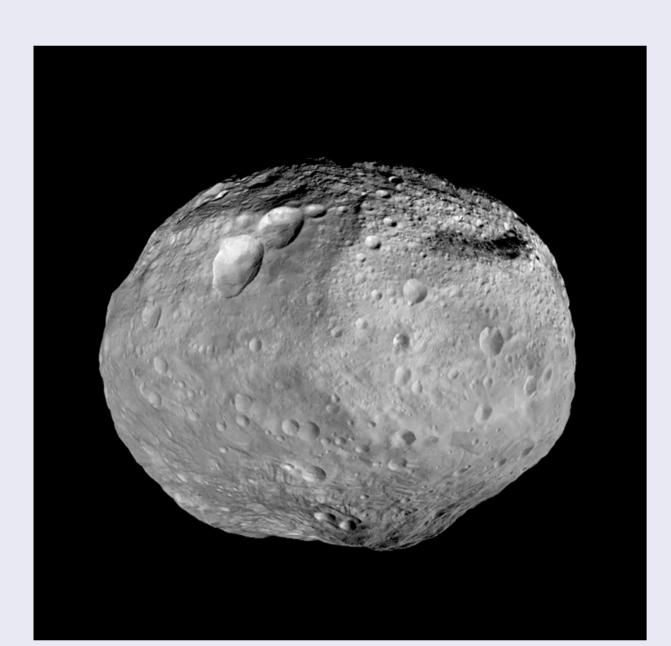
Odkazy Odkazy

Úvod

Planetky jsou nejpočetnější a svým způsobem nejzajímavější skupinou těles ve sluneční soustavě. První planetka byla objevena v roce 1801, v dnešní době je již známo přes půl milionu planetek.

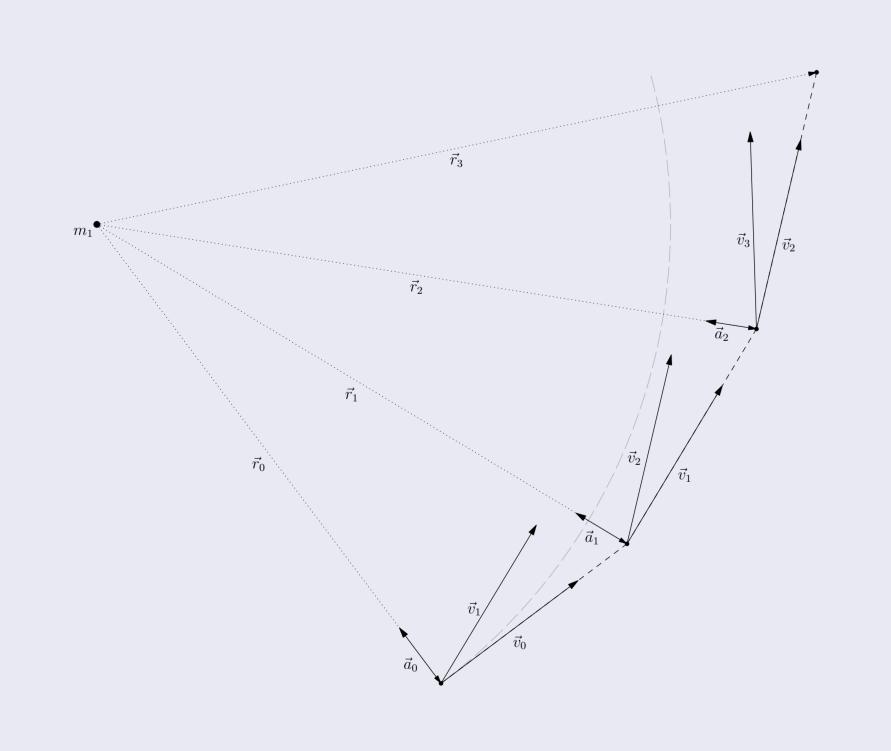
V hlavním pásu planetek mezi Marsem a Jupiterem tvoří planetky rodiny — skupiny vzniklé rozpadem stejného mateřského tělesa, způsobým srážkou s jiným tělesem. V naší práci se budeme soustředit na početnou rodinu Eunomia, nacházející se ve středním hlavním pásu.

