

# KOZMOLÓGIA ÉS AZ ANTROPIKUS ELVEK



Grandpierre Attila

Kozmológia – a tudásnak az az ága, amely a jelenségekkel sok millió fényéves léptékben foglalkozik. A modern, fizikai kozmológia az észlelhető világegyetem nagyléptékű szerkezetét és dinamikáját, kialakulását és fejlődését elméleti modellekkel leíró, magyarázó, az észlelésekre épülő tudomány. A legtöbb kozmológus elfogadja az ősrobbanás elméletét és ennek inflációs modelljét. A modern kozmológia erősen támaszkodik a részecskefizika, az általános relativitáselmélet, az asztrofizika és a kvantumfizika eredményeire.

## ■ TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS, A FOGALOM KIALAKULÁSA

Az emberiséget a legrégebb időkől foglalkoztatta az égi világ, a bolygók, csillagvilág, a világegyetem eredetének és mibenlétének kérdése. Eleinte ezekre a kérdésekre a mitologikus szemléletben keresték a választ, majd a görög filozófia és tudomány megjelenésével a kozmológia levált a vallásról, és elsősorban filozófiai jellegűvé vált. Tudományos jelleget az újkorban kapott, amikor a newtoni fizika képes volt az égi mechanika jelenségeit a földi testek mozgástörvényeivel értelmezni. Kopernikusz kimutatta, hogy a Föld nem tekinthető a Naprendszer központjának. Ennek nyomán fogalmazódott meg a „kopernikuszi elv”, amely szerint a Földnek nincs kitüntetett helye a világegyetemben. A távcső felfedezésével az égi jelenségek vizsgálata rendkívül hatékony eszközt kapott. A fizika és a csillagászat eredményeinek köszönhetően világossá vált, hogy a Föld átlagosan 150 millió kilométer távolságban kering a Nap körül, míg a Neptunusz távolsága ennek mintegy 30-szorosa. Amíg a fény a Nap–Föld távolságot kb. 8 perc alatt teszi meg, addig a legközelebbi csillag, a Proxima Centauri a Nap–Föld távolságnak kb. 300 000-szerese, 4,3 fényév.

A földgömb északi féltekéjén a nyári hónapokban az éjszakai csillagos égen feltűnő jelenség a látóhatártól látóhatárig húzódó halvány ködfátyol, a Tejút. A távcsövekben a Tejút ködfátyla milliárdnyi csillagra bomlik. Mai becslések alapján a Tejúthoz tartozó csillagok száma százmilliárdra tehető. A Tejúthoz hasonlóan nagy csillagrendszereket galaxisoknak nevezik.

A galaxisok vöröseltolódását V. Slipher amerikai csillagász fedezte fel 1912-ben. A galaxisok távolsága és vöröseltolódása közötti összefüggést Edwin Hubble 1929-ben fedezte fel. Eszerint a távolabbi galaxisok jellegzetes módon színpvonalalaikban vöröseltolódást mutatnak, és a vöröseltolódás rendszerint annál nagyobb, minél távolabbi a galaxis. A vöröseltolódást a távolodás következményeként (Doppler-effektusként) értelmezve a kozmológiai léptékben a galaxisok, galaxishalmazok annál nagyobb sebességgel távolodnak egymástól, minél távolabbiak egymástól. Ez az összefüggés a Hubble-törvény. A legegyszerűbb értelmezés szerint az észlelhető világegyetem egészének anyaga kb. 13,8 milliárd évvel ezelőtt egyetlen kis körzetben volt, rendkívül sűrű és rendkívül magas hőmérsékletű állapotban, amely az ősrobbanásra vezetett.

Az 1965-ben felfedezett mikrohullámú rádiósugárzás minden irányból azonos mértékű (izotróp). Eredetének kutatásakor kiderült, hogy ilyen egyetemes, izotróp sugárzás legegyszerűbben az ősrobbanással magyarázható. Ha egy közel fekete testet egyre magasabb hőmérsékletre hevítünk, először mikrohullámú, majd infravörös, vörös, sárga, kék, ultraibolya tartományban bocsátja ki energiája legnagyobb, meghatározó részét. Bár a mikrohullámú rádiósugárzáshoz tartozó hőmérséklet mindössze 2,7 K (azaz kb. -270 Celsius fok), a 13,8 milliárd évvel ezelőtti rendkívül magas hőmérséklet az eltelt évmilliárdok alatt a világegyetem tágulása miatt éppen ekkora hőmérsékletre kellett lecsökkenjen. Mivel ez a háttér-sugárzás az egész világegyetem összes anyagának forró állapotából ered, ezért izotrópiát kell mutatnia.

