

Szergényi István

Energia, civilizáció, szintézisigény

Szergényi István

**ENERGIA, CIVILIZÁCIÓ,
SZINTÉZISIGÉNY**





A könyv a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült.

© Dr. Faragó Katalin, Typotex, Budapest 2015

Engedély nélkül semmilyen formában nem másolható!

Lektorálta:

Dr. Járosi Márton

ISBN 978 963 279 858 5

Témakör: *energetika*

Kedves Olvasó!

Köszönjük, hogy kínálatunkból választott olvasnivalót!

Újabb kiadványainkról, akcióinkról

a www.typotex.hu és a facebook.com/typotexkiado

oldalakon értesülhet.



Kiadja a Typotex Elektronikus Kiadó Kft.

Felelős vezető: Votisky Zsuzsa

Felelős szerkesztő: Horváth Balázs

Műszaki szerkesztő: Baloghné Kőszegi Tünde

Borítóterv: Szalay Éva

Készült a Kódex Könyvgyártó Kft. nyomdájában

Felelős vezető: Marosi Attila

Tartalom

Előszó.	9
---------------------	----------

ELSŐ RÉSZ

1. Az energia értelmezésének kettőssége.	15
2. A kultúra, a civilizáció és az energia összefonódása.	23
A tapasztalat és a tudás szerepe	29
A kultúra és az energia kölcsönhatása – befolyásuk a nemzetközi erőviszonyokra	31
3. Globális kihívások, a kudarc veszélye	41
Védekezés a válságokkal szemben	48
4. Az állam szerepe	53
5. Az erőforrások végeességének jelentősége	59
6. Tévedések és remények.	65
7. Az emberi tényező	75
Az oktatás, a kutatás, a nevelés, a kultúra és az etika jelentősége	75
A szintetikus látásmód erősítésének szükségessége	80
8. A legfontosabb energiafüggő területek	87
A világelelmzés	87

A szállítás/közlekedés	92
Az ipar energiafelhasználása	97
A fűtés	98
A védelem, illetve a háborús energiaigények	101
9. A föld energiavagyonának elvi megítélése	104
10. A pazarlás bosszúja.	107
A fantomrabszolgák szerepe.	111
Az életminőség alakulása	112
11. Energiatakarékosság, hatékonyságnövelés	115
Az energiaigényesség értelmezésének kettőssége	115
Példák az energiaigényesség-csökkentési lehetőségekre	118
12. A környezeti veszélyek etikus megközelítése.	121
13. A népesség.	133
14. Pesszimista és optimista jövőképek	137
15. Megoldások keresése – a civilizációk jövője.	143
A kutatás és a technológiafejlés	144
Kutatások a sci-fi-közeli területeken.	151
16. Az energiapolitikák.	152
Az energiapolitikák célja és elvei	156
A feladat nehézségei.	157
Hármas paradigmaváltást!.	158
Az energiapolitikák összetettsége.	162
Az energiapolitikák szempontjai	165
A foratókönyvek és kialakításuk „technológiája”	166
Példák a jó és az elhibázott energiapolitikákra.	167

MÁSODIK RÉSZ

Energiaforrások	173
Fosszilis energiahordozók	173
a) A szén	173
b) A kőolaj	175
c) A földgáz	182
Villamos energia	187
Megújuló energiák	195
a) A napenergia	197
b) A szélenergia	198
c) A biomasszák	201
d) A geotermikus energia	204
e) Az árapályerőmű	206
f) Az algából nyert üzemanyagok	207
A hidrogén	207
Függelék	
A kőolaj és a nemzetközi politika összefüggése dióhéjban	211
A fúziós energia	218
A sötét energia	219
A végső kérdések: a világ keletkezése és az élet rejtélye	220
Felhasznált irodalom	225
Egyéb irodalom	240

