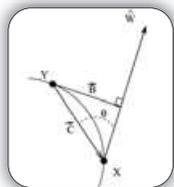


La parallasse di (433) Eros

Parallax of (433) Eros



Nello Ruocco¹

nello_ruocco@hotmail.com

Andrea Mantero

manteandrea@libero.it

Paolo Bacci²

b09.backman@gmail.com

¹ Co-responsabile AstroCampania, sezione Stabia - Penisola Sorrentina - Sezione Stelle Variabili UAI;

² Responsabile sezione Asteroidi AAV Associazione Astrofilo Alta Valdera, socio GAMP Gruppo Astrofilo Montagna Pistoiese

L'anno 2012 inizia con un importante avvenimento astronomico, l'asteroide (433) Eros è all'opposizione ed il 31 gennaio si è avvicinato alla minima distanza dalla Terra. Dall'osservatorio di Bernezzo e dall'Osservatorio Astronomico Nastro Verde, Sorrento, Andrea Mantero e Nello Ruocco, la notte del 26/01/2012, hanno osservato in contemporanea l'asteroide (433) Eros, al fine di determinare la sua distanza dalla Terra con il metodo della parallasse. Dai dati ricavati è stato possibile determinare che l'asteroide si trovava a circa 0.170 ± 0.010 Unità Astronomiche (AU), valore compatibile con la distanza di 0.180 prevista dalle effemeridi.

Abstract

In the night of 26th January 2012, asteroid (433) Eros was observed in contemporary by two observers, in order to determine its distance from Earth. Results showed a distance equal to 0.170 ± 0.010 AU, in good concordance with the distance of 0.180 AU reported by the ephemeris.

L'asteroide (433) Eros

L'asteroide (433) Eros è stato scoperto la notte del 13 agosto del 1898 indipendentemente da August Charlois e Carl Gustav Witt [1]. È il primo della categoria NEO (*Near Earth Object*), asteroidi che si avvicinano in modo minaccioso alla Terra.

Attualmente sono conosciuti 8633 asteroidi NEO di cui 1256 hanno dimensioni maggiori di 1 km, e 1302 sono catalogati come PHA (*Potentially Hazardous Asteroids*), ovvero oggetti che possono avere incontri ravvicinati con la Terra [2,3].

I NEO in base ai loro parametri orbitali vengono suddivisi in tre categorie: *Aten*, *Apollo* ed *Amor* [4].

Gli *Aten* hanno un semiasse $a < 1$ AU ed intersecano l'orbita terrestre.

Gli *Apollo* hanno $a > 1$ e il perielio $q < 1.017$, pertanto alcuni di questi oggetti si possono avvicinare pericolosamente alla Terra.

Gli *Amor* hanno $1.017 < q < 1.3$, per cui non intersecano l'orbita terrestre, a questa tipologia di asteroidi appartiene Eros.

Eros, in virtù della sua orbita, in genere è un oggetto poco appariscente la cui luminosità varia da 10 a 15 magnitudini. Periodicamente quando si viene a trovare in opposizione, ogni 28 mesi, può essere osservato anche con un binocolo, in quanto la sua luminosità può raggiungere la 7°-8° magnitudine. Il valore MOID (*Minimum Or-*

bital Intersection Distance) è di 0.149.

Nel corso dell'opposizione favorevole del 1900 Eros fu osservato al fine di determinare la parallasse solare per calcolare con sufficiente precisione la distanza tra la Terra ed il Sole.

Conoscendo l'orbita dell'asteroide e determinando la sua distanza dalla Terra con il metodo della parallasse, fu possibile misurare con maggiore precisione la distanza tra la Terra-Sole applicando la seconda legge di Keplero (il raggio vettore che unisce il centro del Sole con il centro del pianeta descrive aree uguali in tempi uguali).

Il risultato ottenuto da Arthur R. e Hinkks M.A. migliorò notevolmente l'unità astronomica (AU, distanza media Terra-Sole) fino ad allora conosciuta, misurando tale valore in $149\,670\,000 \pm 20\,000$ km [5], ad oggi questa distanza è nota essere pari a $149\,597\,870.7$ [6].

Nel 2000 la sonda spaziale americana *Near* ha orbitato attorno all'asteroide ed il 12 febbraio è atterrata sulla superficie inviando numerose immagini della sua superficie [7].

