

Isaac Asimov

# Az éjszaka sötétje

Gondolom, sokan ismerik önök közül a „Mogyorók” című képregénysorozatot. Robyn lányom (aki a negyedik általánosba jár) és én egyaránt kedveljük. Egy napon odajött hozzám, kezében az egyik folytatással, amelyben az egyik kis figura azt kérdezi nevetlen nővérétől: „Miért kék az ég?”, mire az a következő választ adja: „Azért, mert nem zöld!” Amikor Robyn már kinevette magát, arra gondoltam, felhasználom a kedvező alkalmat arra, hogy társalgásunkat mélyenszántó tudományos vitává fejlesszem (természetesen kizárólag Robyn jól felfogott érdekében. Értik, ugye?) Ezért így szóltam: „Nos, Robyn, tényleg: miért fekete az ég éjjel?” És Ő erre gondolkodás nélkül ezt válaszolta: „Mert nem lila!” (Valószínűleg már várta a kérdésemet.) Szerencsére az ilyen és ehhez hasonló megnyilatkozásokat hamar ki szoktam heverni\* Ha Robyn nem mutat megértést, még mindig bizalommal fordulhatok a Nyájas Olvasóhoz. Az éj sötétjének kérdését most önökkel fogom megvitatni!

Hogy a történetet a legelején kezdjük, Heinrich Wilhelm Matthias Olbers német orvos és csillagászhoz (született 1758-ban) kell visszanyúlnunk. Ez az úr amatőr csillagász volt, és élete delén egy egészen különleges csalódás jutott osztályrészéül. A dolog valahogy így történt...

A tizennyolcadik század vége felé egyre erősödött a gyanú a csillagászokban, hogy a Mars és a Jupiter pályája között valahol még egy bolygónak kell keringenie. Német csillagászok egy csoportja — közöttük találjuk Olberst is — elhatározta, hogy az ekliptikát és környékét felosztja megfigyelési körzetekre, és ki-ki alaposan átkutatja a maga körzetét, hogy az új bolygót nyakon csípjék.

Olbers és társai módszeresen és alaposan jártak el; igazság szerint megérdemelték volna, hogy a szóban forgó bolygót valóban megtalálják, és az ezzel járó dicsőséget learassák. Az élet azonban sokszor megfricskázza az embereket. Amíg ők a terv részleteivel voltak elfoglalva, Giuseppe Piazzi olasz csillagász, akinek egyébként esze ágában sem volt bolygók után kutatni, 1801 januárjának első éjszakáján felfedezett az égbolton egy fénypontot, amely helyzetét a környező csillagokhoz képest változtatta. Piazzi figyelemmel kísérte egy ideig, és úgy találta, mozgása folyamatos. A fénypont lassabban mozgott a Marsnál, de gyorsabban a Jupiternél, ezért valószínűnek tűnt, hogy egy közbülső pályán mozog. Piazzi közzétette felfedezését, és ezzel a véletlen neki, és nem az alapos Olbersnek juttatta az áhított helyet a történelemkönyvekben.

A dicsőségből azért Olbersnek is jutott. Piazzi rövidesen megbetegedett, és nem folytathatta megfigyeléseit\* Mire felépült, a bolygó annyira közel került a Naphoz, hogy megfigyelése lehetetlenné vált.

Piazzinak nem állt elég adat rendelkezésére ahhoz, hogy a bolygó pályáját kiszámíthassa, és ez baj volt. Hónapokig is eltarthatott volna, amíg a lassan mozgó bolygó, ismét előbukkanva a Nap mögül, megfigyelhetővé válik. Kiszámított pálya hiányában pedig akár évekig bottal üthették volna a nyomát.

Szerencsére egy fiatal német matematikus, Karl Friedrich Gauss pályája épp akkortájt volt felívelőben a matematika egén. Ő dolgozta ki az ún. „legkisebb négyzetek módszerét”, melynek segítségével lehetővé vált valamely, a Nap körül keringő égitest pályájának kiszámítása mindössze három megfigyelési adatból.