Előszó

Az ember már csak oly módon tud élni, hogy saját fizikai energiáját mind több és több, természetben található energiával egészíti ki. Ez utóbbit korábban egyre gyarapodó tapasztalattal és tudással, azaz szellemi energiával állította a saját szolgálatába, ezáltal is különbözve az élővilág minden más lényétől. Ugyanez a szellemi energia az idők folyamán sajátos kultúrák kialakulásában is megnyilatkozott. A változó körülmények és a meg-megjelenő kihívások később folyamatosan tökéletesedő technikákat és technológiákat, végül civilizációkat érleltek ki. A civilizációk kialakulásának kezdetén még kevésbé érződött az erőforrások korlátozottsága, hiszen ha a legelők és a termőföldek kimerültek, illetve a klíma változott, az érintett népcsoportok odébb vándoroltak. A kezdetben igénybe vett megújuló energiaforrásokat az emberiség már jórészt lecserélte a fosszilis¹ energiahordozókra, és egyre inkább azoktól vált függővé, főként amióta egyre zabolátlanabban használja fel őket. Az először „csak” önmagáról gondoskodó, gondolkodó ember telhetetlenségében immár az eget ostromolja. Eközben – akár észreveszi, akár nem – saját maga is tetézi az őt érő különböző természeti kihívásokat. Fontos lenne, hogy legalább azokat ne fokozzuk és ne szaporítsuk, amelyekért mi magunk vagyunk a felelősek.

Az energiáról gondolkodni – szerteágazó hatása miatt – globális rálátást indokolna, nem csupán a természettudományok és a technológia szempontjából, hanem geopolitikailag is, továbbá az emberi tudásnak és viselkedésnek, valamint a világ sok más problémájának széles panorámájára úgyszintén. A témakör – súlya miatt – megkívánná, hogy a közvélemény, főleg pedig a döntéshozók megismerjék és megértsék az energia fontosabb összefüggéseit. Folyamatosan integrálniuk kell az ökológia, a gazdaság és a társadalom területéről begyűjthető információkat. Felelős munkájukhoz az energetikai szakembereknek is jártasnak kell lenniük a saját maguk által műveltől eltérő, de energiavon-

¹ A fosszilis (latin szó, jelentése: kiásott) tüzelőanyagok alatt a szenet, a kőolajat és a földgázt értjük, amelyek lebomlott növények és állatok maradványai.

zattal rendelkező területeken. Az is nélkülözhetetlen, hogy a véleményformáló média és nem utolsósorban az oktatás is kivegye a részét a szakszerű ismeretközlésből.

Ez a könyv szerény kísérlet az emberek holisztikus² ismereteinek bővítésére, legalábbis az oly fontos energiakérdés jobb megismerése tekintetében. Megírásával, ha többet nem is, de legalább pozitív impulzust kívántam adni az olvasónak. Írásom időtállóságát és kritizálhatóságát természetesen befolyásolja, hogy az egyes területeken folyamatosan halmozódik az információ és a tudás, illetve egyre nehezebbé válik az eligazodás. Azt az illúziót tehát el kellett vetnem, hogy végleges, átfogó kép festhető, hiszen a tudomány és a technológia fejlődése gyorsulva gyarapszik, valamint sok esetben a kiszámíthatatlan politika is hat a folyamatokra. A terület bonyolultsága egyszerűsítésekre, illetve arra kényszerített, hogy a tengernyi energiafüggő területből csupán néhány különösen fontosat emeljek ki. Még ahhoz is szükséges volt időnként „idegen vizekre eveznem”, ami viszont óhatatlanul megkívánta, hogy olyan, másodkézből származó ismereteket is felhasználjak, amelyek megbízhatóságáról nem minden esetben volt lehetőségem közvetlenül meggyőződni. Ez tagadhatatlanul a felelősség bizonyos mértékű áthárítását jelenti, de ha azt nem vállalom, e könyv nem születik meg.

A gazdag országokban eluralkodott a pazarlás szelleme, ami rossz példát mutat a harmadik világ felzárkózó népei számára. Az örökös bőség hamis hiedelme nemcsak az ismeretek hiányával és az általános tájékozatlansággal magyarázható, hanem azzal is, hogy az emberek a nagyobb összefüggések iránt többnyire közömbösek, céljaikat jobbára saját rövid távú érdekeik határozzák meg. Csupán a közelmúltban – és távolról sem mindenki előtt – vált egyértelművé, hogy takarékosabban kellene élnünk.

