

# **Astronomia observacional**

## **Astrometria**

Ruiz Dern, Laura  
Peña Pérez, Dídac  
Subirà Vallès, Montserrat  
Blanco Cuaresma, Sergi

## Taula de continguts

1 Objectius.....	3
2 Material previ.....	3
3 Instruments.....	4
3.1 Telescopi Takahashi FS-152.....	4
3.2 Càmera CCD QSI 540.....	4
4 Desenvolupament de la pràctica.....	5
4.1 Observació.....	5
4.2 Reducció i mesura de posicions.....	6
4.3 Càlcul de velocitats.....	6
4.4 Càlcul d'errors.....	8
5 Resultats.....	9
5.1 Determinació de posicions.....	9
5.1.1 Astrometrica.....	9
5.1.2 IRAF.....	10
5.2 Velocitats d'asteroides i cometes.....	12
5.3 Imatges RGB.....	13
6 Conclusions.....	15
7 Bibliografia.....	15

### 1 Objectius

El principal objectiu de la pràctica és determinar el moviment propi d'una selecció d'asteroides i cometes mitjançant l'observació d'aquests en diferents franges horàries d'una mateixa nit.

De forma complementària, s'ha proporcionat l'oportunitat de realitzar imatges en color (RGB) d'objectes espectaculars mitjançant l'observació amb diferents filtres.

Aquest document presenta els resultats de la pràctica, així com les decisions i valoracions més importants. Per altra banda, el detall del procés de reducció i anàlisi ha estat descrit en dos informes separats:

- Guia de referència per l'anàlisi astromètric amb *Astrometrica*
- Guia de referència per l'anàlisi astromètric amb IRAF

### 2 Material previ

Com a material previ al dia de l'observació, es va desenvolupar un dossier amb una recopilació de tota la informació imprescindible obtinguda de la pàgina *Solar System Dynamics*<sup>1</sup> de la NASA i de la interfície del *Digitalized Sky Survey*<sup>2</sup> (cartes estel·lars). Aquest s'entrega en un document a part denominat “*Dossier material previ*”.

A continuació es llista la informació bàsica dels asteroides i cometes seleccionats:

Asteroide	Culminació (hh:mm)	Màxim d'hores Observable	Ascensió Recta (hh:mm:ss)	Declinació (+ddmm:ss")	Magnitud V	$\Delta RA \times \cos(D)$ (arcsec/hora)	$\Delta Declinació$ (arcsec/hora)
33Polyhymnia	18:17	02:57	07:14:56	+24 06' 56"	14,4	19,99523	-4,2373
42Isis	18:36	03:29	07:34:29	+28 29' 18"	13,1	19,51976	-5,72545
28Bellona	18:37	03:05	07:35:18	+20 12' 13"	11,6	36,64792	3,536492
7Iris	19:07	03:14	08:05:06	+13 57' 48"	9,89	28,40373	-2,09422
47Aglaja	19:14	03:54	08:12:27	+24 08' 15"	13,6	9,879106	-7,03146
23Thalia	19:32	04:38	08:30:12	+32 49' 58"	10,7	34,43224	-21,3768
44Nysa	20:19	04:41	09:17:21	+18 28' 07"	10,3	15,03123	-3,55171
17Thetis	20:55	05:16	09:54:04	+17 55' 40"	11,9	-6,6971	2,263614
20Massalia	22:20	05:50	11:19:05	+03 49' 54"	9,57	-23,471	10,69092
18Melpomene	22:44	06:38	11:43:00	+10 14' 10"	10,5	-28,9016	15,58188

---

1 <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbwobs.cgi>  
<http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>

2 <http://catserver.ing.iac.es/dss1/>

Cometa	Culminació (hh:mm)	Màxim d'hores Observable	Ascensió Recta (hh:mm:ss)	Declinació (+ddmm:ss")	Magnitud V	$\Delta RA \times \cos(D)$ (arcsec/hora)	$\Delta Declinació$ (arcsec/hora)
29P/Schwassmann-Wachma	05:59	05:59	10:47:33	00 51' 10"	14,6	-11,6316	4,863471
123P/West-Hartley	17:00	03:21	05:58:09	+37 29' 11"	15,2	56,94597	-5,22469

Cal destacar que les dues últimes columnes de les taules anteriors han sigut extretes de la pàgina *Solar System Dynamics*<sup>3</sup> de la NASA i permetran calcular la velocitat teòrica de l'objecte en el moment de l'observació.