Dai dati ottenuti, Eros presenta una forma allungata le cui dimensioni sono di circa $34.4 \times 11.2 \times 11.2$ km, una massa di 6.687×10^{15} kg, ed una densità di circa 2.67×10^3 kg/m³, periodo di rotazione di 5h 16min, ha l'asse di rotazione orbitale inclinato di 89°.

Parametri Orbitali di (433) Eros

Epoch 2012 Mar. 14.0 TT = JDT 2456000.5	MPC				
M 31.52827	(2000.0)	P	Q		
n 0.55988498	Peri. 178.77312	-0.54669921	-0.82283778	T = 2455944.18796 JDT	
a 1.4579306	Node 304.34620	+0.76662553	-0.41737415	q = 1.1334965	
e 0.2225305	Incl. 10.82799	+0.33675699	-0.38566412	Earth MOID = 0.14949 AU	
P 1.76	H 11.16	G 0.46	U 0		

Osservatori

Al progetto hanno partecipato i seguenti osservatori amatoriali:

- Bernezzo Observatory, Cuneo, di Andrea Mantero, telescopio SC 0.20 m, f/4, CCD Atik 1392x1040, con pixel 6.45 μm, risoluzione 1.6 arcsec/pixel
- Osservatorio Astronomico Nastro Verde, Sorrento, di Nello Ruocco, telescopio SC 0.25 m, F/6.3, CCD ST7.

Dal sito Horizons JPL NASA [8] si ricavano i seguenti dati:

- Bernezzo Observatory (C77) (7°27'12.6"E, 44°23'06.9"N, 570.6 m s.l.m.) (7.4535, 44.38525)
- Osservatorio Astronomico Nastro Verde, Sorrento (C82) (14°21'27.5"E, 40°37'07.2"N, 275.5 m s.l.m.) (14.3576, 40.6186)

Parallasse

La parallasse indica il valore dell'angolo di spostamento di un oggetto osservato rispetto allo sfondo ottenuto cambiando il punto di osservazione.

Ci sono vari metodi per misurare la parallasse, nel nostro caso abbiamo utilizzato il metodo della parallasse equatoriale che prevede l'osservazione contemporanea dell'asteroide da due osservatori tra loro distanti.

Conoscendo l'angolo di parallasse è possibile calcolare la distanza di un oggetto per mezzo della trigonometria con la seguente formula:

$$D = \frac{d}{\tan(P)} \quad (1)$$

dove D è la distanza dell'oggetto; d è la distanza tra i punti di osservazione; P è l'angolo di parallasse.

Per determinare la distanza tra gli osservatori si può utilizzare la seguente formula [12]:

$$d = \arccos(\sin(\Delta_1)\sin(\Delta_2) + \cos(\Delta_1)\cos(\Delta_2)\cos(\delta_1 - \delta_2)) R_{\oplus} \quad (2)$$

dove Δ è la latitudine dell'osservatorio; δ è la longitudine dell'osservatorio ; R⊕ indica il raggio medio della Terra considerata sferica, espresso in chilometri, che noi abbiamo approssimato a 6378 km, dalla quale si ricava il valore d che risulta essere di 704.49 km, ovvero la distanza tra gli osservatori di Bernezzo e Sorrento.

Purtroppo non essendo gli osservatori sullo stesso meridiano, le cose si complicano, infatti la base calcolata con la formula (2), misura la distanza tra i due osservatori, ma non rappresenta la configurazione geometrica ideale per la determinazione della distanza dell'asteroide dalla Terra, pertanto si è utilizzato il seguente procedimento che noi definiamo metodo 1 [9].

In figura (1) X è Bernezzo Observatory Cuneo, Y è l'Osservatorio Astronomico Nastro Verde Sorrento, W è la direzione dell'asteroide, C è la distanza tra i due osservatori, β è la differenza di longitudine tra i due osservatori.

