

I. Primitív (naiv) kozmológia

A Hubble-törvény szerint statisztikailag érvényesülő összefüggés:

$$v = H \cdot s$$

ahol v a galaxisok távolodási – vöröseltolódásból (Doppler-effektus) mérhető - sebessége, s a – Cepheidák fényesség-periódus alapján számolt – távolsága, H az ún. Hubble állandó. Az egyenlet érvényességét kiterjesztették olyan nagy távolságokra, hogy a galaxisokban már nem találhatunk megfigyelhető Cepheidát, viszont a vöröseltolódást tudjuk mérni. *(Kellene találni valami más, megfigyelhető jelenséget, ami hitelesíti ezekre a nagy távolságokra is az összefüggést. Így indult a szupernova program, lásd alább.)* Látható, hogy H dimenziója $1/\text{idő}$.

Konvencionálisan vegyes távolságegységeket használnak a gyakorlatban, hogy kézzelfoghatóbb legyen H értéke, ne kelljen túl kicsiny vagy túlfutó nagy számokkal dolgozni; így általánosan – a mérési eredmények alapján - a 75 km/sec/Mpc érték elfogadható. [Hiv.: <http://cfa-www.harvard.edu/~huchra/hubble/> és még rengeteg hely, más-más értékekkel. 60, 80, stb., nagy a szórás.]. A távolságegységeket összhangba hozva, az idő mértékegységének az évet véve;

$$H = 7,67 \cdot 10^{-11} \text{ 1/év}$$

H reciproka nagyjából-egészében megadja az Univerzum „korát”, kerekítve: $13 \cdot 10^9$ év. (13 milliárd év.) [Hiv. pl.: http://en.wikipedia.org/wiki/Age_of_the_universe] Védhető is ez az álláspont, hiszen ha visszafele forgatjuk az idő kerekét, akkor ennyi idő kell ahhoz, hogy a galaxisok, galaxis halmazok összetalálkozzanak. (A távolabb lévőeknek nagyobb a sebessége, tehát visszafele is jobban kell igyekezniök, hogy a randevú létrejöjjön.) Nagyjából ugyanez az érték jön ki a háttérsugárzás alapján kiszámított életkorra is. Ennyi idő kell ahhoz, hogy a massa lehűljön kb. 3 Kelvin fokra. Jelenleg ezen érték körül van a hőmérsékleti sugárzás alapján kalkulált és mért (mikrohullámú háttérsugárzás) hőmérséklet érték.

Nagyszerű dolog, kiszámoltuk az Univerzum életkorát! De – kétségtelen emberi tulajdonság a kérdés felvetése – mit hoz a jövő? Az nem lehet, hogy az idők végezetéig csak táguljon, táguljon ez a Világegyetem, semmibe foszoljék, szana-szerte! A Mi Világegyetemünk! Ha valamivel gátat tudunk vetni ennek a semmivé válásnak, az csak a gravitáció lehet, semmi más. Becsüljük meg az Univerzum anyagsűrűségét! (Kapcsolata a gravitációval evidens.) Amit látunk – akár azért mert fénylik, tehát látható, akár azért mert ott látni kéne valamit, de nem látunk, tehát van köztünk egy sötét felhő – intersztelláris, intergalaktikus anyag – nem túl sok, figyelembe véve a távolságokat, térfogatokat. Meg kell fogni ezt a tágulást! Kell, hogy legyen **sötét anyag** (*dark matter*)! [Hiv.: http://en.wikipedia.org/wiki/Missing_mass , http://en.wikipedia.org/wiki/Bullet_cluster ...] Itt már a kvantum fizikusokat is előcítáljuk, becsüljük meg az összes szabadon kószáló elemi részecske tömegét, mennyi lehet. Akkor is, ha feltételezésünk szerint nincs is nyugalmi tömegük, találjanak már olyan neutrínókat, *(mindenen áthatoló, ezért igen nehezen kimutatható elemi részecskék, milliárdokat költöttek, költenek a kimutatásukra, és nagyon sok van belőlük az elméletek szerint)* amelyeknek van igen-igen piciny, de mégiscsak van tömegük. Mert ezekkel együtt tán megfoghatjuk ezt a fékevesztett, és roppant bosszantó

tágulást! Arisztotelészi szemlélet. Inkább legyen Nagy Reccs (a Nagy Bumm után szabadon), mint ez a cudar szertefoszlás.

A 90-es évek második felében, a szupernova program indulása után nem sokkal a mérések azt mutatták, hogy a tágulás nem hogy lassulna, de **gyorsul!** (Fényesebbnek – vagy halványabbak, végülis számomra nem világos - látszanak a távoli szupernovák, mint amit a vöröseltolódásból számított távolságuk alapján mutatniok köllene.) A vöröseltolódás mértékének vett z érték alapján az Ia típusú szupernovákat standard gyertyának véve megbecsülték adott kis z_0 értéknél kisebb z -re (viszonylag „közele” galaxisokban) a fellobbant szupernovák fényességét, és a távoliakra próbálták alkalmazni, ellenőrizve a *Hubble-törvényt*. Logikailag tökéletesen illik a sorba, hiszen a Cepheidák fényesség-periódus és a mért vöröseltolódás alapozta meg magát a *Hubble-törvényt*. Egy bibi van; nem klappol a tapasztalat az elmülethez; túl fényesek (halványak?) a távoli szupernovák. Tehát a vöröseltolódás alapján kiszámítva a távolságukat becsülhetjük a fényességüket a standard gyertya módszer szerint, másrészt a fényességüket mérhetjük is direkt módon. A mért fényesség pedig nagyobb (kisebb?), mint amit a távolság alapján feltételezhetnénk.

Szóval van valami, ami egyre gyorsulva pumpálja szétfele a Mi Világegyetemünket! Az Ia típusú szupernovák fényessége alapján becsülve a távolságot a galaxisok gyorsabban távolodnak, mint az a *Hubble-törvényből* következne. Van az Univerzumban valami belső motiváció, energia, a **sötét anyag** (*amelyet oly áhítottan kerestünk és véltünk megtalálni, de ha már egyszer azt mondtuk, hogy megtaláltuk, akkor azt már snassz letagadni, tehát van. Tán jobb lenne, ha nem lenne, mert pont a visszafogáshoz kerestük ... És most meg itt ez a gyorsulás is! Micsoda pech! ...*) után szabadon elneveztük **sötét energiának**, néha negatív nyomásként említik. („*dark energy*”) Manapság becslések szerint a *dark energy* az egész Univerzum 70-75%-át teszi ki. Az annak előtte behordott *dark matter* pedig 20-25%-át. Szóval, amit ki tudunk mutatni, mert látunk – vagy nem látunk mert takarja azt, amit látnunk kellene – az alles zu sammen 4-5%. [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Cosmological_composition.jpg]

Szegény Newton forog a sírjában. Annakidején néha azt találták – maga Newton is – hogy van itt-ott néhány ívmásodperces lötyögés az égitestek efemeriszében – előre kiszámított helyzetében (a Neptunusz, a Plutó, az einsteini relativitáselmélet az eltéréseket megmagyarázta) - ilyen esetekre Newton kényelmi szempontból az angyalokat hívta segítségül, akik egy picit játszadozva, körmük hegyével kiigazították a Rendet.

De ez itt és most LÓRUGÁS, kemény patákkal! Brutális.

Jön egy kis matematika, nem túl primitív, nem túl naiv, de jön. Ha jobban megfigyeljük a *Hubble-törvényt*, az összefüggés igazából egy klasszikus differenciálegyenlet, ha az időt, mint független változót szerepeltetjük. Hiszen a sebesség – Isaac Newton óta tudjuk:

$$v(t) = d(s(t))/dt$$

A sebesség az út-idő függvény idő szerinti deriváltja. Keressük meg azt az út-idő ($s(t)$) függvényt, ami eleget tesz a *Hubble-törvénynek!* Vannak elméletek a kozmológiában, melyek szerint maga a H konstans is függ az időtől. Mi most tegyük fel, hogy *nem függ, a tér saját, tőle el nem különíthető attribútuma.*

Szóval:

$$v(t)=ds(t)/dt = H*s(t)$$

$$ds(t)/dt = s'(t) = H * s(t)$$

Most feltételezzük némi matematikai ismeret az egyszerű elsőfokú lineáris differenciálegyenlelekről, a megoldás ebben az esetben:

$$s(t) = a * e^{H * t} \text{ ahol } a \text{ tetszőleges konstans.}$$

Nagyon könnyen ellenőrizhetjük a megoldást;

$$v(t) = s'(t) = (a * e^{H * t})' = a * H * e^{H * t} = H * s(t)$$

bizony stimmel.

Tehát magából a *Hubble-törvényből* következik, hogy a tágulás gyorsul és ráadásul exponenciálisan. **(Hol a hiba a képen? Ezt a szösszenetet nyilván sokan végiggondolták már, hiszen nem túl nagy ötlet, és mégsem mentek tovább a gondolatmeneten. Nyomat nem találtam sehol. Mi állíthatta meg őket? Lehet, kapitális baromság.)**

Lépünk tovább, hátha rátalálunk az akadályra, és ellentmondásba botlunk.

A *Hubble-törvényt* elfogadva és az időt független változóvá téve azonban nem csak a gyorsuló tágulást „magyaráztuk” (fizikailag nem magyarázunk semmit, pusztán egy matematikai fikcióval kacérkodunk), hanem az egész konstrukciót más alapra helyeztük. Mi történt 13 milliárd évvel ezelőtt? Semmi különös. „Kisebb” – „sűrűbb” - volt az Univerzum. Elegendő csak arra gondolni, hogy visszafele forgatva az idő kerekét, a Világegyetem „szűkülése” exponenciálisan lassul! Valószínűleg a kérdésnek sincs semmi értelme, már hogy „Mekkora az Univerzum?”

A differenciálegyenletünk megoldásához nem adtunk kezdeti feltételt. A kérdés sokkal értelmesebb, ha azt kérdezzük; „Milyen messze volt tőlünk az a galaxis 13 milliárd évvel ezelőtt, amelynek távolságát most 1 milliárd fényévre tesszük?” Tudjuk, a Big Bang szerint akkoriban váltunk szét, tehát a válasz jó közelítéssel: **0** !

Az exponenciálisan növekedő távolságokkal operálva azonban ez korántsincs így.

$$s(t) = a * e^{H * t}$$

Az időskála nulla pontjának válasszuk a 13 milliárd évvel ezelőtti időpontot. A keresett távolság ebben az időpontban pontosan megegyezik az *a* konstanssal. Az *a* értékét viszont egyszerűen meghatározhatjuk, mivel ismerjük a mai (13 milliárd évnél mért) távolságot; az a feltétel szerint 1 milliárd fényév.

A kitevő az egyenlet alapján:

$$H * t = 7,67 * 10^{-11} \text{ (1/év)} * 13 * 10^9 \text{ (év)} = 99,71 * 10^{-2} = 0,9971$$

(Nagyjából – ha nem kerekítgetünk le s fel – 1.00 . Számmisztikusok kíméljenek, ez csak a véletlenek összejátszása miatt **1.00** !!!!!) Behelyettesítve:

$$e^{H \cdot t} = e^1 = 2,718\dots$$

Továbbá az alapegyenlet a kezdeti feltétellel:

$$s(t) = 10^9 \text{ fényév} = a \cdot 2,718\dots$$

$$a = 3,69 \cdot 10^8 \text{ fényév}$$

Közel sem 0 , hanem tekintélyes távolság; 369 millió fényév! Az exponenciális összefüggés okán annyit tudunk még mondani – szemléletes példát –, hogy két pont (galaxis) közötti távolság hozzávetőlegesen 9 (9,04...) milliárd évenként megduplázódik. Az anyagsűrűség pedig nyolcadára hígul, **ha igaz a térre a köbös összefüggés**.

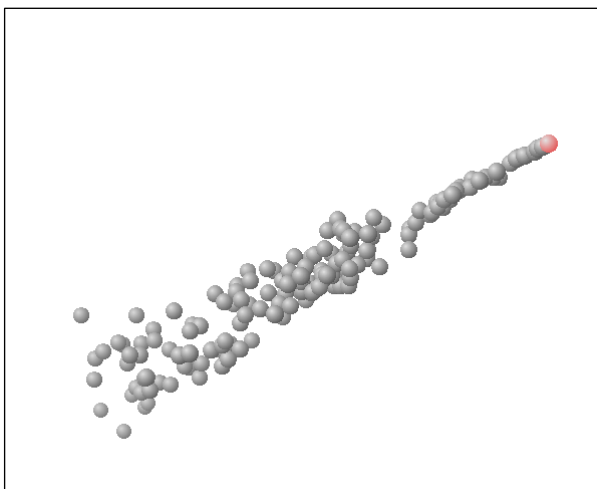
A konstrukcióban van egy kis csapda; elvileg fénysebességnél nagyobb sebességgel is távolodhatnak egymástól objektumok, ami – szó, ami szó – meglepetést okozhat. Ellentmond a speciális relativitáselmélet alapvetésének, hogy a fénysebesség állandó, és annyi amennyi, és nálánál gyorsabb terjedés nincsen. Fogadjuk el ezt a premisszát is, abból nagy baj nem lehet. Legfeljebb **gyomorgyűrűt** rakunk a tér három dimenziójára, a távolságra. Ne legyen annyira falánk. A gyomorgyűrűnk a fénysebesség és a *Hubble-törvény* (vagy valami hasonlatos dolog).

Egy kérdés, amit ténylegesen értelmetlen dolog feltenni, holott látszólag van értelme:

- ha volt Big Bang, akkor pl. equatoriális koordináta rendszerben merre volt, mik a koordinátái? Hiszen akkor igen piciny volt az Univerzum, most mi meg itt vagyunk, ahol vagyunk, de honnét jöttünk? („Háromszögeljük” ki a távolodások sebességvektorait!)
- másképpen fogalmazva a kérdést: bármilyen irányhoz közel találhatóunk tetszőlegesen ősi objektumokat, ha jó nagy távcsővel rendelkezünk és van egy kis szerencsénk. Hogyan lehet ez? (**Jaj** ; mekkora az Univerzum átmérője?)

Néhány kérdés, amit ténylegesen értelmes dolog feltenni, holott látszólag nincs értelme:

- a gömb felszíne $4 \cdot r^2 \cdot \pi$? A gömb térfogata $4 \cdot r^3 \cdot \pi / 3$?
- a Virgo halmaz galaxisait a térben vizsgálva, 0 sajátmozgást feltéve, a vöröseltolódások – távolodási sebességek alapján a következő elrendezést kapjuk:



A piros golyóbis a galaxisunkat jelöli, a többi szürke golyóbis a Virgo halmaz elemeit. (Az adatok forrása: <http://www.atlasoftheuniverse.com/>)

Az elrendezés egészen különleges. Mintha a mi galaxisunk lenne a kiinduló pontja, vagy éppenséggel a célja a Virgo halmaz „helyzetének”. Mindenesetre látszik a piros golyóbis kitüntetett szerepe.

Ilyen fontosak vagyunk a Virgo halmaz szempontjából?

(Skálázáshoz: A legtávolabbi galaxis távolsága a halmazban kb. 40 Mpc.)

Az ábra élvezhetőbb kivitelben megtekinthető, forgatható, stb.:

<http://www.dunakanyar.net/~szolcs/csill/virgo.htm>

(Applet: Sun & Java All Rights reserved. Az XYZ adatok saját illesztés.
Lefele folytatódik a 3D ábrázolás, nem csak a Virgo halmaz van felvéve!)

Minek köszönhető ez a „fordított” perspektivikus hatás, miszerint minél távolabb van két – egymástól feltételezhetően ugyanolyan messze lévő – galaxis, annál messzebbre látszik egymástól? *Gravitációs lencsehatás?* A gyakorlatban a perspektíva egészen másképpen működik. Minél közelebről látunk valamit, az annál nagyobbak látszik! Azt várnánk, hogy a Virgo halmaz közeli fele lefedje a távolabbi tagjait a halmaznak. A tapasztalatunk pedig, hogy a távolabbik fele kilóg, a halmaz látszó szélein levő galaxisok az igazán távoliak – a nagy sebességgel távolodók. A csoport képzés az oka? Ha együtt vizsgáljuk a Leo I és Leo II halmazokkal, nem látunk hibát, azok elkülönülnek – ha egymástól nem is annyira – de a Virgo halmaztól mindenképpen.

Kínálkozik egy pragmatikus út; a vöröeltolódások nyilvánvalóan a kozmológiai tágulás és a galaxisok saját sebességeiből tevődnek össze. Becsüljük meg galaxisonként, vagy csak úgy, statisztikai átlagában a tágulásból adódó sebességet, és a saját sebesség okozta komponenst! (*Figyelembe véve, hogy magán a Virgo halmazon belül is hat a kozmológiai tágulás! Kalkuláljunk a gravitációs lencsehatással is – lehet, hogy nem elhanyagolható!*) Addig-addig becsüljük és úgy, amíg nagyjából a piros golyóbis elveszíti kitüntetett szerepét. Az Univerzum – akárcsak a Naprendszer – nem feltétlen Föld (bocsánat: Tejútrendszer) központú. Remek téma lehet ez is.