A 21. században a kihívások serege olyan kort nyit meg, amelyben döntő változásra van szükség, ha az eddigi vívmányainkat nem akarjuk veszni hagyni. Ennek a nagyszabású programnak a véghezviteléhez szükséges időtartam hossza nehezen becsülhető meg, hiszen az emberi szemlélet- és a technológiaváltást egyaránt sajátos inercia jellemzi. Át kell tehát vészelnünk egy bizonytalan hosszúságú időszakot addig, ameddig új, bőséges és biztonságos, elméletileg „végleges” energiaellátási megoldásra talál az egyre szaporodó embertömeg. A folyamat sikere vagy sikertelensége sorsfordító jelentőségű lesz. A legfontosabb kérdés tehát az, hogy lesz-e elegendő idő úgy lépnünk, hogy erőforrás-gazdálkodásunk, tudásunk, új technológiáink, valamint a környezet

² A holizmus (a holosz görög szóból származik, jelentése: teljes, egész) a jelenségeknek teljességükben való megértését jelenti. A terminus először 1926-ban Jan Christian Smuts *Holism and Evolution* című könyvében jelent meg.

változásához történő alkalmazkodó képességünk együttesen lehetővé tegyék megtartani mindazt, amit eddig elértünk.

Ezzel összefüggésben több olyan kérdésre kell felelnünk, mint például a következők: A nem hagyományos energiaforrások és a villamos energia át tudják-e venni a kőolaj szerepét? Mi lesz a szén és a nem hagyományos energiaféleségek jelentősége, beleértve a megújuló energiaforrásokét? Igazolható-e a CO₂-pánik? Mi lesz a nem hagyományos szénhidrogének, valamint a nukleáris energia szerepe, és ez utóbbival kapcsolatban az uráné vagy a tóriumé-e a jövő? Nem tudhatjuk egyértelműen eldönteni azt sem, hogy melyik infrastrukturális és felhasználói technika fogja kiváltani a minden bizonnyal a jelenleginél is nagyobb rendszereket. Mindegyik kérdés – mint egy-egy folyamat/esemény-sorozat – egyszer kritikussá válik, és akkor megválaszolandó kihívásként jelenik meg. Az egyes események azonban nem egymástól függetlenül léteznek, hanem mintegy komplex egészet alkotnak. Egyetlen elemet kiemelve belőle, az egész megváltozik, és nem lesz ugyanaz többé, mint ami korábban volt.

Civilizációnk jövője szempontjából szélsőségesen derűlátó vagy pesszista nézetek alakultak ki. Kritikátlanul ezek egyikének elfogadása sem célravezető. Helyettük minden intellektuális energiánkat latba vetve, fáradhatatlan kereséssel rá kell találnunk arra az útra, amely megadja – az energia vonatkozásában is – a jövőbe való átlépés nagyobb megrázkódtatás nélkül lezajló, kellő megbízhatósággal ma még nem ismert módját. A valóság maga csak egy, ha különbözőképpen szemléljük is azt.

Az ENSZ ma már több mint egy tucat globális kihívást tart számon. Az ezekre adandó helyes válaszok megtalálásának esélyét növelheti az egyoldalúságba egyre jobban belecsúszó hétköznapi ember, valamint a tudós és a politikus látókörének, az energia kölcsönhatásaival kapcsolatos ismereteinek bővítése. Ennek hatékony elősegítésével a tudományszervezés a mai napig adós. Jogos kritikára ad alapot – kihívásként is értelmezhető – az is, hogy a természettudományos és a humán műveltség az utóbbi évtizedekben túlzottan elkülönül, és az utóbbi – tárgyi ismeretek híján – igyekszik befolyást gyakorolni az energiapolitikákra (is). Ez a jelenség veszélyes, tehát változtatni kell rajta. A sokak által mindenhatónak hitt piac – mint láthatatlan karmester – éppen az egyre szaporodó kihívások kezelésének szükségessége miatt már nem lesz képes sikeresen vezényelni a folyamatokat. Új közgazdasági elméletre és gyakorlatra, továbbá a jelenleginél etikusabb emberi magatartásra – azaz globális paradigmaváltásra – van/lenne szükség. Ez az a meggyőződés, amiért e könyvet megírtam.

ELSŐ RÉSZ

1. Az energia értelmezésének kettőssége

A legszebb dolog, amit kutathatunk: a rejtély. Ez a művészet és az igazi tudomány forrása. – Albert Einstein

A fizikai világ legalapvetőbb jellemzője többé már nem az anyag, hanem az energia. – László Ervin³

Szóbeli vizsga az Oxfordi Egyetemen 1890 körül:

Vizsgáztató: – Mi az elektromosság?

Jelölt: – Ó, uram, biztos, hogy megtanultam, biztos vagyok benne, hogy tudtam, de elfelejtettem.

