas ([Possel 2016](#)). El objetivo es realizar medidas de F para varias fuentes luminosas con idénticas L y ubicadas a distancias conocidas y usar la ley del inverso para deducir las distancias. Algunos “outliers” o puntos fuera de la tendencia aparecerán seguramente y se trata de ver que pasa con esos puntos.

Con el fin de determinar F de un cierto pixel de imagen, es necesario tener presente la suposición de linealidad entre F y la señal que se mide en el detector en S . La energía total depositada en el detector es $E=FA\eta t$, en donde A es el área colectora del detector, $\eta < 1$ un factor adimensional que da cuenta de pérdidas en el vidrio, reflexiones internas, etc. y t es el tiempo de exposición. La energía depositada en el detector es proporcional a la suma S de los valores de pixeles en la región que contiene el objeto de referencia. S es proporcional a F . Si las imágenes se obtienen bajo condiciones similares, linealidad significa que si se comparan las intensidades de dos fuentes 1 y 2 con las sumas de los valores de pixel se tiene $S_1/S_2 = F_1/F_2$

Actividad propuesta : Verificar la ley del inverso del cuadrado con el mayor número posible de lámparas de la calle igualmente espaciadas y una cámara digital. Se requiere la medida directa con cinta métrica entre cada poste y entre la cámara y el primer poste. Tiempos de exposición sugeridos: 1/4000 hasta 1/50 segundos, ISO entre 400-800. Imágenes en RAW.

Se construye una tabla con la siguiente información:

Col[1] : # lámpara
Col[2] Área (px^2)

Col[3] <S>
Col[3] Area_bg (px²)
Col[4] <S_bg>
Col[5] <S>-<S_bg>
Col[6] D cinta (m)
Col[7] D calculada inverso (m)
Col[8] %dif

Y se realiza un gráfico de D vs # lampara, en el cual aparezcan las distancias medidas y predichas via la ley del inverso del cuadrado. Para mayor información : <https://www.haus-der-astronomie.de/materials/distances/street-lights>

Sugerencia:

1) Para imágenes en RAW : Pasar de NEF a FITS con [rawtran](#) y medir la señal S: usando [SAO IMAGE ds9](#)

Materiales

Camara digital [NIKON D5600](#) / [CANON rebel i3](#) + trípode + metro

Criterios de Evaluación

- 1) Imágenes correctamente ? Enfocadas, sin saturación, no reflexiones internas
- 2) Se aplica la formula del inverso del cuadrado correctamente ?
- 3) Cómo el estudiante se desenvuelve con los “outliers”
- 4) A partir de un análisis cuantitativo, qué tan bueno resulta el método para determinar la distancia?
- 5) Escribe un reporte científico, sucinto y estructurado sobre la actividad ?

Software Sugerido

SaoImage ds9 (<https://ds9.si.edu>)*

ImageJ (<http://imagej.nih.gov/ij/>)

AstroImageJ (<http://www.astro.louisville.edu/software/astroimagej/>)

Fecha de Entrega del reporte : Mártres 28 de Febrero de 2023