

Gli asteroidi

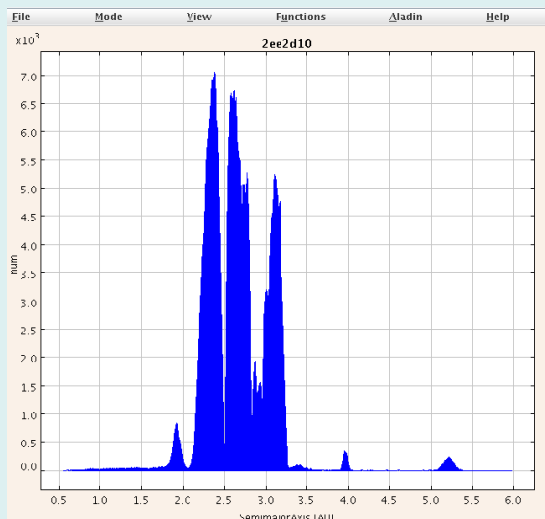
Informazioni e contatti: <http://vo-for-education.oats.inaf.it> - iafrate@oats.inaf.it

Distribuzione degli asteroidi

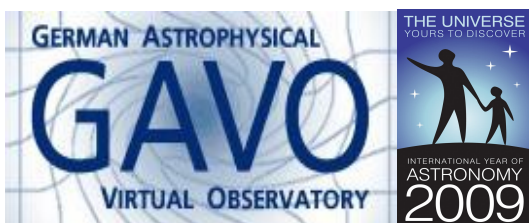
Il Sistema Solare è composto dai pianeti e da molti altri corpi minori: gli asteroidi.

I dati sugli asteroidi sono gestiti dal Minor Planet Center (MPC) e consultabili tramite l'Osservatorio Virtuale.

Costruendo un istogramma con i semiassi maggiori delle orbite degli asteroidi possiamo vedere come essi sono distribuiti nel Sistema Solare.



Nel Sistema Solare gli asteroidi non sono distribuiti uniformemente, ma occupano principalmente due zone ben definite: la fascia principale degli asteroidi (tra Marte e Giove) e la fascia di Kuiper (oltre Nettuno).



Florian Freistetter, ZAH, Heidelberg
florian@ari.uni-heidelberg.de

Asteroidi del Sistema Solare

Nel nostro Sistema Solare non ci sono solo pianeti. Ci sono anche molti asteroidi, residui del processo di formazione dei pianeti.

In principio il nostro Sole era circondato da un esteso disco di gas e polveri. Le particelle del disco, collidendo le une con le altre, hanno formato corpi sempre più grandi, ovvero i pianeti che conosciamo oggi.

Non tutte le particelle sono però state utilizzate per la formazione dei pianeti. Nelle regioni più esterne del nostro Sistema Solare non si è formato nessun grande pianeta, mentre nelle regioni interne Giove ha impedito la formazione di altri pianeti vicino alla sua orbita.

Questi residui della formazione dei pianeti sono i corpi che oggi chiamiamo "asteroidi". Il primo fu scoperto nel 1801: gli astronomi inizialmente pensarono che fosse un nuovo pianeta tra l'orbita di Marte e Giove, ma negli anni seguenti furono scoperti molti altri di questi ipotetici "pianeti" nella stessa regione, risultò quindi evidente che questi "pianeti" erano una classe differente di oggetti. Furono chiamati "planetoidi" o "asteroidi".

Oggi conosciamo alcune centinaia di migliaia di asteroidi situati tra le orbite di Marte e di Giove, la cosiddetta "fascia principale degli asteroidi". Gli asteroidi però possono essere trovati anche in altre zone del Sistema Solare. Nel 1992 è stato trovato un asteroide oltre l'orbita di Nettuno. Fu il primo oggetto della "fascia di Kuiper", una fascia degli asteroidi più ampia rispetto a quella tra Marte e Giove.

A causa delle interazioni dinamiche tra asteroidi e pianeti, alcuni asteroidi sono stati espulsi dalle fasce degli asteroidi e così ora possiamo trovarli quasi ovunque all'interno del Sistema Solare.