La distanza tra gli osservatori è rappresentata dal vettore C che si determina con la seguente relazione:

$$\vec{C} = R_{\oplus} [\cos(\Delta_X) - \cos(\Delta_Y)\cos(\beta), -\cos(\Delta_Y)\sin(\beta), \sin(\Delta_X) - \sin(\Delta_Y)] \quad (3)$$

dove R⊕ = raggio della Terra (6378 km), Δ = latitudine osservatorio, β è la differenza di longitudine

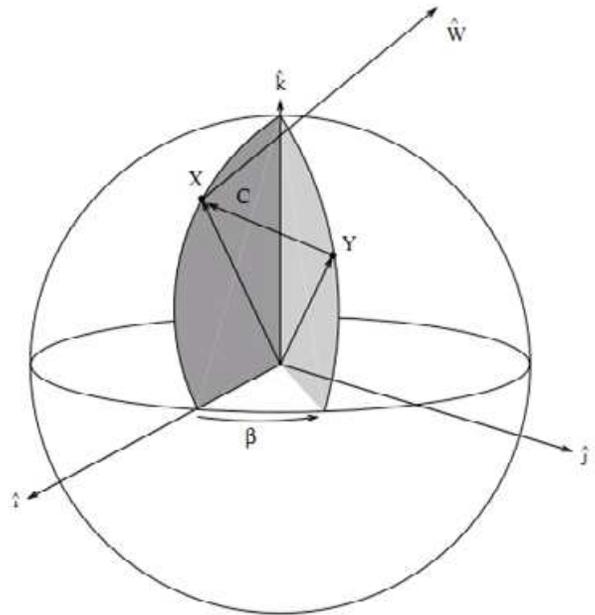


Figura 1. Rappresentazione grafica posizione osservatori.

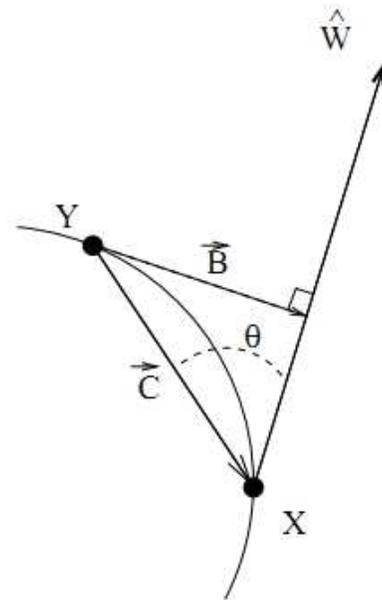


Figura 2. Determinazione della base per la misura della parallasse.

Per determinare il vettore W si applica la seguente relazione:

$$\hat{W} = [\cos(H)\cos(\delta_a), \sin(H)\cos(\delta_a), \sin(\delta_a)] \quad (4)$$

dove H è l'angolo orario dell'asteroide, δ_a è la declinazione dell'asteroide, per l'osservatorio X.

La base da considerare per determinare la parallasse è il vettore B, indicato in figura (2), che di fatto indica la lunghezza effettiva da utilizzare, e si calcola con:

$$|\vec{B}| = |\vec{C}| \sin(\theta) \quad (5)$$

per determinare il valore dell'angolo θ si utilizza la seguente formula:

$$\cos(\theta) = \frac{\vec{C} \cdot \vec{W}}{|C|} \quad (6)$$

Dalle misure astrometriche dell'asteroide effettuate dagli osservatori si calcola l'angolo di parallasse P con la formula [12]:

$$\cos(P) = \sin(\delta_x) \sin(\delta_y) + \cos(\delta_x) \cos(\delta_y) \cos(\alpha_x - \alpha_y) \quad (7)$$

Dove (α_x, δ_x) (α_y, δ_y) sono rispettivamente RA e Dec. dell'asteroide, ricavate dalle misure astrometriche dagli osservatori X C77 Bernezzo Observatory e Y C82 Osservatorio Astronomico Nastro Verde Sorrento [Tabella (1)].

Utilizzando la formula (1) si determina la distanza Terra-asteroide.

Un'altra procedura per determinare la distanza Terra-asteroide, che noi definiamo metodo 2, valida per osservatori che si trovano sullo stesso meridiano, è di calcolare la distanza tra i due osservatori utilizzando la formula (2). Dalle misure astrometriche ottenute in contemporanea dai due osservatori e utilizzando la formula (7) si determina l'angolo di parallasse, ai valori ottenuti si applica la formula (1) per ricavare la distanza Terra-asteroide.

Infine abbiamo utilizzato un altro procedimento, illustrato da Kevin Krisciunas [10], da noi definito metodo 3, che in questo caso presuppone che gli osservatori siano posti sulla stessa latitudine.

