

Honnan jönnek az üstökösök?

Egyszer minden üstökös elpusztul. Néhány száz visszatérés alatt annyit veszítenek gáz és por anyagukból, hogy láthatatlanná válnak. Mégis észlelünk üstökösöket a Nap és a bolygók kialakulása után milliárd évekkel, tehát kell lennie egy forrásnak, amely újratermeli őket.

Jan Oort holland csillagász már 1950-ben feltételezett egy ilyen forrást, a nagy és távoli őstüstkösök "lelőhelyét" (az Oort-felhőt), amely évről évre biztosítja a Naprendszer belsejébe az "új" üstökösöket. Ez nagyjából gömb alakú felhő, amit a Nap gravitációs ereje tart össze, és közel 1000-szer nagyobb a sugara, mint bolygórendszeré.

Az Oort-felhőből érkező új üstökösök az óriásbolygók gravitációs vonzásába kerülnek. Ha a bolygók nem dobják ki őket a Naprendszerből, akkor periódusuk 1 millió évről 10 ezer, vagy akár 1000 évre csökken, és így olyan üstökösökké válnak, amelyeket hosszúperiódusú üstökösöknek nevezünk. Az új üstökösökhöz hasonlóan, a hosszúperiódusú üstökösökből is hol több, hol kevesebb érkezik az égbolt minden pontja felől. Néhány direkt irányban kerüli meg a Napot (úgy ahogy a bolygók is keringenek), a többi pedig ezzel ellentétesen. Ezt nevezük retrográd irányúnak.

A rövid periódus rejtélye

Van egy másik csoportja is a megfigyelhető üstökösöknek: a rövidperiódusú üstökösök, amelyek 200 év vagy rövidebb idő alatt kerülnek meg a Napot. Ezeket — eltérő pályáik alapján — nagyon könnyű megkülönböztetni hosszúperiódusú társaiktól. Túlnyomó többségük direkt irányban mozog, közel az ekliptikához. A tipikus inklinációs érték 15° – 20° közötti. Az első pillanatban úgy látszik, mintha ezek valóban rövidperiódusú üstökösök lenné-

nek, de csak a pályaszámítási eljárás végén derül ki, hogy valójában megrövidült periódusú "új" üstökösök. A direkt irányú oka az óriásbolygók gravitációs hatása, amely "behúzza" az üstökösöket a Naprendszer keringési irányába.

Martin Duncan, Thomas Quinn és Scott Tremaine megmutatták, hogy ez az értelmezés rossz. Az üstökösök pályáinak inklináció szerinti eloszlása jobban őrzi a belső természetes eloszlást, mint a bolygók szétszóró hatása és az óriásbolygók végleges befogása miatt elszenvedett változásokat. Ezért a rövidperiódusú üstökösök nem a teljes égbolton elszórt "szüleiiktől" erednek, mint az Oort-felhő üstökösei. Ezek tehát egy másik forrásból jönnek, amely olyan mint egy üstökös öv, így már van egy lapultsági eloszlása — erre Gerard P. Kuiper 1951-ben világított rá először.

Kuiper arra gondolt, hogy a bolygókat alkotó tömeg eredetileg egyenletesen terült szét a Nap körül egy gyűrű alakú zónában. Tovább extrapolálva úgy találta, hogy egy kis tömeg maradhatott a Neptunuszon túl. Mivel a Plútó tömege nem elegendő ennek megnyarazására, és eddig más bolygót még nem találtak, amely megzavarhatta volna az ottmaradt tömeg átalakulását üstökös övvé. A "Kuiper-öv" soha nem volt észlelhető gravitációsan, és mindaddig hipotézisként létezett csak, míg Duncan, Quinn és Tremaine rá nem mutatott, hogy a rövidperiódusú üstökösöknek innen kell eredniük.

Kapcsolódik-e valahogyan a Kuiper-öv az Oort-felhőhöz? Igen, mivel a belső rész némileg különbözik attól, amit a csillagászok 20 éve feltételeztek. 1977-ben rámutattam, hogy a felhő külső héjában az üstökösök sűrűsége hirtelen csökken, ha növeljük a naptávolságot, mégpedig gyorsabban, mint az a normáeloszlásból következne. Ezt extrapolálva egy erős, de nem érzékelhető magot kell feltételeznünk.

