

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ESCUELA DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

LICENCIATURA EN FÍSICA APLICADA

INFORME DE PRÁCTICAS FINALES

**IDENTIFICACIÓN ÓPTICA DEL COMPAÑERO
BINARIO DEL PULSAR DE MILLISEGUNDO PSR
J2042+0246 CON EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS**

Elser Adolfo López Rosa

Supervisado por: José Rodrigo Sacahuí Reyes

Guatemala, 01 de febrero de 2020

Descripción de la institución

La Universidad de San Carlos de Guatemala es la única institución de Educación superior de carácter público y estatal con la que cuenta el país, siendo esta la universidad más antigua con la que cuenta el país.

La Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas fundada en 2015 es la unidad académica que brinda actualmente las carreras de física y matemática en la Universidad de San Carlos

Las principales líneas de trabajo del (ICFM) son:

- Investigación académica en ciencia básica y aplicada
- Promoción de la investigación en ciencia básica y aplicada en el ámbito universitario
- Difusión y divulgación de conocimiento generado por la investigación en ciencias físicas y matemáticas.
- Actualización continua de programas académicos de ciencias físicas y matemáticas

Descripción del proyecto

El proyecto consiste en analizar imágenes obtenidas por el Gran Telescopio Canarias (GTC) del pulsar binario de milisegundo (MPS) J2042+0246 descubierto por Sanpa-arsa (2016), las observaciones buscan caracterizar la compañera binaria utilizando el detector OSIRIS en los filtros Sloan i' , r' y g' , que con la ayuda del Software IRAF y PYRAF, primero se realizará la reducción básica de datos, es decir la sustracción de Bias y Flats, luego la referencia astrométrica y calibración fotométrica utilizando la estrella estándar SA 110-232 de Smith et al., (2002).

Posteriormente con técnicas de Fotometría de Apertura y Fotometría PSF ("Point Spread Function Photometry"), se determinarán las magnitudes instrumentales en cada uno de los filtros, luego se calculará la magnitud absoluta en el filtro r' utilizando un diagrama de color-magnitud con secuencias de enfriamiento WD provistas por Holberg & Bergeron (2006), con ellas se determinará si la compañera del sistema binario es una Enana Blanca y con ello la temperatura y edad.

Justificación del proyecto

Las enanas blancas son remanentes de estrellas que poseen cierta peculiaridades

En el año 2013 el Telescopio Espacial de Rayos Gamma Fermi que detecta fotones de 20MeV a 300GeV recopila una cantidad sustancial de datos que se publica el catalogo 3FGL (Acero et al.,, 2015) en el que 1010 objetos no están asociados con otras fuentes astrofísicas. Luego Sanpa-arsa (2016) utilizando el telescopio de radio más grande del mundo Green Bank Telescope (GBT) identificó al objeto J2042+0246 como un sistema binario que posee un pulsar de milisegundo (MPS) y otro objeto cuya masa parece ser una enana blanca.

Debido a que las dos posibles distancias predichas por Sanpa-arsa (2016) utilizando el modelo de medida de dispersión (DM) YMW16 (Yao, Manchester & Wang, 2017) son menores a un kiloparsec (1kpc), debería ser posible observar la compañera en el rango óptico, además las enanas blancas en general son difíciles de observar en otros rangos, tales como radio.

Índice

1	Introducción	5
2	Fotometría de apertura	6
2.1	Zero point	6
2.2	Coeficiente de extinción	6
3	Point Spread Fotometry	6
4	Observaciones y reducción de datos	6
5	Resultados	8
6	Discusión de resultados	8
	Índice de anexos	

1. Introducción

2. Fotometría de apertura

2.1. Zero point

2.2. Coeficiente de extinción

3. Point Spred Fotometry

4. Observaciones y reducción de datos

Las observaciones fueron realizadas en octubre de 2018 bajo optimas condiciones usando “Optical System for Imaging and low-Intermediate-Resolution Integrated Spectroscopy” (OSIRIS) un generador de imágenes y un espectrógrafo para el rango de longitud de onda óptica del GTC. El tamaño del campo de OSIRIS es de $7,8 \times 8,5$ arcmin y cubre un rango de longitudes de onda de $0,35\mu\text{m}$ a $1,05\mu\text{m}$. Cada una de las imágenes fue tomada con un corrimiento de 20 pixeles entre cada exposición para reducir el error introducido por imperfecciones en el CCD.