Gauss kiszámította Piazzi bolygójának pályáját, és amikor a bolygó újra megfigyelhető helyzetbe jutott, Olbers már ott ült a távcsöve mögött, melyet az ég azon pontjára szegezett, ahol Gauss számításai szerint az új bolygónak tartózkodnia kellett. Gauss jól számolt, és Olbers 1802. január elsején megtalálta a bolygót.

Kiderült, hogy a Ceres (mert így nevezték el) átmérője alig 500 kilométer, kisebb akármelyik

akkor ismert bolygóénál, sőt az azok körül keringő holdak közül is legalább hat nagyobb volt nála.

Felmerült a kérdés, vajon a Ceres lenne az egyetlen égitest, amely a Mars és a Jupiter között található? A német csillagászok mindenesetre tovább folytatták a keresését, már csak azért is, mert gondos és hosszadalmas előkészületeik felesleges voltába nem tudtak belenyugodni. És valóban, rövid idő elteltével újabb három bolygóra bukkantak a Mars és a Jupiter pályája között. Kettőt közülük, a Pallast és a Vestát, Olbers fedezte fel\* (Később még rengeteget találtak.)

De természetesen másodikkak lenni sohasem az igazi. Ami Olbersnek végül is kijutott, az csak az egyik kisbolygó neve volt. Az ezredik a Piazzia, az ezeregyedik a Gaussia, és az ezerkettedik, most fogódzkodjanak meg, az ezerkettedik az Olberia nevet kapta.

Nem kísérte több szerencse Olbers más megfigyeléseit sem. Üstökösök keresésére specializálva magát, ötöt fedezett fel belőlük, de ez a dicsőség akárki osztályrésze lehet, aki elég időt szán a keresésére. Az, hogy van egy Olbers-üstökös is, nem különösebben jelentős tény.

Hagyjuk hát faképnél ezt az Olberst? Semmi esetre sem.

Sose lehet tudni, mi az, amivel valaki kiérdemli helyét a tudomány történetében. Sokszor az is elég, ha valaki álmodozik, persze nem akárhogyan.

1826-ban Olbers feleslegesnek tűnő spekulációba bocsátkozott azzal kapcsolatban, hogy miért sötét az éjszakai égbolt, és végül is egy nyilvánvalóan nevetséges végkövetkeztetésre jutott.

Mégis, ez a spekuláció Olbers-paradoxon néven bevonult a tudománytörténetbe, és egy évszázaddal később alapvető jelentőségű lett. Egész röviden, az Olbers-paradoxonból kiindulva arra a következtetésre juthatunk, hogy csak azért létezhet élet bárhol az univerzumban, mert a messzi galaxisok távolodnak tőlünk!

De vajon milyen kapcsolat lehet köztünk és a távoli galaxisok között? Kérem, legyenek türelmesek, ki fogjuk deríteni.

Ha valamikor régen egy csillagászt megkérdeztek volna, miért van sötét éjjel, azt vála szolta volna: azért, mert a Nap nincs fenn az égen (ami egészen logikus válasznak tűnik;

És ha a következő kérdés úgy hangzott volna, miért nem tudják a csillagok fényükkel helyettesíteni a Napot, a (megint csak logikusnak tűnő) válasz ez lett volna: azért, mert a csillagok száma véges, és a fényük gyenge. Valóban, ha a látható csillagokat össze tudnánk terelni az égen, együttes fényük félmilliárdszor gyengébb lenne a Napénál. Az éjszakai ég megvilágításához ez kevesebb, mint elégtelen.

A tizenkilencedik század végére azonban ez utóbbi érvet már nem lehetett elfogadni. Az ismert (megfigyelhető) csillagok száma óriási volt. Hatalmas teleszkópok látómezejé- ben milliószámra nyüzsögtek.

