



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Tarea 04

Astronomía experimental

AS3201-1 - Otoño 2024

22/04/2024

Profesor:

Leonardo Bronfman A.

Auxiliares:

Camila Caballero Valdés

Alumno:

Matias Opazo Pino

1 Introducción

Este trabajo tuvo por objetivo analizar distintos espectros de velocidad vs temperatura para la nebulosa de Orión para obtener sus respectivas conclusiones. Para ello, en primera instancia se realizaron las calibraciones correspondientes a la antena con tal de disminuir el error provocado por la medición misma. Luego de ello se procedió a realizar 3 observaciones para 5 puntos distintos de latitud y longitud resultando en 15 espectros observados. Una vez los datos fueron obtenidos estos se procesaron para obtener los espectros promediados para cada coordenada junto con su respectiva aproximación gaussiana. Luego de ello, se quiso estimar la posición real de Orión respecto al pointing de la antena, por lo cual se analizaron las temperaturas máximas e integradas de cada espectro con respecto a las coordenadas mencionadas anteriormente, de esta forma la posición de Orión coincide con las temperaturas máximas y es posible determinar su posición.

2 Calibración del radio telescopio

Al realizar observaciones con un radio-telescopio es necesario realizar ciertas calibraciones para que este funcione de buena manera, por ello en esta experiencia se realizaron 2 calibraciones correspondientes al Hot-Cold test que consiste en medir el ruido causado por la misma antena y Antena Dipping que mide el ruido causado por la atmósfera. Una vez estas calibraciones y correcciones se realizan es posible obtener una buena observación con la antena.

2.1 Hot Cold Test

En este caso se realizó un Hot-Cold test, el cual tiene como objetivo medir el ruido causado por el propio radio-telescopio y así eliminarlo de las observaciones. Para ello se introducen dos cuerpos negros a la antena con tal de medir su temperatura, el primer cuerpo negro se encuentra a temperatura ambiente, mientras que el segundo cuerpo negro a temperaturas bastante bajas utilizando nitrógeno líquido como refrigerante.

Luego de las pruebas se registraron los siguientes datos donde para cada cuerpo negro se obtuvo su respectiva potencia y temperatura.

Los datos para el HCT (sacados del video) son:			
P_hot	-44.5 dBm	T_hot =	300 K
P_cold	-47.94 dBm	T_cold =	77 K

Figure 1: Datos Hot-Cold test

2.2 Cálculo de T_{rec}

Luego para calcular T_{rec} se procedió utilizando la siguiente relación:

$$T_{rec} = \frac{T_{hot} - \gamma T_{cold}}{\gamma - 1} \quad (1)$$

Sin embargo se necesitaba el valor de γ , dónde este se calculó de la siguiente manera:

$$\gamma = \frac{P_{hot}}{P_{cold}} \quad (2)$$

Por último utilizando (1) se obtuvo que:

	Valores en W		
P_hot	3.54813E-08	Y=	2.20800473
P_cold	1.60694E-08	T_rec=	107.601926

Figure 2: Cálculo de T_{rec}

Con $T_{rec} = 107.6019257$ comparándolo con la otra calibración de la antena que correspondía a 161 podemos que el valor difiere sin embargo se mantiene dentro del rango $[100, 200]$

3 Antenna Dipping

Para esta segunda calibración se tenía por objetivo medir el ruido causado por la atmósfera sobre el radio-telescopio. Para ello es necesario realizar mediciones sobre la atmósfera y obtener un valor para T_ω el cual nos indicará el ruido.

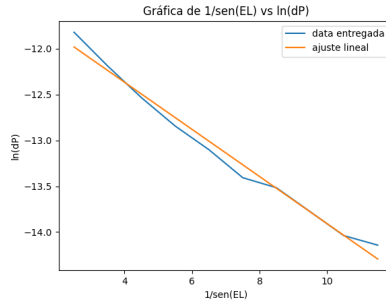
Bajo las mediciones realizadas se obtuvieron los siguientes datos:

Luego para poder obtener T_ω fue necesario extraer $\frac{1}{\sin(EL)}$ y además $\ln(dP)$, para posteriormente graficarlos, realizarles una aproximación lineal y con ello