A tér és idő természetének kutatásában alapkérdés, hogy véges vagy végtelen a világegyetem. 1610-ben Johannes Kepler felvetette, hogy ha a világegyetem végtelen lenne, akkor végtelen sok csillagának fénye az egész égboltot ki kellene töltsse, és így az éjszaka nem lehetne sötét. Később a probléma Olbers-paradoxon néven vált ismertté. A paradoxont egy esetleges, a világegyetemet kitöltő fényelnyelő anyag léte sem oldja fel, mert egy idő után a fényelnyelés melegítő hatása miatt ennek az anyagnak is sugároznia kellene. A manapság elfogadott magyarázat legfontosabb tényezője szerint azért van éjszaka sötét, mert nincs végtelen sok csillag, az ősrobbanás következtében véges idővel ezelőtt véges mennyiségű anyag keletkezett.

Albert Einstein volt az első, aki 1917-ben megalkotta a világegyetem matematikai modelljét. Meggyőződése szerint a megoldásnak statikusnak, azaz időben változatlanoknak kell lennie. Mivel azonban időben változó megoldást kapott, bevezette a kozmológiai állandót, hogy ilyen megoldást kapjon. Alexandr Friedmann 1922-ben, majd George Lemaitre 1927-ben általánosabb esetekben, a méréseknek megfelelő paraméterekkel oldották meg a modell egyenleteit, és megoldásként időben véges, táguló világegyetemet kaptak. Edwin Hubble 1929-ben fogalmazta meg a galaxisok vöröseltolódási törvényét, amelyet ma Hubble-törvénynek neveznek, és amely kimondja, hogy a távolabbi galaxisok vöröseltolódása rendszerint a távolsággal egyenesen arányosan nő, az arányossági tényezőt Hubble-állandónak nevezzük. A vöröseltolódást távolodásnak tulajdonítva a Hubble-törvény a világegyetem tágulását tapasztalati úton, mérési eredményekkel támasztja alá.

A kozmológiai modellek lehetőséget adnak a világegyetem tágulásának időben visszafelé követésére. Így állapítható meg, hogy az ősrobbanás mintegy 13,8 milliárd éve következett be. Az ősrobbanáshoz kötve az időszámítás kezdetét, a 0 év nulla óra 0 perc-et, a 0 másodperc tízezredrészén belül a világegyetem hőmérséklete a számítások szerint meghaladhatta az ezermilliárd fokot. Mivel a sűrűség is rendkívül magas volt ekkor, a bekövetkező tágulás során a csillagok magjában uralkodóhoz hasonló feltételek jöttek létre. Mivel a csillagok magjában zajlik le a magfúzió, a tágulás során előbb-utóbb bekövetkezett a protonokból és a két protont tartalmazó hidrogénből (deutériumból) a négy protont tartalmazó hélium-atommagok termelése. A tágulási viszonyok modellezésével így az ősrobbanás során jelentős mennyiségű hélium termelődik, ami jól egyezik a csillagászati megfigyelésekből kapott értékkel. Ez az eredmény az ősrobbanás elméletének újabb bizonyítéka. Az is világosabban látható, hogy több szálon is összekapcsolódik a részecskefizika a kozmológiával.

A Hubble-állandó a világegyetem átlagos anyagsűrűségével kapcsolatos. Az átlagos anyagsűrűség és a kozmológiai állandó értékétől függően a világegyetem tágulása korlátlan ideig folytatódhat egyre növekvő mértékben (ez a gyorsuló tágulás esete, „nyitott” világegyetem), egyre csökkenő mértékben, de korlátlan ideig folytatódik a tágulás (a végtelen távoli jövőben a tágulás megáll), illetve a tágulás véges idő múlva áll meg, és átcsap összehúzódásba („zárt” világegyetem). Az észlelhető világegyetem látóhatárát a fénysebességgel táguló körzet jelenti. Az észlelhető világegyetem mérete (sugara) tehát kb. 13,8 milliárd fényév. Ebben a hatalmas térfogatban a galaxisok száma a becslések szerint százmilliárdnyira tehető. S ha így van,