Tutti i dati sugli asteroidi sono amministrati dal *Minor Planet Center (MPC)* dell'*International Astronomical Union (IAU)*. (<http://www.cfa.harvard.edu/iau/mpc.html>).

Qui vengono archiviate e analizzate tutte le osservazioni di asteroidi, calcolate le loro

orbite e pubblicati i dati per la comunità scientifica.

La IAU decide anche il nome degli asteroidi.

L'esteso database del MPC può essere consultato tramite l'Osservatorio Virtuale ed è quindi possibile utilizzarne i dati per esplorare le proprietà fondamentali degli asteroidi.

Il database del MPC

Il database completo del MPC può essere consultato attraverso l'Osservatorio Virtuale Tedesco - German Virtual Observatory (GAVO):

<http://dc.zah.uni-heidelberg.de/mpc/q/pla/form>

Il servizio può essere utilizzato per esplorare il database attraverso i parametri più comuni. Questi includono gli elementi orbitali: le proprietà che definiscono la forma e la posizione delle orbite degli asteroidi attorno al Sole.

Il semiasse maggiore dell'asteroide definisce quanto è ampia l'ellisse della sua orbita o, in altre parole, quale è la sua distanza media dal Sole. E' misurato in unità astronomiche (UA): una UA è la distanza media tra la Terra e il Sole (150 milioni di km).

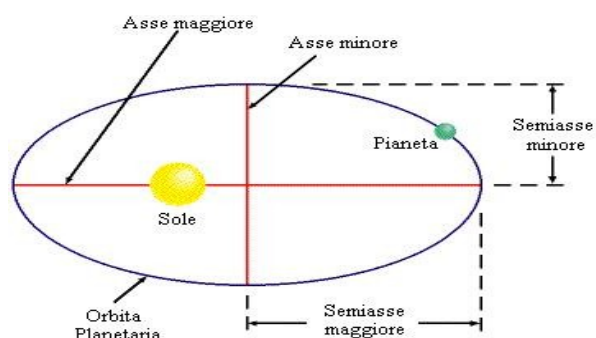


Figura 1: Semiasse maggiore

La deviazione dell'ellissi da un cerchio perfetto è definita dalla sua eccentricità (e). E' un numero tra 0 e 1, dove lo 0 indica un cerchio.

Semiasse maggiore ed eccentricità descrivono le dimensioni e la forma

dell'orbita. Per descrivere l'orientazione e la posizione dell'orbita nello spazio sono necessari 3 angoli.

Il primo è l'inclinazione (i), che descrive quanto l'orbita è inclinata rispetto all'eclittica. L'eclittica è il piano fondamentale del Sistema Solare e corrisponde al piano orbitale medio della Terra e degli altri pianeti.

La longitudine del nodo ascendente (Ω) è il secondo angolo. Il punto in cui l'orbita attraversa il piano dell'eclittica da Nord a Sud è chiamato nodo discendente, il punto in cui l'orbita attraversa il piano dell'eclittica da Sud a Nord è chiamato nodo ascendente. L'angolo tra le linee che connettono il Sole con il nodo ascendente e il punto gamma (punto vernale), è chiamato longitudine del nodo ascendente.

L'argomento del perielio (ω) è il terzo angolo. E' l'angolo tra le linee che connettono il Sole con il perielio (il punto più vicino al Sole) dell'orbita e il nodo ascendente.

Questi tre angoli (i , Ω , ω) definiscono univocamente la posizione dell'orbita nello

spazio. C'è però un ultimo parametro mancante: ci serve un numero che indichi la posizione dell'asteroide lungo l'orbita.

Ci sono varie possibilità: la più comune è utilizzare l'anomalia media. Per definire l'anomalia media si utilizza un "oggetto medio", che ha lo stesso periodo orbitale dell'oggetto reale e passa al perielio nello stesso istante, ma si muove con una velocità (angolare) costante lungo un'orbita circolare di raggio corrispondente al semiasse maggiore dell'oggetto reale. L'angolo tra le linee che connettono il centro del cerchio con l'oggetto medio e il perielio è chiamato anomalia media.

Il database del MPC contiene tutti questi parametri, inoltre, fornisce anche l'epoca (quando questi valori sono stati determinati) e la magnitudine dell'oggetto.