Vizsgáztató: – Milyen kár. Mindössze ketten tudták valaha is, hogy mi az elektromosság: A természet alkotója és ön. Most az egyikük elfelejtette.

Az *energeia* (ἐνεργεία) szó mintegy két és fél ezer évvel ezelőtt az ógörögben valamely isteni tett vagy bűvös cselekedet fogalmaként jelent meg, Arisztotelész pedig a megvalósultságra, a működésre, a változásra való képesség kifejezésére használta. Szerinte a megvalósultság annyit jelent, hogy egy dolog megvan, de persze nem úgy, mint ahogy lehetőség szerint létezőnek mondjuk. A lehetőség annyit jelent, hogy vagy egy másik tárgy részéről képes valami hatást elszenvedni, vagy ez tud egy másik tárgyra hatni. A lehetőség (dünamisz) és a megvalósultság pedig a létezők két egymástól elválaszthatatlan és egymást feltételező összetevője. „A lehetőség nem semmi, nem a lét teljes hiánya, hanem viszonylagos nemlét: a valós lét hiánya az annak megszerzésére képes létezőben.” Tehát homályosan már az ókori görög filozófusok is gyanították valamiképpen a termodinamika első főtétele (energia semmilyen folyamat során nem keletkezik vagyvész el, csak egyik energiaformából egy másik energiaformába alakul át). Arisztotelész után maga az energia szó hosszú időre eltűnt ugyan, de a lényegéről való gondolkodás nem. 1800 táján még a gőzgépek

³ László Ervin (1932–) tudományfilozófus, író, eredetileg zongoraművész, a Magyar Tudományos Akadémia külső tagja.

gyártásával (és pénzveréssel) foglalkozó Boulton⁴ – aki összeköttetésbe jutván Watt-tal⁵, a gőzgép feltalálójával, a szabadság hasznosítása céljából nagy gyárat állított fel – is „csak” az erő kifejezést használta.

Az energia szó csak az 1860-as évektől vált általánossá a fizikában, min-denekelőtt Rankine⁶, Thompson⁷, Carnot⁸, Helmholtz⁹, és Clausius¹⁰ – a klasz-szikus termodinamika főtételeivel összefüggő – munkássága nyomán. Ezután a filozofálásra is hajlamos Ostwald¹¹, a Lipcsei Egyetem professzora, a fizikai kémia úttörője, Nobel-díjas a következőképpen vélekedett: „Mi is tulajdonkép-pen az energia? Jelenleg a legvégső realitás, amely még tapasztalati körünkbe esik”. Máskor pedig ezt mondta: „Az egész világ energia.” Gamow¹² szerint a világmindenség jelenleg létező anyagának az alapja az az elképzelhetetlen

⁴ Matthew Boulton (1728–1808) alapította meg Birmingham gyáriparát. Életének fő célját jellemzi az a mondása, amelyet a gyárat látogató Boswellhez intézett: „Én itt uram azt árulom, ami után az egész világ áhítozik... erőt! erőt!”

⁵ James Watt (1738–1819) skót feltaláló. A gőzgép fejlesztésével lényegesen hozzájárult az ipari forradalom kibontakozásához. Az utókor úgy rótta le a Watt iránti tiszteletét, hogy a teljesítmény egységét róla nevezte el.

⁶ William John Macquorn Rankine (1820–1872) skót mérnök, fizikus, a termodinamika, kiváltképp a gőzgépelmélet egyik megalapozója.

⁷ William Thompson (1824–1907) 1892-ben Lord Kelvin néven főrendi címet kapott, miután megalkotta az abszolút hőmérsékletet mérő Kelvin-skálát. A Magyar Tudományos Akadémia külső tagjává választotta.

⁸ Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796–1832) 1824-ben vezette be a róla elnevezett körfolyamat fogalmát. Termodinamikai körfolyamat akkor jön létre, ha egy rendszer állapotváltozások után a kezdeti állapotába tér vissza. Eközben munkát végezve hőerőgépként egy melegebb régióból energiát vihet át egy hidegebb régióba. Megfordítva, külső munka bevezetésével hőszivattyúként hőenergia vihető át egy hidegebb régióból egy melegebbe. Carnot kolerajárványban halt meg. Az akkori járványtani szabályok szerint feljegyzéseit elégették. Mégis fennmaradt írástörödékeiből az olvasható ki, hogy megsejtette termodinamika első főtételét.

