



VIII OLIMPIADA LATINOAMERICANA DE ASTRONOMÍA Y ASTRONÁUTICA

ARGENTINA 2016

Código:

Prueba teórica grupal
OLAA 2016 – Córdoba, Argentina

P1	P2	P3	P4	Total

Datos:

Distancia a M87: 16 Mega parsecs (1Mpc equivale 10^6 parsecs).

Velocidad de la luz: $c = 300\,000$ km/s

Constante de gravitación universal: $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N m²/kg²

Masa solar: $1,99 \times 10^{30}$ kg

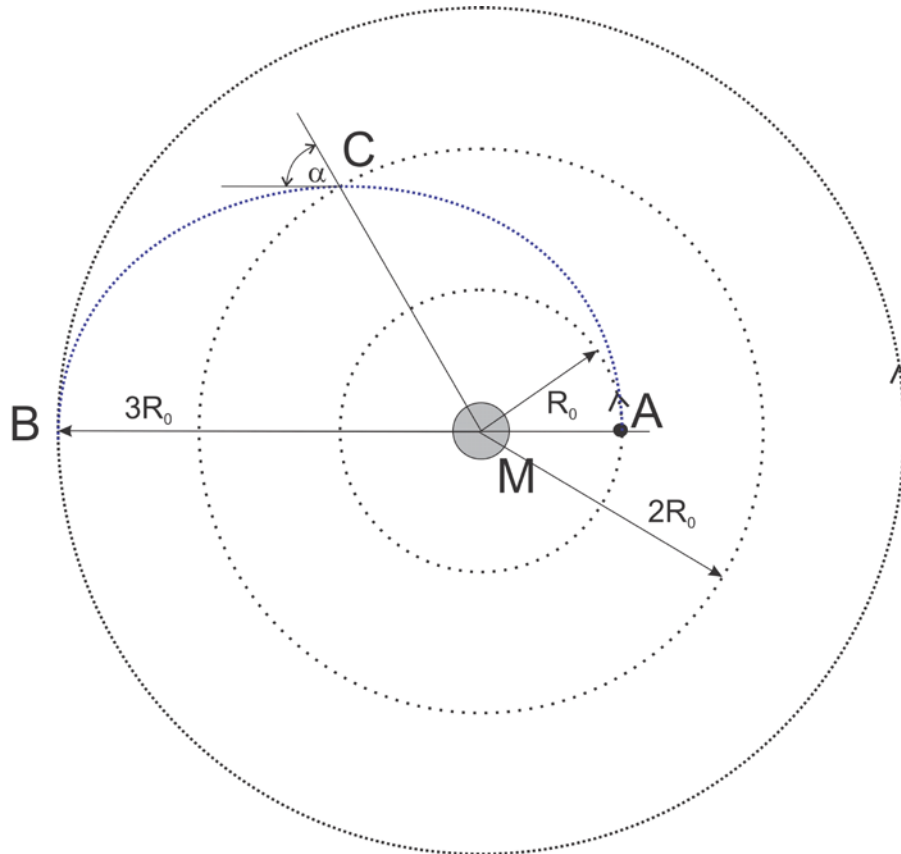
Luminosidad solar: $3,827 \times 10^{26}$ W = $3,82 \times 10^{33}$ erg/s

Magnitud absoluta solar: 4,83

Longitud de onda para la línea H α : 656,3nm



Código:

P1) Transferencia orbital y control

Un satélite artificial se encuentra en una órbita circular de radio R_0 alrededor de un planeta de masa M . Mediante la aplicación de un impulso en la misma dirección del movimiento en el **punto A** se desea transferir el satélite al **punto B** que se encuentra a una distancia de $3R_0$ de manera tal que este punto sea el apocentro de la órbita elíptica de transferencia. Para saber si la maniobra es correctamente realizada, los ingenieros deciden tomar como referencia el valor del ángulo α que formarán la velocidad y la dirección radial en un punto intermedio C que se encuentra a una distancia $2R_0$.

Determinar

- [4 pt] El valor exacto que debería tener el ángulo α si la maniobra se hace correctamente.
- [2 pt] El tiempo que empleará el satélite para llegar desde A hasta B . Expresar en función de M , R_0 y la constante de gravitación G .