La reducción de los datos fue realizada utilizando lo establecido por Avila (Avila), de donde utilizando IRAF y PYRAF se sustrajo el “Bias” y “Flats”, de cada imagen en cada filtro (el código utilizado se encuentran en el anexo **ref.**) Posteriormente se alinearon las imagenes de cada filtro, para luego ser combinadas, ésto con el fin de aumentar el tiempo de exposición

Los parámetros astronómicos obtenidos por Sanpa-arsa (2016) se muestran en el cuadro 1, estos se encuentran disponibles en el catálogo¹ (Manchester, Hobbs, Teoh & Hobbs, 2005)

Cuadro 1: Parámetros del sistema binario MSP, la distancia DM es la predicha por el modelo YMW16 (Yao et al., 2017)

J2042+0246	
α_{J2000}	$20:42:11.00 \pm 5.00 \times 10^{-5}$
β_{J2000}	$+02:46:14.40 \pm 2.00 \times 10^{-3}$
F0 [Hz]	$220.56 \pm 1.50 \times 10^{-11}$
e	$1.66 \times 10^{-4} \pm 1.00 \times 10^{-7}$
$Dist_{min}$ [kpc]	0.64
$Dist_{max}$ [kpc]	0.83
PB [days]	$77.2 \pm 3.00 \times 10^{-7}$
DM [$pc\ cm^{-3}$]	$9.26 \pm 2.00 \times 10^{-4}$
AGE [yr]	5.12×10^9
MINMASS	$0.184623\ M_{\odot}$

donde:

- F0: Frecuencia de rotación alrededor del baricentro (Hz)

- e: excentricidad
- $Dist_{min}$: Distancia mínima predicha por el modelo
- $Dist_{max}$: Distancia máxima predicha por el modelo
- PB: Periodo del sistema binario
- DM: Medida de dispersión
- Age: Edad
- MINMASS: Masa mínima predicha por el modelo

¹<https://www.atnf.csiro.au/people/pulsar/psrcat/>

5. Resultados

Cuadro 2: Magnitudes instrumentales obtenidas de la fotometría de apertura, así como los colores y la magnitud absoluta en el filtro r' ,

Filtro	Magnitud
g'	$24,95 \pm 0,08$
r'	$23,91 \pm 0,06$
i'	$23,57 \pm 0,04$
$g' - r'$	$1,04 \pm 0,10$
$r' - i'$	$0,33 \pm 0,07$
$M_{r'}$	$14,57 \pm 0,06$