⁹ Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821–1894) nemcsak fizikus volt, hanem orvos is. Több tudományterületen maradandót alkotott. Filozófusként tudományfilozófiával, az esztétika tudományával és a tudomány társadalomra gyakorolt hatásával is foglalkozott. Először az a találmány tette világhírűvé, amellyel a szemfenéktükörrel – közvetlenül, beavatkozás nélkül – tette vizsgálhatóvá a retinát.

¹⁰ Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822–1888) német fizikus és matematikus az egyik alapítója a termodinamika tudományának. 1872-ben a Magyar Tudományos Akadémia külső tagjává választotta.

¹¹ Wilhelm Friedrich Ostwald (1853–1932) balti német származású, lett születésű kémikus. A fizikai kémiát ő különítette el a szervetlen és a szerves kémiától, és tette önálló tudománnyá. A katalízis területén végzett munkáiért, valamint a kémiai egyensúlyok és a reakciósebesség alapvető vizsgálataival elért eredményeiért 1909-ben Nobel-díjat kapott.

¹² Az Odesszában született George Gamow (1904–1968) fizikus 1934-ben az Egyesült Államokba költözött. A Lemaître, a Louvaini Római Katolikus Egyetem fizika- és csillagásztanára által 1927-ben leírt ősrobbanás teóriája George Gamow módosításaival vált a kozmológia vezető elméletévé. 1948-ban Gamow Alphérrel és Bethével kidolgozta az elemek felépülésének folyamatát a csillagokban. Ekkor ismertette nézetét, amely szerint a táguló univerzumban jelenleg is megfigyelhetőnek kellene lennie a „nagy robbanás” eredményeként a mikrohullámú háttérsugárzásnak. Ennek jelenlétét másfél évvel később Penzias és Wilson valóban kimutatta.

mennyiségű energia, amely akkor jött létre, amikor valami – vagy Valaki – ki mondta: Legyen világosság! Ezzel kapcsolatban néhány gondolatot találunk a Függelékben.

Kortársunk, Howard Van Till fizikus, asztronómus és evolucionista felfedezései a lehetőség-megvalósultság arisztotelészi gondolatpárra emlékeztetnek. Azt a gondolatot veti fel, hogy Isten olyan világot teremtett, amelyikben a benne rejlő lehetőségek beavatkozása nélkül aktualizálhatók. A Van Till-i gondolat összhangban van László Ervinével, aki szerint a világ új fogalmán alapuló teológia az univerzumot létrehozó folyamat kezdetén történt teremtő cselekedeten kívül nem feltételez más transzcendentális beavatkozást. Szerinte a további fejlődésről az evolúciós folyamatot vezérlő információ, illetve az univerzum belső önszerveződése gondoskodik.

A Joule¹³, Helmholtz és Mayer¹⁴ által felfedezett energiamegmaradás törvénye kimondja, hogy az egyik formában felszabadult energia megjelenik egy másikban, és nem vesz el.

Az első tanulmányt Carnot írta a gőzgépek hőtechnikai elméletéről, amely 1824-ben jelent meg, Az elmélet fejlődésének igen nagy lökést adott Joule munkássága, aki igazolta, hogy a hő mennyisége „egyenértékű” meghatározott munkamennyiséggel. Ezt követően egyre többen foglalkoztak a termodinamika elméletével, végül annak átfogó összefoglalását Clausius (1867), majd még általánosabb értelmezésben Poincaré¹⁵ 1892-ben írta le. Először a 2. főtételel ismerték fel (A spontán folyamatok esetében a magukra hagyott zárt rendszerek entrópiája csak növekedhet. Az entrópia a klasszikus termodinamikában a reverzibilis hőcsere és hőmérsékletének hányadosa véges mértékű változásokra), majd az első (az energiamegmaradás törvényét), azután a harmadikat (0 °K hőmérsékleten minden tiszta kristályos anyag entrópiája zérus.). Végül a főtételek teljessége megkívánta egy negyedik alaptörvény megfogalmazását, amelyet nulladik főtételeknek neveztek el. E szerint az egyszerű rendszereknek vannak olyan egyensúlyi állapotai, amelyek jellemezhetők belső energiájukkal, térfogatukkal és molekulaszámukkal. A 20. század elején többen átfogalmazták

¹³ James P. Joule (1818–1889) brit fizikus. Megállapította, hogy az energia különféle formái, a mechanikai, az elektromos és a hőenergia lényegében azonosak, egyik a másikba átalakítható. Róla nevezték el energia nemzetközi mértékegységét. Az akkori angol hő, illetve munka mértékegységek átszámítási faktorának általa meghatározott legpontosabb értékét a sűrűségére is felvésték.