1980-ban azonosították ezt az erős magot, aminek a külső héjból újra kell töltődnie, mivel a Naprendszer életének ideje alatt a nagy intersztelláris molekulafelhőkkel való találkozásokor teljesen kiürül. Érdekes, hogy ez a mag lapult lehet, különösen a hozzánk közeli részen, úgy hogy összeér a Kuiper-övvel 50—500 Cs.E. naptávolságban.

A Kuiper-öv létrejötté további bizonyítékok lehetnek a néhány csillag körül újabban észlelt porgyűrűk. A Béta Psc körüli korong pl. 500 Cs.E.-ig terjed ki. Ezek a megfigyelések azt jelentik, hogy az akkréciós korongok, melyek végsősoron felelősek a csillagkörüli bolygók és üstökösök keletkezéséért, bolygórendszerünk méretét tízszeresen is meghaladhatják.

"Új" üstökösök érkezése

Most hogy a rövidperiódusú üstökösök forrását már tisztáztuk, feltehetjük a kérdést: miért szivárognak be új üstökösök a Naprendszer belsőjébe az Oort-felhő pereméről? A hagyományos válasz az, hogy a gravitációs perturbációk véletlenszerűen állandóan zavarják nagyon kis gyorsulásokkal ezeket az objektumokat. Ezeket a perturbációkat egy közel elhaladó csillag vagy — egy jelenleg jobban elfogadott változat szerint — egy sűrű csillagközi molekulafelhő okozhatja.

Mindkét elképzelés lehetséges, mivel a távoli üstökösök hosszú időn keresztül tartózkodnak pályájuk naptávjában (aféliumban), általában millió évig. Egy ilyen időintervallum alatt előfordulhat, hogy néhány közeli csillag elhalad a szomszédságukban. Nagy molekulafelhők sokkal nagyobb távolságról idézhetik elő ugyanezt a perturbációs hatást. Egy közeli találkozás akár az egész Oort-felhőt is képes kiüríteni, csodálatos üstökösáradatot idézve elő. Néhány ilyen eset már előfordulhatott a Naprendszer élete folyamán.

1950-ben a csekély rendelkezésre

álló észlelésből Oort a felhő külső szélét 100—200 ezer Cs.E. közöttire becsülte. A hetvenes években Brian Marsden és munkatársai már egy pontosabb és nagyobb adatbázist használtak arra, hogy megkeressék a felhő távolságát. Arra a következtetésre jutottak, hogy jóval közelebről, mintegy 40 ezer Cs.E.-ről jön az új üstökösök zöme. Egy ilyen kisméretű külső héjat egy óriás molekulafelhővel való találkozás teljesen kiüríthet.

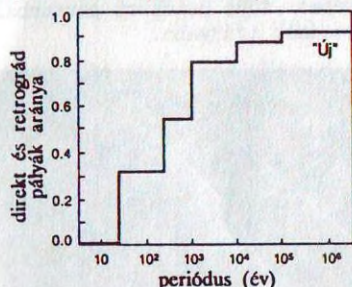
Bármilyen legyen a kiváltó ok, az Oort-felhő kisebb mérete azt jelenti, hogy egy csillagátvonulásnak még kisebb távolságban kellett lezajlania — az ilyen események pedig ritkák —, hogy ugyanaz a perturbációs hatás létrejöhessen. A mostani üstökösök pályája az utóbbi néhány millió év alatt alakult ki, és abban az időben nagyon kevés közeli csillagátvonulás történhetett. Így az új üstökösök látszó forrásai csak néhány csillagpálya körül csoportosulhatnak. Mit mondanak az észlelési bizonyítékok erről a lehetőségéről?

Aféliumok egy csoportban

Annak ellenére, hogy a hosszúperiódusú üstökösök egyenletes eloszlásúak, mégsem közelítik meg a Napot minden irányból egyenletesen. Ehelyett aféliumpontjaik szabálytalanul egy csoport felé tendálnak, amit Artur Stanley Eddington már 1913-ban feltételezett. Ennek a feladványnak a megoldása hosszú évek munkáját jelentette a csillagászok számára.