Studiem kolizních rodin můžeme zjistit mnoho informací o vzniku sluneční soustavy a její dynamické struktuře, např. můžeme podpořit teorii o Velkém pozdním bombardování (angl. Late Heavy Bombardment) [1].



Obrázek: Planetka (4) Vesta — druhé největší a nejhmotnější ahooj Dawn. Prevzato z [2].

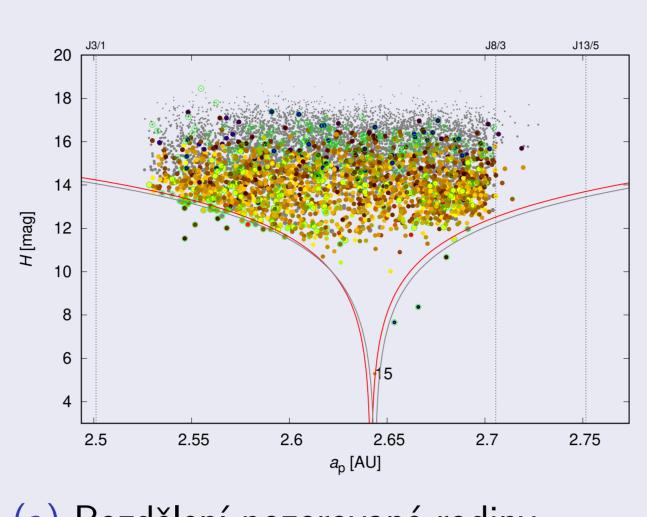
Metody



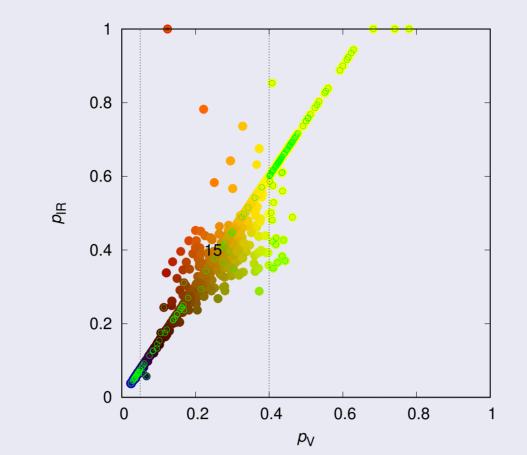
Obrázek: Ilustrace dopředné Eulerovy integrační metody pro dvě tělesa, kdy větší těleso (velká tečka vlevo) gravitačně působí na menší těleso (malé tečky vpravo). Jsou ukázány první tři iterace. Algoritmus byl doopravdy implementován, s počátečními hodnotami: $h=20\,\mathrm{dn}$ ů, $m_1=2\cdot 10^{30}\,\mathrm{kg}$, $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \,\mathrm{m}^3 \,\mathrm{kg}^{-1} \,\mathrm{s}^{-2}$, $|\vec{r}_0| = 1 \,\mathrm{AU}$, $v_0 = 29 \,861 \,\mathrm{m} \,\mathrm{s}^{-1}$. Vektory jsou vhodně škálované. Šedá křivka znázorňuje analytické řešení problému dvou těles.

