

Pràctica a l'Observatori Fabra

Astrometria

Grup 3A

Sergi Blanco Cuaresma

Montse Subirà Vallès

Laura Ruiz Dern

Dídac Peña Pérez

Índex

1 Introducció	3
2 Material i infraestructura	3
2.1 L'Observatori Fabra: un pessic d'història.	4
3 Procediment experimental	5
4 Tractament de dades i resultats	5
5 Càlcul d'errors	8
6 Conclusions	9
7 Bibliografia	10

1 Introducció

L'Astrometria és la part d'astronomia que es dedica a l'estudi i mesura de la posició dels astres amb gran precisió.

L'objectiu d'aquesta pràctica és, mitjançant l'observació d'una estrella doble amb càmera CCD, determinar diferents paràmetres del sistema doble a estudiar com són, per exemple, la distància angular entre les components i l'angle de posició de la línia que uneix les estrelles respecte la direcció Nord.

Per dur a terme l'observació s'ha utilitzat un telescopi Celestron 14 acoblat al tub òptic principal del telescopi refractor (figura 1) situat a l'Observatori Fabra.

El procediment de captura d'imatges i el posterior anàlisi s'exposen cadascun en l'apartat corresponent.

És important saber que l'estudi de sistemes dobles és l'únic mètode directe per mesurar les masses de les estrelles, ja que simplement es necessita saber el moviment orbital i la distància entre les components per aplicar les lleis de Kepler. Aquesta informació ens permet modelitzar l'evolució estel·lar i calibrar tota l'escala de masses estel·lars.



Figura 1 (Telescopi refractor)

2 Material i infraestructura

El material necessari per dur a terme l'observació és el següent: telescopi mecanitzat amb muntura equatorial, càmera CCD i programa informàtic per visualitzar les imatges capturades al moment. Per al posterior anàlisi es necessita un programa informàtic de tractament d'imatges que permeti extreure les dades bàsiques requerides per obtenir matemàticament els paràmetres definitius. Pel cas actual s'ha cregut adient i suficient la utilització de l'aplicació Iris.

La infraestructura facilitada per a l'observació ha estat l'edifici històric de l'Observatori Fabra i el seu telescopi refractor, utilitzat com a base per col·locar-hi un C-14 amb el qual s'han pres les imatges adients.

2.1 L'Observatori Fabra: un pessic d'història.

L'Observatori Fabra va ser construït entre els anys 1902 i 1904 gràcies al llegat del Sr. Camil Fabra i Fontanills, primer marquès d'Alella. Concretament, aquest llegat va permetre l'adquisició del solar, la construcció de l'edifici i l'adquisició del telescopi principal.

L'edifici principal (figura 2) va ser projectat per l'arquitecte Josep Domènech i Estapà, de molt bona reputació dins del corrent modernista, amb l'assessorament de l'acadèmic Josep Comas i Solà.

Actualment l'observatori és propietat de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona i consta de les següents seccions:

- Meteorològica
- Sísmica
- Astronòmica



Figura 2 (Entrada principal de l'Observatori)

A part de la tasca científica duta a terme, la divulgació i la formació cultural és també una altra activitat important de l'observatori, facilitant observacions i visites, tant diürnes com nocturnes.

D'altra banda, també facilita i proporciona dades i informació als diferents tipus d'entitats que ho sol·licitin.

Pel que fa a la secció astronòmica, l'observatori es dedica principalment a l'astrometria per a petits planetes i cometes dins de la xarxa astromètrica internacional, en la qual figura en el grup d'observatoris amb més anys de dedicació sense haver canviat l'emplaçament original.

Com a descobriments importants efectuats des de l'observatori cal destacar els següents:

- Descobriment de l'atmosfera de Tità.
- Descobriment d'onze petits planetes: Hispania, Barcelona, Gothlandia (Catalunya), Comas Solà, etc.
- Descobriment de dos cometes, un d'ells periòdic, el Comas Solà.

3 Procediment experimental

L'observació es va dur a terme a les 19:00 UT del 23 de març de 2011.

Una vegada oberta la cúpula de l'observatori es va procedir, mitjançant el programa *The Sky*, a apuntar cap a Gamma Andromeda (Almaak), l'estrella a observar. A continuació es va ajustar l'estrella de manera que quedés el màxim de centrada possible dins del camp d'observació de l'ocular per tal d'obtenir imatges que fossin adients pel tractament posterior.