La distribuzione degli asteroidi nel Sistema Solare

Una delle prime domande a cui si può cercare di dare risposta sfruttando il database è dove sono gli asteroidi nel nostro Sistema Solare e come sono

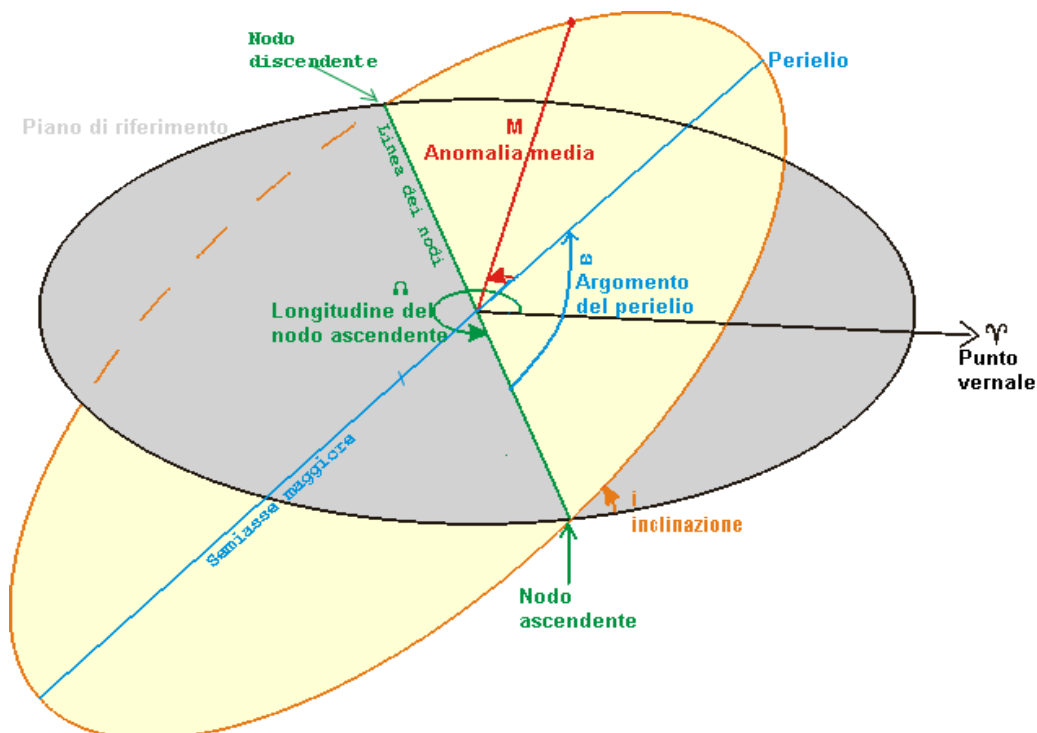


Figura 2: Parametri orbitali

distribuiti.

Anche se la fascia principale degli asteroidi tra Marte e Giove è quella più conosciuta, ci sono asteroidi anche in altre regioni.

Questo può essere verificato facilmente. Marte ha una distanza media dal Sole di 1.5 UA, Giove di 5.2 UA, la fascia degli asteroidi è situata tra le loro due orbite.

Cerchiamo nel database gli asteroidi con semiasse maggiore tra 6 e 7. Ci sono oggetti come questi al di fuori dalla fascia degli asteroidi?

Per trovarli digitiamo

6 .. 7

nel campo del semiasse maggiore del modulo (non dimenticare lo spazio prima e dopo i puntini!). Questo seleziona tutti gli oggetti del database con semiasse maggiore compreso tra 6 e 7 UA (cliccando sul link alla destra del campo si ottengono informazioni dettagliate su cosa si può inserire):



Figura 3: Help

Alla fine della pagina selezioniamo „HTML“ come *Output Format*, per visualizzare i risultati direttamente nel browser.