### 3 Instruments

#### 3.1 Telescopi Takahashi FS-152

El Takahashi FS-152 és un telescopi refractor amb un diàmetre de 152mm i una distància focal de 1216mm. Disposa d'un tub secundari de 78mm d'obertura i 630mm de distància focal.

#### 3.2 Càmera CCD QSI 540

Les característiques principals de la càmera CCD QSI 540 utilitzada són les següents:

- Xip: KODAK KAF-4020 de 2048x2048 píxels, cadascun d'ells de 7.3x7.3 $\mu$ m
- Camp del telescopi: 42'x42'
- Camp d'un píxel: 1.23"
- Saturació: 40.000 electrons
- Dos rodes de filtres: UBVRI i LRGB

---

<sup>3</sup> <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbwobs.cgi>  
<http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>

## **4 Desenvolupament de la pràctica**

### **4.1 Observació**

L'observació es va dur a terme al Centre d'Observació de l'Univers (COU) del Montsec:

- Latitud: 42° 1' 29" (42.02475)
- Longitud: 44' 12" (0.736792)
- Altitud: 800 metres sobre el mar
- Dia d'observació: 6 abril 2011
- Franja horària: 00:00 – 3:00 UT

La pràctica es va iniciar seleccionant els asteroides propers a 8h. El primer en ser escollit va ser l'asteroide Aglaja, pel qual es va fer una exposició de 30s amb un *binning* de 1. La imatge es guarda en format FIT, així com una captura del programa *The Sky*. El procés es repeteix per la resta d'asteroides visibles d'aquella nit (*Thalia*, *Nysa*, *Thetis*, *Massalia* i *Melpomene*).

En quant als cometes, es va seleccionar 29P Schwassmann-Wachma i es va realitzar una exposició de 120s enlloc de 30s donat que es va observar que amb 30s i 60s la imatge no era bona.

Finalment, es torna a repetir tot el procés per tots els objectes per poder tenir dues mesures de cadascun distanciades en el temps.

Un cop finalitzada la part fonamental de la pràctica, es va procedir a obtenir imatges d'objectes interessants amb diferents filtres (LRGB) per tal de poder compondre imatges en color. Es va realitzar aquest procediment per la Galàxia del Barret (M104) i la Galàxia del Remolí (M51 o *Whirlpool Galaxy*).

### **4.2 Reducció i mesura de posicions**

Per a la reducció i l'anàlisi de les dades s'ha fet ús del programa *Astrometrica*<sup>4</sup> i l'entorn IRAF<sup>5</sup> per separat, amb l'objectiu de poder comparar resultats. El procés emprat es descriu en dos documents que complementen el present informe, tal i com s'especifica a l'apartat d'objectius.

---

<sup>4</sup> <http://www.astrometrica.at>

Pel càlcul de la velocitat no és estrictament necessari conèixer l'ascensió recta i declinació dels objectes. A partir d'imatges alineades, n'hi ha prou amb determinar les posicions X i Y en píxels de cadascun, calcular la diferència entre dues imatges i multiplicar pels segons d'arc als que equival un píxel de la càmera CCD utilitzada (en el cas actual, 1.2").

No obstant, al present treball s'ha calculat la velocitat a partir de la determinació de les coordenades equatorials, identificant la posició exacta de l'objecte observat i de les estrelles del camp utilitzades com a referència (amb moviment propi negligible).

En una imatge original presa amb una càmera CCD, la posició d'un objecte es dona amb les coordenades (x, y) en píxels a partir d'un origen. La transformació entre aquestes i les coordenades equatorials ( $\alpha$ ,  $\delta$ ) no és directa i, en la seva forma més simple (utilitzada per *Astrometrica* i IRAF) correspon a:

$$\alpha = a + bx + cy$$

$$\delta = d + ex + fy$$

a on les constants a, b, c, d, e, f s'anomenen “constants de la imatge” i es poden estimar utilitzant la posició coneguda de les estrelles de referència en el camp i l'aplicació del mètode dels mínims quadrats.