Utilizzando la seguente relazione [13]:

$$\Delta RA \text{ (radians)} = RA \text{ (topocentrica)} - RA \text{ (Centro della Terra)} = (R \oplus / D) * \sin(H) * \cos(\Delta) * \sec(\delta_\alpha) \quad (8)$$

dove $R \oplus$ = raggio della Terra (6378 km), D = distanza asteroide dalla Terra in km, H = angolo orario dell'asteroide, Δ = latitudine osservatorio, e δ_α = declinazione dell'asteroide per l'osservatorio X.

Partendo dal presupposto che le immagini riprese dai due osservatori vengono effettuate alla stessa epoca, dalla relazione (8) si evince che esiste una correlazione tra le misure astrometriche rilevate dagli osservatori (X e Y) relative alla RA dell'asteroide, se riferite al centro della Terra, ed alla posizione dell'asteroide, con le quali è possibile determinare la parallasse.

Il procedimento adottato è il seguente:

Dalle misure astrometriche dei due osservatori, effettuate alla stessa epoca, si calcola la differenza del valore di RA dell'asteroide. Per esempio si prendono in considerazione le ultime misure astrometriche indicate in Tabella 1 (RA_X 44.75s - RA_Y 44.50s):

RA_X - RA_Y = 0.25 secondi di tempo, che corrisponde a $15 * \cos(\delta_\alpha) * 0.25 = 3.69$ arcsecondi.

dove δ la declinazione dell'asteroide per l'osservatorio X.

Dalla relazione (8) si ricava la distanza dell'asteroide D

$$D = [206265 / (3.69)] * (6378.1 / 149600000) * [-0.40109 - (-0.5001)]$$

dove i valori nella terza parentesi sono il risultato della formula (8) degli osservatori

$$X - Y [\sin(H_x) \cos(\Delta_x) \sec(\delta_{\alpha_x}) - \sin(H_y) \cos(\Delta_y) \sec(\delta_{\alpha_y})]$$

Il risultato è $D = 0.236$ UA, distanza Terra-asteroide.

Angolo Orario

Si definisce angolo orario di un punto sulla sfera celeste: la distanza angolare tra il cerchio orario che passa per il punto e il meridiano astronomico. In altre parole l'angolo orario indica il tempo siderale dell'istante in cui esso passa sul meridiano locale.

L'angolo orario di un oggetto è definito come la differenza tra il tempo siderale locale e RA dell'oggetto.

$$H = TSLM - RA \quad (9)$$

TSLM è il Tempo Siderale Locale Medio, RA è l'ascensione retta dell'oggetto.

Per determinare il TSLM si utilizza la seguente equazione:

$$TSLM = TSGM + TU - \delta \quad (10)$$

dove TSGM è il Tempo Siderale Medio di Greenwich, TU è Tempo Universale, δ la longitudine dell'osservatorio.

Per semplificare le procedure di calcolo si estrapola da un almanacco il TSGM ad una data epoca. Per esempio alle ore 00:00 UT del 01/01/2012, il TSGM è 6h 40m 14s. Calcoliamo quanti giorni e decimi di giorno sono trascorsi dalla data di riferimento indicandoli con T_r , il TSLM si può calcolare con la seguente formula [14]:

$$TSLM = TSGM + (1.0027379093 \times T_r) - \delta \quad (11)$$

Il sito <http://www.jgiesen.de/astro/astroJS/siderealClock/>, dispone di un applicativo in Java che permette di calcolare il tempo siderale locale.

Procedure

La sera del 26 gennaio 2012, Nello Ruocco dal suo personale osservatorio di Sorrento, in provincia di Napoli, contattava telefonicamente Andrea Mantero mentre era intento a preparare la strumentazione del proprio osservatorio di Bernezzo in provincia di Cuneo, al fine di concordare le modalità per l'osservazione in contemporanea dell'asteroide NEO (433) Eros, che secondo le previsioni aveva una luminosità di 8.6 magnitudini, con moto proprio di $2.80''/\text{min}$ e P.A. (*Position Angle*) di 191° .