akkor az összes galaxis együttes tömege mindössze néhány százaléka annak az értéknek, amely a világegyetem zárt jellegéhez lenne szükséges. A mai legjobb mérések és elméletek szerint a tágulás egyre gyorsul, mégpedig éppen az úgynevezett „sötét anyag”-gal és „sötét energiá”-val kapcsolatban. A „sötét anyag” jelenlétére a látható anyag viselkedéséből, mozgásából és forgásából következtettek. A sötét anyag a galaxisokban, illetve a galaxishalmazokban összpontosul, vagyis a látható anyaghoz, a csillagokhoz hasonlóan térben lokalizálható. A sötét anyag mibenléte nem tisztázott, de minden bizonnyal ma még nem vagy olyan nem eléggé ismert elemi részecskékből álló anyagról lehet szó, mint például a tömeggel rendelkező neutrínók. A sötét energia más természetű, mert teljesen egyenletesen oszlik el a térben. A mai modellek szerint a látható anyag (csillagok, galaxisok) a világegyetem teljes tömegének csak 5%-át adják, a sötét anyag tömege ennél legalább ötször nagyobb, 27% körüli, és a sötét energiának tulajdonítható a világegyetem teljes tömegének több mint 68%-a. A fizikai kozmológia a világegyetem modellezésében elméleti és tapasztalati téren egyaránt magas szinten kiépített tudománnyá vált.

A fizikai kozmológia kifejlődésével párhuzamosan az 20. század végén fejlődésnek indult az asztrobiológia, és 1996-ban a NASA által elismert tudománnyá vált. Az asztrobiológia interdiszciplináris tudományág, amely az élet eredetét, lehetőségeit, evolúcióját, terjedését és szerepét vizsgálja a világegyetemben, beleértve, hogyan tud alkalmazkodni az élővilág és az ember a Földön, illetve a kozmoszban ránk váró kihívásokhoz. Ezek a kérdések megkövetelik az élet és az életre alkalmas környezet (lakható körzet) alapvető fogalmait, amelyek segíteni fogják a Földön megszokott környezettől akár egészen eltérő bioszférák felismerését. Az asztrobiológia feladata a Naprendszeren belül és más bolygókon lehetséges élet nyomainak felkutatása, az élet kialakulásának és korai fejlődésének laboratóriumi és megfelelő kozmikus körülmények közötti vizsgálata is. Ha létezik élet a Földön kívül, gyakori vagy ritka jelenség? Az asztrobiológia széleskörűen multidiszciplináris jellege szükségessé teszi a biológiai, planetáris és kozmikus jelenségek lehető legszélesebb körű, legátfogóbb megértését. Olyan kérdéseket vizsgál, mint például: hogyan keletkezett az élet, és hogyan fejlődik? Létezik-e élet a Földön kívül, s ha igen, hogyan észlelhető? Milyen jövő vár az életre a Földön és a világegyetemben? A NASA az űrkutatás kezdete óta támogatja az asztrobiológiai kutatásokat, és 1996-ban indította be átfogó asztrobiológiai programját. Az asztrobiológia a modern csillagászat egyik kiemelkedő, gyorsan fejlődő területe.

## ■ AZ ANTROPIKUS ELV A KOZMOLÓGIÁBAN

Bár a kozmológia a világegyetem nagyléptékű, sok millió fényéves léptékben történő vizsgálata, az élet kutatása a kozmoszban pedig ennél jóval kisebb léptékű, mégis sokrétű kapcsolat áll fenn a kozmológia és az asztrobiológia között. Ilyen kapcsolatot jelent az úgynevezett „antropikus” elv, amely az alapvető fizikai állandók és az élet kialakulása közötti kapcsolatot fejezi ki.

Az *Encyclopedia Britannica* meghatározása szerint mindazok a kozmológiai kutatások, amelyek a világegyetem szerkezetét, a természet alapvető állandóit, vagy a természettörvényeket az élet létevel kapcsolatba hozzák, az antropikus elvhez tartoznak. A világegyetem szerkezetének kialakulása függ az ősrobbanás fluktuációinak amplitúdójától és spektrális eloszlásától. A világegyetem szerkezetének az élet létrejöttével kapcsolatba hozott tulajdonságaihoz tartozik például a világegyetem nagyléptékű izotrópiája és a galaxisok létrejötte (Collins–Hawking 1973). A természet alapvető állandói közé tartoznak a fénysebesség, az alapvető kölcsönhatások relatív erőssége, az elemi részecskék tömegei. Az alapállandóknak csak bizonyos érték-tartományai férhetők össze az étellel. Ezt a tényt szokták „finomhangolás”-nak nevezni, ami azt sejteti, hogy minden egyes alapállandó pont abba a rendkívül szűk tartományba esik, amely összeférhető a földi élet létrejöttének tényével. Ugyanakkor több alapállandó esetén az élet létevel összeférhető tartomány egyáltalán nem szűk. A természettörvények elvileg lehetnének másfélék is, olyanok, amelyek nem teszik lehetővé a földi élet kifejlődését.