1169.9863 mm

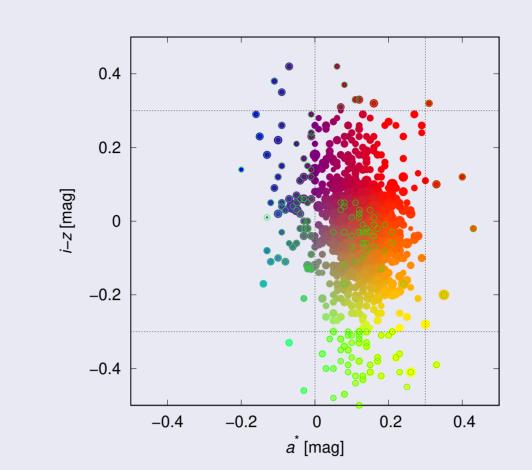
Výsledky



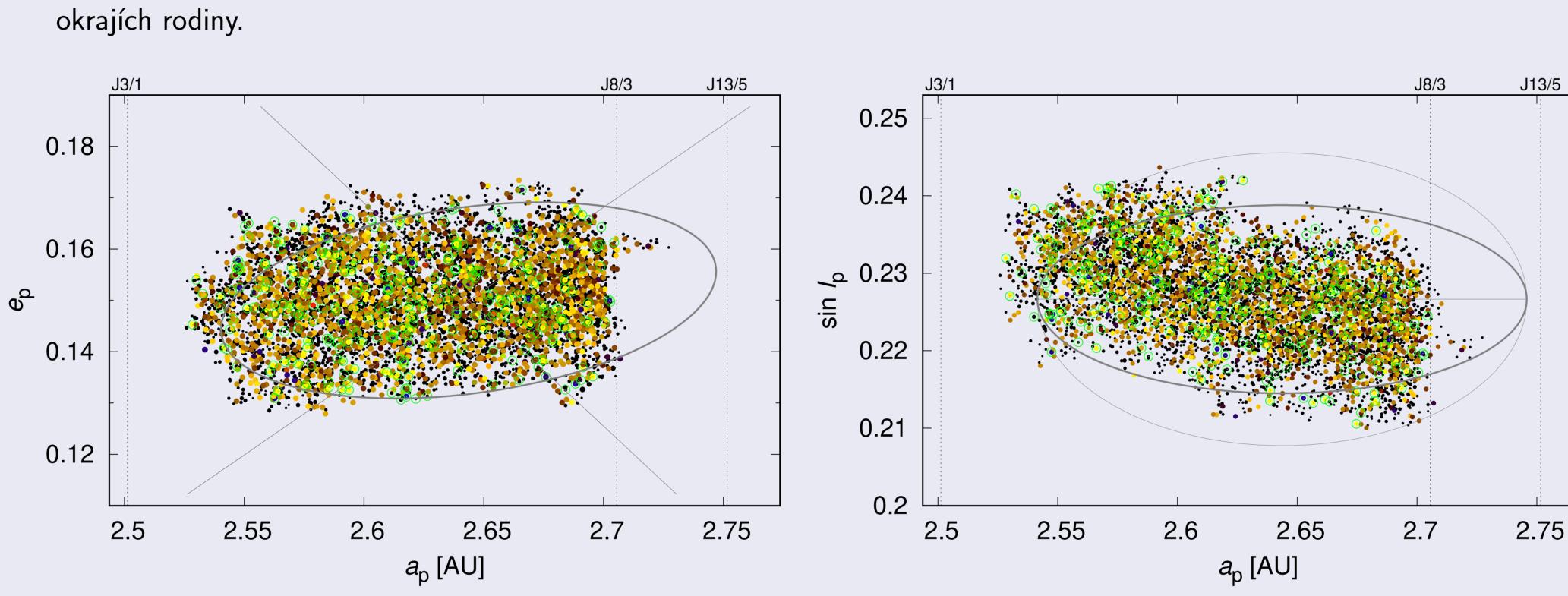
(a) Rozdělení pozorované rodiny Eunomia v rovině vlastní hlavní poloosy a p_{IR} (v infračerveném spektru) $a_{\rm D}$ a absolutní hvězdné velikosti H. WISE. Šedá křivka označuje funkci s parametry $C = 2.2 \cdot 10^{-4}$ a $a_c = 2,643666 \,\mathrm{AU}$ a červená křivka označuje posunutou funkci s parametry $C = 2 \cdot 10^{-4}$ a $a_c = 2,641666$ AU. K odstranění jsme zvolili červenou funkci. Lze pozorovat typický tvar "V", který je způsobem počátečním rychlostním polem a Jarkovského jevem, jenž je ještě zesílen vlivem YORPu, což způsobuje zvýšenou koncentraci malých planetek při okrajích rodiny.