Venivano effettuate esposizioni da 10 secondi, senza l'utilizzo di filtri, intervallate da 10 secondi, in modo da avere immagini riprese alla stessa epoca, avendo cura di sincronizzare gli orologi del computer con il protocollo NTP (*Network Time Protocol*). Durante la fase di acquisizione, sempre telefonicamente, veniva fatto il "Countdown" per l'acquisizione della immagine successiva.

Al termine della sessione ogni osservatorio acquisiva 13 immagini, di cui 7 venivano utilizzate per il calcolo della parallasse (Tabella 1)

Le misure astrometriche raccolte venivano trasmesse a Paolo Bacci che provvedeva a calcolare l'angolo di parallasse, e ad inviarle al Dott. Davide Farnocchia* [11], al fine di determinare i relativi residui - cioè la differenza tra la posizione misurata dell'asteroide e l'orbita teorica dello stesso, verificando la coerenza delle misure.

Di seguito si riportano le misure astrometriche dell'asteroide ottenute dagli osservatori con i relativi residui.

Asteroidi	YYYY	MM	DD.ddddd	HH	MM	SS.sss	Res	DD	MM	SS.ss	Res	M	F	Resid	Cod
433	2012	01	26.00684	10	37	45.290	0.703	+00	39	34.00	-0.359	8.0	R	0.22	C82
433	2012	01	26.00684	10	37	45.450	-0.137	+00	39	32.30	0.335	8.9	V	0.72	C77
433	2012	01	26.01041	10	37	44.960	-1.150	+00	39	16.00	-4.083	7.1	R	-0.68	C82
433	2012	01	26.01041	10	37	45.280	0.329	+00	39	17.80	0.110	8.9	V	0.72	C77
433	2012	01	26.01623	10	37	44.960	0.464	+00	38	54.90	0.482	8.8	V	0.62	C77
433	2012	01	26.01627	10	37	44.730	0.496	+00	38	56.40	-0.250	8.0	R	0.22	C82
433	2012	01	26.01672	10	37	44.730	0.888	+00	38	54.70	-0.150	8.1	R	0.32	C82
433	2012	01	26.01674	10	37	44.930	0.447	+00	38	53.00	0.621	8.9	V	0.72	C77
433	2012	01	26.01718	10	37	44.680	0.539	+00	38	51.90	-1.111	8.1	R	0.32	C82
433	2012	01	26.01725	10	37	44.930	0.880	+00	38	50.80	0.460	8.9	V	0.72	C77
433	2012	01	26.01800	10	37	44.860	0.468	+00	38	47.70	0.359	8.9	V	0.72	C77
433	2012	01	26.01803	10	37	44.610	0.230	+00	38	49.30	-0.312	8.0	R	0.22	C82
433	2012	01	26.01978	10	37	44.750	0.333	+00	38	41.10	0.877	9.0	V	0.82	C77
433	2012	01	26.01984	10	37	44.500	0.158	+00	38	41.80	-0.574	8.0	R	0.22	C82

Tabella 1. Misure Astrometriche rilevate dagli osservatori e residui calcolati dal Dott. Davide Farnocchia.

Nella prima colonna è riportata la sigla dell'asteroide, nelle colonne 2-3-4 la data dell'osservazione in UT, nelle colonne 5-6-7 la misura astrometrica di RA, in colonna 8 il relativo valore residuale, nelle colonne 9-10-11 la misura astrometrica in Dec., in colonna 12 il relativo valore residuale, nella colonna 13 la magnitudine stimata dall'osservatorio, in 14 il filtro utilizzato dal catalogo stellare per stimare la magnitudine, in colonna 15 la differenza di magnitudine tra quella prevista da NEODYs e quella stimata, nell'ultima colonna il codice osservatorio.

Conclusioni

L'opposizione dell'asteroide (433) Eros, è stata un'ottima opportunità per determinare la distanza dell'asteroide dalla Terra utilizzando il metodo della parallasse. L'esperimento se pur con valenza didattica, ripercorre in minima parte il lavoro svolto da Arthur R. e Hinkks M.A. all'inizio del 1900.

Dall'osservazione contemporanea dell'asteroide Eros, effettuata dagli osservatori C77 Bernezzo Cuneo e C82 Nastro Verde Sorrento, sono state ottenute misure astrometriche utilizzate per la determinazione dell'angolo di parallasse, dal quale è stata ricavata la

distanza Terra-asteroide con una differenza media $\sim -1\,526\,000$ km rispetto alle previsioni teoriche. La distanza relativamente modesta tra i luoghi di osservazione, ~ 704 km, non ha permesso di ottenere risultati più accurati.

