

## Planteamiento

Desde los inicios de la astronomía, nuestra capacidad para observar el firmamento ha dependido de la tecnología disponible. Los primeros telescopios ópticos, como los de Hans Lippershey y Galileo Galilei, permitieron una mejor observación de los objetos celestes. Más tarde, la fotografía, iniciada por John William Draper en 1840, mejoró la precisión, aunque compartir la información seguía siendo un reto.

Con la llegada de los CCD, la observación astronómica mejoró significativamente, capturando entre el 90% y el 95% de la luz y facilitando la distribución de datos. Además, el análisis del espectro electromagnético y la espectroscopia permitieron extraer información detallada sobre los objetos celestes.

Se han desarrollado técnicas avanzadas para combinar fotometría y espectroscopia, como el barrido con rendijas, el interferómetro de Fabry-Pérot y la espectroscopia multiobjetos (MOS). Estas técnicas permiten analizar la composición, velocidad y temperatura de los objetos celestes y capturar espectros de varios objetos simultáneamente, utilizando sistemas como el Low Resolution Imaging Spectrometer (LRIS) en el Keck I y el Visible MultiObject Spectrograph (VIMOS) en el VLT.

Hoy en día, la **espectroscopía integral de campo** (IFS) es el sistema más utilizado, permitiendo obtener espectros de una región bidimensional del espacio. Un IFS genera un **cubo de datos** que incluye una dimensión espacial y una espectral, proporcionando un bloque de imágenes de la misma región en diferentes longitudes de onda. Esto facilita medir el movimiento del gas en galaxias distantes o las distancias entre galaxias en un campo de visión.

Las **Unidades Integrales de Campo** (IFU) son clave en estos sistemas, ya que permiten estudiar objetos extensos como cúmulos o nebulosas en una sola observación. Cada celda de un IFU se procesa en un espectrógrafo, generando un espectro para cada píxel y formando un **datacube**.

Existen varios métodos en IFS:

1. **Arreglo de lentes (Lenslet arrays):** Utiliza lentes para dispersar espectros cortos, ajustando la magnificación y el espacio entre espectros para evitar la mezcla de longitudes de onda.
2. **Arreglo de fibras (Fibre arrays):** Acopla fibras con microlentes para dirigir la luz a las rendijas del espectrógrafo, optimizando la densidad de información y reduciendo el espacio muerto.
3. **Cortador (Slicer):** Divide la imagen en tiras mediante espejos cortadores y las dispersa para formar un espectro.

Estas técnicas permiten una observación detallada y extensa del universo, aumentando la precisión en el análisis astronómico.

Se plantea el análisis y procesamiento de datos de galaxias observadas con espectroscopia integral de campo (IFS) MaNGA del Sloan Digital Sky Survey, con el objetivo de estudiar galaxias que presenten formación estelar reflejada en diagramas de diagnóstico BPT.

## Metodología

Para analizar los datos de la galaxia utilizando el cubo de datos proporcionado, sigue estos pasos:

### 1. Descarga del Cubo de Datos:

- Accede a la página web de **Marvin** en [Marvin](#).
- Dirígete a **Go to SkyServer**.
- En la barra lateral derecha, selecciona **Explore**.
- Al final de la página, haz clic en **MaNGA observation(s)** y luego en **LIN Data Cube**.
- Descarga el archivo comprimido **.fits.gz**. No es necesario descomprimirlo para el procesamiento.

### 2. Procesamiento con Python:

- Utiliza las librerías **Astropy**, **numpy** y **matplotlib** para el análisis.

```
from astropy.io import fits
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.ticker as ticker

# Ruta del archivo .fits
fits_file = './manga-7495-6102-LINCUBE.fits.gz'

# Abre el archivo .fits
hdul = fits.open(fits_file)
flux = hdul["FLUX"].data

# Imprime las dimensiones del cubo de datos
print(flux.shape) # (6732, 54, 54)
```

El cubo de datos tiene dimensiones de **6732 (espectral) x 54 (espacial) x 54 (espacial)**, resultando en **19,630,512 voxels**.

### 3. Visualización de Datos:

- **Espectro de un Spaxel:** Extrae y grafica el espectro del spaxel en la posición (27, 27).

```
flg = plt.figure()
ax = flg.add_subplot(111)
ax.plot(flux[:, 27, 27])
ax.set_ymargin(0.1)
ax.xaxis.set_major_formatter(ticker.FuncFormatter(lambda x, pos: '{}{}'.format
ax.set_xlabel("Longitud de onda (Å)")
ax.set_ylabel("Flujo [10-17 erg/cm2/s/Å]")
ax.set_title("Galaxia: manga-7495-6102 \nSpaxel: 27,27")
```

- **Imagen del Cubo de Datos:** Muestra una imagen de la galaxia en la longitud de onda 900, utilizando el logaritmo para la visualización.

```
fig = plt.figure()
bx = fig.add_subplot(111)
cx = bx.imshow(np.log10(flux[900, :, :]))
```

Al ejecutar el código, obtendrás dos gráficos:

- **Gráfico 1:** Espectro del spaxel en (27, 27).

- **Gráfico 2:** Imagen de la galaxia a una longitud de onda específica.

Estos pasos te permiten explorar y analizar el cubo de datos de MaNGA para la galaxia seleccionada, proporcionando una visión detallada de su estructura y composición.