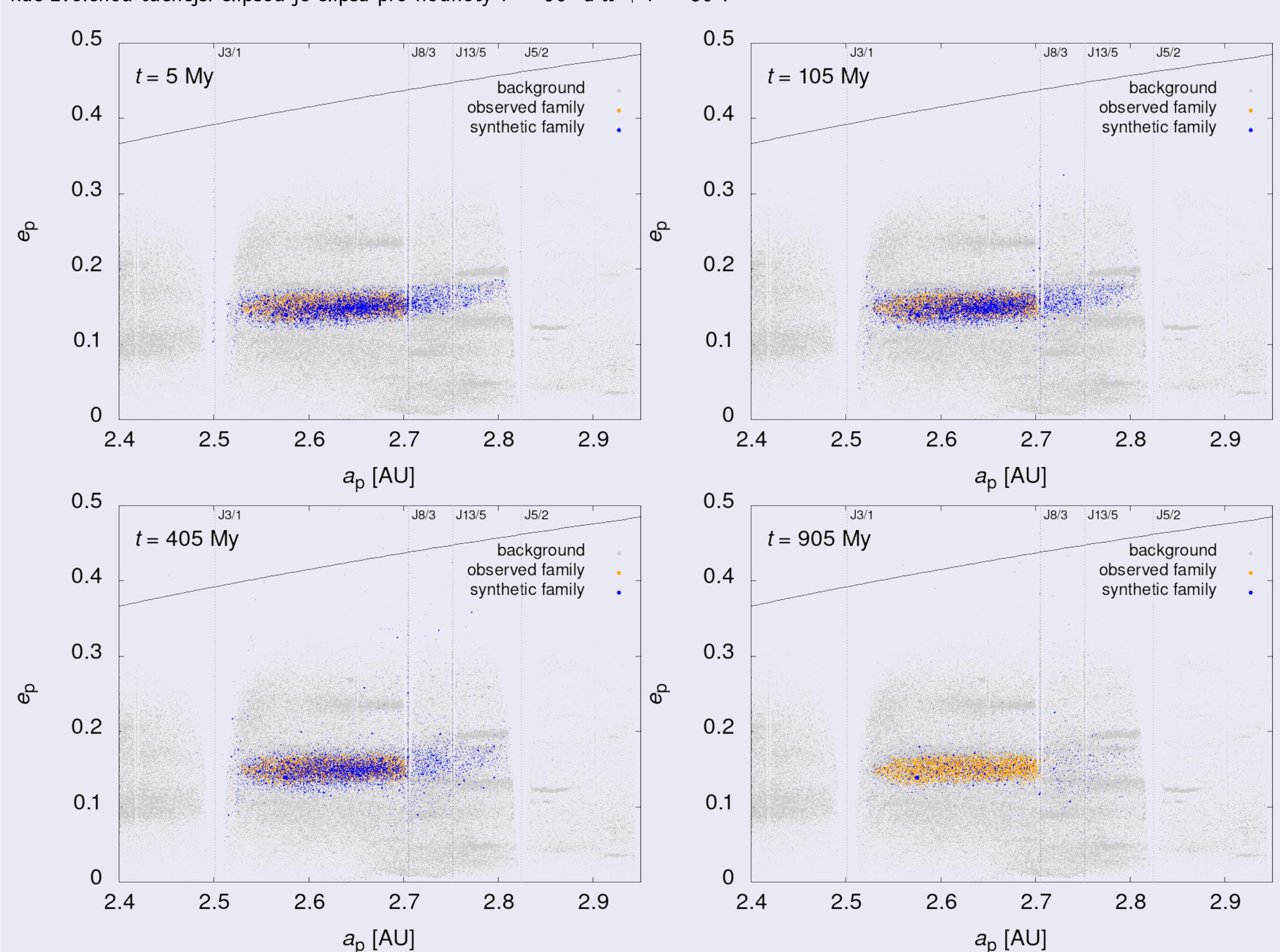
(b) Albeda p_V (ve viditelném spektru) z katalogu WISE [3]. Barevná škála Barevná škála byla zvolnea dle katalogu byla taktéž převzata z katalogu WISE, barvy neodpovídají reálnému zbarvení. Zelené kroužky označují přimísená tělesa vyřazená jakoukoliv z použitých metod. Pro vyřazení přimísených těles touto metodou byly zvoleny hraniční hodnoty $0.05 \le p_{V} \le 0.4$.