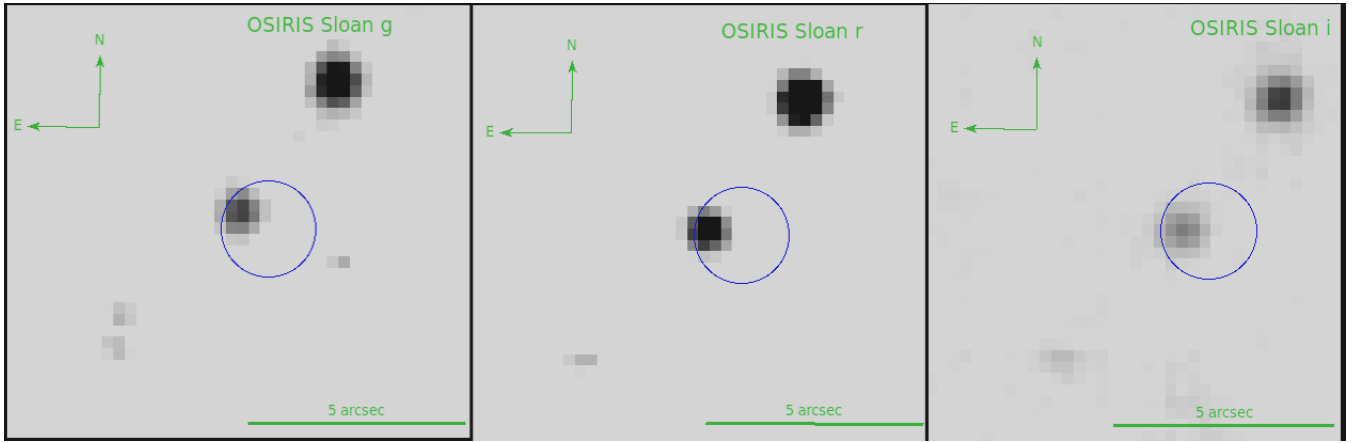


Figura 1: Fragmento del campo analizado de cada filtro, cada círculo azul contiene un radio de 3σ , donde cada uno encierra a un objeto cuyas coordenadas corresponden a J2042+0246 .

El cuadro muestra las magnitudes instrumentales obtenidas

6. Discusión de resultados

Referencias

Acero F., et al., 2015, *apjs*, 218, 23

Avila F., , title

Holberg J. B., Bergeron P., 2006, , 132, 1221

Manchester R. N., Hobbs G. B., Teoh A., Hobbs M., 2005, , 129, 1993

Sanpa-arsa S., 2016, PhD thesis, University of Virginia, https://libraetd.lib.virginia.edu/public_view/0k225b07h