EL	z	-SECZ	Psky	Psky	dP	ln(dP)	1ensec
23.5	66.5	-2.50784285	-45.56	2.7797E-05	7.35891E-06	-11.81960	-0.39875
16.6	73.4	-3.50031753	-45.22	3.0061E-05	5.09528E-06	-12.18720	-0.28569
12.84	77.16	-4.49985817	-45.01	3.155E-05	3.606E-06	-12.53291	-0.22223
10.48	79.52	-5.49775903	-44.88	3.2509E-05	2.64731E-06	-12.84196	-0.18189
8.85	81.15	-6.49991482	-44.8	3.3113E-05	2.04293E-06	-13.10112	-0.15385
7.66	82.34	-7.50219537	-44.73	3.3651E-05	1.50489E-06	-13.40679	-0.13329
6.76	83.24	-8.49540305	-44.71	3.3806E-05	1.34956E-06	-13.51573	-0.11771
6.04	83.96	-9.50364866	-44.67	3.4119E-05	1.03675E-06	-13.77942	-0.10522
5.47	84.53	-10.4904769	-44.64	3.4356E-05	8.00249E-07	-14.03834	-0.09532
4.99	85.01	-11.4966483	-44.63	3.4435E-05	7.21051E-07	-14.14256	-0.08698

Figure 3: Datos obtenidos

obtener la pendiente de esta gráfica la cual corresponde a T_ω . Utilizando python en conjunto con las librerías pandas y matplotlib se manipularon los datos entregados para su graficado, además haciendo uso de la función `polyfit()` se obtuvo su aproximación lineal, resultando en la siguiente figura:

Figure 4: Gráfica $\frac{1}{\sin(EL)}$ vs $\ln(dP)$

Y con ello el valor de la pendiente de esta gráfica es -0.2573500786183355 , y por ende $T_\omega = 0.25735$ aproximadamente, el cual es útil para corregir el ruido presente en la atmósfera.

En comparación a la calibración del telescopio $T_{\omega t} = 0.25735008$ es posible ver que no presenta mayores cambios por lo que se puede decir que los resultados son bastante fidedignos.

4 Observaciones

Una vez realizadas las calibraciones respectivas es posible proceder a observar directamente al objetivo disminuyendo las tasas de error, en este caso el objetivo fue la nebulosa de Orión. Para ello se realizaron 15 mediciones

en total, las cuales se distribuyeron en 5 coordenadas de latitud y longitud distintas. Para cada coordenada se hicieron 3 mediciones. A continuación se describirá cómo se manejaron estos datos y sus respectivos resultados.

Primero se cargaron los datos a python, una vez obtenidos se debía de promediar los espectros correspondientes a la misma coordenada, además de ello analizar cómo disminuye el error mientras crecía el número de datos.

Para ello, primero para obtener el error se extraía el ruido de un espectro haciendo uso de la función *sigma_clip* de la librería AstroPy, luego se le aplicaba el error cuadrático medio que se programó como una función dentro del código. Para aplicarlo sobre los promedios de los espectros de una misma coordenada, primero se analizó sólo un espectro y su respectivo error, luego el siguiente junto con el ya analizado y por último los 3 espectros, como resultado, para cada coordenada se obtuvieron los 3 errores asociados a medida que iba creciendo el número de espectros promediados, por ello la gráfica de errores quedó de la siguiente manera:

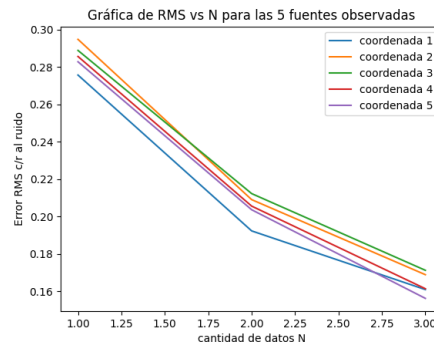


Figure 5: Gráfica $\frac{1}{\sin(EL)}$ vs $\ln(dP)$

Al compararlo con la función de $\frac{1}{\sqrt{N}}$ y su respectiva gráfica: Vemos que son

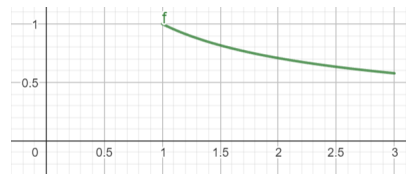


Figure 6: Gráfica de $\frac{1}{\sqrt{N}}$

funciones bastante similares y por ende el error disminuye como $\frac{1}{\sqrt{N}}$

Del mismo proceso anterior, se obtuvo el espectro promedio para cada coordenada utilizando las 3 observaciones, de esto al obtener los 5 espectros promediados se obtenía la siguiente gráfica:

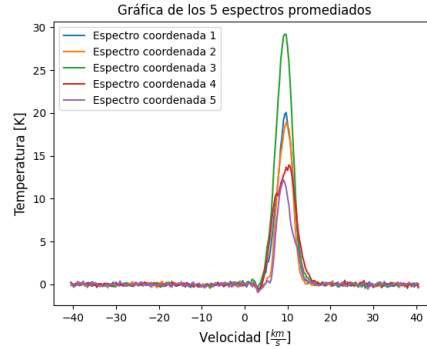


Figure 7: Gráfica espectros promediados

Luego se solicitaba obtener una aproximación gaussiana para cada espectro anterior, de aquí primero se programó la función de gauss. Luego se hizo uso de la función *curve_fit()* esta se caracteriza por poder realizar aproximaciones de funciones bajo un set de datos entregado, esta para una aproximación gaussiana devuelve los coeficientes de la función de gauss. Al implementarla se le entregaron la función de gauss, la velocidad y las temperaturas de cada espectro, además se le especificaron medidas aproximadas de los coeficientes para disminuir el error. Estas medidas aproximadas se obtuvieron extrayendo la temperatura máxima de cada espectro y su respectiva velocidad, estos son los coeficientes de los cuales depende la función de gauss, por último la desviación estándar se dejó por defecto en 1 para todos los casos. Aplicando todo lo anterior se obtuvo la siguiente gráfica:

Posterior a eso, se necesitaba ver el pointing de la antena, por lo que resultaba necesario analizar la temperatura máxima de los espectros respecto a las coordenadas de longitud y latitud, esto ya que Orión debería de estar posicionado en estas temperaturas máximas de cada coordenada, por lo cual analizando los espectros es posible obtener su posición real.

Primero se procedió a extraer la temperatura máxima de cada espectro promediado, una vez realizado esto para cada coordenada se obtuvo una temperatura máxima. Con ello existían 3 temperaturas máximas a lo largo de los ejes de longitud y latitud, por ende era posible expresar la temperatura en función de estas variables. Basado en lo anterior, en cada eje de longitud

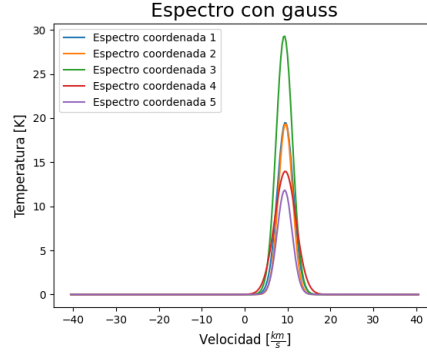


Figure 8: Gráfica espectros promediados con gauss

y latitud se procedió a construir una función gaussiana para determinar la temperatura máxima por cada eje, en este caso se obtuvieron las siguientes gráficas:

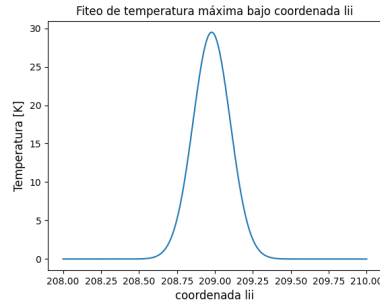


Figure 9: Gráfica temperatura máxima bajo lii

Por último, para cada temperatura máxima por eje se obtuvo a que coordenada correspondía recorriendo el array de las coordenadas dado en las funciones gaussianas, bajo eso, se obtuvo que las temperaturas máximas de cada eje correspondían a las siguientes coordenadas de longitud y latitud, dónde en este caso corresponderían a la posición de Orión buscada:

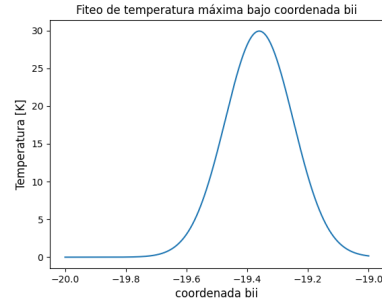
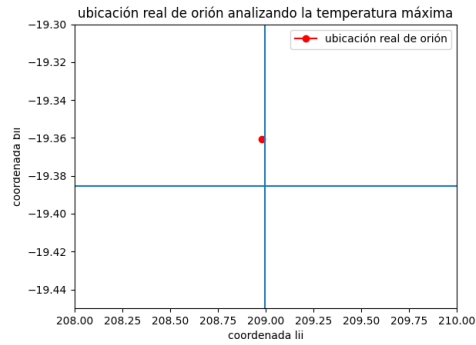


Figure 10: Gráfica temperatura máxima bajo bii

Figure 11: Posici3n real de ori3n con $lli = 208.977956$ $bii = -19.360721$

Finalmente se repiti3 el procedimiento anterior con la diferencia de que ahora se integraron los espectros de temperatura. Para ello se utiliz3 la funci3n `np.trapz` la cual realiza integrales num3ricas para un set de datos (x,y) .

Luego, se graficaron las funciones gaussianas de cada eje de coordenadas, resultando lo siguiente:

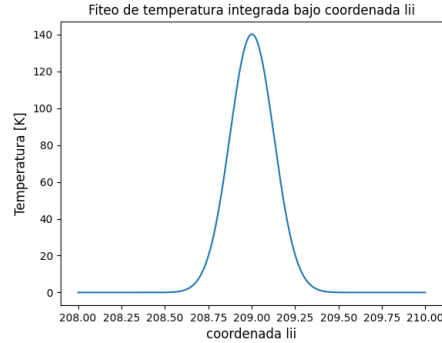


Figure 12: Gráfica temperatura inetgrada bajo lII

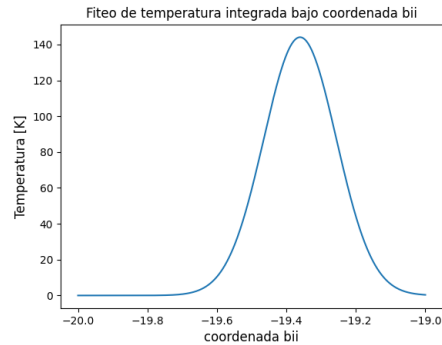


Figure 13: Gráfica temperatura inetgrada bajo bII

Por último, se procedió a graficar las coordenadas obtenidas para las temperaturas máximas integradas, resultando la siguiente figura:

5 Análisis y conclusiones

Es posible ver todo el procedimiento que se realizó en esta experiencia con el objetivo de analizar la nebulosa de ori3n bajo datos de espectro de velocidad vs temperatura.

Primero se procedió a calibrar la antena para realizar de manera correcta las mediciones, para ello se realizaron el Hot-Cold test y el antena dipping, luego se comparó con la calibración real del telescopio obteniendo resultados y calibraciones distintas para el Hot-cold test pero similares para el caso de la antena dipping, quizá debido a las condiciones de la antena para cada

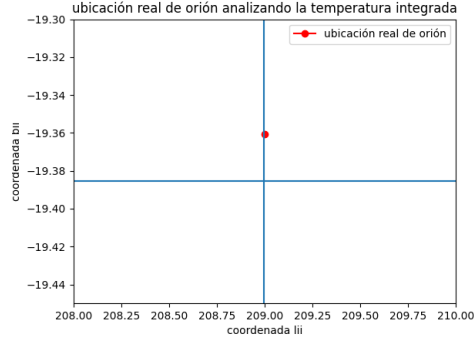


Figure 14: Posici3n real de ori3n con $lli = 209.002004$ $bii = -19.360721$

calibraci3n.

Despu3s de ello se procedi3 a realizar las 15 observaciones para las 5 coordenadas diferentes, pasando 3 veces por cada coordenada. Primero se promediaron los espectros y se verific3 que a medida que se agregaban espectros al promedio el error correspondiente a este disminu3a, aqu3 es posible ver la similitud entre la gr3fica obtenida y la funci3n $\frac{1}{\sqrt{N}}$. Luego de ello, se graficaron los 5 espectros promediados para posteriormente obtener una aproximaci3n gaussiana de cada uno de ellos, aqu3 se hicieron uso de las herramientas vistas en clases auxiliares y en el mismo desarrollo de esta tarea, aqu3 se logr3 ver c3mo cada espectro promediado correspond3a con una temperatura m3xima y adem3s c3mo su aproximaci3n gaussiana se acerca bastante a los valores reales sin embargo eliminando el ruido.

Posterior a eso se quer3a obtener la posici3n real de ori3n analizando las temperaturas m3ximas de cada espectro. Por esto se extrajeron las 5 temperaturas m3ximas quedando 3 temperaturas m3ximas por eje de coordenadas. Con ello se realizaron 2 gr3ficos de funciones gaussianas ajustadas a los datos mencionados anteriormente, con tal de obtener la coordenada a la cual se produc3a la temperatura m3xima y as3 obtener la posici3n de ori3n. De aqu3 se vi3 en las gr3ficas obtenidas que la posici3n de ori3n en realidad estaba un poco m3s arriba de lo que apunt3 la antena.

Por 3ltimo se realiz3 el mismo procedimiento anterior pero con la temperatura integrada del espectro, los resultados fueron bastante similares d3nde nuevamente se puede ver que ori3n se encontraba un poco m3s arriba de d3nde apunt3 la antena.

En conclusión, se realizaron todos los apartados y análisis correspondientes llegando a resultados coherentes, haciendo usos de herramientas, que van desde el radio-telescopio hasta programas computacionales para manejar dichos datos como python. Con ello se logró analizar toda la data y obtener resultados correspondientes a lo pedido, los cuales contienen un sentido físico y sirven para analizar distintos fenómenos que se quieran observar.

****Todas las funciones mencionadas en este informe se encuentran referenciadas en el código adjunto*