Az ősrobbanást létrehozó kvantumfluktuációk a fizikai modell szerint spontán jellegűek, véletlenszerűek, ismeretlenek. Nem ismert, mi határozza meg az alapvető állandókat. A fizika alapegyenleteinek eredete szintén nem ismert. E három ismeretlen áll kapcsolatban egy ismerttel: az étellel. A nagy kérdés az: hogyan?

## ■ AZ ANTROPIKUS ELV LEGFONTOSABB VÁLTOZATAI

A gyenge antropikus elv (GYAE) Carter (1974) megfogalmazásában így hangzik: „Fel kell készítsük magunkat annak a ténynek a figyelembevételére, hogy helyünk a világegyetemben szükségképpen kiváltságos abban az értelemben, hogy összeférhető kell legyen az észlelők létevel.” A gyenge antropikus elv megfigyelési, kiválasztódási effektus, hiszen csakis élet létét lehetővé tevő világegyetemben létezhetünk, csakis ott és akkor, amikor

erre alkalmasak a feltételek. Mivel az életfeltételek egyáltalán nem egyformák a világegyetemben, a gyenge antropikus elv szembeállítható a széleskörűen alkalmazott kopernikuszi elvvel, amely szerint a világegyetemben minden hely egyenértékű. Az élet számára nem áll fenn helyhez kötetlen egyenértékűség. Az élet pusztán létéből erős megkötés, sőt előrejelzés is nyerhető az egész világegyetemre vonatkozóan.

Az erős antropikus elv (EAE) kimondja: „A világegyetem – és így azok az alapvető paraméterek is, amelyektől függ – olyan kell legyen, hogy megengedje egy bizonyos korszakában észlelők létrejöttét” (Carter 1974).

#### ■ AZ ANTROPIKUS ELV ÉRTELMEZÉSEI ÉS MAGYARÁZATAI

A fizikai világképben az élet mellékes, esetleges jelenség (Caws 1981). Az élet létezése nem következik szükségszerűen a fizikai kozmológia modellből. Ellis (2005) rámutatott, hogy egy teásfazék léte sem vezethető le a kozmológiai modellből, még kevésbé egy elefánt vagy egy ember léte. Valójában a fizika alapegyenleteiből nem lehet levezetni sem az első élő sejt, sem egyetlen élőlény létrejöttét, hiszen sem az egyenletek, beleértve a bennük szereplő alapállandókat, sem a fizikai feltételek a kezdeti feltételektől a Naprendszer mai állapotának kifejlődéséig nem alkotnak olyan determinisztikus, egyenes vonalú oksági láncot, amely egyértelműen meghatározná a földi élet kialakulását. Ha az életet a fizikai világkép keretein belül értelmezzük, akkor szükségképpen mégis fizikai jellegű kell legyen, amelynek létrejöttében a véletlennek jelentős szerepet tulajdonítanak. Az okság iránya tehát a fizikaitól mutat a biológiai felé. Ezt az oksági irányt látszik megsérteni az antropikus elv azzal, hogy az életet állítja érvelésének kiindulópontjába (Ellis 2011).

Az antropikus elv legnépszerűbb értelmezését a multiverzumelmélet adja. Eszerint az, amit eddig „világegyetem”-nek nevezünk, csak végtelenül kis része a világegyetemek végtelen együttesének – a multiverzumnak. A multiverzum természetes módon ered abból a megfontolásból, hogy az ősrobbanás egy természetes fizikai folyamat, nem lehet tehát egyedi jelenség, inkább arról lehet szó, hogy sok ősrobbanás zajlik folyamatos egymásutánban. Az örök infláció elméletében például létezik egy kimeríthetetlen, világegyetem-termelő mechanizmus, amelynek a mi világegyetemünk csak egyik terméke a sok közül (Susskind 2005, Chap. 11). Egyes feltevések szerint a különböző ősrobbanásokban előfordulhat az is, hogy az alapvető állandók is különböző értéket vesznek fel. Elegendően sokféle világegyetem termelődése esetén előfordulhat, hogy a sok életre alkalmatlan termék mellett olykor, véletlenül