(c) Barevné indexy a^* a i-zz katalogu Sloan [4]. Barevná škála byla taktéž zvolena dle katalogu Sloan, barvy neodpovídají reálnému zbarvení. Zelené kroužky označují přimísená tělesa vyřazená jakoukoliv z použitých metod. Pro vyřazení přimísených těles byly zvoleny hraniční hodnoty $0 \le a^* \le 0.3 \text{ a} -0.3 \le i - z \le 0.3.$



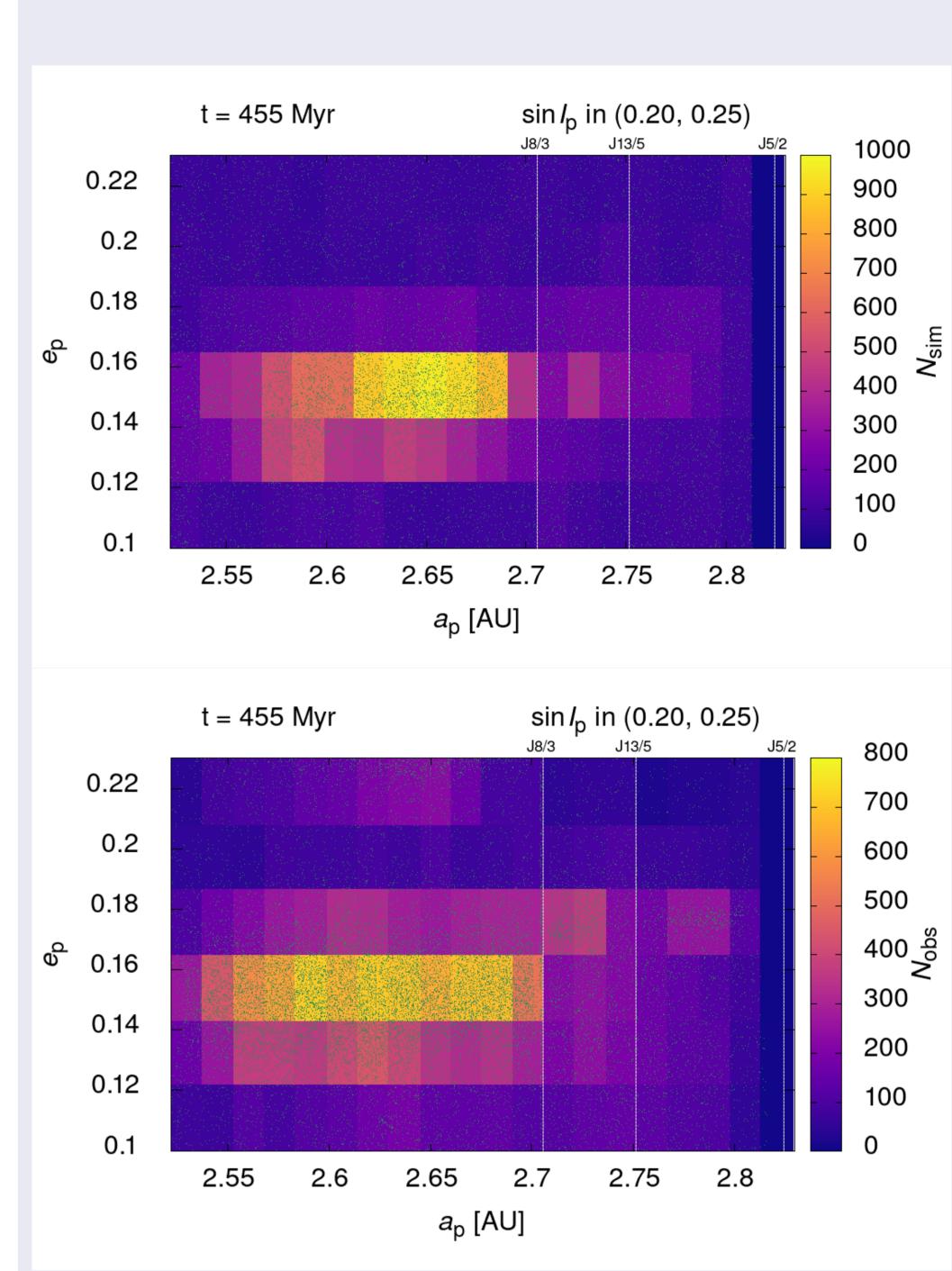
Obrázek: Pozorovaná rodina Eunomia pro hraniční rychlost $v_{\rm cutoff} = 44\,{\rm m/s}$ v rovině vlastní hlavní poloosy $a_{\rm p}$ a vlastní excentricity $e_{\rm p}$ (nahoře) a v rovině vlastní hlavní poloosy $a_{
m p}$ a vlastního sklonu sin $I_{
m p}$ (dole). Barevná škála odpovídá albedu $p_{
m V}$ a $p_{
m IR}$ z katalogu WISE. Nápisy J8/3 a J13/5 označují polohu rezonancí středního pohybu s Jupiterem. Šedé elipsy a úsečky (degenerované elipsy) naznačují výpočet Gaussových rovnic pro hodnoty pravé anomálie $f=0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ (nahoře) a součtu $\omega+f=0^\circ, 50^\circ, 90^\circ$ (dole), kde zvolenou tučnější elipsou je elipsa pro hodnoty $f=90^\circ$ a $\omega+f=50^\circ$.