¹⁴ Julius von Mayer (1814–1878) hajóorvos különböző gázok viselkedéséből kiszámította a hőegység mechanikai egyenértékét (1 kcal = 427 mkp). Az energiatörvényt lassan átment a fizikus köztudatba, de a felfedezést főleg Joule és Helmholtz nevéhez kötötték. Mayer igen sokáig hasztalanul küzdött elismerésért. Végül John Tyndall (a róla elnevezett effektusról híres) fizikus 1862-ben egy előadásában kijelentette, hogy az energiamegmaradás tételének felfedezésénél az első hely Robert Mayyert illeti meg. Élete vége felé kitüntette a Royal Society, és tagjává választotta a Francia Akadémia.

¹⁵ Jules Henri Poincaré (1852–1912) francia matematikus és elméleti fizikus. (Nem tévesztendő össze Raymond Poincaréval, aki francia államfő és több alkalommal Franciaország miniszterelnöke volt.)

a főtételeket, aminek következményeként például a 2. főtételek tíznél is több megfogalmazása ismeretes. Az entrópia elnevezést¹⁶ az energia átalakulási képességének jellemzésére Clausius vezette be (1858). Planck¹⁷ a termodinamika második főtételéről írta doktori dolgozatát. Kvantummechanikai alapon megmagyarázta az entrópia zérus értékét 0 °K hőmérsékleten.

Tudnivaló azonban, hogy léteznek olyan szigetek, ahol csökken az entrópia. Mi magunk is ilyen csökkenő entrópiájú szigetek vagyunk, hiszen testünk építkező szakaszában növekvő a rendezettség. Felületesen gondolkodva az volna elmondható, hogy – az entropikus elvet tekintve – létünk a kozmoszban kivételes jelenség. Ezzel kapcsolatban azonban megjegyezzük, hogy az élő szervezet állandó kapcsolatban áll a környezetével, tehát nem zárt rendszer, ezért nem érvényes rá az entrópia szükségszerű növekedésének törvénye. Erre más összefüggésben még visszatérünk.

Az energia tudományos kategóriaként az anyag különböző mozgásformáinak egyik kvantitatív értékelési eszköze. A fizikában az az ismérve, hogy minden fajtája mennyiségi szempontból egyenértékű, és a termodinamika 1. főtételenek, az energiamegmaradási törvénynek van alárendelve. A gyakorlatban viszont döntő az a szempont, hogy nem minden energiatípus tud átalakulni egy másik fajta energiává, tehát egymással ebből a szempontból nem azonos értékűek. Például a villamos energia teljes egészében át tud alakulni hőenergiává, a hőenergiát viszont nem lehet teljes egészében villamos energiává átalakítani. A valamely rendszerből kivethető maximális munkát *exergiának*¹⁸ nevezzük. A társadalmi energia fogalma pedig arra kíván választ adni, hogy bizonyos kulturális gyakorlatok egy adott időben milyen mértékben és hogyan hívnak elő hasonló reakciókat emberek egy csoportjában (Martinás).

Az arisztotelészi lehetőségek felismerése és kiaknázása az embernek lehet az osztályrésze, és ezzel él is, valahányszor tudását a természetre alkalmazza. Miközben a tudomány embereit az energia mibenlétére vonatkozó évezredes rejtély filozófiailag is foglalkoztatja, a hétköznapi élet, sőt az emberiség fennmaradásának (egyik) legnélkülözhetetlenebb tényezőjévé vált. A mai átlagember

¹⁶ Az entrópia szó a görög entropé – megfordulás, visszafordulás – szóból származik. A termodinamikán kívül használják még az informatikában („A fizikai mennyiségek áramlását információáramlás is kíséri.” – Shannon) és az életjelenségek magyarázatában (Schrödinger) is. Ez utóbbival kapcsolatban kell megjegyezni, hogy a biológiai szervezetek entrópiaszintje alacsonyabb az élettelen világénál. Amíg entrópiacsökkenésük érdekében sikeresen küzdenek, addig életben maradnak. Ha viszont kialakul magasabb entrópiájú rendezetlen állapotuk, bekövetkezik biológiai haláluk.