pont olyan világegyetem jön létre, amelyben létrejöhet az élet. Eszerint abból a tényből, hogy az élet biztosan létezik a világegyetemben, nem vonhatunk le semmiféle, a fizikaitól a biológiai felé mutató okság irányát megfordító folyamat léezésére vonatkozó következtetést. Tegyük hozzá, hogy a részecskefizika standard modelljében nagyjából 20 meghatározatlan paraméter fordul elő, olyanok, amelyek a részecskék tömegét, a kölcsönhatások erősségét határozzák meg. Ahogy Davies (2011) írja, senki sem tudja, hogy ezen paraméterek mért értékeit valaha is le tudjuk-e majd származtatni egy mélyebb elméletből, vagy valódi szabad paraméterek, amelyeket semmiféle mélyebb elméletből nem lehet leszármaztatni.

#### ■ ÉRVEK AZ ANTROPIKUS ELV MELLETT

Az antropikus elvet kezdetben inkább filozófiai furcsaságnak, mint tudományos eredménynek tartották. Később azonban jóval szélesebb körben is elfogadták, elsősorban három fejlemény következtében.

Először is a kozmológiai állandó értékét a kvantumterek vákuumenergiájának tekintve az egyszerű fizikai modellek a csillagászati megfigyelésekből következtetett értéknél sokkal nagyobb értékűnek jóslták. Ez egy jelentős probléma, mert az elméleti fizika két legsikeresebb elméletéből adódik: a relativitáselmélet és a kvantumelmélet kézenfekvő kombinációjából. Ráadásul egy ilyen nagy érték a galaxisképződéssel és az élet létrejöttével sem fér össze. Weinberg (1987) az antropikus elv alapján adott meg korlátot a kozmológiai állandóval összefüggő  $\Omega_\Lambda$  értékére, és ez később a szupernóva és kozmikus háttérsugárzás adatok alapján beigazolódott ( $\Omega_\Lambda \approx 0,7$ , Durrer 2001). Úgy tűnt, hogy a világegyetem élet-megengedő tulajdonsága csakis a multiverzumelmélet keretében értelmezhető.

Másodszor, az örök, kaotikus felfűvődő világegyetem elmélete (Linde 1986) értelmezhetővé tette a multiverzum létét.

Harmadszor, a húrelmélet „kozmosz táj”-váltaja a kozmikus vákuumok nagyszámú, különböző sokaságát tételezi fel, és ezeken a fizikai törvények és az alapállandók is különböző értékeket vehetnek fel (Susskind 2005). Úgy tűnt, ezek az elgondolások együttesen egyfajta magyarázatot tudnak adni arra az egyébként zavaró tényre, hogy a kozmológiai állandó sok nagyságrenddel eltér a fizikailag várattól, és éppen úgy, hogy az életet lehetővé tegye. Mindazonáltal ez a magyarázat még mindig spekulatív jellegű, mert megköveteli a húrelmélet, vagy az M-elmélet speciális feltevésekkel kiegészítését is (Ellis 2011).

### ■ AZ ANTROPIKUS ELV BEIGAZOLÓDOTT ELŐREJELZÉSEI

Az antropikus elv két esetben lehetővé tette olyan tudományos eredmények elérését, amelyek később beigazolódtak. Az egyik a szén kozmikus gyakoriságával kapcsolatos. A szénnek viszonylag gyakorinak kell lennie ahhoz, hogy élet létrejöhesse a világegyetemben. A szén azonban a vörös óriások magjában termelődik három hélium-atommag egyesüléséből. Három hélium atommag egyidejű találkozása azonban csak akkor nem lesz rendkívül valószínűtlen, ha ehhez a folyamathoz egy különösen kedvező „rezonancia” tartozik, amely éppen a szén-atom létrejöttéhez szükséges energiánál növeli meg ennek a reakciónak a hatáskeresztmetszetét. Fred Hoyle ennek az érvelésnek az alapján határozta meg a szén 12-es izotópjának 7,68 MeV energia körüli rezonáns állapotát, amelyet később William Fowler kísérletileg igazolt.

Egy másik esetben Weinberg (2007) a kozmológia állandó értékére vonatkozóan jutott az antropikus elv alkalmazásával olyan jóslatra, amely később beigazolódtott. Az antropikus elv alapján a vákuum energiasűrűségét jellemző paraméter értékére kvalitatív becslés kapható. Ez az érték összhangban áll a későbbi, a szupernóvák és a kozmikus háttérsugárzás mért adataival, amelyek e paraméter értékét 0,7 körülnek jelezték (Durrer 2001, Ellis 2011).