Il campo „Sort by“ permette di ordinare i risultati e con „Limit to“ è possibile impostare un limite superiore al numero di risultati (per ora possiamo lasciare entrambi

Designation	H	G	Epoch	M	w	W	i
	[mag]			[deg]	[deg]	[deg]	[deg]
37117	13.2	0.15	K096I	109.277	180.095	248.005	13.7859
E6627	11.1	0.15	K096I	10.0591	314.811	94.875	18.6956
K04RE1W	14.4	0.15	K096I	102.785	157.11	164.272	7.67171
K05C16R	14.0	0.15	K096I	105.375	313.267	140.132	9.38849
K05V00D	14.2	0.15	K096I	68.0015	178.272	173.037	172.912
K05V03Y	13.5	0.15	K096I	28.8902	309.222	190.293	29.4105
K07D50P	14.6	0.15	K096I	35.7633	163.446	36.7728	3.06426
K07H45U	15.8	0.15	K096I	34.7410	45.4908	197.800	5.8942
K09B80L	16.3	0.15	K096I	14.4312	8.09372	93.7242	9.02906
K09D02P	14.0	0.15	K093A	15.3702	126.428	0.79999	26.9995

Figura 4: Query del database

i campi invariati).

Cliccando su „Go“ inizia la ricerca sul database e vengono visualizzati i risultati:

Nel database ci sono 10 asteroidi a una distanza tra 6 e 7 UA. Questi sono realmente asteroidi al di fuori della fascia degli asteroidi.

Questo fatto può essere visualizzato più facilmente attraverso l'istogramma della distribuzione degli asteroidi nel Sistema Solare.

Si possono scaricare gli oggetti del database e utilizzare un'applicazione esterna per produrre l'istogramma delle distanze. L'Osservatorio Virtuale offre però un metodo più diretto per avere l'istogramma: utilizzare l' „Astronomical Data Query Language“ (ADQL), una variante del popolare linguaggio SQL.

Per formulare la query in ADQL andiamo al rispettivo modulo:

http://dc.zah.uni-heidelberg.de/_system_/adql/query/form

Qui possiamo inserire vari comandi ADQL. La sintassi è semplice – una descrizione dettagliata è consultabile su: <http://www.ivoa.net/Documents/latest/ADQL.html>

Per ripetere la ricerca precedente in ADQL, possiamo utilizzare il seguente comando:

```
select SemimajorAxis from mpc.mpcorb
where SemimajorAxis>=6. and
SemimajorAxis<=7
```

`select X from Y` seleziona un certo parametro X (nel nostro caso il semiasse maggiore) dal database Y (che si chiama

„mpc.mpcorb“)¹. Poiché *select X from Y* fornirebbe TUTTI i dati del database, restringiamo la ricerca con

where SemimajorAxis>=6. and SemimajorAxis<=7

e quindi otteniamo solo gli asteroidi con semiasse maggiore tra 6 e 7 UA. Il risultato sono gli stessi 10 asteroidi di prima:

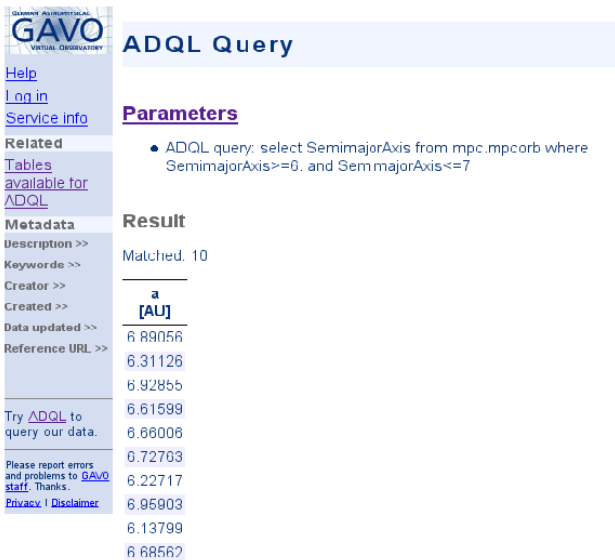


Figura 5: Query ADQL

Per ottenere l'istogramma dobbiamo procedere come segue: prima di tutto arrotondiamo il valore dei semiassi maggiori alle prime due cifre decimali. Quindi invece di *select SemimajorAxis* digitiamo *select round(SemimajorAxis,2)*. Poi raggruppiamo i valori simili e contiamo quanti oggetti rientrano in ciascun gruppo. La lista completa dei comandi ADQL è:

```
select count(*) as num, ii from
(select round(SemimajorAxis,2) as ii from
mpc.mpcorb where SemimajorAxis>=0
and SemimajorAxis<=50)
as q group by ii
order by ii
```

Come limiti per il semiasse maggiore scegliamo 0 e 50 UA – l'intero Sistema Solare.