¹⁷ Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858–1947) Nobel-díjas német fizikus, a kvantummechanika megalapítója. Albert Einstein mellett ő rakta le a modern fizika alapjait. Róla nevezték el a Planck-hosszt és a Planck-állandót.

¹⁸ Az exergia fogalmát először egy szlovén tudós, Z. Randt használta a múlt század közepén. Gyakorlati alkalmazása az 1980-as évek második felében terjedt el, amikor J. Szargut lengyel mérnök megmutatta, hogy a különböző technológiai folyamatok leírására ez a fogalom nagyon alkalmas.

leginkább a kőolajat, a szenet, a földgázt és a villamos energiát érti a szó alatt. Az energia önmagát ezekbe a megjelenési formákba „csomagolja”, miközben megőrzi valóságos mibenlétének rejtélyét. Ez a kettősség jellemzi napjainkban az energia értelmezését.

Tovább bonyolítja az energiáról alkotott képzetet a kozmológusok részéről újonnan feltételezett sötét anyag, illetve a sötét energia fogalma (valósága?). A mai fizika egyik nagy talánya, hogy a – világegyetemre állandó erőként hatva – túlnyomórészt a sötét energia, illetve a sötét anyag alkotja, és mindössze néhány százalékot képvisel a „normális”, fénylő anyag, amelyet csillagok és galaxisok formájában „jól” ismerünk?

Nem kétséges, hogy valahányszor az energiára gondolunk, az emberiséget izgató „végső” kérdésekkel is foglalkozunk. Kérdésekkel – az univerzum időbeni és térbeni végességével/végtelenségével, valamint az élet keletkezésével kapcsolatban. (Ez utóbbira a Függelékben térünk ki.) Kérdésekkel, amelyek mind a mai napig megválaszolatlanok a tudomány számára. Elmondhatjuk, hogy tudósnak lenni a világegyetem kérdéseiben egyelőre annyi, mint analfabéta portásnak lenni egy hatalmas könyvtárban. Analfabétának, mert nem tudjuk milyen nyelven íródott a mindenség.

1970. március 27-én Rubin¹⁹ távcsövét az Androméda-galaxisra irányította. Ellenőrizni szeretne volna, hogy az Androméda milliányi csillaga úgy mozog-e, ahogyan az elméletek leírják. A spektográf a csillagokban lévő kémiai elemeknek megfelelő hullámhosszokon vonalakat rajzolt egy papírra, amelyeket Rubin mikroszkópon keresztül vizsgált. Ismert volt számára, hogy a kirajzolt vonalak annak megfelelően eltolódnak följebb vagy lejjebb a frekvenciaskálán, ahogy az adott csillag felénk közeledik vagy távolodik, a Doppler-hatásnak megfelelően. Rubin kíváncsi volt rá, hogy a Doppler-hatás alapján meg tudja-e határozni a csillagok sebességét a távoli galaxisokban. Azt tapasztalta, hogy az Androméda szélén lévő csillagok is épp olyan gyorsan mozogtak, mint a galaxis közepén lévők. Ez azonban nem felelt meg az elméletekből következő várakozásoknak. Minden más galaxis esetén is hasonló eredményt kapott. Az összes sebesség „hibás” volt. A fizika ismert törvényeinek megfelelően ezek a csillagok túl gyorsan mozogtak, jó néhányuk esetén a gravitáció nem lett volna elég, hogy a pályájukon tartsa őket, ki kellett volna repülniük a világűrbe. Ez azonban nem történt meg. Rubin számára két lehetséges ok kínálkozott: Vagy Isaac Newton gravitációs törvényei rosszak, vagy az univerzumban létezik olyan különös anyag, amely a visszahúzó erőért felelős, de a jelen csillagászati eszközökkel nem kimutatható. Rubin a második magyarázatot választotta, és a „fölös” anyagot sötét anyagnak nevezte el (mivel nem volt látható, sem kimutatható). Számításai szerint a világegyetem 90%-ban sötét anyagból áll.

¹⁹ Vera Rubin (1928–) litván származású amerikai asztronómus.