Persze, mondhatná valaki, a csillagoknak ezek a milliói nem osztanak vagy szoroznak, mivel szabad szemmel nem láthatóak, és ezért nem járulnak hozzá az éjszakai ég megvilágításához. Azonban ez az érvelés sem helytálló. A Tejút csillagait sem tudjuk szabad szemmel megkülönböztetni egymástól, de együtt mégis egy világító öv gyanánt jelennek meg az égbolton. Az Androméda köd sokkal messzebb van tőlünk, mint a Tejútrendszer bármelyik csillaga, és az őt alkotó csillagok legfeljebb a legnagyobb távcsövekkel különböztethetők meg egymástól (és azokkal is csak alig). Mégis, maga az Androméda köd tiszta éjjeleken szabad szemmel még éppen kivehető az égen. (A szabad szem számára egyben ez a legtávolabbi észlelhető objektum; azért, hogy válaszolni tudjanak, ha valaki megkérdezné, milyen messze van, ideírom: 2 000 000 fényévnnyire.)

Egy szó, mint száz, a távoli csillagok, függetlenül attól, milyen messze vannak, és külön-külön mennyire halványak, hozzájárulnak az éjszakai ég megvilágításához, amiről még műszerek nélkül is meggyőződhetünk, ha a halvány csillagok elegendő sűrűen fordulnak elő.

Olbers, aki nem tudott az Androméda köd létezéséről, de látta a Tejutat, elkezdett gondolkodni azon, mennyi fényt adhatnak összesen a távoli csillagok. Kiindulásul a következőket feltételezte:

1. A világegyetem végtelen kiterjedésű.
2. A csillagok száma végtelen, és térbeli eloszlásuk egyenletes.
3. A csillagok átlagos fényessége a tér távoli részeiben ugyanakkora, mint a Nap környezetében.

Ezek után bontsuk a teret képzeletben héjakra (amint azt például a hagymával megtehetjük), és ezek a héjak koncentrikus, a tér hatalmas kiterjedéséhez viszonyítva vékony gömbhéjak formájában

vegyék körbe Földünket. Az egyes héjak legyenek elég vastagok ahhoz, hogy magukban foglalhassanak csillagokat is.

Mármost az egyenlő fényességű csillagok látszólagos fényessége fordítottan arányos tőlünk mért távolságuk négyzetével. Más szóval, ha az A csillag és a B csillag egyforma fényes, de az A csillag háromszor olyan messze van, mint a B csillag, számunkra B kilencszer fényesebbnek tűnik, mint A. Ha A ötször messzebb lenne B-nél, B huszonötöszer fényesebbnek látszana és így tovább.

Ez igaz képzeletbeli gömbhéjainkra is. Egy 2000 fényév sugarú héjban levő átlagos csillag negyedolyan fényesnek tűnne, mint az, amelyik egy ezer fényév sugarú héjban foglal helyet. (3. feltevésünk szerint persze mindkét csillag egyformán fényes, ezért kell csak távolságukat figyelembe venni.) Hasonlóképpen egy csillag, mely egy 3000 fényév sugarú héjban található, kilencszer halványabbnak látszik 1000 fényévre levő társánál.

Amint egyre távolabb megyünk, minden újabb héj összfényessége nagyobb az előzőnél. Mivel a héjakat vékonyra választottuk, elhanyagolható hibát követünk el, ha magát a héjat annak a gömbnek a felületével helyettesítjük, amely még éppen beleírható. Az egyes héjak térfogata így a beljük írható legnagyobb gömb felületével arányosan növekszik, azaz a gömb sugarának (a tőlünk mért távolságnak) négyzetével arányosan. A 2000 fényév sugarú héj térfogata a négyszerese lesz az 1000 fényév sugarú héj térfogatának. A 3000 fényév sugarú héj kilencszer akkora térfogatú lesz, mint az 1000 fényév sugarú és így tovább.

Ha feltételezzük, hogy a csillagok térbeli eloszlása egyenletes (lásd a 2. feltevést), akkora csillagok száma minden héjban arányos lesz a héj térfogatával. Ha a 2000 fényév sugarú héj négyszer fényesebb az ezer fényév sugarúnál, akkor négyszer annyi csillagot kell tartalmaznia. Ha a 3000 fényév sugarú héj kilencszer fényesebb az ezer fényév sugarúnál, kilencszer annyi csillagot kell tartalmaznia és így tovább\*

Mármost ha a 2000 fényév sugarú héj négyszer annyi csillagot tartalmaz, mint az 1 000 fényév sugarú héj, és ha az előbbiben minden csillag átlagosan negyedolyan fényes, mint az utóbbiban, akkor a 2000 fényév sugarú héj járuléka az égbolt megvilágításához  $4.1 / 4$ -szerese az 1000 fényév sugarú héj járulékanak. Más szóval, a 2000 fényév sugarú héj ugyanannyi fényt ad, mint az 1000 fényév sugarú\* A 3000 fényév sugarú héj fényessége  $9.1 / 9$ -szerese az 1000 fényév sugarú héj fényességének, azaz ennek a két héjnak a fényessége is megegyezik.

Mindent összevéve, ha az univerzumot egymásba foglalt gömbhéjak sokaságának fogjuk fel, minden héj látszólagos fényességének meg kell egyeznie. És ha az univerzum végtelen kiterjedésű (1. feltevés), akkor a héjak száma végtelen, és bármennyire halványak a bennük foglalt csillagok, együttesen végtelen fényesnek kellene tűnniök.

Már csak egy logikai kibúvó maradt: az, hogy a közeli csillagok elfedhetik a távolabbiak fényét.

Hogy ezt is számításba vegyük, most más oldalról fogjuk megközelíteni a problémát. Ha a csillagok száma végtelen, és a teret egyenletesen töltik be (2. feltevés), akkor bár milyen irányban is nézünk az égre, pillantásunk előbb-utóbb egy csillagba ütközik. Bár a csillag lehet olyan halvány, hogy pusztá szemmel észre sem vesszük, mégis hozzájárul valamicskével az égbolt megvilágításához. Ez nyilván minden irányra igaz\*

Vagyis az éjszakai égnek nem szabadna feketének lennie, hanem a minden irányból felénk áradó fényzuhatag következtében egyenletesen fényesnek. Ugyanennek kellene teljesülnie a nappali égboltra, ahol maga a Nap beleolvadna az egyenletesen fényes ég háttérébe.

Ha ez valóban így lenne, az ég közelítőleg 150 000-szer fényesebb lenne, mint most nappal, és azt hiszem, az olvasónak nincs kétsége aziránt, hogy ilyen körülmények között mindenfajta élet lehetetlen volna Földünkön.

Szerencsére az ég nem olyan fényes, mintha 150 000 Nap világítaná be. Az ég éjszaka fekete. Az Olbers-paradoxon okoskodásába vagy logikai hiba csúszott, vagy a kikötések megfogalmazásánál siklottunk át valami fontos, nem elhanyagolható körülményen.

Olbers maga úgy gondolta, megtalálta a hibát. Felvetette, talán a csillagközi tér nem olyan átlátszó, ahogy addig gondolták; hogy esetleg por- és gázfelhők nyelik el a távoli csillagok fényét, és végeredményben az összes fénynek csak egy tört része éri el a Földet.

Az érvelés tetszetős, mindazonáltal teljesen hamis. A csillagközi térben valóban találni

porfelhőket, de ha ezek a rájuk eső fényt mind elnyelnék, akkor a paradoxon értelmében annyira fel kellene melegedniök a rengeteg energiától, hogy rövidesen maguk is világítanak. Még pontosabban: éppen annyi fényt sugároznának ki, mint amennyit elnyeltek, és a földi égbolt változatlanul fényes maradna éjjel-nappal.

De ha egy érvelés logikailag hibátlan, viszont a konklúzió mégis helytelen, akkor az alapfeltevésekben kell a hibát keresnünk. Például igaz-e valóban 2. feltevésünk? Vajon tényleg végtelen-e a csillagok száma az univerzumban, vajon tényleg egyenletes-e térbeli eloszlásuk?

Már Olbers idejében kétségek merültek fel a fenti feltevés helyességével kapcsolatban. William Herschel angol — német csillagász a különböző fényességű csillagok előfordulási gyakoriságát vizsgálva azt a következtetést vonta le (összhangban 3. feltevésünkkel), hogy a halványabb csillagok átlagosan messzebb vannak tőlünk, mint a fényesebbek, és azt találta, hogy a csillagok sűrűsége a Földtől mért távolsággal csökken.

A csillagsűrűség irányfüggését vizsgálva Herschel arra is hogy a csillagoknak egy lencse formájú alakzatban kell tömörödniük. A lencse nagyobbik átmérője Herschel szerint a Nap–Arcturus távolság 150-szerese (azaz mai tudásunk szerint 6000 fényév), és az egész konglomeráció mintegy 100 000 000 csillagból áll.

Úgy tűnt, Herschel eredménye feloldja az Olbers-paradoxont. Ha ez a lencse formájú konglomeráció (amelyet ma Tejútrendszernek hívunk) valóban magában foglalja az összes létező csillagot, akkor a 2. feltevés nem érvényes. Hiába képzelnénk a tér kiterjedését végtelennek (az 1. feltevés értelmében), a Tejútrendszeren kívül nem találunk csillagokat, amelyek járulékot adnának az ég megvilágításához. Ebből már nyilvánvalóan következik, hogy csak véges számú csillagokat tartalmazó héjakkal számolhatunk, amely véges (és nem túl nagy) fényerővel világítaná meg a földi égboltot. Ez megmagyarázná, miért sötét az éjszakai ég.

Herschel ideje óta a Tejútrendszer becsült méretei módosultak. Ma úgy hisszük, átmérője 6000 helyett 100 000 fényév; és nem 100 000 000, hanem 150 000 000 000 csillagból áll. Mindez azonban nem befolyásolja lényegesen Herschel okoskodását; ettől az éjszakai ég még fekete maradna.

A huszadik században Olbers paradoxona új életre kelt, miután kiderült, vannak csillagok a Tejútrendszeren kívül is.

A XIX. században az Androméda ködöt csupán egy világító gázfelhőnek tartották, amely Galaxisunkhoz tartozik. Az égen más ködfoltokról is tudtak (mint például az Orion ködről), ezekben azonban mindig találtak csillagokat, amelyek a szóban forgó ködöt megvilágításra készítették. Ezzel szemben az Androméda ködben nem találtak csillagokat, úgy tűnt, magától világít.

Néhány csillagász sejtette az igazságot, de a sejtésből bizonyosság csak akkor lett, amikor Edwin Powell Hubble amerikai csillagász 1922-ben a világító ködre szegezte két és fél méteres távcsövét, amellyel már kivehető volt néhány csillag a köd széle felé. Ezek a csillagok olyan halványak voltak, hogy rögtön nyilvánvalóvá vált, a köd több százezer fényév távolságra van tőlünk, és nem tartozhat a Tejútrendszerhez; továbbá, figyelembe véve látszólagos méreteit távolságához képest, kiterjedése a mi Galaxisunkhoz hasonlítható, és maga is egy különálló galaxis.

Valóban így van. Mai tudásunk szerint az Androméda köd több mint 2 000 000 fényévre van tőlünk, és legalább 200 000 000 csillagból áll. Nagy távolságokban más galaxisokat is találtak. Ma úgy hisszük, a világegyetem általunk megfigyelhető részében legalább 100 000 000 000 galaxis található, és némelyikük becsült távolsága több, mint 6 000 000 000 fényév.

Vegyük elő megint Olbers három feltevését, és helyettesítsük a "csillag" szót a "galaxis" szóval, vajon most hogyan hangzanak?

Az 1. feltevés, mely szerint az univerzum végtelen kiterjedésű, továbbra is jói hangzik. Legalábbis semmi jel nem mutat arra, hogy akár milliárdnyi fényév távolságban húzódnék a világegyetem határa.

A 2. feltevés, miszerint a galaxisok (nem a csillagok) száma végtelen, és egyenletesen töltik be a teret, szintén igaznak tűnik. Amilyen távolságig ma ellátunk és ez nem csekély távolság –, a galaxisok térbeli eloszlása egyenletesnek tekinthető.

A 3. feltevessel, ti. hogy a galaxisok (nem a csillagok) átlagos fényessége megegyezik az egész világegyetemben, már nehezebb dűlőre jutni. Mindazonáltal semmi okunk sincs azt feltételezni,

hogy a távoli galaxisok mind nagyobbak vagy mind kisebbek a közeliéknél, márpedig ha a galaxisok megközelítőleg azonos méretűek, és megközelítőleg azonos számú csillagot tömörítenek, akkor ésszerű az a feltételezés is, hogy fényességük is közel azonos.

Nos, hát akkor miért sötét az éjszakai ég? Visszajutottunk oda, ahonnan kiindultunk.

Próbálkozzunk most más megközelítéssel. A csillagászok meg tudják állapítani, vajon egy világító objektum közeledik vagy távolodik-e tőlünk, ha módjukban áll tanulmányozni az illető objektum színekét (azaz ha felbontják fényét a szivárvány színeire).

A folytonos színeképet rendszerint sötét vonalak tarkítják, melyek helyzete rögzített, ha az objektum hozzánk képest nyugalomban van. Ha a vizsgált objektum közeledik, ezek a vonalak a színek kék színű tartományainak irányába tolódnak el. Ha az objektum távolodik, a vonalak a vörös tartomány irányába tolódnak el. Az eltolódás mértékéből a csillagászok meg tudják határozni a közeledési, illetve távolodási sebességet\*

A XX. század első két évtizedében egy sor galaxis színeképet tanulmányozták, és egyikét kivétellel mindről kiderült, hogy távolodik tőlünk. A kivételek az igen közeli galaxisok sorából kerültek ki. Hamarosan az is nyilvánvalóvá vált, minél távolabb van tőlünk egy galaxis, annál gyorsabban távolodik. 1929-ben Hubble megfogalmazta a később róla elnevezett törvényszerűséget; eszerint valamely galaxis távolodási sebessége egyenesen arányos tőlünk mért távolságával. Ha valamely A galaxis kétszer olyan messze van mint a B galaxis, akkor kétszer olyan gyorsan távolodik. A legtávolabbi megfigyelhető galaxis, amely mintegy 6 000 000 000 fényévre van tőlünk, fél fénysebességgel távolodik.

A Hubble-effektus okát ma a világegyetem tágulásában látják; a tágulás kimutathatóan következik Einstein általános relativitáselméletének egyenleteiből – melyekkel, ezt határozottan megígérem, nem fogunk foglalkozni.

A világegyetem tágulásának ténye vajon érinti-e Olbers feltevéseinek helyességét?

Ha egy 6 000 000 000 fényévnire levő galaxis fél fénysebességgel távolodik tőlünk, akkor egy 12 000 000 000 fényév távolságban levő galaxisnak – ha Hubble-nak igaza van – már fénysebességgel kellene távolodnia. Természetesen nagyobb távolságokról már nincs értelme beszélni, mert a fénynél gyorsabban semmi sem mozoghat. De ha még ez lehetséges is volna, ilyen távolságból se fény, se másfajta információ nem jutna el hozzánk soha, más szóval egy ilyen nagyon távoli galaxist úgy kellene tekintenünk, mint ami nem a mi világegyetemünkben van. Ebből az következik, hogy a világegyetemet mégiscsak végesnek kell tekintenünk, mintegy 12 000 000 000 fényév ún. Hubble-rádiusszal.

Ez azonban nem oldja fel az Olbers-paradoxont. Einstein elmélete értelmében minél gyorsabban mozog egy galaxis, annál jobban megrövidül a megfigyelő irányából nézve, azaz annál kevesebb teret tölt be, és ezzel lehetőséget biztosít ugyanazon térrészben mind nagyobb számú galaxis elhelyezkedésére. Végző soron még egy véges, 12 000 000 000 fényév rádiuszú világegyetemben is lehet végtelen sok galaxis; ezek túlnyomó többsége – szinte papírvékonyágú övben – az univerzum hatásának közelében helyezkednék el.

Ily módon a 2. feltevés akkor is teljesül, ha az első nem; és a 2. feltevés helyessége már önmagában elegendő ahhoz, hogy az ég vakítóan fényes legyen.

De vajon mi a helyzet a vöröseltolódás hatásával?

A csillagászok a vöröseltolódás mértékét a színekvonalak helyzetének megváltoztatásával mérik, azonban ezek a vonalak azért mozdulnak el, mert maga az egész színeképmozdul. A vöröseltolódás egyben egyre kisebb energiák felé való eltolódást is jelent. Egy távolodó galaxis kevesebb energiát sugároz a Föld irányába, mintha ugyanaz a galaxis hozzánk képest nyugalomban lenne, éppen a vöröseltolódás miatt.<sup>1</sup> Ha egy galaxis fénysebességgel távolodik, akkor fényességétől függetlenül egyáltalán nem sugároz felénk energiát\*

Ezzel megdőlt Olbers harmadik feltevése! A harmadik feltevés igaz egy sztatikus univerzumra, de nem megengedhető egy tágulóra. Egy táguló világegyetemben minden soron következő héjből

---

1• A Planck-törvény értelmében a kisugárzott fény egy fotonjának energiája a fény frekvenciájával arányos, ezért a vörös színű fény alacsony frekvenciájú fotonja kevesebb energiát szállít, mint pl. az ibolyaszínű fényé\* (A fordító megjegyzése)

kevesebb fény származik, mert a héjakban foglalt galaxisok mind távolabb vannak tőlünk; színképük vöröseltolódása mind nagyobb; és a fényükkel szállított energia mind kevesebb.

És mivel a harmadik feltevés megdőlt, a Földünket érő energia véges nagyságú, és éjszaka sötét az ég.

Egyes világmodellek szerint az univerzum fent leirt expanziója vég nélküli. A tágulás újabb galaxisok keletkezése nélkül is folytatódhat, úgyhogy évmilliárdok múlva Galaktikánk (néhány szomszédjával együtt, melyekkel együtt az ún. „lokális csoportot” alkotja) látszólag egymagában marad a világegyetemben. Az összes többi galaxis olyannyira eltávolodik, hogy már nem lesz észlelhető egyik sem. De az is lehetséges, hogy új galaxisok születnek, és a világegyetem, tágulása ellenére, mindig tele lesz galaxisokkal. Akárhogyan is lesz, amíg a tágulás tart, az éjszakai ég fekete marad.

Más modellek szerint az univerzum oszcillál; ez azt jelenti, hogy a tágulás folyamata lassúbbodik, majd egy pillanatnyi sztatikus állapot után gyorsuló kontrakciója következik, míg a világmindenség összes anyaga egy viszonylag kis átmérőjű gömbbe nem sűrűsödik, amelynek felrobbanásával ismét expanziós folyamat indul meg.

Ha a világ az utóbbi modell szerint fejlődik, akkor a tágulás lassúbbodásával a vörös-eltolódás hatása is gyengülni fog, és az éjszakai ég lassan ki fog fényesedni. Amikorra az univerzum eléri a sztatikus állapotot, az ég csillagfénytől lesz fényes, ahogy azt az Olbersparadoxon megkívánja. Aztán, amikor a világegyetem kezd összehúzódni, a vöröseltolódást „ibolyaeltolódás” váltja fel, a szállított energia növekedni fog, és az égbolt egyre vakítóbb és vakítóbb lesz.

A fentiek természetesen minden anyagi testre igazak, így – ha még létezik ebben a távoli jövőben – a Földre is. Egy nyugvó vagy ami még rosszabb: egy összehúzódó világegyetemben az Olbers-paradoxon miatt nem létezhetnek hideg testek, mi több, nem létezhetnek szilárd halmazállapotú testek sem. Mindenütt a térben egyformán magas, több millió fokos hőmérséklet uralkodna, és attól félek, ez kizárna mindenfajta élet létezését.

Emlékezzenek egy korábbi kijelentésemre! Annak okát, hogy a Földön vagy bárhol a világegyetemben élet van, a messzi galaxisok távolodásában kell keresnünk.

Most, Kedves Olvasó, amikor már mindent tudunk az Olbers-paradoxonról, amit csak tudni lehet, ugye már nem is olyan képtelenség az éjszakai ég láttán a messzi galaxisok távolodására következtetni? Talán még azt a bátorságot is vehetjük, hogy a híres francia filozófus, René Descartes mondását kiegészítsük.

azt mondta: „Gondolkozom, tehát vagyok!”

És mi hozzátehetjük: „Mivel vagyok, ezért a világegyetem tágul !”

PÁPAY KÁLMÁN FORDÍTÁSA