A csoport tanulmányozása a hosszúperiódusú és az új üstökösökkel együtt lehetséges csak. Mivel a rövidperiódusú üstökösök más forrásból jönnek, ezeket ki kell hagyni a vizsgálatból. Ezt persze könnyebb mondani, mint megvalósítani, két ok miatt. Az első probléma a két csoport szétválasztása periódusaik alapján. A hagyományos 200 éves határ — amit történelmi okokból választottam — nem mond semmit az objektumok eredetéről. 1984-ben ta-

nulmányoztam minden jól meghatározott üstökospályát, amelyet a Brian Marsden által szerkesztett katalógus tartalmazott, és úgy találtam, hogy a retrográd és a direkt keringési irányú üstökösök aránya változik a periódus függvényében. Ez az arány egyenletesen nő 10 évtől 100 ezer évig, ami a hosszuperiódusú üstökösöknél a Kuiper-öv üstököseinek csökkenő számából következik. A leghosszabb periódusú üstökösöknél a legkisebb a valószínűsége annak, hogy ezt az arányt a bolygók perturbációi befolyásolták, ezért lenne veszélyes együtt kezelni akármilyen más csoport vizsgálatával.



1. ábra. A retrográd és a direkt keringési irányú üstökösök aránya nem a hagyományos 200 éves szétválasztást mutatja a rövidperiódusú és hosszuperiódusú üstökösök között. Ehelyett az arány egyenletesen nő 0-tól (20 év alatti periódusok) majdnem 1-ig (100 ezer évnél hosszabb periódusok). Csak az utóbbi objektumokat nevezhetjük "új" üstökösöknek.

A másik nehézség a sok megbízhatatlan pálya. Az 1936-ban szerkesztett Marsden-katalógus 322 db parabolikus pályát tartalmaz, amely a 613 ismert hosszuperiódusú üstökösnek több mint a fele. Csábító gondolat, hogy a parabolapálya (különösen, ha az némileg bizonytalan) egy hosszuperiódusú üstökös "kézjegye", de ez hiba lenne. Az előzetes pálya mindig parabola, egyrészt, mivel könnyű kiszámítani, másrészt mert legjobban ez közelíti meg egy keskeny, elnyúlt ellipszis alakját.

Ha az üstökös pályájának csak rövid szakaszát észlelik, vagy ha a végső pályaszámítás nem készül el, akkor az örökre parabolapályaként

szerepel a statisztikában. Emiatt minden parabolapályát törölni kell a csoport vizsgálatánál, a törlés ára a valódi hosszuperiódusú üstökösök ismeretlen száma.

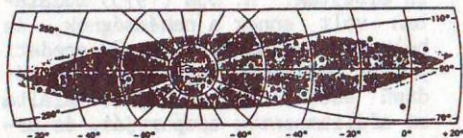
Korábbi kutatók nem értették az afélium csoport eredetét, mert nem foglalkoztak az előző két probléma megoldásával. Például J. G. Tylor (1957) és Hieronim Hurnik (1959) a hagyományos 200 éves szétválasztást használták. Ezért adataikban a Kuiper-öv üstököseinek aféliumpontjai is elbújtak. H. Oja (1975) tudatában volt ennek a nehézségnek, és helyesen választott ki 73 eredeti pályát az ismert leghosszabb periódusú üstökösökből. Meg is találta az aféliumpontok csoportját, és arra a következtetésre jutott, hogy mindössze 0,1% a valószínűsége a kiválasztás hibájának. Sajnos a minta túl kicsi volt ahhoz, hogy fényt derítsen a csoport keletkezésének okára.

1982-ben Richard S. Bogart és Peter D. Noerdlinger úgy találta, hogy sem az aféliumok térbeli iránya, sem a pálya síkja nem véletlenszerű. Sajnos őriási mintájuk, amely 545 pályából állt, 285 kétes parabolát is tartalmazott. Azt találták, hogy a pályasíkok az ekliptikához tendálnak, de ennek oka az, hogy túl sok Kuiper-övhöz tartozó üstökös volt a mintában.