Código:

P2) Climatología Espacial

Se denomina eyección de masa coronal o CME (por sus siglas en inglés: Coronal Mass Ejection) a una nube de plasma que se desprende del Sol en el periodo llamado Actividad Máxima Solar. Esta onda es muy peligrosa ya que, si llega a la Tierra y su campo magnético está orientado al sur, puede dañar los circuitos eléctricos, los transformadores y los sistemas de comunicación, además de reducir el campo magnético de la Tierra por un período. Cuando esto ocurre, se dice que hay una tormenta solar. Sin embargo, si el planeta está orientado al norte, la CME rebotará inofensivamente en la magnetósfera. La magnetósfera es una región alrededor de un planeta en la que el campo magnético de éste desvía la mayor parte del viento solar formando un escudo protector contra las partículas cargadas de alta energía procedentes del Sol.

En 2004 un equipo de astrónomos norteamericanos observó una correlación entre la amplitud de la perturbación producida por las CME, la cual llamaremos \mathbf{P} (en los trabajos de física solar se denota comúnmente como Dst) y la magnitud de la componente del campo magnético interplanetario perpendicular al plano del sistema solar al momento de la tormenta, llamado \mathbf{Bz} , ambos medidos en nano Teslas (nT). Los autores expresaron esta correlación mediante la siguiente fórmula (Yurchyshyn y col. 2004):

$$(1) \mathbf{P} = -2,846 [\text{nT}] + 6,54\mathbf{Bz} - (0,118[\text{nT}]^{-1})(\mathbf{Bz})^2 - (0,002[\text{nT}]^{-2})(\mathbf{Bz})^3$$

Ese mismo año, otro equipo de astrónomos Brasileños, determinó una relación entre la velocidad de la eyección de masa coronal, \mathbf{V} en km/s y la magnitud de la perturbación de la CME, nuevamente \mathbf{P} en nT:

$$(2) \mathbf{P} = 0,00052 [\text{nT}] [0,22[\text{km/s}]^{-1} \mathbf{V} + 340]^2$$

Otro equipo norteamericano al año siguiente (2005), estudiando datos sobre varias CME, encontró una relación entre la velocidad \mathbf{V} [km/s], y el tiempo \mathbf{T} (en días [d]) que tarda la tormenta en recorrer la distancia Tierra-Sol :

$$(3) \mathbf{T} = (-0,0042 [\text{km/s}]^{-1} \mathbf{V} + 5,14) [\text{d}]$$

Los mismos autores además encuentran la siguiente relación entre la velocidad \mathbf{V} [km/s], de la CME y el campo magnético máximo interplanetario \mathbf{B}_{\max} (en nT):

$$(4) \mathbf{B}_{\max} = 0,047[\text{nT/km/s}] \mathbf{V} + 0,644[\text{nT}]$$

a) [1 pt] Encuentre una ecuación cuadrática que nos dé la amplitud de la perturbación \mathbf{P} , en función del tiempo \mathbf{T} .

b) [1 pt] Asumiendo la relación $\mathbf{Bz} = \mathbf{B}_{\max} / (2^{1/2})$, encuentre \mathbf{P} en función de la velocidad \mathbf{V} de la CME.



Código:

c) [2 pt] Sabiendo que las velocidades de las eyecciones de masa coronal varían entre los 300 y 800 km/s, una vez detectada una CME, ¿de qué intervalos de tiempo se dispone, en el mejor y peor de los casos, para dar una alerta de tormenta?

La tormenta Solar de 1859

La tormenta solar de 1859, conocida también como evento Carrington por el astrónomo inglés Richard Carrington, primero en observarla, es considerada la tormenta solar más potente registrada en la historia. En el año 1859 se produjo una gran eyección de masa coronal. A partir del 28 de agosto, se observaron auroras boreales que llegaban hasta el norte de Colombia. En el máximo de intensidad fallaron los sistemas de telégrafo en toda Europa y América del Norte, produciendo cortocircuitos que provocaron numerosos incendios. En un trabajo del año 2006, físicos estadounidenses re-analizaron información histórica del evento, llegando a la conclusión que la perturbación (Dst) probablemente tuvo un valor de $P=850nT$.

d) [2 pt] Utilizando los resultados del problema anterior (puntos a y b), estime primero el tiempo T de tránsito, para luego estimar el día en el que se produjo la eyección de masa coronal en el Sol. Tenga en cuenta que la CME arribó a la Tierra en algún momento del 28 de Agosto de 1859.

e) [1 pt] Dado el valor de $P=850nT$, ¿con qué velocidad V pudo haber sido eyectada esta CME desde el Sol?.