### 4.3 Càlcul de velocitats

A partir de les dades mesurades, s'ha calculat, per cada objecte i per cada imatge  $i$  :

- L'hora en segons entre les dues imatges que s'han pres de cada objecte:

$$T_{i,total}(s) = (T_i(h) \times 60 \times 60) + (T_i(m) \times 60) + T_i(s) \quad [1]$$

- L'ascensió recta en segons:

$$RA_{i,total}(s) = (RA_i(h) \times 60 \times 60) + (RA_i(m) \times 60) + RA_i(s) \quad [2]$$

- La declinació en segons i radians:

$$De_{i,total}(") = (De_i(d) \times 60 \times 60) + (De_i(') \times 60) + De_i("") \quad [3]$$

---

5 <http://iraf.noao.edu/>

$$De_{i,total}(rad) = De_{i,total}(") \times 4.8481368111E - 6 \quad [4]$$

$$(1'' = 4.8481368111E-6 \text{ radians})$$

Amb aquestes dades, s'han calculat les diferències entre les dues imatges:

- El temps transcorregut entre una i l'altra:

$$\Delta T = T_{2,total}(s) - T_{1,total}(s) \quad [5]$$

- La variació en ascensió recta:

$$\Delta RA_{sec} = RA_{2,total}(s) - RA_{1,total}(s) \quad [6]$$

En aquest, però, s'ha d'aplicar la següent correcció:

$$\Delta RA(arcsec) = \Delta RA(sec) \times 15 \times \cos(Dec) \quad [7],$$

a mida que ens apropem més als pols, els meridians es van tancant i cal corregir aquest efecte considerant la declinació (1 segon de temps = 15 segons d'arc  $\times \cos(dec)$ ). Per *Dec* es pot emprar el promig de les declinacions de les dues posicions. Però, en el nostre cas, com la diferència entre elles era poca, s'ha emprat la declinació de la segona imatge.

- La variació en declinació:

$$\Delta De = De_{2,total}(") - De_{1,total}(") \quad [8]$$

Aplicant el Teorema de Pitàgores s'obté la distància angular estimada:

$$\Delta \theta = (\Delta RA(arcsec)^2 + \Delta De^2)^{1/2} \quad [9]$$

A partir d'aquí, ja es pot calcular la velocitat angular de l'objecte per mitjà de l'equació:

$$\mu = \Delta \theta / \Delta T \quad [10]$$

### 4.4 Càlcul d'errors

Per procedir amb el càlcul s'ha hagut d'obtenir l'error associat a les mesures fetes amb el

## Astronomia observacional – Astrometria

---

programa *Astrometrica*. Tenint en compte que el catàleg estel·lar que es va fer servir és l'UCAC-3, aquest introdueix un error en les posicions dels objectes de  $\pm 0.02''$  si la magnitud de l'objecte està aproximadament entre 10 i 14, i un error de  $\pm 0.07''$  si la magnitud és superior a 14. També s'ha considerat que l'error en la mesura del temps és de  $\pm 1$  segon ja que l'última xifra significativa de la mesura del temps és la corresponent als segons.

Amb aquesta informació es procedeix a fer la propagació d'errors de la següent manera:

Per a les equacions [1], [2] i [3], com que l'únic terme amb error és el corresponent als segons, l'error total serà el mateix ja que  $\delta(x + y) = \delta x + \delta y$ . Anàlogament a la suma, els errors de la diferència també se sumen:  $\delta(x - y) = \delta x + \delta y$ , d'aquesta manera s'obté l'error associat als resultats finals de les equacions [5], [6] i [8].

A l'equació [4] es té en compte que l'error propagat després de multiplicar per una constant és:  $\delta(\alpha x) = \alpha \cdot \delta(x)$ .

Per a l'equació [7] s'utilitza que l'error relatiu d'una multiplicació és la suma d'errors relatius:  $\varepsilon_{x \cdot y} = \varepsilon_x + \varepsilon_y$ . Això és possible perquè els errors implicats són molt més petits que 1. En canvi, a l'equació [10], com que els errors associats no són molt més petits que 1 no es pot aplicar que  $\varepsilon_{x/y} = \varepsilon_x + \varepsilon_y$ . S'ha de tenir en compte la suma quadràtica d'errors relatius:  $\varepsilon_{x/y} = \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2}$ .

I finalment, per a l'equació [9], ja sigui els termes elevats al quadrat com el terme elevat a  $1/2$ , la propagació utilitzada ha estat la corresponent als errors relatius d'una potència:  $\varepsilon_{x^n} = |n| \varepsilon_x$ .