1984-ben 154 üstököst választottam ki, melyeknek periódusa hosszabb volt mint 10 ezer év és "eredeti" pályájukat publikálták. (Ez az üstökösöknek a Naprendszerbe lépés előtti pályájukat jelenti — a Naprendszerben finom perturbációs változásokat szenvednek el.) Megvizsgálva az impulzusnyomatékokat, Boonruksaar Soonthornthum — az egyik diák itt Toledóban — úgy találta, hogy aféliumban az üstökösök sebessége nem véletlenszerű. Valóban, ezek a sebességek azt sugallják, hogy az Oort-felhő általános forgási iránya majdnem merőleges az ekliptika síkjára! Ez a hatás elég látványos volt ahhoz, hogy minden egyes eredményt jobban szemügyre vegyünk, és úgy találtuk, hogy leg-

inkább egy 36 üstökösből álló csoportból ered.

Ebben a csoportban a legtöbb üstökös azonos irányba mozog. Úgy látszik, a csoport az égboltnak egy kis szektorában helyezkedik el, amely 180° hosszú és 30° széles. A megmaradó égterületen viszont semmilyen anomáliát nem találtunk — a sebességvektorok teljesen véletlenszerűen oszlanak el.



2. ábra. Az égbolton van egy terület, ahol az üstökösök aféliumpontjai egy csoportot alkotnak, a legmeglepőbb azonban ezen üstökösök impulzusnyomaték-eloszlása. Az ábrán ekliptikai koordinátarendszert használtunk; a sáv az ekliptika déli pólusán átmenő csoportot jelzi. Ebbe a lencse alakú sávba — ami 180° hosszú és 30° széles — 36 vagy 35 aféliumpont tartozik. A két különböző sáv két különböző lehetőséget mutat. A 29 pont azoknak az üstökösöknek az aféliumpontjait jelöli, amelyek aféliumban ezen az ábrán balról jobbra mozognak; a körök pedig azokat, amelyek jobbról balra haladnak. Tehát ebben a szektorban a pontok száma durván az összes üstökösök számával egyenlő. Ezért úgy tűnik, hogy ezek egy, az Oort-felhőben áthaladó csillag vagy barna törpe zavaró hatásának az eredményei

A teljes égbolt felosztható 12 db 180×30 fokos szektorra. Tehát ha az aféliumpontok véletlenszerűen oszlanak el, akkor a 152 üstökös aféliumpontját 12-vel elosztva $12 \frac{2}{3}$ jut egy szektorba. Az általunk talált csoportnál viszont közel háromszorosa jut egy szektorra, ez már több mint véletlen. A tény, hogy ezek az üstökösök itt túlsúlyban vannak, azt a látszatot kelti, mintha mindegyikük egy áramlatban mozogna, amit egy mozgó test egyszerűen perturbált volna.

Kérdések és válaszok

A helyzet azonban nem olyan egyszerű. A relatív csillagsebesség általában $20\text{--}30$ km/s a Nap közelében. Egy közeli elhaladás átlagos távolságát figyelembe véve ez azt jelenti, hogy az elhaladó csillag pályája nem térne el túlságosan az egyenestől. Csak egy egészen közeli elhaladás lenne észrevehető. Az elhaladás eredményeképpen a perturbált üstökösök aféliumai nem egy 180° -os íven lennének az égbolton. Ezenkívül a perturbáló test zavaró hatása merőleges a pályájára, így nem lenne képes több üstökösöt perturbálni mozgásának irányába.



3. ábra. Egy gyorsan mozgó csillag szinte teljesen egyenes vonalban halad el a Nap mellett; az így elhaladt csillag nem idézhet elő zavart hosszú sávban, az Oort-felhő üstököseiben. Egy lassú objektum viszont igen, mivel a Nap gravitációs hatása miatt pályája elhajlik. Ráadásul az ilyen lassan mozgó test perturbációs hatása sokkal hosszabb ideig érvényesül, ezért ugyanahhoz a hatásához sokkal kisebb tömegű test is elegendő

Talán egy molekulafelhő is képes lenne ezt előidézni. Ennek lehetősége sokkal valószínűbb, mivel sokkal nagyobb távolságból képes hatásosan perturbálni. Ha például egy

ilyen felhő 65 fényév távolságban 20 km/s relatív sebességgel halad, akkor szögsebessége közel akkora, mint az üstökösök aféliumközeli szögsebessége. Innen tehát (65 fényévről), komoly befolyással lehetne több üstökösre is, amelyek ugyanabban az irányba haladnak, mivel ez a perturbációs hatás hosszú időn keresztül tartana.