Smith J. A., et al., 2002, , 123, 2121

Yao J. M., Manchester R. N., Wang N., 2017, , 835, 29

Anexo 1. Código de python para la reducción de datos, sustracción del bias y flats

```
1  #!/usr/bin/env python
2  from pyraf import iraf
3  from iraf import noao, imred, ccdred, images
4  import os
5
6  #nombre del OB
7  nombreOB="OB1.fits"
8  #BIAS
9  outbias="bias"+nombreOB
10 print("Combinando el Bias...")
11 #crea el directorio que contendra los archivos
12 os.system("mkdir bias/ccd2")
13 #crea una lista con los archivos
14 os.system("ls bias/*.fits>list-2-out.txt")
15 #crea una lista con los archivos de salida
16 os.system("find bias/-name list-2-out.txt -exec sed
17 -i s/OsirisBias/OsirisBias-CCD2/g {} \;")
18 iraf.imutil.imcopy(input="bias/*.fits[2]", output="@list-2-out.txt")
19 #borra el header de la imagenes
20 iraf.hedit("bias/*CCD2.fits", fields="DATASEC", verify="no", delete="yes",
21 update="yes")
22 iraf.hedit("bias/*CCD2.fits", fields="CCDSEC", verify="no", delete="yes",
23 update="yes")
24 #mueve los archivos a la carpeta creada
25 os.system("mv bias/*CCD2.fits bias/ccd2")
26 #crea el archivo bias maestro para la reduccion
27 iraf.zerocombine(input="bias/ccd2/*.fits", output=outbias, combine="average",
28 ccdtype=" ", rdnoise="4.5", gain="0.95")
29 iraf.hedit("*.fits", fields="CCDSEC", verify="no", delete="yes", update="yes")
30
31 #FLATS
32 outflat="flat"+nombreOB
33 print("Combinando los flats...")
34 #crea el directorio que contendra los archivos
35 os.system("mkdir flat/ccd2")
36 os.system("mkdir flat/ccd2-b")
37 #crea una lista con los archivos
38 os.system("ls flat/*.fits>list-2-out.txt")
39 #crea una lista con los archivos de salida
40 os.system("find flat/-name list-2-out.txt -exec sed
41 -i s/OsirisSkyFlat/OsirisSkyFlat-CCD2/g {} \;")
42 iraf.imutil.imcopy(input="flat/*.fits[2]", output="@list-2-out.txt")
43 #borra el header de la imagenes
44 iraf.hedit("flat/*CCD2.fits", fields="DATASEC", verify="no", delete="yes",
45 update="yes")
46 iraf.hedit("flat/*CCD2.fits", fields="CCDSEC", verify="no", delete="yes",
47 update="yes")
```

```

48 #crea una lista de los archivos para extraer el bias
49 os.system("ls flat/*CCD2.fits>list-b.txt")
50 os.system("find flat/-name list-b.txt -exec sed -i s/CCD2/CCD2-b/g {} \;")
51 #sustraer el bias al flat
52 iraf.noao.ccdred.ccdproc(images="flat/*CCD2.fits", output="@list-b.txt",
53 max_cache="2000", fixpix="no", overscan="no", trim="no", ccdtype=" ", zerocor="yes",
54 darkcor="no", flatcor="no", biassec="image", trimsec="image", zero=outbias)
55 #Crea el archivo flat maestro para la reduccion
56 iraf.noao.ccdred.flatcombine(input="flat/*b.fits", output=outflat, combine="average",
57 ccdtype=" ", process="no", subsets="no", rdnoise="4.5", gain="0.95")
58 #mueve los archivos a la carpeta creada
59 os.system("mv flat/*CCD2.fits flat/ccd2")
60 os.system("mv flat/*b.fits flat/ccd2-b")
61
62 #extraccion de bias a flat al objeto
63 os.system("mkdir object/ccd2")
64 os.system("mkdir object/ccd2-b")
65 os.system("mkdir object/ccd2-b-f")
66 #crea una lista con los archivos para extraer el ccd2
67 os.system("ls object/*.fits>ob-list-2-out.txt")
68 #busca y reemplaza en la list
69 os.system("find object/-name ob-list-2-out.txt -exec sed
70 -i s/OsirisBroadBandImage/Object-CCD2/g {} \;")
71 #extrae el ccd2
72 iraf.imutil.imcopy(input="object/*.fits[2]", output="@ob-list-2-out.txt")
73 #borra el header de la imagenes
74 iraf.hedit("object/*CCD2.fits", fields="DATASEC", verify="no", delete="yes",
75 update="yes")
76 iraf.hedit("object/*CCD2.fits", fields="CCDSEC", verify="no", delete="yes",
77 update="yes")
78 #crea una lista de los archivos para extraer el bias
79 os.system("ls object/*CCD2.fits>ob-list-b.txt")
80 os.system("find object/-name ob-list-b.txt -exec sed -i s/CCD2/CCD2-b/g {} \;")
81 #sustraer el bias al objeto
82 iraf.ccdproc(images="object/*CCD2.fits", output="@ob-list-b.txt", ccdtype=" ",
83 fixpix="no", overscan="no", trim="no", zerocor="yes", darkcor="no", flatcor="no",
84 biassec="image", trimsec="image", zero=outbias)
85 #crea una lista de los archivos para extraer el flat
86 os.system("ls object/*b.fits>ob-list-b-f.txt")
87 os.system("find object/-name ob-list-b-f.txt -exec sed -i s/CCD2-b/CCD2-b-f/g {} \;")
88 #sustraer los falts al objeto
89 iraf.ccdred.ccdproc(images="object/*b.fits", output="@ob-list-b-f.txt", ccdtype=" ",
90 fixpix="no", overscan="no", trim="no", zerocor="no", darkcor="no", flatcor="yes",
91 biassec="image", trimsec="image", flat=outflat)
92 #mueve los archivos a las carpetas
93 os.system("mv object/*CCD2.fits object/ccd2")
94 os.system("mv object/*b.fits object/ccd2-b")
95 os.system("mv object/*f.fits object/ccd2-b-f")
96

```

```

97 #reduccion basica estrella estandar
98 stan="stds"+nombreOB
99 carp="stds/"+stan
100 iraf.imutil.imcopy(input="stds/*.fits[2]", output=carp)
101 #borra el header
102 iraf.hedit("stds/*.fits", fields="DATASEC", verify="no", delete="yes", update="yes")
103 iraf.hedit("stds/*.fits", fields="CCDSEC", verify="no", delete="yes", update="yes")
104 #sustraer el bias al objeto
105 iraf.ccdproc(images=carp, output="stds/stds-b.fits", ccdtype=" ", fixpix="no", overscan="no",
106 #crea una lista de los archivos para extraer el flat
107 #sustraer los falts al objeto
108 iraf.ccdred.ccdproc(images="stds/*b.fits", output="stds/stds-b-f.fits", ccdtype=" ", fixpix="no",
109 print("All done!")

```

Anexo 2. dkd