Com a comentari annex cal dir que, per a fer el càlcul de l'error en l'equació [7], s'ha hagut de calcular prèviament l'error del  $\cos(Dec)$ . Per fer-ho s'ha tingut en compte que l'error associat

a una funció qualsevol d'una variable és  $\delta f(x) = \left| \frac{df(x)}{dx} \right| \delta x$ .



## 5 Resultats

### 5.1 Determinació de posicions

#### 5.1.1 Astrometrica

El programa *Astrometrica* permet identificar de forma automàtica les estrelles de referència a utilitzar a partir del catàleg UCAC-3 i la regió de cel a la que pertany una imatge:

Astrometrica		Estrelles de referència automàtiques			
		Detectades	Desviacions		
Objecte	Imatge		$\delta$ RA (")	$\delta$ Dec (")	$\delta$ Mag (mag)
47 Aglaja	1	4	0,05	0,05	1,70
	2	4	0,09	0,00	1,71
20 Massalia	1	3	0,00	0,00	1,30
	2	3	0,00	0,00	1,39
18 Melpomene	1	3	0,00	0,00	0,51
	2	3	0,00	0,00	0,59
44 Nysa	1	4	0,38	0,09	2,73
	2	4	0,34	0,10	2,64
23 Thalia	1	4	0,24	0,06	3,00
	2	3	0,00	0,00	2,73
17 Thetis	1	3	0,00	0,00	1,43
	2	3	0,00	0,00	1,25
29P Schwassmann-Wachma	1	4	0,01	0,72	1,25
	2	5	0,28	0,59	0,98

Les mesures de posicions obtingudes amb *Astrometrica* es presenten a continuació:

Astrometrica		Imatge 1										
		Píxels		Temps			Ascensió recta			Declinació		
Objecte	X1	Y1	T1(h)	T1(m)	T1(s)	RA1(h)	RA1(m)	RA1(s)	Dec1(d)	Dec1(')	Dec1('')	
47 Aglaja	1021,76	1006,28	22	41	14 ± 1	8	13	39,33 ± 0,02	24	16	25,30 ± 0,02	
20 Massalia	784,84	910,34	23	8	24 ± 1	11	17	0,03 ± 0,02	4	8	55,60 ± 0,02	
18 Melpomene	723,89	963,61	23	13	11 ± 1	11	42	42,09 ± 0,02	10	14	17,70 ± 0,02	
44 Nysa	971,18	993,06	23	0	0 ± 1	23	59	12,02 ± 0,02	0	6	19,20 ± 0,02	
23 Thalia	1016,29	1049,73	22	52	21 ± 1	8	29	45,14 ± 0,02	32	58	1,70 ± 0,02	
17 Thetis	914,49	1015,42	23	4	6 ± 1	9	53	42,48 ± 0,02	17	41	20,70 ± 0,02	
29P Schwassmann-Wachma	891,16	872,42	23	23	57 ± 1	10	48	41,27 ± 0,07	-1	1	42,50 ± 0,07	

## Astronomia observacional – Astrometria

Astrometrica	Imatge 2										
	Píxels		Temps			Ascensió recta			Declinació		
Objecte	X2	Y2	T2(h)	T2(m)	T2(s)	RA2(h)	RA2(m)	RA2(s)	Dec2(d)	Dec2(')	Dec2('')
47 Aglaja	1055,99	977,43	23	32	25 ± 1	8	13	39,75 ± 0,02	24	16	16,40 ± 0,02
20 Massalia	866,74	906,79	23	45	14 ± 1	11	17	0,14 ± 0,02	4	8	38,80 ± 0,02
18 Melpomene	808,15	951,14	23	48	33 ± 1	11	42	41,53 ± 0,02	10	14	34,60 ± 0,02
44 Nysa	1022,13	986,57	23	40	51 ± 1	23	59	12,22 ± 0,02	0	6	8,80 ± 0,02
23 Thalia	1043,2	1026,29	23	38	4 ± 1	8	29	46,79 ± 0,02	32	57	38,70 ± 0,02
17 Thetis	978,48	997,86	23	43	17 ± 1	9	53	42,61 ± 0,02	17	41	16,30 ± 0,02
29P Schwassmann-Wachma	945,42	889,91	23	53	3 ± 1	10	48	41,4 ± 0,07	-1	1	48,10 ± 0,07

Cal destacar que, per problemes amb el programa:

1. Les imatges de l'asteroide Nysa no s'han associat al centre de la imatge amb l'ascensió recta i declinació correctes. No obstant, donat que l'objectiu principal del treball és la determinació de velocitats i no les coordenades reals dels objectes observats, aquest fet no ha tingut un impacte significatiu en els resultats.
2. Pel cometa 29P Schwassmann-Wachma es disposava de tres imatges, però *Astrometrica* no ha estat capaç de trobar estrelles de referència a l'última d'aquestes i s'ha hagut de descartar.