Azonban ez egy téves elképzelés. Az elhaladó testnek — bármi legyen is — a Napot is vonzania kell. Az adott üstököst perturbáló hatás a Napra és az üstökösre gyakorolt perturbáció különbsége. Ezt árapály erőnek nevezzük. Ha a perturbáló test sokkal messzebb van, mint az Oort-felhő mérete, akkor az árapály erő közel azonos nagyságú a felhő közeli és távoli oldalán. Ebből az következik, hogy ha a perturbáló egy távoli molekulafelhő volt, akkor pontosan az elsóvel szemben egy másik ilyen afélium csoportnak is léteznie kellene az égbolton. Ilyet viszont nem találtunk.

Térjünk vissza tehát egy közel elhaladó csillag problémájához. Csak egy esetben lehet nem merőleges az összes perturbáló hatás a csillag pályájára. Akkor, ha a csillag olyan lassan mozog, mint az üstökösök sebessége az afélium közelében (ez általában 0,1 km/s). Itt van a rejtély kulcsa.

Ilyen afélium csoportot egy nagyon lassan mozgó testnek kellett létrehoznia! Ha a mozgás sebessége 0,3 km/s vagy kisebb, csak ekkor lehet megnagyarázni a csoport meglepő hosszúságát, mivel a Nap vonzása miatt az objektum pályája parabolához lesz hasonló. Így az általa előidézett zavar az Oort-felhőben 180° hosszú lehet anélkül, hogy nagyon közel kerüljön a Naphoz.

A lassan mozgó test jelenlétét sokkal hosszabb ideig érezteti; így hasonló hatást képes produkálni, mint egy gyorsan mozgó csillag, de sokkal kisebb tömeggel. Egy ilyen lassú, 30-szoros Jupiter-tömegű test is képes az üstökösök aféliumpontjaiban nagy anomáliát okozni. Ezek az érvek azt sugallják, hogy

egy barna törpe haladt el a Nap szomszédságában, egy olyan égitest, amely már nem bolygó, és még nem csillag.

Egy parabolaközeli pálya vagy zárt vagy nyitott. Viszont egy ilyen pályánál lehetetlen meghatározni az eltérést, mert a perihélium távolságát nem tudjuk pontosan megállapítani. Az észlelt átlagos csillagsebességek miatt kevésbé valószínű, hogy egy ilyen idegen "betolakodó", ennyire kis sebességgel, nyitott pályán haladjon keresztül az Oort-felhőn. Ezért a zárt pálya feltételezése sokkal inkább elfogadható. A csoport hosszirányú tengelye adja a pálya síkját, a középpontja pedig a "betolakodó" perihéliumának irányát.

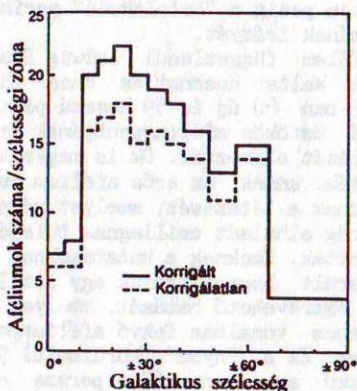
Tőlem függetlenül Ludwig Biermann, Walter Huebner és Rhea Lust 1983-ban 80 új és 59 hosszú periódusú üstökös aféliumpontjának megoszlását elemezték. Ők is megerősítették ennek az erős afélium csoportnak a létezését, amelyet néhány nemrég elhaladt csillagnak tulajdonítottak. Ezeknek a kutatásoknak is sikerült azonosítaniuk egy csillag jól észrevehető hatását, amelyet 17 egyenes vonalban fekvő aféliumpont jelez. Ez a "nyom" körülbelül 90° hosszú az égen. (Ez persze nem olyan "nyom", amit fotókon láthatunk, hanem az üstökösök aféliumpontjainak elhelyezkedése! - szerk.) A szerzők még egy üstökös-aféliumpontokban gazdag területet is találtak, az antapex pont közelében, de ez nem más, mint véletlen egybeesés.