A tudományos világnak az elmélet elfogadásához egy évtized kellett. A sötét energia létezésének koncepciója szerint a kozmológiában a sötét energia az a feltételezett energiaforma, amely az egész világegyetemben jelen van. A tömegvonzással ellentétes, taszító hatást fejt ki, és semlegesíti a gravitációs vonzást – ezáltal távol tartja egymástól a csillaghalmazokat –, és nem bocsát ki észlelhető sugárzást. Ez szolgálhat annak a megfigyelésnek a magyarázatául, hogy a világegyetem tágul. Az elmélet értelmében a kozmoszt a sötét energia uralja. A valamivel kevésbé rejtélyes sötét anyag kevesebb, mint egynegyeddal járul hozzá világegyetemünkhöz, míg a „hagyományos” anyag, amely minket, az élőlényeket, a bolygókat és a csillagokat alkotja, mindössze négy százalékot tesz ki.

A kutatókat azonban nem csupán az energia kozmológiai vagy vitális rejtélyei foglalkoztatják. Munkálkodnak azokon a vélt/reális lehetőségeken is, amelyek az új energia-előállítási módok homlokterében állnak (megújuló energiák²⁰, valamint a remélt fúziós energia), továbbá amelyek mellett merőben új – a jelen kognitív tudást minden bizonnyal meghaladó – megoldásokon (hidegfúzió, nullponti energia, vákuumenergia) alapulnak.

Már a nyolcvanas években is voltak fizikusok, akik hidegfúzióval kísérleteztek. Akkor a Utah Egyetem két kutatója azt állította, hogy sikerült olyan hidegfúziós készüléket létrehozni, amely több energiát termel hő formájában, mint amennyi elektromos energiát befektetnek. Később, 2011-ben a Bolognai Egyetem két kutatója jelentette be, hogy kifejlesztettek egy hidegfúziós berendezést. Próbálkozásuk sikerességét azonban nem tudták meggyőzően bizonyítani. Kétségtelen, hogy ha létrehozható lenne ilyen folyamat, az egész világ energiaproblémáit orvosolná. A hidegfúzió a legtöbbször szerint azért lehetetlen, mert sérti az eddig megismert fizikai törvényeket.

A nullponti energia (zero-point energy: ZPE) azt fejezi ki, hogy az elektromágneses mező abszolút nulla fokon is rendelkezik bizonyos energiával. A vákuumenergia szót gyakran a ZPE-vel rokon értelemben használják, és az elnevezés azt fejezi ki, hogy az elektromágneses mező vivőközege a vákuum, így az elektromágneses mező nullponti energiája tulajdonképpen a vákuum energiája. A holland Hendrick Casimir²¹ számításai szerint vákuumban két egy-

²⁰ A Földön a geotermikus, illetve a nukleáris energián kívül valamennyi megújuló energia (miként a fosszilis energiáké is) a napenergiára vezethető vissza. A földi életet tehát a napenergia, a Napot pedig a fúziós nukleáris energia működteti. A megújuló energia kifejezés azonban természettudományos nézőpontból vitatható, hiszen a napenergia sem újul meg. Ha majd elfogy a Napban tárolt nukleáris üzemanyag, akkor a Nap is átalakul vörös óriás típusú csillaggá, és elpusztítja a körülötte keringő bolygókat, köztük a Földet is.

²¹ Hendrick Casimir holland elméleti fizikus (1909–2000). A Casimir-effektus az a jelenség, amelynek során vákuumban, két, egymáshoz közel helyezett, tükröző felület között vonzóerő (Casimir-erő) jön létre. H. C. a jelenséget 1948-ban jósolta meg. Újabb feltételezések szerint a Casimir-effektusnak szerep juthat a nanotechnológia (mikroméretű gépezetek) kialakításában.

mástól kicsiny – a távolság negyedik hatványával csökkenő – távolságra helyezett töltetlen fémlap között vonzóerő lép fel, és velük elvileg a ZPE-vel munkát lehetne végeztetni. A tudomány azonban egyelőre nem ismer olyan eszközt, amellyel ez az energia folyamatos üzemben kinyerhető. Ehhez két olyan térrészt kellene biztosítani, amelyekben tartósan különböző a vákuumenergia nagysága, hiszen annak áramlása kizárólag így valósulhat meg. Nemcsak a közeg energiája számít ugyanis, hanem a közegek közötti tartós energiakülönbség is. Ilyen térrészeket, ilyen anomáliákat azonban nem találunk a közelünkben (Hraskó Gábor).