

Kis meteoroidokra ható nem-gravitációs erők

A Naprendszerben keringő kis méretű részecskékre számos, különböző eredetű erő hat, és ezek aránylag jelentős szerepet játszanak a meteoráramlatok fejlődésében. A fejlődési folyamatok jobb megértéséhez ismernünk kell valamennyi erőt és hatásmechanizmust, továbbá az általa okozott jelenségeket. A Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso XII. számában I. Kapinsky, a Szlovák Tudományos Akadémia Csillagászati Intézetének kutatója a bolygóközi térben keringő kis részecskékre ható 20 legismertebb erőt tette beható tanulmányozás tárgyává. Bár mindegyik erőhatás nem-gravitációs jellegű, lehetségessé vált különböző szempontok szerinti csoportosításuk, és ezek egymáshoz kapcsolódóan jelentik a részecskék sorsát befolyásoló tényezőket. Vegyük most sorra ezeket, röviden felvázolva a meteoroidok evolúciójában betöltött szerepüket is.

Kapinsky három nagy csoportra osztotta a különböző effektusokat. Ezek a következők:

FELŐRLŐ HATÁSOK: amelyek a meteoroid anyagának folyamatos csökkenését idézik elő, de nem okoznak bennük olyan károkat /még robbanásos, becsapódásos vagy felbomlási folyamatok során sem/, melyek fizikai jellemzőik megváltozásához vezetnének.

-- /a/ Becsapódási erózió: Nagyon kis porrészecskék ütközésekor, vagy sűrűdésos megközelítésekor fellépő jelenség. Egy kis vas-meteoroid a Föld közelében az állatövi fényt okozó porrészecskékkel való állandó találkozások során kb. 5×10^{-8} cm/év sebességgel kopik, ami $1,3 \times 10^{-14}$ g cm⁻² s⁻¹ mértékű tömegvesztésnek felel meg. A kőmeteoroidok kopási sebességére 5×10^{-7} cm/év, tömegvesztésére pedig az $5,0 \times 10^{-14}$ g cm⁻² s⁻¹ érték az elfogadott. Üstökös eredetű meteoroidokra /közepes sűrűségük 0,44 g cm⁻³/ a kopási értékek már jóval magasabbak: 4×10^{-9} cm/év és 7×10^{-13} g cm⁻² s⁻¹ értékben határozhatók meg.

-- /e/ Korpuszkuláris aprózódás: Speciális esetekben következik be, pl. napflerek esetén, ha a kidobott részecskék vízjég-obszidián összetételű meteoroidokat találnak el. A felbomlás magnetit tartalom esetén sincs elvileg kizárva.

-- /f/ Szublímációs felbomlás: Bolygó légkörön való áthaladáskor, vagy nagy napközelségek /kisebb 0,1 CsE-nél/ esetén következik be. Az átlagosnál nagyobb szerepe van a "vattaszerű", "hópehely-jellegű" felépítést mutató részecskék lebomlásakor, ha azok magja kő, cementáló anyaguk pedig jég.

-- /g/ Kémiai robbanás: Laza összetételű és felépítésű részecskék ionoszférán való áthaladása közben tapasztalható megsemmisülési forma.

FELBOMLASZTÓ, SZÉTSZÓRÓ HATÁSOK: Ezek általában a részecskék dinamikai jellemzőinek kisebb-nagyobb mértékű megváltozását okozzák.

-- /a/ Nap-EMR: A részecskékre ható közvetlen fénynyomás következménye, s közvetlen kapcsolatban van a Poynting-Robertson effektussal. Mindig a Nap gravitációs vonzásával ellentétes irányban hat. A legkisebb részecskékre fejti ki a legnagyobb hatást, de ezek végleges viselkedését számos más egyedi jellemző is jelentős mértékben befolyásolja /méret, alak, kémiai összetétel, dielektromos sajátosságok, adszorpciós tulajdonságok, a felületen bekövetkező fényszóródás, diffrakció és refrakció a részecske peremén, stb./.

-- /b/ A napszél korpuszkuláris nyomása: 3-4-szer gyengébbnek becsült, mint a Nap-EMR. Napflerek esetén sem válik nagyobbá, mint a részecskére ható gravitációs erő 0,01 része.

-- /c/ Poynting-Robertson effektus: A részecske által elnyelt, majd izotróp módon kisugárzott napenergia folyamatos erőhatást jelent, amely a pályára mindenkor érintőleges irányú, így azt folyamatosan változtatja. A részecske egyre közelebb kerül a Naphoz, csökken keringési impulzusmomentuma, és ezzel együtt csökken a keringési pálya fél-nagy tengelye is. Nem befolyásolja azonban a keringés inklinációját és a felszálló csomópont hosszát.