Aféliumpontok hiányai

1984-ben — tőlem függetlenül — Lust feltételezte, hogy a galaktikus egyenlítő közelében van egy üstökös-aféliumpontokban szegény zóna, és lehetséges egy ilyen még a pólusok közelében is. En is hasonló hiányt találtam a 152 pálya alapján. Megbecsülni ennek az eredménynek az értékét csak úgy tudtam, hogy felosztottam a galaktikus koordináta-rendszert 24 egyenlő területre,

párhuzamosan a galaktikus egyenlítővel.

A két extrém terület az északi és a déli pólusapka 23° sugarú környezetében van, melybe 4 ill. 0 üstökös aféliumpontja esik. Az egyenlítőhöz legközelebbi négy zónába összesen 24 aféliumpont esik, ez zónánként átlagosan 6. Az égboltnak fennmaradó részére átlagosan 15 aféliumpont jut zónánként. Hasonló szimmetriát kapunk, ha az északi féltekén levő zónákat, a déli félteke azonos zónáival egyesítjük. Így csak 12 zónánk marad. Az ezekbe tartozó eloszlások a következő ábrán láthatók a szélesség függvényében.

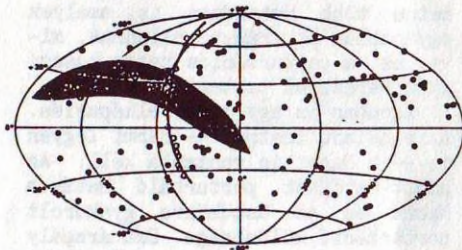


4. ábra. Jól látható a 152 üstökös aféliumpontjainak hiánya a galaktikus pólus és az egyenlítő közelében. A galaktikus koordináta-rendszert az egyenlítővel párhuzamosan 12 egyenlő zónára osztottuk. A déli és az északi féltekén fekvő zónákba eső aféliumpontok számát összeadtuk. A felső korrekciós vonal a déli féltekén dolgozó észlelők kisebb számának figyelembevételével készült

Jól ismert az üstökösök aféliumpontjainak aszimmetriája: a déli féltekén kevesebb az észlelő, és így kevesebb a felfedezett üstökösök száma is. Mivel az üstökösök a perihélium közelében érik el maximális fényességüket, ezért az aféliumpontok száma kisebb az északi égbolton.

Ha ezt a hatást ki szeretnénk küszöbölni, a -20 foknál délebbre

fekvő aféliumpontok számát kettővel meg kell szorozni. (Az ábrán ezt a korrekciót a felső folyamatos vonal jelzi.) Az aféliumihiány a pólusnál és az egyenlítőnél továbbra is jól látható maradt.



5. ábra. A 152 új és hosszúperiódusú üstökös -- melyeknek a periódusa 10 ezer évnél hosszabb -- aféliumpontjait a galaktikus koordináta-rendszerben ábrázoltuk. A sötét sávval jelzett üstökösök csoportja egy, az Oort-felhőn áthaladó lassú barna törpe perturbáló hatásától származik. A közel függőleges vonal mentén sorakozó perihéliumpontok egy normál csillag gyors elhaladásától erednek. Az ábrán kényelmi szempontok miatt a perihéliumpontokat ábrázoltuk, de ezek ugyanúgy helyezkednek el, mint az aféliumpontok, mivel e két pont mindig pontosan egymással szemben helyezkedik el az égen

Az 5. ábra a 152 aféliumpont égi eloszlását mutatja. Körrel jeleztem a Biermann, Huebner és Lüst által talált csillag nyomát, és az összetartozó aféliumpontok csoportját is. Ha nem tekintettem volna az egyenlítő menti zónában azt az öt, vagy hat aféliumpontot, még jobban feltűnne az ott lévő üres sáv.

Galaktikus árapályerők

Mi lehet az oka a három üres zónának? Valamilyen galaktikus hatás okozhatja, mivel szimmetrikus a Tejút síkjára. A Galaxis síkjában levő tömeg elég nagy ahhoz, hogy vonzást fejtsen ki a nem ebben a síkban fekvő objektumokra. Ez az erő a Tejút egyenlítői síkjára merőleges, és egyenletesen csökken a síktól való távolság növekedésével. Tehát nem a négyzetének fordítottjával arányos. Ez a csillagok homo-

gén eloszlásából adódik. A korong középsíkjától távol eső objektumokat a többi csillag gravitációs vonzása kényszeríti ebbe a síkba.

Ez az erő a Galaxis tengelyével párhuzamosan hat. Nos, az Oort-felhő elég nagy ahhoz, hogy e vonzásnak a különbsége érezhető legyen. Azokra az üstökösökre, amelyek közelebb vannak a Galaxis síkjához mint a Nap, ez az erő is nagyobb. Amelyek messzebb vannak, azokra ez az erő gyengébben hat. Így az Oort-felhőre ez a galaktikus árapályerő is hat.

Csak az utóbbi időben ismerték fel, hogy ez az árapályerő fontos lehet. Robert S. Harrington használta fel először ennek az erőnek a létezését 1985-ben, hogy megcáfolja Thomas C. Van Flandern teóriáját az üstökösök eredetéről. A rákövetkező években az e témában dolgozók kezdtek figyelembe venni ezt, a Galaxis síkjára merőleges árapályerőt, amely képes új üstökösöket a Naprendszer belsejébe irányítani.

Amikor ezt az üstökösökre alkalmazzuk, egy fontos jellemvonást figyelembe kell venni. Mégpedig azt, hogy az idő nagy részében nem a Nap irányába hat. Ennek eredményeképpen, az üstökösnek csökken az impulzusnyomatéka, és így a perihéliumtávolsága is csökken. Ezért olyan új üstökös is beléphet a bolygórendszerbe, amely először jár itt. Ennek az az eredménye, hogy nem érkezik sok üstökös a galaktika egyenlítője és pólusai felől.

Érdekes még megemlíteni D. E. Morrist és Richard A. Mullert, akik 1986-ban már megjósolták ezt a hatást, de nem bíztak létezésében. Ennek oka az, hogy a Galaxis síkjában látható csillagok nem elég nagy tömegűek ahhoz, hogy ezt a hatást érvényesítsék az egyedi csillagok közeli elhaladásával szemben. Valóban, e három zóna üstökös hiánya, jól jelzi a Galaxis síkjában fekvő láthatatlan anyag nagy tömegét.

A hiányzó tömeg

Oort már 1932-ben feltételezte a Naprendszer közelében ennek az anyagnak a létezését, sőt már ekkor írt is erről a "hiányzó" tömegről. Újabban John Bahcall és mások is megerősítették ennek létezését. Bahcall úgy véli, hogy ez a láthatatlan anyag főleg sok kisméretű, hideg csillag formájában van jelen (barna törpék) — mivel ezek főleg az infravörös tartományban sugároznak, nagyon nehéz megtalálni őket.

Ha elfogadjuk ezt az értelmezést, és a ma elfogadott barna törpék tömegével számolunk — amely 30-szorosa a Jupiternek (3 század naptömeg) —, akkor 60-szor több törpének kell lennie, mint a látható csillagok száma a Naprendszer környezetében. Ezért a gyors barna törpék Oort-felhőn való áthaladása szinte folyamatos, de egy ilyen áthaladás alkalmával a legtöbb üstökös perturbálatlan marad, éppúgy mintha egy lövedéket átlőnének egy lágy tömeg.

Néhány törpe viszont elég lassú ahhoz, hogy hatásukat megnöveljék. Kiszámítottam, hogy ha a barna törpék sebességeloszlása hasonló a látható csillagokéhoz, akkor egy 0,1 km/s-os sebességgel haladó barna törpe minden 7 milliommodik évben halad át az Oort-felhőn.

A 7 milliós év nagyjából megegyezik az ilyen üstökösök keringési idejével, így tehát mi most a különböző változások együttes hatását észlelhetjük. Mint az eredmény is mutatja, egy ilyen barna törpe áthaladása "mindennapos" és nem kivételes eset.

Bár egy nagy gravitációs tömeg létezésének lehetőségét nem vehetjük el a nagy aféliumpontok csoportjának magyarázatában (és az egyenletlen impulzusnyomatékok magyarázatában sem), a galaktikus árapályerő kimutatása azt mutatja, hogy a Galaxis síkjában jelentős láthatatlan tömeg van. Ez a következtetés pedig egy nagyon lassú, meghatározhatatlan tömegű barna törpe áthaladásával magyarázható

meg legvalószínűbben a nagy afélium anomáliákat.