Confrontando i tre metodi sperimentati per la determinazione della parallasse, sicuramente il metodo 1 ha permesso di ottenere valori sulla distanza Terra-asteroide più coerenti alle previsioni di NEODYs, come indicato in Tabella 2, in quanto gli altri metodi prevedono che gli osservatori siano posti sullo stesso meridiano: metodo 2, od alla stessa latitudine: metodo 3.

In Tabella 2, nella prima colonna si riporta il valore della base (distanza tra gli osservatori) calcolato con il metodo 1 utilizzando la formula (5), nella seconda colonna si riporta la differenza di tempo tra l'acquisizione delle due immagini effettuate in contemporanea, in colonna tre l'epoca della ripresa espressa in giorno e centesimi di giorno, nella colonna quattro il valore dell'angolo di parallasse ricavato con la formula (7), in colonna cinque e sei la distanza dell'asteroide espressa rispettivamente in km, ed unità astronomiche, in colonna sette la distanza dell'asteroide Eros prevista dal NEODYs, in colonna otto la differenza riscontrata tra la distan-

Base	Delta T	Time	P	D	D	NEODYs	Diff	C77 H	C82 H
km	sec	D.cent	arcsec	km	AU	km	km	°	°
456.61	0.00	26.00684	2.941	32 024 558	0.214	26 987 456	-5 037 103	-38.81	-45.91
460.26	0.00	26.01041	5.126	18 520 126	0.124	26 987 456	8 467 330	-37.53	-44.62
466.40	-3.46	26.01623	3.762	25 573 803	0.171	26 987 456	1 413 653	-35.42	-42.50
466.95	-1.73	26.01672	3.448	27 933 724	0.187	26 987 456	-946 268	-35.25	-42.34
467.50	-6.05	26.01718	3.908	24 676 277	0.165	26 987 456	2 311 179	-35.08	-42.15
468.31	-2.59	26.01800	4.077	23 693 940	0.158	26 987 456	3 293 516	-35.08	-42.15
470.25	-5.18	26.01978	3.815	25 428 028	0.170	26 987 456	1 559 428	-34.14	-41.21

Tabella 2. Valori determinati con il metodo 1.



za teorica e quella da noi determinata, nelle colonne nove e dieci l'angolo orario dell'asteroide calcolato per gli osservatori alla relativa epoca, il valore negativo indica che l'asteroide non aveva ancora raggiunto il meridiano.

Di seguito, si riportano i valori ricavati per la determinazione della distanza Terra-asteroide con i tre metodi utilizzati,

escludendo le prime due misure astrometriche, in quanto la prima risulta avere un valore di parallasse oltre la deviazione standard, mentre la seconda ha residui alti indice di un'errata misura astrometrica.

In Tabella 3 si riporta in colonna 1 l'orario della ripresa, in colonna 2 la distanza prevista da NEODYs, nelle colonne 3,4,5

Tempo	NEODYs	M01	M02	M03	M01	M02	M03
D.cent	km	km	km	km	%	%	%
26.01623	26 987 456	25 573 803	38 601 025	37 613 730	-5.24%	43.03%	39.37%
26.01672	26 987 456	27 933 724	42 113 579	43 381 229	3.51%	56.05%	60.75%
26.01718	26 987 456	24 676 277	37 158 871	34 791 780	-8.56%	37.69%	28.92%
26.01800	26 987 456	23 693 940	35 617 812	34 703 777	-12.20%	31.98%	28.59%
26.01978	26 987 456	25 428 028	38 067 099	34 749 106	-5.78%	41.05%	28.76%
Media	26 987 456	25 461 154	38 311 677	37 047 924	-5.66%	41.96%	37.28%
Dev.St		1 570 547	2 407 481	3 751 688	5.82%	8.92%	13.90%

Tabella 3: distanza dell'asteroide Eros trovata con i tre metodi utilizzati.

ne riportata la distanza Terra-asteroide rispettivamente utilizzando il metodo 1, il metodo 2 ed il metodo 3, nelle colonne 6,7 e 8 la differenza riscontrata in percentuale, nelle ultime due righe il valore medio e la deviazione standard.