Código:

P3) Agujero Negro Supermasivo en M87

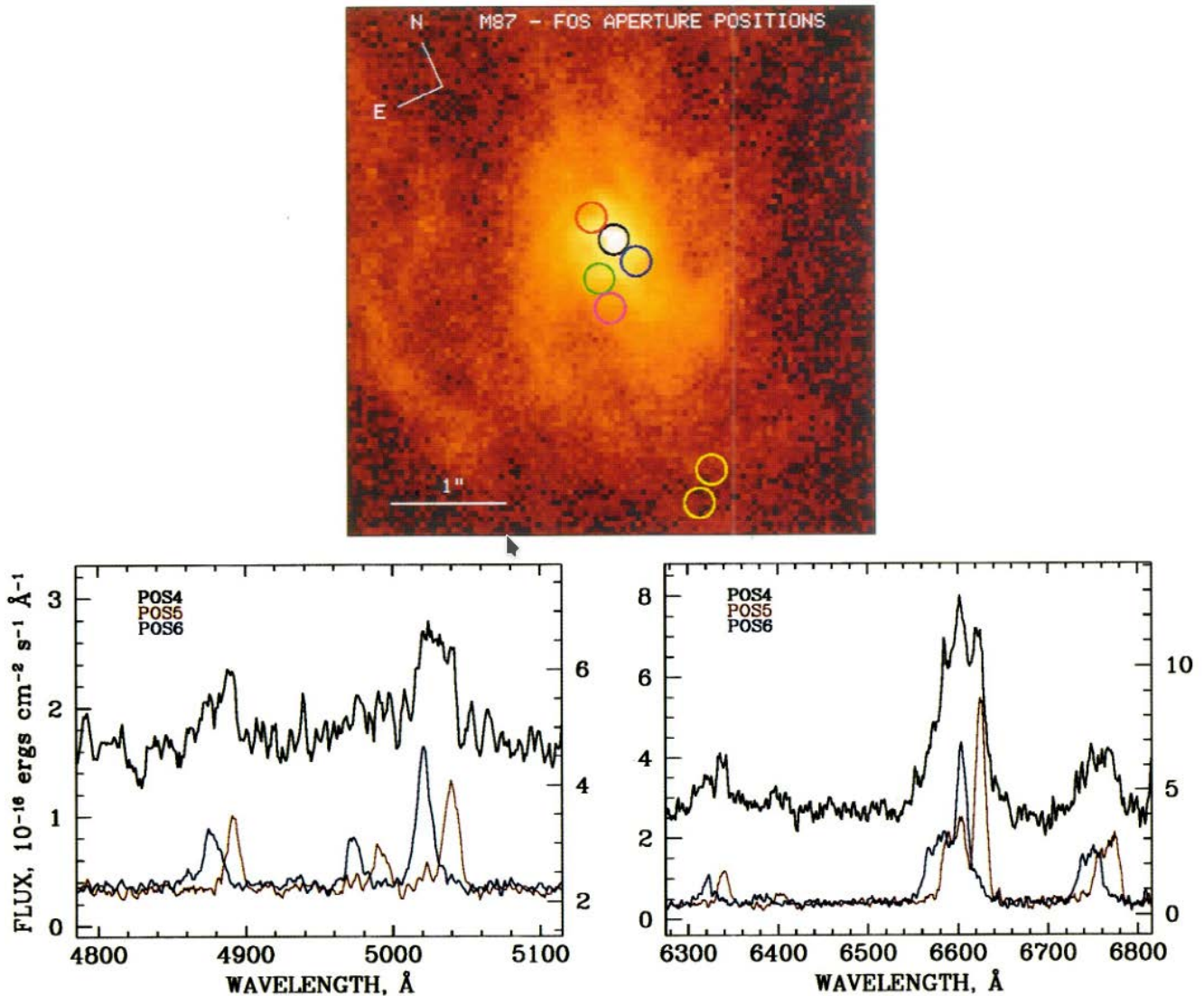


FIG. 1.—(a) Continuum-subtracted H α + [N II] WFPC2 image of the center of M87. Colored circles are drawn to scale to indicate the locations of the FOS

Uno de los ejemplos clásicos de un agujero negro supermasivo, es el caso del encontrado en el núcleo de la galaxia M87 también conocida como Virgo A. En 1994, un equipo de astrónomos norteamericanos, presentó evidencia de un disco de acreción alrededor de este agujero. La imagen a continuación muestra observaciones fotométricas y espectroscópicas de la región central de M87 realizadas utilizando el telescopio espacial Hubble (Fig1 en Harms y colaboradores). Los círculos



VIII OLIMPIADA LATINOAMERICANA DE ASTRONOMÍA Y ASTRONÁUTICA

ARGENTINA 2016

Código:

negro, rojo y azul en la imagen indican diferentes regiones (POS4, POS5 y POS6 respectivamente) para las que se realizó su espectro (ignore los círculos amarillos, el verde y el rosa). Debajo los autores de este trabajo nos muestran los espectros de cada región utilizando los mismos colores. Como puede verse, existe un corrimiento entre las líneas de emisión entre la POS5 y POS6. Este corrimiento relativo es interpretado por los autores como una rotación del disco, siendo POS6 la parte del disco que se mueve por la rotación hacia el observador y POS5 la parte que se aleja de este.

- a) [2 pt] ¿Por qué razón los autores dicen esto?, es decir, ¿cómo podemos saber cuál es el sentido de rotación?.
- b) [2 pt] Estime de la imagen la distancia angular y a partir de ella la distancia real en Mpc a la región central (POS4) de las dos posiciones medidas sobre el disco (POS5 y POS6).
- c) [2 pt] A partir de los espectros estime la diferencia en longitud de onda entre las líneas espectrales de POS5 y POS6. Justifique su respuesta.
- d) [1 pt] Calcule la velocidad de rotación. Asuma que ambas posiciones (POS5 y POS6) tienen la misma velocidad con sentido opuesto con respecto al centro, en reposo (POS4).
- e) [1 pt] Considerando que el movimiento es circular y uniforme, calcule la masa del objeto central a POS5 y POS6, en kg y en masas solares.
- f) [1 pt] Si admitimos además la posibilidad de que el disco esté inclinado, por ejemplo 35° , con respecto a la línea de la visual, ¿la masa estimada en el punto anterior, es mayor o menor que la obtenida si consideramos la inclinación?. Justifique.
- g) [2 pt] Si suponemos que el objeto central está formado por muchas estrellas similares al Sol, ¿con qué magnitud aparente debería observarse esta región?.



Código:

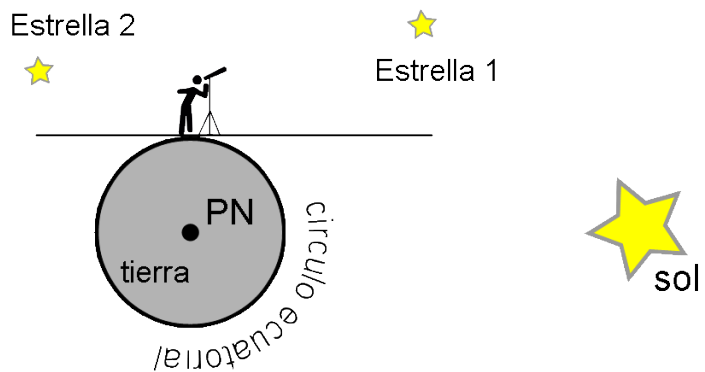
P4) Estimación del radio de la Tierra, la distancia y la masa del Sol mediante efecto Doppler

Suponga que se encuentra en el ecuador de la Tierra, dispone de un telescopio con espectrógrafo y mide las líneas espectrales de varias estrellas a diferentes alturas al **atardecer justo después de ocultarse el Sol**, encontrando diferentes corrimientos Doppler en función de la altura del astro, siendo rojo el corrimiento hacia el Oeste cerca del horizonte, y azul el corrimiento hacia el Este.

a) [1 pt] ¿A qué se deben los diferentes corrimientos al observar en distintas direcciones?.

b) [1 pt] Diga cuáles son los movimientos del observador que generan estos desplazamientos Doppler.

c) [1 pt] Indique la dirección y sentido de estos movimientos en el siguiente esquema, en la posición del observador.



d) [4 pt] Suponga que realiza las siguientes mediciones de corrimiento de líneas espectrales para dos estrellas a diferentes alturas, utilizando la línea H α de 656,3 nm. El acimut se midió con la convención desde el Norte hacia el Este (N.E.S.O.).

Estrella	Acimut	Altura	Corrimiento $\Delta\lambda$
1	270°	35° 10'	+ 0,03840 nm
2	90°	55° 7'	+ 0,05291 nm

Plantee las fórmulas del corrimiento Doppler de ambas estrellas, utilizando la altura del astro, y poniendo como incógnitas las velocidades de rotación y traslación de la Tierra en la ubicación del telescopio.

e) [1 pt] Resuelva el sistema y determine las velocidades de rotación y traslación.

f) [2 pt] Estime el radio de la Tierra y la distancia al Sol, a partir de las velocidades encontradas en el punto anterior. Utilice el día y el año sidéreos, como medida de los períodos de ambos movimientos. Exprese los resultados en km.

g) [1 pt] Estime la masa del Sol a partir de la distancia y velocidad de la Tierra.