Obrázek: Výsledky simulace v prostoru (a_p, e_p) v časech postupně t=5, 105, 405, 905 miliónů let. Modré body označují simulovanou rodinu, žluté body pozorovanou rodinu identifikovanou HCM a šedé body pozadí a jiné okolní rodiny. Jsou také značeny nejvýznamnější rezonance s Jupiterem J3/1, J8/3, J13/5 a J5/2. Černá křivka nahoře označuje hranici oblasti, kde je hlavní poloosa a excentricita tělesa taková, že dráha kříží dráhu Marsu. Podobná hranice existuje i pro Jupiter, ale ta se nachází mimo tyto grafy (přibližně kolem e = 0.65). Skripty k vytvoření těchto grafů můžete nalézt v příloze ??.

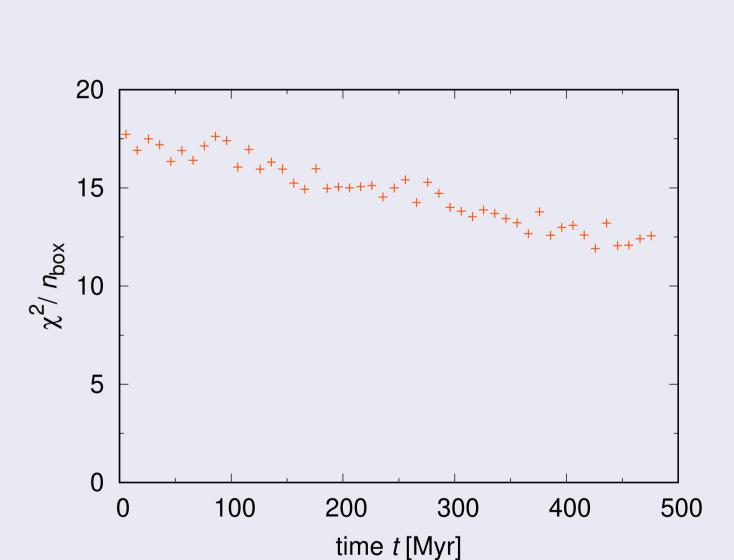
t = 5 Mvr $\sin I_{\rm b}$ in (0.20, 0.25) t = 105 Mvr $\sin I_{\rm p}$ in (0.20, 0.25)

Závěry



Obrázek: Graf (a_p, e_p) pro simulovanou (vlevo) a pozorovanou (vpravo) rodinu Eunomia v čase t=455 miliónů let, kdy byla hodnota χ^2 nejlepší. Tentokrát barevná škála označuje počet těles v daném boxu. Lze porovnat s podobným grafem χ^2 problémové oblasti jsou přímo v centru rodiny (simulovaná populace je příliš kompaktní) a potom v oblasti $a_{\rm p} \in (2.55\,{
m AU};\ 2.5\,{
m AU})$ a $e_{\rm p} \in (0.14;\ 0.16)$, kam se naopak částice simulované populace nestihly rozšířit.

Budoucí práce



Obrázek: Závislost redukovaného chí kvadrátu $\chi^2/n_{\rm box}$ na čase t. Lze vidět, že se jeho hodnota snižuje, tudíž můžeme předpokládat, že bychom delší integrací dostali nižší hodnoty, případně bychom mohli určit interval stáří rodiny Eunomia.

Reference

- M. Brož et al. "Constraining the cometary flux through the asteroid belt during the late heavy bombardment". In: A & A 551, A117 (břez. 2013), A117. DOI: 10.1051/ 0004 - 6361 / 201219296. arXiv: 1301.6221 [astro-ph.EP].
- NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA.