

Jak pevné jsou Geminidy?

10.5.2024 - | Astronomický ústav AV ČR

Meteory, lidově padající hvězdy, jsou vlastně spektakulárním světelným jevem, když malé kosmické tělísko prolétá zemskou atmosférou.

O ní se tře, zahřívá, ionizuje okolní vzduch a celkově je intenzivním zdrojem záření především ve viditelné oblasti spektra. V meziplanetárním prostoru se pohybuje takových tělísek nepřeberné množství. V některých oblastech jich je ale přece jen více. Tyto přímo proudy částic za sebou nechávají komety prolétající kolem Slunce. Na Zemi tak pozorujeme v určité době nárůst aktivity meteorů zdánlivě vylétajících z jednoho místa na obloze, tzv. rojové meteory. Každý meteorický roj tak má za sebou nějaké mateřské těleso a v drtivé většině případů to je právě nějaká kometa.

Jednou z mála výjimek jsou právě Geminidy, za jejichž mateřské těleso se považuje (3200) Phaethon, což je planetka, která je v současné době neaktivním tělesem. Velkou otázkou tedy je, jak se tělesa Geminid vůbec z povrchu planety dostala. Došlo před časem k nějaké významné kolizi, která rozrušila povrch planety? Nebo snad těleso zachvátila dočasná kometární aktivita? Nebo jde o důsledek dlouhodobé pomalé sublimace dosud neprokázaného ledu z nitra Phaethonu, která osvobozuje prachové částice? V tom v tuto chvíli není vůbec jasno. Určité odpovědi by mohla přinést znalost mechanické pevnosti částic z planety.

Z předchozích studií se zdá, že mechanická pevnost Geminid je spíše vyšší, než je pro meteory obvyklé. Zřejmě se jedná o nepříliš porézní materiál. Ve světelných křivkách některých Geminid jsou dobře patrné rychlé periodické změny, které někteří autoři přisuzují rychlé rotaci tělísek.

Oddělení meziplanetární hmoty ASU provozuje Evropskou bolidovou síť automatických stanic, které zcela autonomně pořizují snímky prolétajících meteorů. Stanice jsou doplněny i celooblohovými radiometrickými detektory, které jsou schopny s velmi vysokou kadencí zaznamenat světelné změny prolétajících velmi jasných meteorů – bolidů. A právě tato pozorování se stala základem představované práce.

Studie analyzovala celkově devět bolidů z roje Geminid zaznamenaných v letech 2018 až 2022. Z hlediska vstupní hmotnosti se ve vzorku vyskytují tělesa s hmotnostmi od 27 g po 1,7 kg. Jako kontrolní vzorek použili autoři ještě dalších osm bolidů nepříslušících Geminidám. Autoři při studii použili metodu modelování světelných křivek semiempirickým fragmentačním modelem, která byla dříve vyvinuta v ASU. Tato metoda v základu spočívá v tom, že na světelné křivce se ručně identifikují časy výrazných zjasnění. Předpokládá se, že tato zjasnění pocházejí z rozpadů těles na více fragmentů. Podle charakteru zjasnění pak může jít o několik typů rozpadů, od okamžitého vypaření po postupnou ablaci. V modelu se postupně přidávají další identifikované fragmentační události, až je shoda modelované a skutečné světelné křivky přijatelná.

Tomáš Henych v minulosti tento model vylepšil použitím genetických algoritmů. Ty spočívají v postupném vylepšování shody mezi modelem a pozorováním metodou křížení počátečních modelů. Algoritmy skutečně připomínají genetickou dědičnost tak, jak ji známe z přírody. Z počáteční široké množiny modelů se zachovávají a kombinují jen ty fragmenty (geny), které jsou úspěšné v popisu skutečné světelné křivky. Oproti předchozí aplikaci ještě T. Henych připustil, že časy fragmentace, určené ručně, mohou být v průběhu výpočtu doladěny algoritmem k lepší shodě.

Okamžik, kdy dojde k fragmentaci, odpovídá určité výšce meteoru nad zemským povrchem. A pokud je známa i rychlost tělesa, lze z těchto veličin určit dynamický tlak atmosféry, která na kamínek

působí. Ve chvíli rozpadu tak dynamický tlak přesáhl mechanickou pevnost meteoroidu. A tak právě díky modelování světelných křivek lze na dálku „měřit“ mechanické vlastnosti tělesa, které se nakonec zcela vypaří a nebude jej tak možné nikdy držet v ruce.

Ukazuje se, že Geminidy jsou ve finálních fázích fragmentace schopny vydržet vyšší aerodynamické namáhání než kontrolní uhlíkaté chondrity, ale menší, než jiné asteroidální meteory. Z toho tedy autoři usuzují, že Geminidy obsahují velmi kompaktní a koherentní uhlíkatý materiál.

Fragmentačních událostí však bylo ve vstupních datech zaznamenáno opravdu mnoho, takže bylo možné studovat i statistické rozdělení aerodynamických tlaků, při nichž došlo k rozpadu. Zde se ukazuje, že menší Geminidy se začínají drolit už při malých tlacích 0,001–0,01 MPa, většina jejich hmoty je ale zničena až při tlacích 0,5–1,5 MPa. Naopak velké Geminidy jsou celkově složeny spíše z méně pevného materiálu, který nejvíce fragmentuje při tlacích 0,02–0,1 MPa. I zde lze nalézt známky zrn přeživších do vyšších tlaků.

Phaethon je tedy zřejmě komplikovanou směsicí granulárního materiálu a kompaktních uhlíkatých zrn. Meteoroidy po svém vyvržení podléhaly další fragmentaci v kosmickém prostoru působení zářivého a tepelného namáhání, které nejspíše vedlo k významné ztrátě nepříliš pevného granulárního materiálu z povrchu. Zřejmě proto jsou malé meteoroidy zdánlivě pevnější než ty velké.

Zbývá jen dodat, že realitu se možná dozvíme brzy. Planetka Phaethon je cílem plánované kosmické družicové mise DESTINY+, která by měla být Japonskou kosmickou agenturou JAXA vypuštěna už v roce 2025. Ta bude přímo v místě sbírat vzorky a bude tak snadné porovnat tyto výsledky s modelováním na základě světelných křivek.

T. Henych, J. Borovička, V. Vojáček, P. Spurný, *Mechanical strength distribution in Geminid meteoroids derived via fireball modeling*, Astronomy & Astrophysics 683 (2024) A229

<https://www.asu.cas.cz/articles/2269/19/na-cem-pracujeme-jak-pevne-jsou-geminidy>