-- /b/ Korpuszkuláris csiszolódás: A meteoroid felületi rétegeinek a Nap részecskesugárzása által okozott kopása. Becsült értéke kb. 4×10^{-9} cm/év. A csiszolódás mértékét a Naptól 1 CsE távolságban keringő, 100 mikrométernél kisebb részecskékre értjük.

-- /c/ Olvasás-szublimáció-elgőzölgs: Bekövetkezhet esetleges igen kicsiny perihéliumtávolság, vagy egy bolygólégkör külső régióin való áthaladás során.

-- /d/ Ütközési rombolódás: Nem teljes megsemmisüléssel járó ütközés olyan részecskékkal, amelyek nagyobbak az állatövi fényt okozó porszemcsék tipikus képviselőinél.

PUSZTÍTÓ HATÁSOK: A meteoroid felbomlását, teljes szétesését vagy tökéletes megsemmisülését is okozhatják.

-- /a/ Szélmalom-effektus: Egy kis méretű, de szabálytalan alakú részecskére a Nap elektromágneses sugárzásának sugárnyomása - geometriai elrendeződéstől függően - gyorsító hatást fejt ki. Ez a tengelykörüli forgás sebességét odáig fokozhatja, hogy a meteoroid teljesen felbomlik. Hozzávetőlegesen 6×10^4 év szükséges a teljes felbomláshoz, de ez erősen függ a test fizikai paramétereitől is.

-- /b/ Radzievsky-effektus: A tengelykörüli forgás felgyorsulását okozó másik hatás, mely a meteoroid felületének eltérő mértékű fényvisszaverő képességéből származik. Az egyenlőtlen albedóeloszlás okozta hatás kb. 10^3 év alatt válik maximálissá.

-- /c/ Elektrosztatikus robbanás: A Nap által kibocsájtott töltött részecskék a meteoroidok felületén felhalmozódva igen nagy mértékű /több száz voltot meghaladó/ sztatikus töltést hozhatnak létre, és ennek kisülése a részecske teljes megsemmisülését is okozhatja. További beható tanulmányozásra lenne szükség a jelenség természetét illetően.

-- /d/ Katasztrófális ütközések: Azonos fizikai és dinamikai paraméterekkel rendelkező részecskék nagy sebességű ütközése mindkettő teljes megsemmisülését, elgőzölgsét okozhatja.

- /d/ Pszeudo Poynting-Robertson effektus: A direkt sugárnyomás hatására jelentkezik, és a mindenkori Poynting-Robertson hatás mértékének kb. 22 %-át teszi ki.
- /e/ Jaworsky-effektus: A részecske "délutáni" felmelegedési hőmérséklete egy kis excesszust mutat a "reggeli" felmelegedéshez képest. Ez egy forgó gömbszimmetrikus testen olyan pályamenti változást okoz, mint a Poynting-Robertson hatás. Direkt irányú tengelykörüli forgás esetén a Poynting-Robertson és a Jaworsky-effektusok kompenzálják egymást. Nagyobb méretű meteoroidok esetén hatása akár dominánsá is válhat.
- /f/ A kozmikus sugárzás hatása: A meteoroidba csapódó nagy energiájú kozmikus sugárzás részecskéi a pályát is befolyásolhatják - igaz, csak kis mértékben. Előre nem vehető figyelembe zavaró hatásának iránya rendezetlen, mértéke gyakorlatilag elhanyagolható.
- /g/ Ütközési pályamódosulás: Nagyon kis hatást okozó, különleges esetektől eltekintve elhanyagolható mértékű.
- /h/ Coulomb-effektus: A töltött részecskékkel feldúsult meteoroidokra ható erő, amely akkor lép fel, ha a test a bolgóközmágneses és elektromos tereken halad át. Hatása elhanyagolható.
- /i/ Lorentz-erő effektus: Csak akkor lép fel, ha egy töltött részecske mágneses mezőben mozog. Elhanyagolható a pályaváltozásra gyakorolt hatása.
- /j/ Differenciális Doppler-hatás: Az a fény, amely a Napnak - tengelykörüli forgása miatt - távolodó pereméről érkezik, kicsit vörös-eltolódott /azaz az átlagosnál kisebb mozgásmennyiséget hordoz/, míg a közeledő perem felől érkező fotonok kék-eltolódottak /vagyis az átlagnál nagyobb energiát hordozók/. A sugárzási momentum ezen csekély aszimmetriája a részecskékre egy transzverzális erőt gyakorol, bár hatása mindig kisebb, mint a Poynting-Robertson effektusé.

PAPP JÁNOS