A 152 üstökös közül kb. 49 került a bolygórendszerbe és vált láthatóvá, feltehetően két különböző csillagközelítés eredményeként. Az egyik egy közönséges csillag gyors elhaladása, a másik egy barna törpe lassú látogatása volt. Néhány üstökös más, meg nem határozott csillag áthaladásának a hatása lehet, de a megmaradt 103 objektum zöme a Galaxis síkjára merőleges árapályerő a hatása. Ezt a hatást nagyon jól jelzi a pólusok közelében és az egyenlítő menti sávban található kevés aféliumpont.

Úgy tűnik, ezzel sikerült megmagyarázni a hosszúperiódusú üstökösök afélium-eloszlását. Érdekes, hogy ez ugyanakkor jelentkezett, amikor felismertük és megértettük a rövidperiódusú üstökösök különböző eredetét.

ARMAND H. DELSEMME

Sky & Tel. 1989. márc.— ford. Zal

Fókusznyújtási tapasztalatok

Nem vagyok egyedül azzal a véleményvel, hogy ha növelni akarjuk a távcső nagyítását, akkor nem 6 vagy 4 mm-es okulárt kell használni, hanem Barlow-nyújtást, hosszabb fókuszú, 10—16 mm-es okulárral. Előnye a megmaradó nagyobb látómező és a jobb képkontraszt. Az okulárt sem kell ilyenkor a pupillába "belelyomni", ezért hidegben nem párasodik olyan könnyen a szem párájától.

Épp ezért Barlow-lencsék gyűjtésébe fogtam, annak kiderítésére, hogy melyik a legjobb képalkotású. Hét ilyen nyújtótágot szereztem be: 1. foto telekonverter kétszerező (Mikador), 2. Zeiss 1,6-szorozó, 3. Zeiss kétszerező, 4. MOM 1,5-szörös (kétszer homorú MC-réteges katonai elem), 5. MOM 1,7-szerező (síkhomorú, MC-s), 6. egy francia zoom-objektív belső negatív tagja (3-szorozó), 7. Zeiss 1,3-szorozó. A legjobb képalkotás szerinti rangsor: 4, 5, 3, 6, 1, 7, 2. A legjobb

három bírta a 6 mm-es okulárt és azt is, ha egymásba csavarva halmozottan nyújtottam velük a fókuszot.

Észrevettem, hogy a T-réteg vastagságának és színének is köze van a kontraszthoz. A Zeiss 1,6-szorozón és 1,3-szorozón alig látható a bevonat, színe kékes. A konverter bevonata sötétebb kék, a francia zoom-tag már barnáslilás, a Zeiss-kétszerező kékeslila, a két hazai sötétbordó árnyalatú. (A Zeiss-objektíveknél is feltűnt, hogy minél bíborabb és vastagabb a bevonat, annál kontrasztosabb a kép. Ilyen csúcs optika a 63/840-es is.)

Láthattuk, hogy a magyar gyártmányú, tehát MOM-lencsék jobbak, mint a márkásabbak. Vajon miért nem váltják ki hivatalosan is az importot hazai termékekkel?

Végül egy félreértést is szeretnék tisztázni. A legújabban gyártott Zeiss csillagászati Barlow-lencsékre nem azt írják fel, hogy hányszoros nyújtást adnak, hanem annak reciprokát. Tehát az a lencse, amelyen a 0,63x felirat díszel, valójában 1,6-szoros nyújtást ad, a 0,5x pedig 2-szerest. A régebben gyártott menetes Barlow felirata 1,3-szoros nyújtást ígér.

ISKUM JÓZSEF

Április 28.: Uránia-éjszaka

Április 28-án ismét egész éjszaka nyitva tart az Uránia. Az esti égen a Hold és a Jupiter, hajnalban az Austin-üstökös megfigyelését tervezzük. Számos előadás hangzik majd el az üstökösökről és űrkutatási újdonságokról, továbbá csillagászati videoprogramokat is bemutattunk.

Uránia