### 5.1.2 IRAF

De forma equivalent al programa *Astrometrica*, l'entorn IRAF permet identificar automàticament les estrelles de referència del camp. En aquest sentit, s'ha obtingut un llistat de coordenades mitjançant la web *US Naval Observatory PMM*<sup>6</sup>, seleccionant el catàleg UCAC-3 i la regió de cel a la que pertany cada imatge.

<sup>6</sup> <http://www.nofs.navy.mil/projects/pmm/>

## Astronomia observacional – Astrometria

IRAF		Estrelles de referència automàtiques		
Objecte	Imatge	Detectades	Desviacions	
			$\delta$ RA (")	$\delta$ Dec (")
47 Aglaja	1	523	2.48	2.56
	2	459	3.15	3.02
20 Massalia	1	211	2.26	1.73
	2	169	2.44	2.31
18 Melpomene	1	156	1.72	1.57
	2	119	2.72	2.28
44 Nysa	1	307	2.08	2.29
	2	240	3.18	3.05
23 Thalia	1	346	2.24	2.05
	2	290	3.07	2.98
17 Thetis	1	223	1.92	2.13
	2	170	3.71	3.36
29P Schwassmann-Wachma	1	205	2.55	2.16
	2	173	3.14	3.21
	3	133	3.84	3.18

Comparativament, si bé el nombre d'estrelles de referència identificades automàticament és superior al d'*Astrometrica*, les desviacions són sensiblement superiors. Per altra banda, a diferència d'*Astrometrica*, IRAF no té en compte les magnituds de les estrelles per fer la selecció automàtica. A continuació es presenten les posicions mesurades:

IRAF	Imatge 1										
	Píxels		Temps			Ascensió recta			Declinació		
Objecte	X1	Y1	T1(h)	T1(m)	T1(s)	RA1(h)	RA1(m)	RA1(s)	Dec1(d)	Dec1(')	Dec1('')
47 Aglaja	1018,32	1007,34	22	41	14 ± 1	8	12	27,49	24	7	54,66
20 Massalia	1264,19	908,46	23	8	24 ± 1	11	18	45,29	3	47	31,82
18 Melpomene	1317,15	960,54	23	13	11 ± 1	11	42	35,32	10	12	53,53
44 Nysa	1077,53	995,58	23	0	0 ± 1	9	17	16,24	18	27	31,97
23 Thalia	1031,42	1019,55	22	52	21 ± 1	8	30	10,89	32	50	11,11
17 Thetis	1129,46	1012,48	23	4	6 ± 1	9	53	54,78	17	55	27,66
29P Schwassmann-Wachma	1152,67	874,04	23	23	57 ± 1	10	47	22,13	0	48	6,03

IRAF	Imatge 2										
	Píxels		Temps			Ascensió recta			Declinació		
Objecte	X2	Y2	T2(h)	T2(m)	T2(s)	RA2(h)	RA2(m)	RA2(s)	Dec2(d)	Dec2(')	Dec2('')
47 Aglaja	1023,03	1013,97	23	32	25 ± 1	8	12	27,09	24	8	2,69
20 Massalia	1258,16	896,91	23	45	14 ± 1	11	18	45,79	3	47	17,60
18 Melpomene	1309,50	947,11	23	48	33 ± 1	11	42	35,93	10	12	36,83
44 Nysa	1080,60	1002,58	23	40	51 ± 1	9	17	15,98	18	27	40,50
23 Thalia	1045,47	1040,55	23	38	4 ± 1	8	30	9,54	32	50	36,60
17 Thetis	1128,44	1008,78	23	43	17 ± 1	9	53	54,87	17	55	22,84
29P Schwassmann-Wachma	1151,43	869,54	23	53	3 ± 1	10	47	22,24	0	48	0,49

## Astronomia observacional – Astrometria

IRAF	Objecte	Imatge 3										
		Píxels		Temps			Ascensió recta			Declinació		
		X2	Y2	T2(h)	T2(m)	T2(s)	RA2(h)	RA2(m)	RA2(s)	Dec2(d)	Dec2(')	Dec2('')
29P	Schwassmann-Wachma	1145,57	860,00	24	56	07 ± 1	10	47	22,74	0	47	48,33

Cal destacar que en aquest cas no hi ha hagut cap inconvenient a l'hora de processar l'asteroide Nysa amb les coordenades adjacents, ni la tercera imatge del cometa 29P Schwassmann-Wachma.

### 5.2 Velocitats d'asteroides i cometes

A partir de les mesures obtingudes de les diferents imatges (secció 4.2.1) amb *Astrometrica*, s'ha dut a terme el càlcul de la velocitat (secció 4.3) de cadascun dels objectes tenint en compte la propagació d'errors (secció 4.4). Els resultats obtinguts es mostren a continuació:

Astrometrica							μ Velocitat (arcsec/s)		
Objecte	Δ Temps (s)	Δ Ascensió recta (sec)	Δ RA x 15 x cos(D) (arcsec)	Δ Declinació (arcsec/hora)	Δ θ (arcsec)		Calculada	Teòrica	Discrepància
47 Aglaja	3071 ± 2	0,42 ± 0,04	5,7 ± 0,6	-8,90 ± 0,04	10,6 ± 0,3		0,0034 ± 0,0001	0,00337	0,0000 0,94%
20 Massalia	2210 ± 2	0,11 ± 0,04	1,6 ± 0,6	-16,80 ± 0,04	16,88 ± 0,09		0,00764 ± 0,00004	0,00716	0,0005 6,64%
18 Melpomene	2122 ± 2	-0,56 ± 0,04	-8,3 ± 0,6	16,90 ± 0,04	18,8 ± 0,3		0,0089 ± 0,0001	0,00912	-0,0002 -2,42%
44 Nysa	2451 ± 2	0,20 ± 0,04	3,0 ± 0,6	-10,40 ± 0,04	10,8 ± 0,2		0,00442 ± 0,00008	0,00429	0,0001 3,02%
23 Thalia	2743 ± 2	1,65 ± 0,04	20,8 ± 0,5	-23,00 ± 0,04	30,9 ± 0,4		0,0113 ± 0,0001	0,01126	0,0000 0,37%
17 Thetis	2351 ± 2	0,13 ± 0,04	1,9 ± 0,6	-4,40 ± 0,04	4,8 ± 0,3		0,002 ± 0,0001	0,00196	0,0000 1,85%
29P Schwassmann-Wachma	1746 ± 2	0,1 ± 0,1	2 ± 2	5,6 ± 0,1	5,9 ± 0,8		0,0034 ± 0,0005	0,00350	-0,0001 -2,91%

La velocitat obtinguda presenta unes discrepàncies mitges inferiors a 2.60% respecte al valor teòric obtingut de la pàgina *Solar System Dynamics*<sup>7</sup> de la NASA.

Per altra banda, a partir de les mesures obtingudes amb l'entorn IRAF (secció 4.2.2), s'ha dut a terme el càlcul de la velocitat (secció 4.3) de cadascun dels objectes. En aquest cas, no s'ha realitzat propagació d'errors donat que l'objectiu d'aquests càlculs és merament comparatiu entre diferents mètodes de processat d'imatges:

<sup>7</sup> <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbwobs.cgi>  
<http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>

