

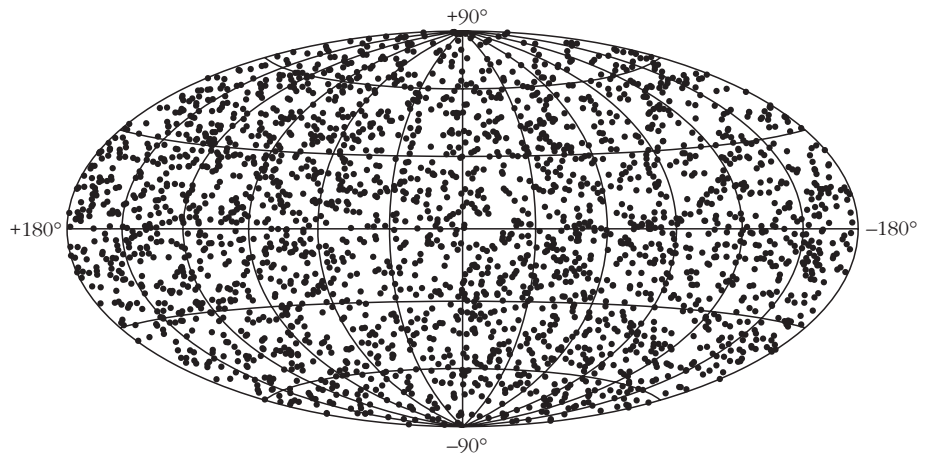
Néhány éve olvashatott tőlünk az olvasó egy általános cikket a *Fizikai Szemlében* a gammakitörésekről [1]. Így a kitörések áttekintését elhagyva azonnal a részletekre térhetünk.

Az 1980-as évek végéig közel 500 gammafelvillanást észleltek a műholdak. A felvillanások eredete és holléte tisztázásra várt. Nem volt ismeretes egyetlen azonosított forrásuk sem, de még abban sem voltunk biztosak, hogy milyen messze lehetnek a források. Tehát az sem volt ismert, hogy a forrás milyen erős, ugyanis a mért gammasugárzást okozhatta egy közeli, vagy egy távoli, de ennél sokkal erősebb forrás is.

Ha egy adott csillagászati objektum bizonyos távolságnál közelebb helyezkedik el, akkor az azt is jelenti, hogy az adott források a maximális távolsággal megegyező sugarú gömb belsejében találhatóak. Ha valamely asztrofizikai megfigyelés esetén a források közeli csillagok, akkor a helyük az égre vetítve véletlenszerűen helyezkedik el, tehát betöltik a teljes eget. Ha egy adott távolságnál közelebb lévő források számát N -nel jelöljük, akkor a kétszer akkora távolságnál közelebb lévő források száma $8N$ lenne, amennyiben a források eloszlása homogén. Hiszen egy kétszer akkora sugarú gömb térfogata nyolcszorosa az eredeti gömbének, és homogén eloszlás esetén a megfigyelt objektumok száma arányos a térfogattal.

Ha a források, amelyek a Földről megfigyelhetők, a teljes galaxisban megtalálhatóak, akkor a kétszer olyan távolságban lévő források száma csak $4N$ lenne, hiszen a források egy lapos korongban helyezkednek el, és a kétszer akkora sugarú kör területe csak négyszer nagyobb.

Tehát a források számának a fényességüktől való függése információt ad a források térbeli elhelyezkedésével kapcsolatban. Nézzünk egy egyszerű példát! Töltsék ki a források a teljes teret egyenletesen, és legyen minden forrás egyforma fényességű! Ez esetben a legfényesebbnek látszó forrás van hozzánk legközelebb. A négyszer halványabb források kétszer messzebb vannak, de mivel a kétszer nagyobb sugarú gömb térfogata nyolcszor nagyobb, ezért a négyszer halványabb források száma átlagosan nyolcszor több. A kitevőben lévő kettes és hármas eredményeképpen logaritmikusan ábrázolásnál a jelenséget egy mínusz háromkettő meredekségű egyenes jól közelíti.



1. ábra. A gammakitörések eloszlása az égbolton egyenletes.

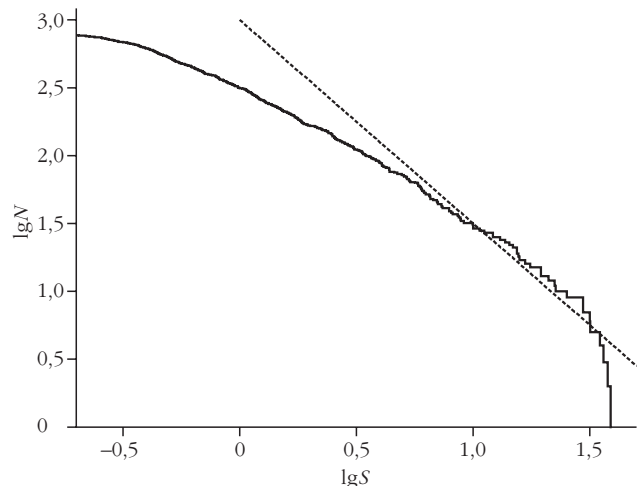
A gammakitörések égi eloszlását a gammatartományban észlelő Compton-műhold (Compton Gamma-Ray Observatory, CGRO) mérte meg pontosabban (1. ábra). Ez az eloszlás egyenletesnek mutatkozott az égbolton, és ez ellentmondott a galaktikus eredetnek. Ugyanis, ha a források nagy része a teljes galaxisban található, akkor a galaxis síkjának látszania kellene az égi eloszláson. Ennek ellenére egészen 1996-ig tartotta magát az a hipotézis, hogy a gammakitörések a kiterjedt galaktikus halóból erednek.

Ha a források egyenletesen oszlanak el az égen, akkor csak három térrész képzelhető el a források eredetére:

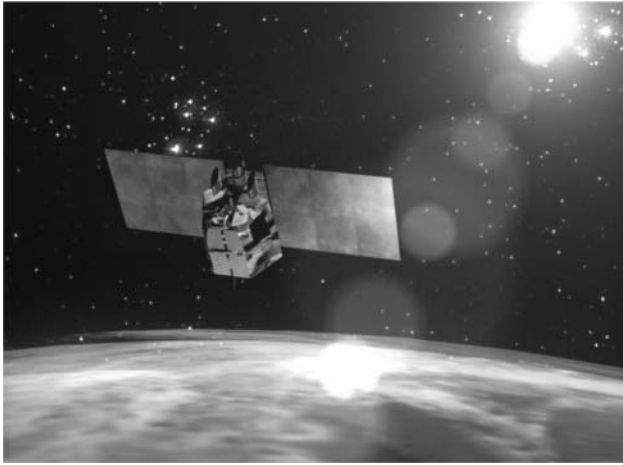
- A Naprendszerhez közeli tér.
- A fényes csillagokhoz hasonlóan egy néhány tucat, legfeljebb néhány száz parszek sugarú térrész.
- Száz megaparszek vagy annál lényegesen nagyobb sugarú tartomány.

A háromféle eredet között segít választani a fényességeloszlás ábrája, az úgynevezett $\lg N - \lg S$ diagram. A 2. ábra mutatja közel ezer kitörés látszó fényesség sze-

2. ábra. A CGRO által megfigyelt kitörések fényességeloszlása.



A 2013. évi Magyar Fizikus Vándorgyűlésen elhangzott előadás írott változata.



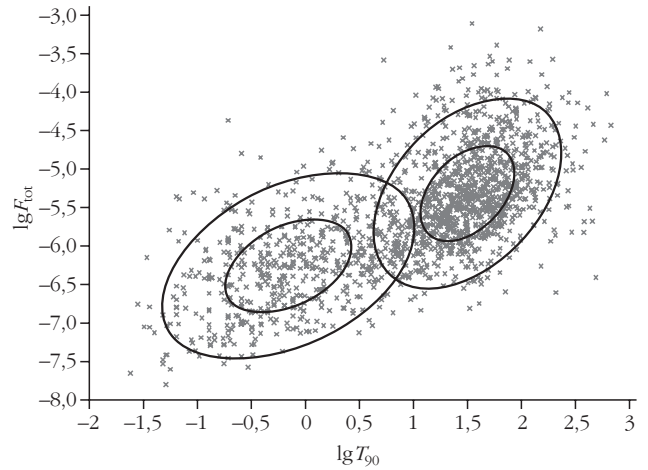
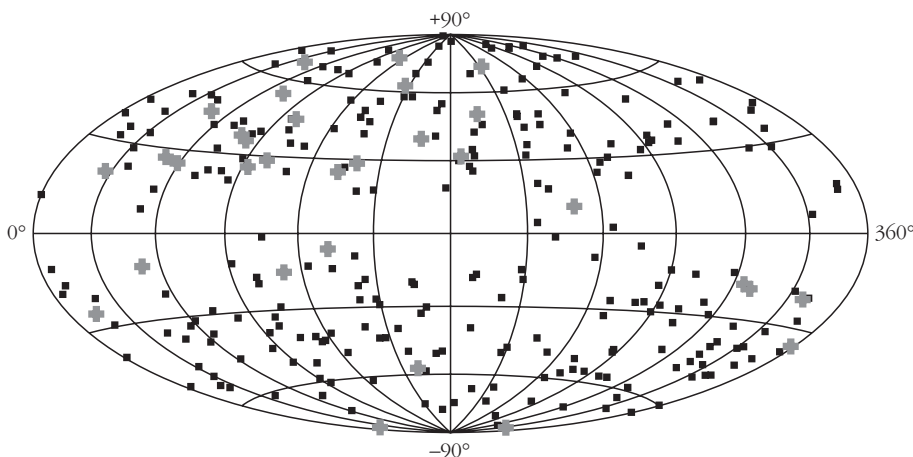
3. ábra. Az olasz–holland BeppoSax műhold.

rinti kumulatív eloszlását [2]. A függvény értéke megmutatja, hogy hány kitérést figyeltünk meg adott idő alatt, amely az adott S fényességnél fényesebb volt.

Euklideszi tér és homogén térbeli eloszlás esetén a már az előzőekben leírt okok miatt egy körülbelül $-1,5$ meredekségű egyenest (szaggatott vonal a 2. ábrán) kell kapnunk a log-log ábrán. Ez csak a fényes kitérésekre igaz a gammakitörések esetén. A halvány kitérések hiányát persze lehetne magyarázni elnyeléssel, de csillagászati megfigyelésekből tudjuk, hogy sem a Naprendszer közelében, sem a néhány száz parszekes környezetünkben nincs lényeges elnyelő anyag.

Mindezek alapján nyilvánvalóan csak a harmadik eset lehetséges. Ugyanis euklideszi térben levő homogén eloszlás esetén mindig igaz a mínusz másfeles törvény. Tudjuk viszont, hogy világunk nem euklideszi, hanem a tér, pontosabban a téridő görbült. A kozmológiai megoldások valóban megmagyarázhatják a mért $\lg N - \lg S$ eloszlást [2]. Azonban ehhez a kitérések forrásait a legtávolabbi kvazárok távolságáig kell elképzelnünk. Ez annyira hihetetlennek tűnt, hogy a tudós társadalom legalább fele inkább egyre extrémebb elméletek kidolgozásán fáradozott a galaktikus haló kiterjesztésére.

5. ábra. A közel 300 ismert távolságú gammakitörés helyzete az égen (kis négyzetek), valamint a $z \sim 2$ távolságban levők (nagy keresztek).



4. ábra. A gammakitörések időtartama és a kibocsátott teljes energia közötti összefüggés eltérő a hosszú és a rövid kitérésekre. A két ellipszis dőlésszöge más.

Tették ezt egészen 1997-ig, az első gammakitörés utófényének, vagyis forrásának azonosításáig. Ugyanis az olasz–holland BeppoSax műhold (3. ábra) ekkor figyelte meg az első olyan gammakitörést, amelynek gazdagalaxisát is sikerült azonosítani. Azóta több mint 300 kitérés távolságát ismerjük. Ezekre a kitérésekre cikkünkben még visszatérünk.

Fontos kérdés volt, hogy a kitérések felosztásának rövid (2 másodpercnél rövidebb) és hosszú gammakitörésekre, van-e valami fizikai jelentése. Azaz a létrehozó mechanizmus különbözik-e a kitérések két fajtájára. Balázs Lajos vezetésével a magyar csoport megmutatta, hogy a rövid kitérések időtartama más összefüggésben van a kibocsátott összenergiával, mint a hosszú kitéréseké [3]. Ez a 4. ábrán az ellipszisek más dőlésszögében mutatkozik meg, és ez egybevágott más kutatók állításaival, miszerint a két kitéréstípus fizikája eltér egymástól.

Kutatócsoportunk hasonló eredménye volt annak kimutatása, hogy a hosszú kitérések égbolton való egyenletes eloszlásával ellentétben a rövid gammakitörések égi eloszlása nem egyenletes [4]. Ennek oka feltehetően az, hogy a megfigyelt rövid kitérések kozmológiai értelemben közelebb helyezkednek el, mint a hosszú kitérések. Valóban a hosszú gammakitörések nagy vöröseltolódásúak (z akár 6-7 is lehet), míg a rövid kitérések többsége $z = 1$ -nél közelebb található.

A több mint 300 ismert vöröseltolódású kitérést megvizsgálva azt találtuk, hogy a $z = 1,6-2,1$ távolságban levő kitérések az égbolton nem egyenletesen oszlanak el. A pozíciók fele az égbolt egy hatodán található. Ennek a véletlen előfordulási valószínűsége 0,00001. Legközelebb

bitárs-tesztekkel ez a valószínűség 10^{-6} -nak adódott [5, 6]. Tehát a talált effektus 6 kilencesre szignifikáns. Az elmúlt évtizedekben több úgynevezett nagy falat is felfedeztek Világegyetemünkben. A nyolcvanas években egyszerűen csak Nagy Falnak nevezett, galaxis-halmazokból álló alakzat hosszúsága elérte az 500 millió fényévet. 2003-ban a Sloan Digitális Égboltfelmérési Program (Sloan Digital Sky Survey, SDSS) keretében fedeztek fel egy 1,4 milliárd fényév méretű képződményt a később Sloan Nagy Falnak nevezett alakzatot [7]. Ez a méret ellentmondani látszik az egyik alapvető kozmológiai elvnek, a homogenitás elvének, azaz, hogy a Világegyetemben az anyag nagy skálán egyenletesen oszlik el. Természetesen kérdés, hogy ez a nagy skála mekkora. Többek szerint a skála mérete nem lehet nagyobb mint egymilliárd fényév. Még jobban sérti ezt az elvet a 2012-ben felfedezett Nagy Kvazár Csoport (Huge-LQG), amely legnagyobb mérete közel 4 milliárd fényév. Ha az 5. ábrán mutatott struktúra valós, akkor a mérete 7-8-szorosan meghaladja a Sloan Nagy Fal és kétszeresen a Nagy Kvazár Csoport méretét.

KÁOSZ A FUTÓSZALAGON

A rugó-tömb modellek dinamikájában észlelt komplexitás a sűrűlódási erők sebességfüggésének tulajdonítható. A legegyszerűbb sebességfüggés esetén is a tapadási sűrűlódási együttható maximális értéke nagyobb a csúszási sűrűlódási együtthatónál, így egy felülettel érintkező és vonatszerűen húzott rugó-tömb lánc dinamikája nemlineáris, „csúszó-tapadó” típusú lavinászerű dinamikát produkál. Földrengések nagyság-eloszlását [1], a mágneses Barkhausen-zajt [2, 3], a Portevin–Le Châtelier-hatást [4], illetve közlekedési dugók kialakulását [5, 6] is sikeresen modellezték már rugó-tömb láncokkal.

A 2013. évi Magyar Fizikus Vándorgyűlésen elhangzott előadás írott változata.

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú *Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program* című kiemelt projekt keretei között valósult meg.

A kutatáshoz előzményként kapcsolódik a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú projekt, melynek megvalósulási ideje: 2012. szeptember 1. – 2013. július 31.

Köszönetünket fejezzük ki a Collegium Talentum által nyújtott szakmai támogatásért.

Irodalom

- Balázs L. G.; Horváth I.; Kelemen J.: Gammakitörések. *Fizikai Szemle* 61/11 (2011) 371.
- Horváth I.; Mészáros P.; Mészáros A.: Cosmological Brightness Distribution FITS of Gamma-Ray Burst Sources. *Astrophysical Journal* 470 (1996) 56–62.
- Balázs, L. G.; Bagoly, Z.; Horváth, I.; Mészáros, A.; Mészáros, P.: On the difference between the short and long gamma-ray bursts. *Astronomy and Astrophysics* 401 (2003) 129–140.
- Vavrek, R.; Balázs, L. G.; Mészáros, A.; Horváth, I.; Bagoly, Z.: Testing the randomness in the sky-distribution of gamma-ray bursts. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 391 (2008) 1741–1748.
- Horváth, I.; Hakkila, J.; Bagoly, Z.: *The largest structure of the Universe, defined by Gamma-Ray Bursts*. 7th Hunstville Gamma Ray Burst Symposium. GRB 2013. paper 33 in Conf. Proc. C1304143
- Horváth, I.; Hakkila, J.; Bagoly, Z.: Possible structure in the GRB sky distribution at redshift two. *Astronomy & Astrophysics* 561 (2014) L12.
- Gott J. R.; Juroc, M.; Schlegel D.; et al.: A map of the Universe. *The Astrophysical Journal* 624 (2005) 463–484.

Internetcímek

- <http://www.konkoly.hu/HEART/>
<http://swift.gsfc.nasa.gov/>
<http://fermi.gsfc.nasa.gov/>
<http://www-glast.stanford.edu/mission.html>
https://en.wikipedia.org/wiki/Hercules-Corona_Borealis_Great_Wall

Sándor Bulcsú, Néda Zoltán

Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Fizika Kar, Kolozsvár, Románia
 Edutus Főiskola, Műszaki Intézet, Tatabánya

Járai-Szabó Ferenc

Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Fizika Kar, Kolozsvár, Románia

Tél Tamás

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Elméleti Fizikai Tanszék

Itt egy hasonló rendszert vizsgálunk: téglatest alakú tömböket rugókkal láncszerűen összekapcsolunk, majd az így kapott láncot a földhöz képest állandó u sebességgel haladó futószalagra helyezük úgy, hogy a rugó-tömb lánc egyik végét a földhöz viszonyítva egy rugóval rögzítjük (1. ábra). Ez a rendszer egyenértékű egy olyan rugó-tömb láncsal, amelyet az első testhez rögzített rugón keresztül húzunk egy vízszintes felületen.

A futószalag elindítása után az első rugó megnyúlik, majd megcsúszik az első test, és ezt követően hasonló módon a többi is. A testek mozgásának

1. ábra. A tanulmányozott rendszer vázlata: öt testből álló rugó-tömb lánc a futószalagra helyezve. A használt lényeges fizikai mennyiségek jelölése: u a szalag sebessége, k a lineáris rugóállandó, m a testek tömege, F_r a rugóerő, F_s a sűrűlódási erő, x_i az i -edik test koordinátája, x_5 az 5. (utolsó) test koordinátája.