¹ I nomi di tutti i parametri interni possono essere trovati qui: http://dc.zah.uni-heidelberg.de/_system_/dc_tables/show/tableinfo/mpc.mpcorb

La ricerca fornisce una lunga lista di numeri.

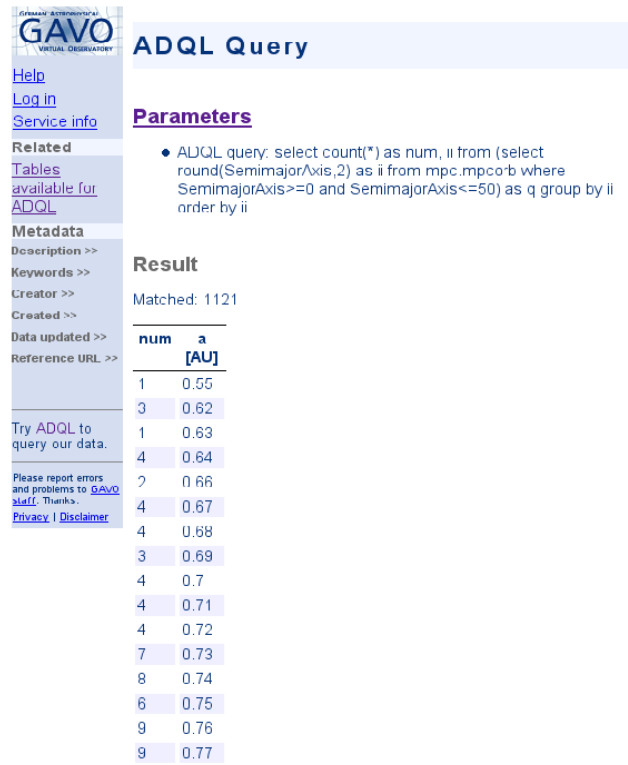


Figura 6: Query ADQL

Sarebbe meglio averne una rappresentazione grafica. Quindi cambiamo l' „Output Format“ in „VOPlot“.

Ora come risultato otteniamo il seguente grafico:

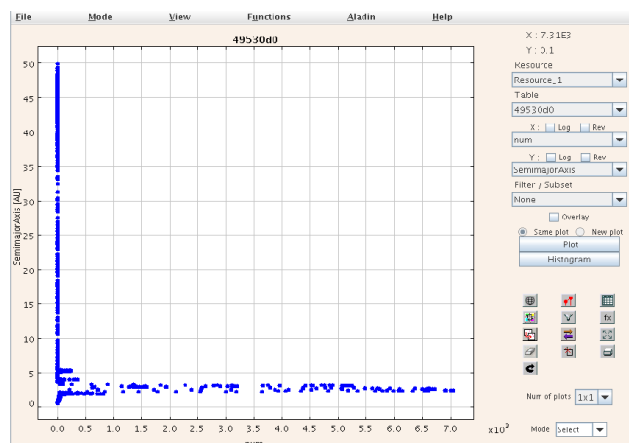



Figura 7: Grafico in VOPlot

Il grafico non appare molto intuitivo, per migliorarlo modifichiamo le impostazioni. Prima di tutto invertiamo gli assi X e Y usando i campi „X“ e „Y“ nella parte destra della finestra di VOPlot. Il campo X

dovrebbe indicare „SemimajorAxis“ e il campo Y „num“. Cliccando su „Plot“ il grafico viene ridisegnato. Utilizzando l'opzione „Plot Format“:  possiamo ulteriormente modificare il grafico. Scegliamo „Impulses“ e, nelle opzioni avanzate, „Marker Style“: „pixels“:

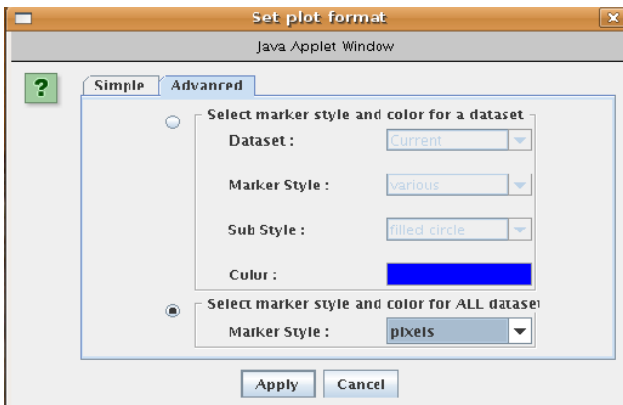
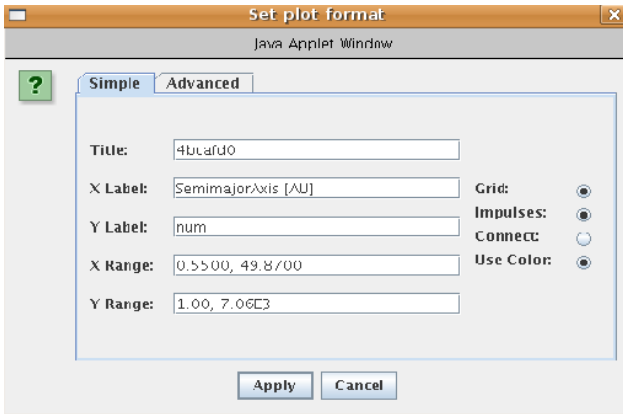


Figura 8: Formattazione del grafico

Cliccando su „Apply“ vengono applicate le modifiche:

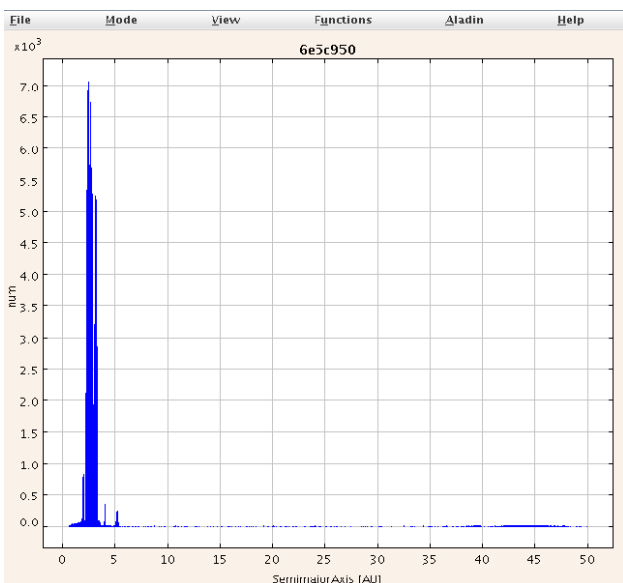


Figura 9: Istogramma

Ora possiamo vedere un chiaro picco di asteroidi tra 0 e 5 UA – nella posizione della fascia principale degli asteroidi! Ma c'è anche un piccolo picco tra 38 e 48 UA – la posizione della fascia di Kuiper.

Le varie fasce degli asteroidi

Per esplorare la fascia principale degli asteroidi tra Marte e Giove più in dettaglio facciamo un nuovo istogramma, utilizzando questa volta solo gli asteroidi con semiassi maggiori tra 0 e 5 UA.