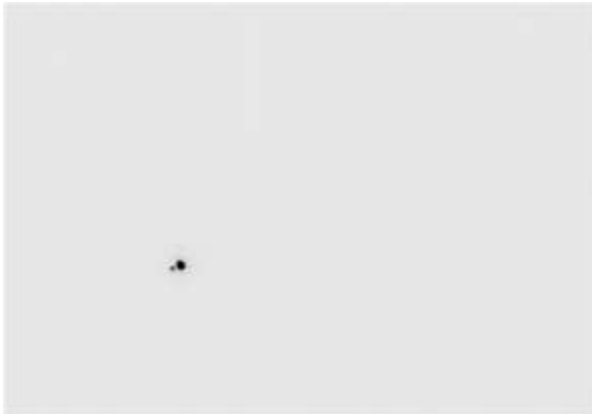


Figura 3 (Gamma Andròmeda "negatiu")

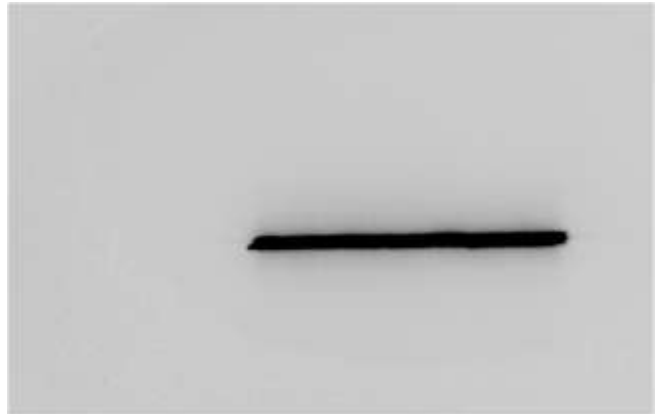


Figura 4 (Traça "negtiu")

Després d'esperar que es refredés la càmera ($T \sim 258$ K) es van captar un parell d'imatges amb un temps d'exposició de 0.12 segons (figura 3). Posteriorment, amb el motor de seguiment (*tracking*) aturat, es va prendre una imatge de més exposició, concretament 30 segons, per tal d'obtenir la traça (figura 4), la qual permet determinar la desviació del telescopi respecte el paral·lel celest.

4 Tractament de dades i resultats

Primer de tot s'adquireixen les posicions dels dos centres de les estrelles: per fer-ho s'ajusta una gaussiana bidimensional (es pot considerar un error de 0.02 píxels) a cada estrella per separat mitjançant la funció PSF de l'Iris, de manera que automàticament s'obté la següent finestra amb la informació del centre de la gaussiana:

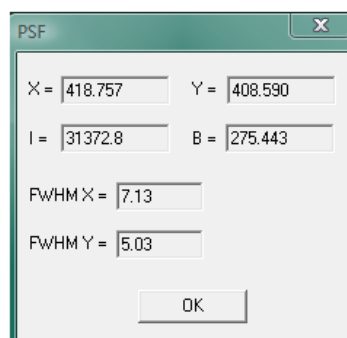


Figura 5

En la figura 5 es pot veure la informació de la gaussiana per a l'estrella més brillant. Els camps FWHM proporcionen informació sobre l'amplada de la gaussiana en els dos eixos, mentre que els valors X i Y són les coordenades del centre de la gaussiana que prendrem com a centre de l'estrella per fer els càlculs necessaris. Procedint anàlogament per a l'altre estrella s'obté que els dos centres són:

$$(x_p, y_p) = (436.19 \pm 0.02, 418.38 \pm 0.02)$$

$$(x_s, y_s) = (418.757 \pm 0.02, 408.590 \pm 0.02)$$

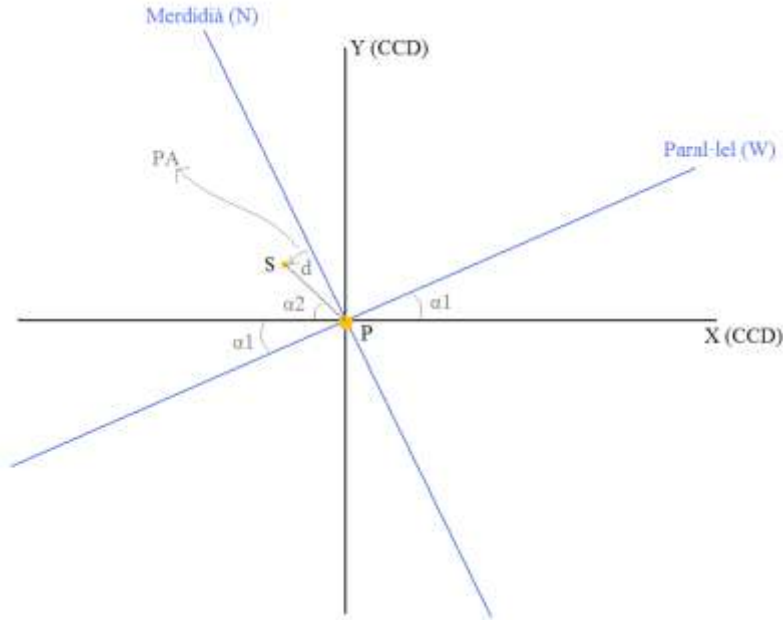


Figura 6

Directament de la figura 6 es pot observar que la distància angular entre les dues estrelles és:

$$d(") = \sqrt{(x_s - x_p)^2 + (y_s - y_p)^2} \cdot E \quad [1]$$

on E és l'escala que ens permet saber quants segons d'arc hi ha en un píxel. Aquesta escala es troba a partir de la traça mitjançant la següent expressió:

$$E("/\text{píxel}) = t(s) \cdot \frac{15''}{1s} \cdot \cos\delta \cdot 1.0027 \cdot \frac{1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} \quad [2]$$

on (x_1, y_1) i (x_2, y_2) són els extrems de la traça, tal i com es pot veure en la figura 7.

Mitjançant l'Iris s'ha obtingut que els extrems de la traça són: $(x_1, y_1) = (567 \pm 1, 416 \pm 1)$ i $(x_2, y_2) = (1262 \pm 1, 425 \pm 1)$. Addicionalment, sabem que la declinació a la que es troba γ And és $\delta = 42^\circ 19' 46.795'' = 42.329^\circ$ segons J2000. D'aquesta manera, substituint les dades a l'equació, es troba que:

$$E("/\text{píxel}) = 0.480 \pm 0.001 "/\text{píxel}$$

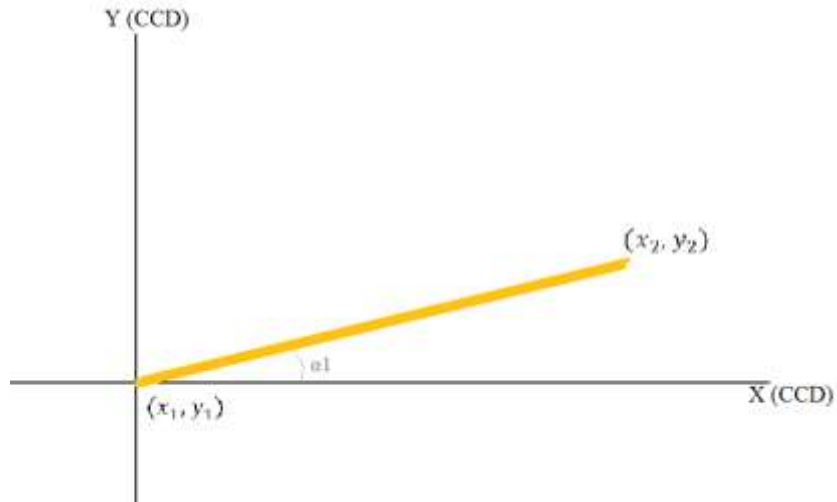


Figura 7

Substituint el resultat a l'equació [1], tenint en compte els punts (x_p, y_p) i (x_s, y_s) , s'obté que la distància angular en segons d'arc entre les dues estrelles és:

$$d = 9.59 \pm 0.04''$$

Finalment, per calcular l'angle de posició de la línia que uneix les components respecte la direcció Nord (PA), a partir de la figura 6, es pot veure que:

$$PA = 90 - (\alpha_1 + \alpha_2) \quad [3]$$

Per tant, prèviament necessitem saber quant valen α_1 i α_2 . Directament de la figura 6, aplicant trigonometria es pot observar que:

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\right) \quad [4]$$

$$\alpha_2 = \arctg\left(\frac{y_s - y_p}{x_s - x_p}\right) \quad [5]$$

Per tant, substituint dades en [4] i [5] s'obté que $\alpha_1 = (0.742 \pm 0.003)^\circ$ i $\alpha_2 = (29.315 \pm 0.002)^\circ$. De manera que:

$$PA = (59.943 \pm 0.005)^\circ$$

5 Càlcul d'errors

Com s'ha pogut comprovar al llarg de l'informe s'han introduït els errors corresponents a cadascuna de les magnituds mesurades o calculades a posteriori. En aquest apartat s'exposa el procediment de propagació d'errors dut a terme.

- **Error de l'escala E:**

El terme de l'equació [2] que ens introdueix l'error és $\frac{1}{\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2}}$.

Per tant, es procedeix a propagar l'error de les restes primer, dels quadrats tot seguit, i finalment de l'arrel quadrada. Per al primer cas es té en compte que els errors de la resta se sumen, de manera que per exemple $x_2 - x_1 = 695 \pm 2$. A continuació es propaga el quadrat corresponent tenint en compte que l'error associat a una funció aplicada sobre una magnitud amb error és:

$$\delta f(x) = \left| \frac{df(x)}{dx} \right| \cdot \delta x \quad [6]$$

D'aquesta manera l'error associat a $(x_2 - x_1)^2$ és:

$$\delta[(x_2 - x_1)^2] = 2 \cdot |x_2 - x_1| \cdot 2 = 2780 \text{ píxel}$$

Anàlogament es procedeix per a $(y_2 - y_1)^2$, obtenint un error de

$$\delta[(y_2 - y_1)^2] = 36 \text{ píxel}$$

Tornant a aplicar l'equació [6] per a l'arrel quadrada després d'haver fet la suma de diferències:

$$\delta \left[\frac{1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} \right] = 0.004 \cdot 10^{-3} \text{ píxel}$$

Finalment, tenint en compte que aquest terme estudiat està multiplicat per una sèrie de termes sense error dins de l'expressió [2], l'error també queda multiplicat d'igual manera donant com a resultat final el ja exposat en l'apartat anterior.

- **Error de d("):**

En aquest cas tindrem una propagació molt semblant per al terme $\sqrt{(x_s - x_p)^2 + (y_s - y_p)^2}$. De manera que per un procés anàleg es troba que $\delta[\sqrt{(x_s - x_p)^2 + (y_s - y_p)^2}] = 0.07 \text{ píxel}$. Mitjançant la propagació d'errors corresponent a un producte de magnituds amb font d'errors independents l'una de l'altre, és a dir, utilitzant l'arrel quadrada de la suma quadràtica d'errors relatius es troba l'error relatiu de d("):

$$\frac{\delta d(")}{d(")} = \frac{\delta[\sqrt{(x_s - x_p)^2 + (y_s - y_p)^2}]}{\sqrt{(x_s - x_p)^2 + (y_s - y_p)^2}} + \frac{\delta E}{E}$$

$$\text{Per tant: } \delta d(") = d(") \sqrt{\frac{\delta[\sqrt{(x_s - x_p)^2 + (y_s - y_p)^2}]}{\sqrt{(x_s - x_p)^2 + (y_s - y_p)^2}} + \frac{\delta E}{E}} = 0.04.$$

- **Error de α_1 i α_2 :**

Per calcular l'error associat als angles α_1 i α_2 s'ha prosseguit de nou de manera anàloga a com s'ha fet fins ara, és a dir, utilitzant l'expressió [6] i considerant l'error relatiu de la divisió com l'arrel de la suma quadràtica d'errors relatius del numerador i del denominador.

6 Conclusions

Es consideren coherents els resultats finals després d'haver-los comparat amb els ja existents a la bibliografia (Simbad, Wikipedia) i comprovar que, tenint en compte els marges d'error calculats, coincideixen plenament.

7 Bibliografia

- <http://www.fabra.cat>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_Andromedae
- Iris: <http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>
- SIMBAD: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- *Introducció a l'anàlisi d'incerteses experimentals.* Arteaga, Daniel.
Departament de Física Fonamental, UB.