

Na čem pracujeme: Shluky meteorů v nové studii

26.5.2026 - Michal Švanda | Astronomický ústav AV ČR

Meteory obvykle vnímáme jako jednotlivé světelné stopy na obloze. Víme, že v některých fázích roku jich je více, přičemž tyto tzv. meteorické roje jsou reprezentovány tělisky, která mají společný původ v jednom mateřském tělese. Ve výjimečných případech se však zdá, že meteory někdy přicházejí ve „shlucích“ - skupinách fragmentů jednoho tělesa, které se rozpadlo krátce před vstupem do atmosféry. Analýza těchto vzácných jevů umožňuje nahlédnout do procesů rozpadu meteoroidů v blízkosti Země a odhaluje, jaké fyzikální mechanismy za nimi stojí.

Meteoroidy - drobná tělesa pocházející z komet a asteroidů - představují základní stavební kameny Sluneční soustavy. Jejich studium je důležité nejen pro pochopení vzniku planet, ale i pro aktuální procesy, které tyto objekty ovlivňují při průchodu meziplanetárním prostorem. Jedním z klíčových procesů je fragmentace, tedy rozpad tělesa na menší části. Ten může nastat v různých fázích: daleko od Země, při průchodu perihelem, nebo až těsně před vstupem do atmosféry Země. Způsob a načasování rozpadu přitom zásadně ovlivňují pozorované vlastnosti meteorů.

Tradičně jsou meteory studovány jednotlivě nebo jako součást meteorických rojů, které vznikají z materiálu uvolněného z komet, výjimečně planetek. Existuje však zvláštní kategorie jevů - tzv. meteorické klastry či shluky (meteor clusters). Ty se vyznačují tím, že několik meteorů vstoupí do atmosféry téměř současně a v těsné prostorové blízkosti, což naznačuje jejich společný původ. Tyto události jsou extrémně vzácné a obtížně pozorovatelné, proto jich jsou v současnosti známy méně než dvě desítky. I proto není dobře definován samotný pojem meteorického klastru. V představované studii je použita definice klastru jako skupiny meteorů, které se objevují blízko sebe v prostoru i čase a mají společný původ. Zásadní je přitom důraz na instrumentální pozorování - vizuální pozorování totiž často trpí subjektivitou, zatímco moderní kamerové sítě umožňují přesné měření trajektorií, rychlostí a jasností.

Studium meteorických klastrů je důležité zejména proto, že umožňuje rekonstruovat proces rozpadu meteoroidů „v reálném čase“ - tedy krátce před jejich vstupem do atmosféry. To poskytuje unikátní informace o mechanických vlastnostech materiálu, vlivu slunečního záření (např. tepelného namáhání) i dynamice fragmentů. Například velmi informativní je uspořádání fragmentů vůči směru od Slunce. Pokud se fragmenty řadí podle své hmotnosti podél tohoto směru, lze z jejich rozložení odvodit stáří klastru a dynamiku rozpadu. Tento přístup vychází z předpokladu, že menší fragmenty jsou více ovlivněny negravitačními silami (např. tlakem záření), a proto se postupně oddělují od větších částí. V případě vhodného uspořádání tak vzniká „časová stopa“, kterou lze zpětně interpretovat.

Nová mezinárodní studie, v níž důležitou roli hráli Pavel Koten a David Čapek z ASU, se zaměřuje na systematické zkoumání meteorických klastrů jako nástroje pro studium fragmentace meteoroidů v blízkosti Země. Práce má dvě hlavní části. První je detailní analýza dvou nových případů meteorických klastrů zaznamenaných nad Havají v letech 2023 a 2024. Data a jejich analýza ukazují, že oba nově popsány klastry představují zásadně odlišné scénáře. Klaster z roku 2024 vykazuje jasně identifikovatelný dominantní fragment a systematické uspořádání menších částí podle hmotnosti podél protislunečního směru. To umožnilo poměrně přesně určit stáří klastru - přibližně tři dny - a identifikovat pravděpodobný mechanismus jeho vzniku, kterým je tepelné napětí působící na meteoroid při jeho průchodu blízko Slunce. Tento scénář odpovídá představě, že meteoroid se

rozpadne krátce před setkáním se Zemí, přičemž fragmenty zůstávají relativně kompaktní.

Naopak klastř z roku 2023 takové uspořádání nevykazuje. Neobsahuje dominantní fragment a fragmenty nejsou systematicky seřazeny podle hmotnosti. V tomto případě bylo možné určit pouze horní limit stáří – maximálně několik dní – a mechanismus vzniku zůstává nejednoznačný. Autoři zde připouštějí, že kromě tepelného napětí mohou hrát roli i jiné procesy, například rotační rozpad nebo kolizní fragmentace. Tento výsledek ukazuje, že meteorické klastry nejsou homogenní jev, ale zahrnují širší spektrum fyzikálních scénářů.

Autoři se dále věnovali přehledové studii porovnávající všechny známé meteorické klastry a jejich vlastnosti. Z ní je zřejmé, že všechny dosud známé meteorické klastry vznikly v blízkosti Země. To je zásadní poznatek, který má jak observační, tak fyzikální důsledky. Autoři ukazují, že objem prostoru zabraný klastrem roste s časem od fragmentace – fragmenty se postupně rozptylují v prostoru. Pokud tedy k rozpadu dojde daleko od Země, fragmenty se natolik rozptýlí, že už je nelze identifikovat jako kompaktní skupinu při vstupu do atmosféry. To znamená, že pozorované klastry představují pouze „špičku ledovce“ – ty případy, kdy k fragmentaci došlo opravdu těsně před vstupem do atmosféry. Autoři k tomu poznamenávají, že globální pozorovací sítě mají potenciál detekovat i starší a rozptýlenější klastry. Lokální experimenty jsou totiž omezeny svým zorným polem a citlivostí, zatímco globální pokrytí umožňuje zachytit fragmenty rozprostřené na větší ploše. To otevírá cestu k systematictějšímu studiu těchto jevů v budoucnu.

Z fyzikálního hlediska práce potvrzuje klíčovou roli tepelného namáhání jako mechanismu fragmentace meteoroidů v blízkosti Slunce. Tento proces vzniká v důsledku extrémních teplotních gradientů, které vedou k mechanickému napětí uvnitř tělesa. Pokud materiál není dostatečně pevný, dojde k jeho rozpadu. Studie však zároveň ukazuje, že tento mechanismus není jediný a že realita je pravděpodobně komplexnější. K robustnějším závěrům by bylo zapotřebí mít více pozorovaných exemplářů. Těch je však málo i principiálně. Autoři odhadují, že jen každý miliontý meteor by mohl být součástí klastru. Takže jde o opravdovou vzácnost.

P. Koten, D. Čapek a kol., Meteor clusters: Tracing meteoroid fragmentation in near-Earth space, *Icarus* 454 (2026) id.117085

<https://www.asu.cas.cz/articles/2566/19/na-cem-pracujeme-shluky-meteoru-v-nove-studii>