Il risultato dovrebbe apparire così:

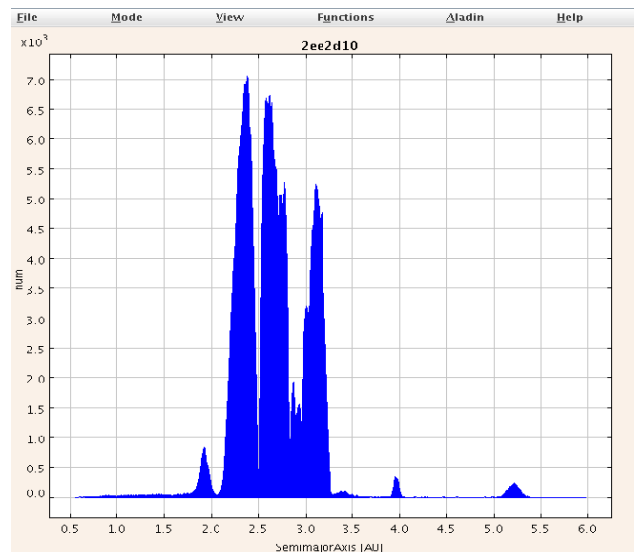


Figure 10: La fascia principale

Si può vedere facilmente che gli asteroidi non sono distribuiti uniformemente – ci sono dei buchi, per esempio vicino a 2.1 e 2.5 UA, e picchi vicino a 1.9 e 2.4 UA. I buchi sono chiamati buchi di Kirkwood e sono causati dall'interazione gravitazionale di Giove.

I buchi illustrano la posizione delle “principali risonanze del moto”, che sono le regioni nelle quali il periodo medio di un asteroide corrisponde a una frazione di due numeri interi.

Giove e gli asteroidi sono periodicamente nella stessa posizione relativa, ma nel resto del tempo le interazioni gravitazionali possono spingere gli asteroidi al di fuori della loro orbita, lasciando un buco.

Esercizio: sfruttare la terza legge di Keplero per calcolare le rispettive risonanze partendo dalla

posizione dei buchi. Che valore hanno i periodi orbitali paragonati a quello di Giove? Ci sono risonanze anche nella posizione dei picchi? Perché c'è un picco nella posizione di Giove?

Come menzionato nella sezione precedente, c'è una fascia degli asteroidi anche all'estremo confine del Sistema Solare. Questa regione è chiamata „fascia di Kuiper“ ed è molto più estesa della fascia principale – anche se finora sono stati scoperti solo pochi dei suoi asteroidi.

Per vedere la distribuzione di questi asteroidi, ricalcoliamo l'istogramma, questa volta con gli oggetti tra 35 e 50 UA.

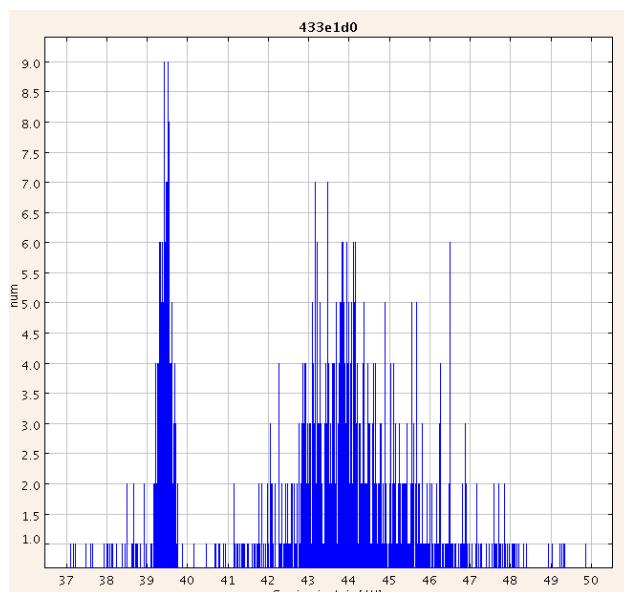


Figure 11: La fascia di Kuiper

C'è un chiaro picco a 39.5 UA. Si tratta di nuovo di una risonanza: risonanza 2/3 con Nettuno. A questo gruppo appartiene anche Plutone, che assieme al suo gruppo di asteroidi appartiene alla classe dei “pianeti nani”.

Ancora più in là, tra 40 e 50 UA, si trovano i classici oggetti della fascia di Kuiper.

Idee per ulteriori analisi

- Oltre alla fascia principale e alla fascia di Kuiper, ci sono nel Sistema Solare altre regioni largamente popolate da asteroidi?
- Cosa sono i NEO e i centauri?
- Come appare la distribuzione degli altri elementi orbitali (es. eccentricità o inclinazione)? Ci sono differenze tra le differenti popolazioni di asteroidi?