### ■ A MULTIVERZUMELMÉLET FŐBB KRITIKÁI

A tudomány alapvető feltevése, hogy a fizikai világegyetem se nem tiszteleges, se nem érthetetlen, a dolgoknak koherens sémáik vannak (Davies 2011). A multiverzumelmélet magyarázati alakját sok fizikus azzal kritizálta, hogy ez egyszerűen a fizikai magyarázat feladása. Ahelyett, hogy konkrétan megadná, milyen fizikai okoknak köszönhető az élet jelenléte az észlelhető világegyetemben, a multiverzumelmélet alapvetően ellenőrizhetetlen (Ellis 2007) feltevésekhez folyamodik, amelyek a magyarázandó egyetlen ismeretlen (az élet eredete, léte) magyarázata helyett végtelen sok egyéb univerzum létét tételezik fel. Penrose (1989) szerint „akkor fordulnak ehhez az elméleti fizikusok, amikor nincs elég jó elméletük a megfigyelt tények magyarázatára”. Ennek az érvek az az erőssége, hogy a multiverzumelmélettel szinte bármit meg lehet „magyarázni”. És ez azt jelzi, hogy nincs előrejelző ereje.

Továbbá, a multiverzumelmélet egyes univerzumainak tulajdonított valószínűség-érték távolról sem egyértelmű. Például Trotta és Starkman

(2006) konkrét példán mutatják be, mennyire eltérő értéket ad az elmélet a kozmológiai állandó értékére vonatkozóan. Hozzá kell tenni mindehhez, hogy a multiverzum nem oldja meg azt a problémát, aminek megoldására alkalmazzák, ehelyett a megoldást csak egy másik szintre terheli át. Nem ad választ olyan kérdésekre, hogy pontosan miként jött létre éppen az a világegyetem, azokkal a struktúrákkal törvényekkel, alapvető állandókkal, amelyben élünk, hogy egyáltalán minek köszönhető a multiverzum léte, törvényei, alapvető állandói.

### ■ FELHASZNÁLT IRODALOM

- CARTER, B.: Large number coincidences and the anthropic principle in cosmology. *IAU Symposium 63: Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data*, Reidel, Dordrecht, 1974.
- CAWS, P.: Philosophy of Physics. Entry. In *Encyclopedia of Physics*. Eds. R. G. Lerner – G. L. Trigg. London, Addison-Wesley Publ. Co. Inc., 1981.
- COLLINS, C. B. – HAWKING, S. W.: Why is the universe isotropic? *Astrophys. J.*, 180, 1973.
- DAVIES, P.: Why is the universe just right for life. In *Astronomy and Civilization in the New Enlightenment*. Eds. Tymieniecka, A.-T. – Grandpierre, A. *Analecta Husserliana*, Springer, 107: 2011.
- DURRER, R.: Physics of Cosmic Microwave Background Anisotropies and Primordial Fluctuations. *Space Science Reviews*, 100, 2001.
- ELLIS, G. F. R.: Physics, complexity and causality. *Nature*, 435, 2005.
- ELLIS, G. F. R. In Carr, B. (ed.): *Universe or Multiverse?* Cambridge, Cambridge University Press, 2007.
- ELLIS, G. F. R.: Editorial note to: Brandon Carter, Large number coincidences and the anthropic principle in cosmology. *Gen Relativ Gravit*, 43, 2011.
- LINDE, A.: Eternally existing self-reproducing chaotic inflationary universe. *Phys. Lett.*, B 175, 1986. PENROSE, R.: *The Emperor's New Mind* (Chapter 10). Oxford, Oxford University Press, 1989.
- SUSSKIND, L.: *The cosmic landscape: string theory and the illusion of intelligent design*. Little, Brown, 2005.
- TROTTA, R. – STARKMAN, G. D.: Why anthropic reasoning cannot predict? *Phys. Rev. Lett.*, 97, 2006.
- WEINBERG, S.: Living in the multiverse. In Carr, B. (ed.): *Universe or Multiverse?* Cambridge Cambridge University Press, 2007. [arXiv:hep-th/0511037]

# LÉLEKENCIKLOPÉDIA

*A lélek szerepe az emberiség szellemi fejlődésében*

FŐSZERKESZTŐ

SIMON-SZÉKELY ATTILA

II. KÖTET

*Filozófia, tudomány, paratudomány*



GONDOLAT