Instrucciones para el uso del paquete
"Astrometría de Asteroides"

Este paquete y otros similares forman parte de las prácticas del programa CLEA (Contemporary Laboratory Experiences in Astrophysics), que se puede encontrar en http://www.gettysburg.edu/academics/physics/clea/CLEAhome.htm

Para utilizar este paquete en particular, es necesario estar familiarizado con los siguientes conceptos: **asteroides, blinking (estereocomparación), coordenadas, paralaje, movimientos propios.**

En la Página de CLEA hay un manual de uso detallado en inglés. Acá damos las instrucciones mínimas para el paquete instalado en una PC con Windows95.

A. En la primera parte del ejercicio, se hace una estereocomparación (blinking) de dos imágenes tomadas en el mismo observatorio (ubicado en Flagstaff, Arizona) con unas horas de diferencia. Se trata de buscar al asteroide (que se mueve contra el fondo de las estrellas lejanas y "fijas").

1. El programa se inicia dando **Inicio... Programas... CLEA Exercises... Astrometry of Asteroids...**

Con ésto aparece la pantalla de CLEA

2. En la pantalla de CLEA se da **File... Login** . Se ponen los nombres de los participantes y un numero para la "mesa" de laboratorio.

Con ésto aparece la pantalla de la práctica "Astrometría de Asteroides"

3. Para cargar una imagen se da **File... Load... Image1...**. Se escoge la imagen 92jb07.fts (tomada el 23 de mayo de 1992 a las 05h 03m 00s en tiempo universal) y se da **Abrir** . La imagen se carga, pero no se ve. Para verla dar **Images... Display... Image1**. Con ésto aparece la primera imagen en una pantalla.

4. Para cargar la segunda imagen se da **File... Load... Image2...**. Se escoge la imagen 92jb12.fts (tomada el 23 de mayo de 1992 a las 06h 57m 00s en tiempo universal) y se da **Abrir** . De nuevo, la imagen se carga, pero no se ve. Para verla dar **Images... Display... Image2**. Con ésto aparece esta segunda imagen en una nueva pantalla.

5. Para hacer la estereocomparación, es necesario "alinear" las dos imágenes. Se da **Images... Blink** en la pantalla azul. Aparece solo la imagen 1 y una pequeña caja de instrucciones que te dice que escojas una primera estrella de referencia. Se escoge la estrella con el botón izquierdo del "mouse" y se da **Continue** en la cajita. La cajita pide escoger una segunda estrella de referencia, la cual se escoge y se da **Continue**. Ahora aparece la segunda imagen, en la cual se repite el procedimiento anterior de escoger dos estrellas de referencia (obviamente, tienen que ser las mismas estrellas que se escogieron para la imagen 1).

6. En la pantalla de la imagen dar **Blink**. Con esto, las dos imágenes comienzan a alternarse en la pantalla. Obviamente, las dos imágenes no son idénticas (pueden tener diferente tiempo de integración, defectos producidos por rayos cósmicos, etc.). A pesar de ésto, debe de ser fácil ubicar al asteroide, cuya imagen debe de "brincar" de una posición a la otra. Fíjense en cada imagen donde está el asteroide (o si no confían en su memoria, mejor hagan un bosquejo). El asteroide se "mueve" de una imagen a la otra porque está muchísimo más cercano que las estrellas, las cuales por su lejanía,

prácticamente no se "mueven" de su posición en el cielo. A este asteroide se le conoce como 1992 JB. Para parar la estereocomparación dar **Stop.** Al hacer ésto, aparece una pantallita que nos pide en una serie de instrucciones que marquemos la posición del asteroide (el "Target Object") en las dos imágenes.

B. Medición de las posiciones del asteroide en las dos épocas.

7. Para ésto, damos **Images... Measure... Image1**. Aparece una pequeña pantalla que nos pide la posición aproximada del cielo donde se tomaron las imágenes. Se le da 15 30 44.30 para la Ascensión Recta (Right Ascension) y 11 15 10.4 para la Declinación (Declination). Como Tamaño del Campo (Field Size) se da 8.0 minutos de arco. Luego se da **OK**. Aparecen dos pantallas. La de la izquierda es un diagrama con las posiciones de las estrellas mas brillantes de esa región. La de la derecha es la imagen 1. El tamaño de campo de la imagen 1 es más pequeño que el de la imagen de la izquierda. Es relativamente fácil reconocer tres posiciones en común.

8. Siguiendo las instrucciones de las pantallitas, se marcan con el "mouse" de una a una las tres estrellas en la pantalla de la izquierda. Después se marcan las mismas tres estrellas en el mismo orden, pero en la imagen 1. Damos **Si** en la cajita que nos pregunta si está bien marcada la posición del asteroide. Después de ésto aparece una pantalla con la posición del asteroide en esta imagen y otros datos. Copiar la ascención recta (RA) y declinación (Dec) del asteroide (Target Object).

9. Se repite toda la operación para la imagen 2 (pasos 7 y 8). En la pantalla de la izquierda van a aparecer ya marcadas las tres estrellas escogidas anteriormente, así que siguiendo las instrucciones se puede pasar a marcarlas en la imagen 2. Al final, anotar la posición del asteroide en esta placa.

C. Medición del desplazamiento del asteroide y determinación de su velocidad angular (o sea, lo que los astrónomos llaman su movimiento propio)

10. Las imágenes que comparamos fueron tomadas con 1h 54m 00s de diferencia. A esta diferencia de tiempo (dada en segundos de tiempo), le llamaremos Δt. A la diferencia entre las dos posiciones (dada en segundos de arco), le llamaremos $\Delta\theta$. Queremos determinar $\Delta\theta/\Delta t$.

Para ésto pasamos las Ascensiones Rectas y las Declinaciones a notación decimal:

RA(Decimal) = horas + (minutos/60.0) + (segundos/3600.0)

DEC(Decimal) = grados + (minutos de arco/60.0) + (segundos de arco/3600.0)

Substraemos la posición del segundo mapa de la del primero (hay que dejar 6 decimales), para obtener ΔRA y ΔDEC. Ahora bien por el teorema de Pitágoras:

$$(\Delta\theta)^2 = (\Delta RA \times 15 \times cos(DEC))^2 + (\Delta DEC)^2.$$

El factor de 15 aparece porque en una hora hay 15 grados (360°/24 horas = 15) y el factor de $cos(DEC)$ aparece porque conforme nos acercamos más a los polos, los meridianos se van cerrando. Para DEC, podemos usar el promedio de las declinaciones de las dos posiciones.

11. Esto nos da $\Delta\theta$ en grados. Pasando $\Delta\theta$ a segundos de arco y Δt a segundos obtenemos $\Delta\theta/\Delta t$, la velocidad angular o movimiento propio.

12. ¿Suponiendo que se mueve a velocidad angular constante, cuánto tardaría el asteroide en recorrer, respecto a las estrellas "fijas", un ángulo de 1/2 grado, igual al diámetro angular de la Luna?

D. Medición de la distancia al asteroide 1992 JB

13. En la parte anterior utilizamos dos imágenes tomadas desde el mismo observatorio, a dos horas distintas. Ahora vamos a usar dos imágenes tomadas al mismo tiempo, pero desde observatorios distintos. ¿Porqué hacer ésto? Porque ésto nos permitirá, utilizando el método del paralaje determinar la distancia al asteroide. Debido a la posición diferente de los dos observatorios, el asteroide aparecerá proyectado distinto contra el fondo de las estrellas "fijas".

Para lograr esta medición de la distancia, siguiendo el paso 3, cargamos la imagen Asteast.fts (tomada en Hamilton, New York) en lugar de la imagen 92jb07.fts y la imagen Astwest.fts (tomada en Flagstaff, Arizona) que es precisamente la anterior imagen 92jb12.fts. Luego repetimos los pasos anteriores del 7 al 10. Como resultado, debemos obtener un nuevo $\Delta\theta$ para el asteroide, ahora para estas dos imágenes. Para la imagen Astwest.fts=92jb12.fts, nos debe de salir la misma posición que medimos antes para el asteroide. La imagen Asteast.fts es de calidad algo inferior a la Astwest.fts, pero deben de poder encontrar el asteroide sin problema.

14. Para encontrar la distancia al asteroide, utilizamos la fórmula del paralaje, que para la línea de base B dada en kilómetros, y el desplazamiento angular aparente $\Delta\theta$, dado en segundos de arco es:

$$Distancia\ al\ objeto(en\ km) = 206,265(B/\Delta\theta).$$

En este caso B=3172 km.

¿Cómo compara esta distancia con la distancia de la Tierra al Sol, que es de 150 millones de kilómetros? ¿Conociendo esta distancia, qué podemos decir de la naturaleza del asteroide?

E. Determinación de la Velocidad del Asteroide en el Plano de Cielo (Velocidad Tangencial)

15. Conociendo la velocidad angular (en "/segundo) y la distancia al asteroide (en km), su velocidad tangencial está dada por:

$$V_t = (velocidad\ angular \times distancia)/206,265.$$

Esto nos da V_t en km/s. Compare esta velocidad con la velocidad de traslación de la Tierra en su órbita alrededor del Sol, que es de 30 km/s.

Midiendo la distancia y posición del asteroide en épocas distintas, se obtiene su órbita y se puede predecir su ubicación en el futuro. ¿Cuál es el número mínimo de veces que hay que medir la distancia y posición para conocer la órbita?

Luis F. Rodríguez