## Astronomia observacional – Astrometria

IRAF						$\mu$ Velocitat (arcsec/s)			
Objecte	$\Delta$ Temps (s)	$\Delta$ Ascensió recta (sec)	$\Delta$ RA x 15 x cos(D) (arcsec)	$\Delta$ Declinació (arcsec/hora)	$\Delta\theta$ (arcsec)	Calculada	Teòrica	Discrepància	
47 Aglaja	3071	-0,40680	-5,56868	8,028000000	9,77031	0,00318	0,00337	-0,0002	-5,55%
20 Massalia	2210	0,50400	7,54346	-14,22000000	16,09696	0,00728	0,00716	0,0001	1,67%
18 Melpomene	2122	0,61200	9,03456	-16,70400000	18,99071	0,00895	0,00912	-0,0002	-1,88%
44 Nysa	2451	-0,26640	-3,79038	8,532000000	9,33606	0,00381	0,00429	-0,0005	-11,22%
23 Thalia	2743	-1,35360	-17,05919	25,488000000	30,67009	0,01118	0,01126	-0,0001	-0,68%
17 Thetis	2351	0,08280	1,18172	-4,824000000	4,96663	0,00211	0,00196	0,0001	7,58%
29P Schwassmann-Wachma	1746	0,10800	1,61984	-5,546880000	5,77856	0,00331	0,00350	-0,0002	-5,50%
29P Schwassmann-Wachma	5530	0,61200	9,17911	-17,69796000	19,93674	0,00361	0,00350	0,0001	2,94%

S'observa que les discrepàncies mitges respecte als valors teòrics estan al voltant del 4.60% , superiors als resultats obtinguts amb *Astrometrica*. El valor més discrepant correspon a Nysa, que coincideix amb la imatge que *Astrometrica* no ha pogut processar correctament si s'associaven les coordenades reals (ascensió recta i declinació) al centre de la imatge tal i com s'explica al final de la secció 5.1.1.

### 5.3 Imatges RGB

Com ja s'ha esmentat en l'apartat 4.1, durant l'observació es van prendre imatges de dues galàxies amb els filtres RGBL. Aquestes s'han tractat i alineat amb el programa Iris<sup>8</sup> per tal d'obtenir les següents imatges en color:



Galàxia del Barret (M104)



Galàxia del Remolí (M51 o Whirlpool Galaxy)

No s'ha tingut en compte l'eficiència individual dels píxels donat que no es van prendre imatges *flat* i tampoc s'han pogut restar els *darks* per limitacions del propi programa Iris (requereix l'existència d'un fitxer *offset* que no es disposa).

8 <http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>

## **Astronomia observacional – Astrometria**

---

A cada canal s'han assignat les següents imatges:

- Canal R (vermell): filtre R
- Canal G (verd): filtre G
- Canal B (blau): filtre B
- Luminància: filtre L

El mateix procés ha estat reproduït amb IRAF, a on sí s'han pogut restar els *darks*, obtenint el següent resultat:



*Galàxia del Barret (M104)*



*Galàxia del Remolí (M51 o Whirlpool Galaxy)*

### 6 Conclusions

Els resultats s'ajusten considerablement als valors teòrics obtinguts de la pàgina *Solar System Dynamics* de la NASA. Les discrepàncies mitges en el càlcul de velocitats són inferiors a 2.60% amb les dades d'*Astrometrica* i a 4.60% amb els resultats d'IRAF.

Per altra banda, com a mètode d'anàlisi, *Astrometrica* destaca per presentar uns resultats més ajustats als valors teòrics però presenta problemes a l'hora de tractar certes imatges (cas del cometa 29P Schwassmann-Wachma) i determinar coordenades reals (cas de Nysa). En canvi, si bé amb IRAF s'obtenen mesures menys pròximes a les teòriques, si que ha permès processar totes les imatges.

### 7 Bibliografia

- Cometes observables  
<http://www.astrosurf.com/cometas-obs/>
- Asteroides observables: *Solar System Dynamics* – NASA  
<http://ssd.jpl.nasa.gov/sbwobs.cgi>  
<http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>
- Efemèrides de Cometes i Asteroides  
<http://minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html>
- Corba de Visibilitat dels objectes  
<http://catserver.ing.iac.es/staralt/>
- Camp d'estels al voltant de la zona d'observació  
<http://aladin.u-strasbg.fr/>
- “Instrucciones para el uso del paquete 'Astrometria de Asteroides’”  
[www.astrosmo.unam.mx/~luisfr/manualAst.ps](http://www.astrosmo.unam.mx/~luisfr/manualAst.ps)
- Base de dades SIMBAD  
<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- *Modern Astrometry*, Kovalevsky J., 2002, Springer 2nd Edition.

## **Astronomia observacional – Astrometria**

---

- *Software:*
  - Astrometrica:  
<http://www.astrometrica.at>
  - MaxImDL:  
[http://www.cyanogen.com/maxim\\_main.php](http://www.cyanogen.com/maxim_main.php)
  - Iris  
<http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>
  - IRAF  
<http://iraf.noao.edu/>