Riportando graficamente tutte le misure ricavate, relative alla distanza dell'asteroide (433) Eros dalla Terra, Figura (3), si mette in risalto la differenza riscontrata utilizzando i metodi presi in esame: il metodo 1 ha uno scostamento medio di ~ -6% dalle previsioni teoriche indicate dal NEODYs, mentre con i metodi 2 e 3 si ricava una distanza maggiore ~ 39.5%, rispetto alle attese previsioni, con una differenza ~ 5% tra i due procedimenti. Si eviden-

zia che le prime due misure hanno valori che si discostano oltre il valore della deviazione standard, per cui non sono state considerate per la determinazione della media dei valori.

Dalle immagini ottenute dagli osservatori di Bernezzo Cuneo e Nastro Verde Sorrento, acquisite il giorno 26 gennaio 2012, ed utilizzando il metodo 1 per il calcolo della parallasse, è stato possibile determinare la distanza media dell'asteroide (433) Eros dalla Terra il cui valore è risultato essere di 25 461 154±1 570 547 km, corrispondente a 0.170±0.010 AU, compatibile con le previsioni di NEODYs di 26 987 456 km, 0.180 AU, valore entro una deviazione standard.

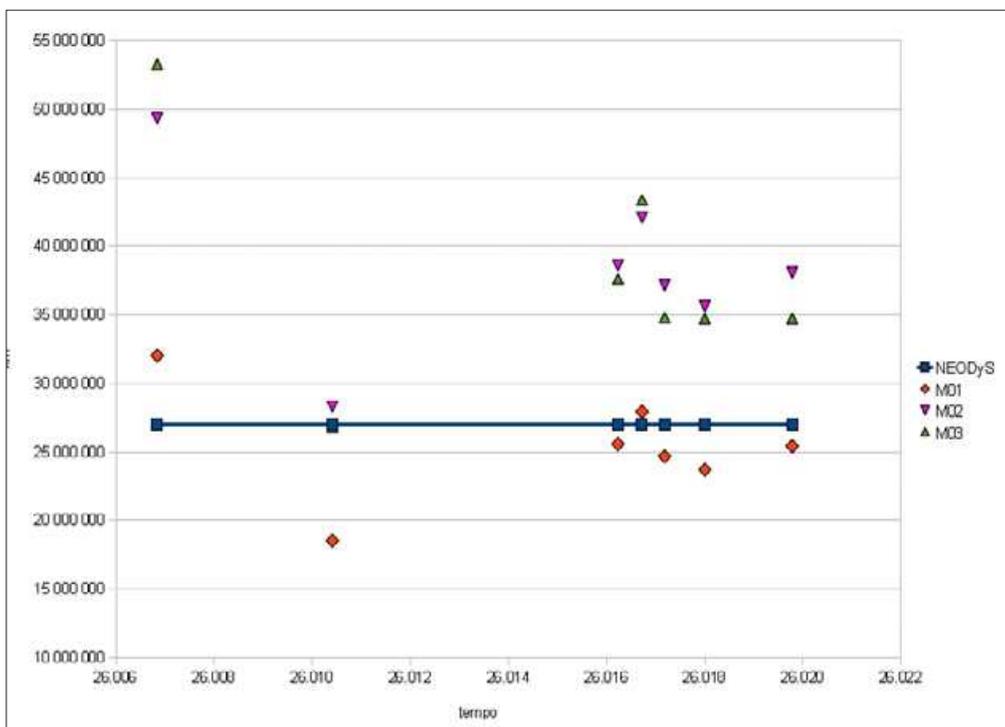


Figura 3. La distanza dell'asteroide determinata con i vari metodi confrontata con le previsioni teoriche.



Figura 4. Posizione geografica degli osservatori.



Figura 5. C77 osservatorio personale di Andrea Mantero.



Figura 6. C82 l'osservatorio personale di Nello Ruocco.



Figura 8. immagine acquisita dall'osservatorio C77 da Andrea Mantero.

