

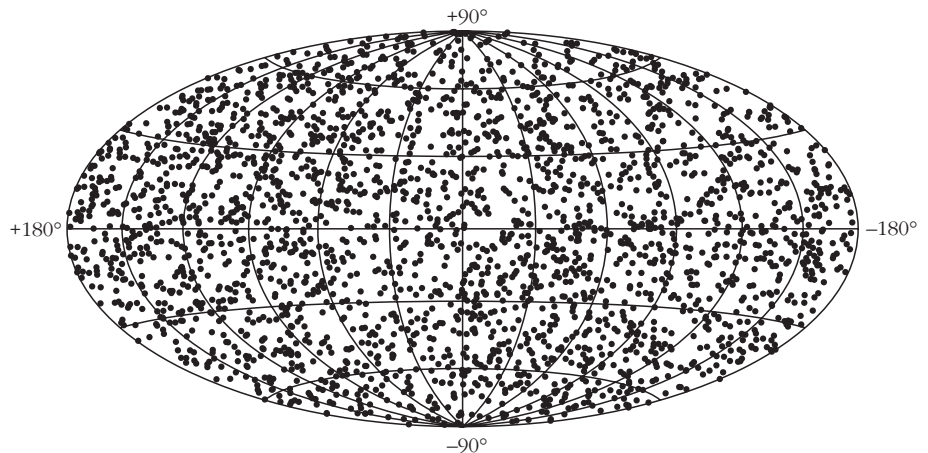
Néhány éve olvashatott tőlünk az olvasó egy általános cikket a *Fizikai Szemlében* a gammakitörésekről [1]. Így a kitörések áttekintését elhagyva azonnal a részletekre térhetünk.

Az 1980-as évek végéig közel 500 gammafelvilanást észleltek a műholdak. A felvilanások 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 található. 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 megtalálhatók, 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.

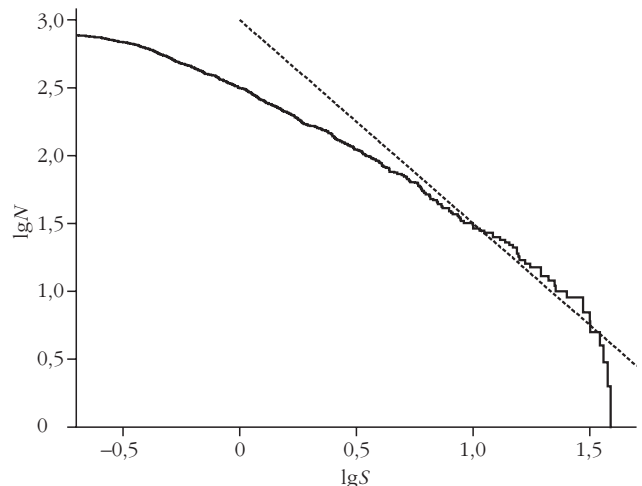
A gammakitörések égi eloszlását a gammatartományban észlelő Compton-műhold (Compton Gamma-Ray Observatory, CGRO) mérte meg pontosabban (1. ábra). Ez az eloszlás egyenletesnek mutatkozott az égbolton, és ez ellentmondott a galaktikus eredetnek. Ugyanis, ha a források nagy része a teljes galaxisban található, 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:

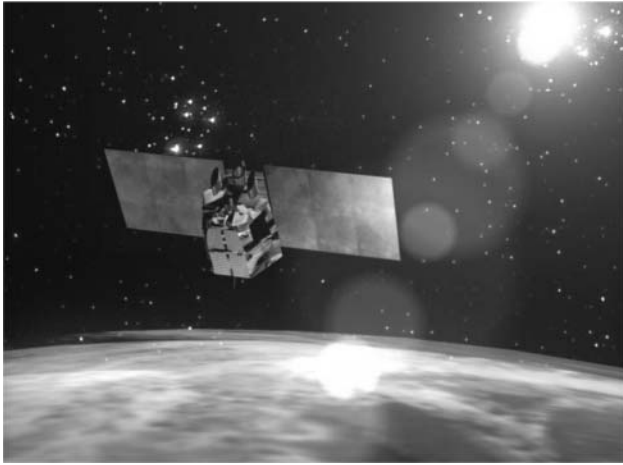
- A Naprendszerhez közeli tér.
- A fényes csillagokhoz hasonlóan egy néhány tucat, legfeljebb néhány száz parszek sugarú térrész.
- Száz megaparszek vagy annál lényegesen nagyobb sugarú tartomány.

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.



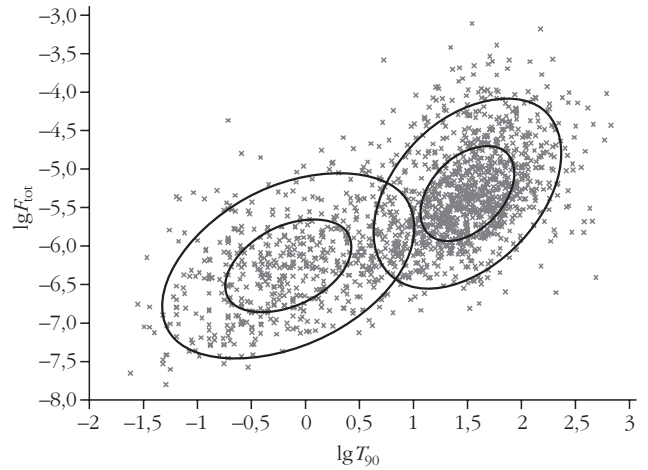
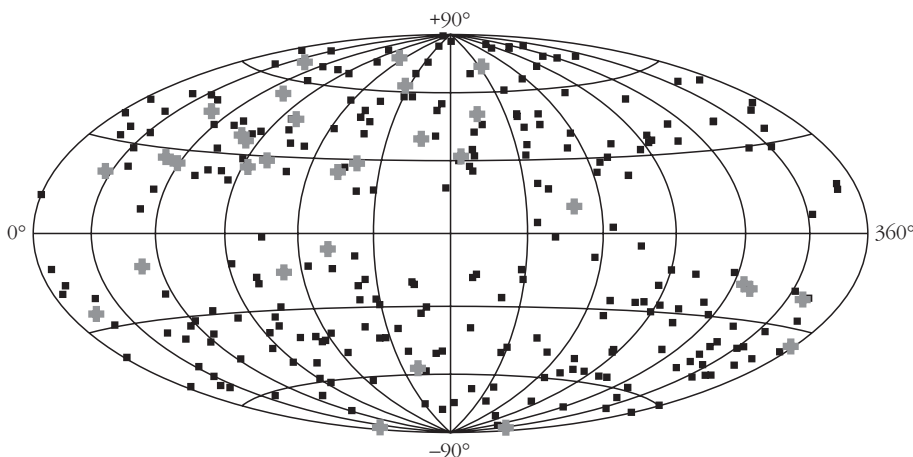
3. ábra. Az olasz–holland BeppoSax műhold.

rinti kumulatív eloszlását [2]. A függvény értéke megmutatja, hogy hány kitérését 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 kitérésre igaz a gammakitérés esetén. A halvány kitérés 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 kitérés 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 gammakitérés helyzete az égen (kis négyzetek), valamint a  $z \sim 2$  távolságban levők (nagy kereszt).



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

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

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

Kutatócsoportunk hasonló eredménye volt annak kimutatása, hogy a hosszú kitérés égbolton való egyenletes eloszlásával ellentétben a rövid gammakitérés égi eloszlása nem egyenletes [4]. Ennek oka feltehetően az, hogy a megfigyelt rövid kitérés kozmológiai értelemben közelebb helyezkednek el, mint a hosszú kitérés.

Valóban a hosszú gammakitérés nagy vöröseltolódásúak ( $z$  akár 6-7 is lehet), míg a rövid kitérés többsége  $z = 1$ -nél közelebb található.

A több mint 300 ismert vöröseltolódású kitérés megvizsgálva azt találtuk, hogy a  $z = 1,6-2,1$  távolságban levő kitérés 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.

## Irodalom

1. Balázs L. G.; Horváth I.; Kelemen J.: Gammakitörések. *Fizikai Szemle* 61/11 (2011) 371.
2. Horváth I.; Mészáros P.; Mészáros A.: Cosmological Brightness Distribution FITS of Gamma-Ray Burst Sources. *Astrophysical Journal* 470 (1996) 56–62.
3. 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.
4. 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.
5. 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
6. Horváth, I.; Hakkila, J.; Bagoly, Z.: Possible structure in the GRB sky distribution at redshift two. *Astronomy & Astrophysics* 561 (2014) L12.
7. 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](https://en.wikipedia.org/wiki/Hercules-Corona_Borealis_Great_Wall)