Gracias al efecto Doppler, nuestros datos presentan un desfase en las longitudes de onda que nos son presentadas. Por lo tanto, debemos realizar otro ajuste a las longitudes de onda basándonos en la cantidad de corrimiento al rojo. Para ello, recurriremos al DAPall del SDSS, un resumen de las tablas finales de los resultados del MaNGA Data Analysis Pipeline (DAP), en el cual se encuentra la cantidad de redshift de nuestra galaxia en base al PLATEIFU.

### Creación de Interfaz para Visualización de Datos Astronómicos

Para facilitar el análisis de datos astronómicos, he desarrollado una interfaz gráfica llamada **InterVisor** utilizando **Dearpygui**, una librería multiplataforma de interfaz de usuario (GUI) para Python. Dearpygui es adecuada para manejar grandes volúmenes de datos debido a su alto rendimiento y capacidad para crear gráficas aceleradas por GPU.

### Características de InterVisor

**InterVisor** permite realizar las siguientes funciones:

1. **Abrir Archivos:**
  - Permite abrir archivos con extensiones `.fits`, `.gz` o `.fits.gz` desde el explorador de archivos.
  - Mantiene un registro de archivos abiertos anteriormente.
2. **Modos de Procesamiento:**
  - **Visor de Espectro:** Permite seleccionar un spaxel (i, j) y un rango de longitud de onda para visualizar el espectro correspondiente.
  - **Extractor de Imagen:** Muestra la imagen de la galaxia a una longitud de onda específica, con opciones para aplicar transformaciones ( $\{10\}$ ) y ( $\{2\}$ ).
  - **Más Información:** Proporciona detalles adicionales sobre el archivo `.fits`.

### Implementación en Dearpygui

La interfaz está diseñada para permitir una navegación intuitiva y la visualización eficiente de datos. Aquí hay un resumen de las funcionalidades implementadas:

- **Visualización de Espectros:** Selección de spaxels y longitud de onda para observar los espectros individuales.
- **Generación de Imágenes:** Extracción y visualización de imágenes en diferentes longitudes de onda con opciones de transformación.
- **Información del Archivo:** Muestra metadatos y detalles adicionales sobre los archivos cargados.

### Resultados

El programa proporciona una herramienta robusta para la visualización de archivos `.fits` del proyecto MaNGA. Utiliza **Astropy**, **Numpy** y **Dearpygui** para manejar y visualizar los datos de manera eficiente. La interfaz gráfica facilita la exploración de datos espectroscópicos y de imagen, permitiendo un análisis más intuitivo y accesible.

## Observación de Líneas de Emisión

### Líneas de emisión de interés:

- [OII] 3727: Oxígeno ionizado
- [NeIII] 3869: Neón ionizado
- H $\delta$ 4102: Hidrógeno delta
- H $\gamma$ 4340: Hidrógeno gamma
- [OIII] 4363, 4959, 5007: Oxígeno ionizado
- HeI 5876, 6678, 7065: Helio neutro
- [OI] 6300, 6364: Oxígeno neutro
- [NII] 6584: Nitrógeno ionizado
- [SII] 6717, 6731: Azufre ionizado
- [ArIII] 7136, 7751: Argón ionizado
- [OII] 7320: Oxígeno ionizado

### Tipos de mapas obtenidos:

- **Mapa de intensidad:** Área bajo la curva gaussiana ajustada.
- **Mapa cinético:** Movimiento de rotación de la galaxia.
- **Mapa de temperatura:** Diferencias entre los anchos de las líneas de emisión.
- **Estrellas antiguas:** Varianza en las alturas del continuo.
- **Razón iónica:** [SII]6717/[SII]6731.

### Mapa de Intensidad:

- **Operaciones iniciales:**
  1. **Filtrado de datos inválidos:** Se elimina bloques de datos llenos de ceros o valores infinitos.
  2. **Conversión post-redshift:** Datos convertidos a enteros para una mejor manipulación.
- **Extracción de datos de la línea de emisión:**
  1. Definir el margen ( m ) para extraer datos de la línea de emisión.
  2. Establecer un submargen ( p ) para calcular la media del continuo.
  3. Calcular el FWHM para una sigma precisa.
  4. Ajustar una gaussiana a los datos de la línea de emisión.
  5. Integrar el área bajo la curva gaussiana y almacenarla.
  6. Generar la imagen con los datos de la línea de emisión.
- **Automatización:** Este proceso se automatiza para cada píxel del cubo de datos, generando un mapa de líneas de emisión.

### Código y fórmula:

- Fórmula de la gaussiana:

$$f(x) = a \cdot \exp\left(-\frac{(x - x_0)^2}{2\sigma^2}\right)$$

- Uso de la función `curve_fit` de `scipy.optimize` para el ajuste gaussiano.

El código está disponible en el [repositorio de GitHub](#).

## Conclusiones

El proceso para analizar datos de observaciones de galaxias con espectroscopia integral de campo es realmente diverso e interesante. Las herramientas libres para el uso público, sin embargo, el conocimiento para manejarlas es riguroso y complejo. Por lo tanto, me resultó fascinante descubrir los métodos utilizados para obtener resultados de este tipo, además de entrenar mis habilidades para la programación en general al resolver problemas abstractos como la extracción de líneas de emisión o el proceso de creación del programa con interfaz gráfica. Al finalizar la estancia, los resultados fueron los esperados, como las rutinas de visualización y obtención de diagramas de diagnóstico en resolución completa, los cuales presentan información nueva para la cual hace falta el desarrollo de nuevas teorías y estudios.