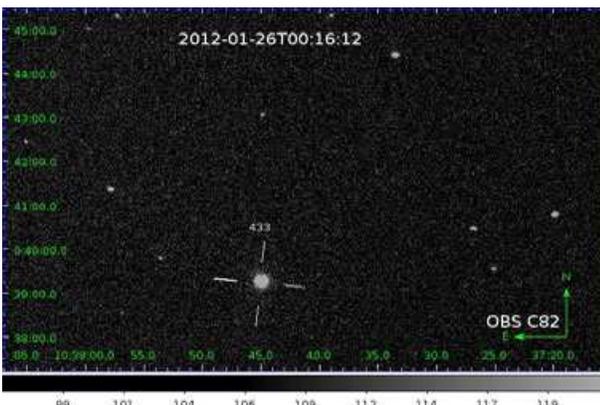


Figura 9. immagine ripresa dall'osservatorio dall'osservatorio C82 da Nello Ruocco.

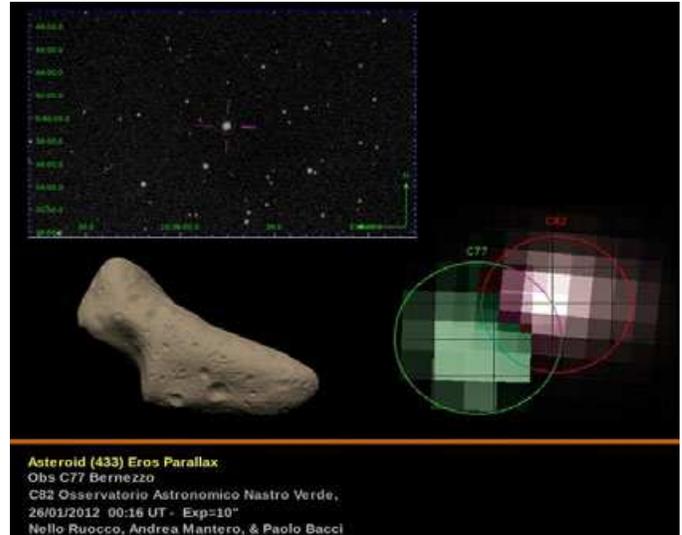


Figura 7. Immagine di (433) Eros, e sovrapposizione della posizione rilevate dai due osservatori, evidenziando l'effetto di parallasse dell'asteroide.

* SpaceDyS, società che il compito di sviluppare e mantenere NEODYs, sponsorizzato dall'Agenzia Spaziale Europea.

Bibliografia

- [1] Hinks M.A., Arthur. R., *Experimental reduction of some photographs of Eros made at the Cambridge Observatory for the determination of the Solar parallax*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, pag. 22 MNRAS Homepage, 11, 22, 1901.
- [2] Minor Planet Center, *Latest Published Data*, <http://www.minorplanetcenter.net/>
- [3] Minor Planet Center, *List Of The Potentially Hazardous Asteroids (PHAs)*, <http://www.minorplanetcenter.org/iau/lists/Dangerous.html>
- [4] Project Pluto, *Minor planet groups/families*, http://www.projectpluto.com/mp_group.htm
- [5] Marsden, Brian G., *Measurement of the Astronomical Unit*, *Astronomical Society of the Pacific Leaflets*, 9 (1), 209, 1965.
- [6] International Bureau of Weights and Measures, *The International System of Units (SI) (8th ed.)*, p.126, 2006.
- [7] NEAR Shoemaker spacecraft, <http://near.jhuapl.edu/>
- [8] JPL's HORIZONS system, <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>
- [9] Lee M. Smallwood, Dedora M., Katz Michael W., *Near Earth Object: A Brief Review and A Student Project Richmond*, http://stupendous.rit.edu/richmond/pub/neo_parallax.pdf
- [10] Krisciunas K., *Experiment to measure the distance to asteroid 1996 HW1*, <http://faculty.physics.tamu.edu/krisciunas/parallax.html>
- [11] NEODYs, *Near Earth Objects Dynamic Site*, <http://newton.dm.unipi.it/neodyS/>
- [12] Meeus J., Willmann-Bell, *Astronomical algorithms*, 1991.
- [13] Smart W.M., *Textbook on Spherical Astronomy*, p. 209, 1977.
- [14] Aoki, S., B. Guinot, G. H. Kaplan, H. Kinoshita, D. D. McCarthy and Seidelmann P.K., *The new definition of Universal Time*. *Astronomy and Astrophysics* 105(2), 359-361 (1982).