

Dr. Héjjas István

# EZOTERIKUS FIZIKA

A modern fizika megdöbbentő  
felfedezései **KÉPLETEK NÉLKÜL**

Mi az antianyag?

Miért sötét az égbolt?

Mi történik a fekete lyukban?

Van-e negyedik és ötödik dimenzió?

Befolyásolhatja-e a tudatunk a fizikai jelenségeket?

Vannak-e földön kívüli civilizációk?

**És még számos kérdés, amire ez  
a könyv megpróbál választ adni**





Dr. Héjjas István

# **EZOTERIKUS FIZIKA**

**a modern fizika megdöbbentő felfedezései**

– képletek nélkül –

# **EZOTERIKUS FIZIKA**

© Dr. Héjjas István, 2007

ISBN 978 963 375 482 5

Anno Kiadó, MMVII  
Felelős kiadó az Anno Bt vezetője  
Borító: Frigyes Design  
Készült a Megapressz 2000 Kft nyomdájában  
Felelős vezető: Kerekes Ferenc

## TARTALOM

Bevezetés .....	7
A klasszikus fizika módszerei és eredményei .....	12
A relativitáselmélet .....	17
A kvantumelmélet alapjai .....	25
Atommodellek, kvantumugrások, az atomok üressége .....	29
Anyaghullámok .....	36
Determinizmus, valószínűség, kauzalitás, határozatlanság .....	43
Alagúteffektus .....	48
Valószínűségi és paradox logikák .....	54
Gödel tétele, a racionális következtetés korlátai .....	59
A „Koppenhágai Modell” és a komplementaritás .....	63
Antianyag és vákuumfluktuáció .....	68
A fekete lyukak .....	72
Bootstrap és kvark elméletek .....	78
Nem lokális kapcsolatok .....	82
A kvantum-tér .....	89
Kvantumkáosz és pillangóeffektus .....	94
Az Univerzum keletkezése és fejlődése .....	100
Információ és fizika .....	108
Fraktálok és szuperhúrok; Hány dimenziós a tér? .....	113
Az ötödik dimenzió .....	119
Áltudományok .....	123
Szinkronicitás .....	126
Kvantumpszichológia, a tudat fizikája .....	130
Az antropikus elv .....	142
Földön kívüli civilizációk .....	149
Rejtélyes energiák .....	153
Befejező megjegyzések .....	159
IRODALOM .....	161



# BEVEZETÉS

A modern fizika ezoterikus tudomány, mivel magán hordozza az ezotéria minden fontos jellegzetességét. Melyek ezek?

Először is a modern fizika olyasmiket tanít, amelyek szöges ellentétben állnak mindazokkal a személyes tapasztalatainkkal, amelyekkel naponta szembesülünk.

Másodszor: a modern fizika annyira bonyolult, hogy azt csak kevés számú beavatott érti, és e tudomány elsajátítása óriási szellemi erőfeszítés és személyes tanítómester nélkül szinte lehetetlen.

Végezetül, de nem utolsósorban a modern fizika azt állítja, hogy az érzékszerveinkkel tapasztalható jelenségek nem azonosak a végső valósággal, és a felszín mögött egy sokkal mélyebb, egészen másfajta valóság rejtőzik.

Ezeket a megállapításokat persze sokan kétségbe fogják vonni, hiszen úgy tanultuk, hogy a fizika az élettelen természet jelenségeit kutatja oly módon, hogy matematikai modelleket állít fel ezek leírására, a modellek helyességét kísérletekkel ellenőrzi, és az így kidolgozott egyenletek segítségével képes előre megjósolni, kiszámítani, hogy az egyes fizikai kísérletek, illetve jelenségek a jövőben hogyan fognak lezajlani.

Vagy talán ez mégsem igaz? A fizika hagyományos megfogalmazása esetleg kezdi érvényét veszíteni?

Vagy már el is vesztette?

Biztos, hogy a fizika csak az élettelen természettel foglalkozik? És akkor mit kezdünk az olyan fogalmakkal, mint „kvantumbiológia”, sőt „kvantumpszichológia”?

És biztos, hogy az egyenletek tényleg meg tudják előre jósolni a fizikai események lezajlását?

És akkor mit kezdünk a kvantumfizika valószínűségi hullámfüggvényeivel, és Heisenberg határozatlansági tételével?

És biztos, hogy a megjósolt eseményeket megismételhető kísérletekkel ellenőrizni is tudjuk?

Hát akkor mit kezdünk az ősrobbanás elméletekkel, és a fekete lyukak belsejében lezajló ellenőrizhetetlen folyamatokkal?

Megannyi kérdés.

A XIX. század végén és még a XX. század elején is a fizikusok nagy része úgy vélte, hogy a fizika lezárt tudomány, és már csak néhány apróbb részletkérdést kell tisztázni, és akkor tökéletesen megértjük a világ működését.

Azután bekövetkezett a robbanás. Megjelent két óriási hatású fizikai elmélet, a relativitáselmélet és a kvantumelmélet.

Mind a két elmélet – a maga módján – felborította a hagyományos fizikai világképet. Csakhogy pont ellenkező irányban!

Az történt ugyanis, hogy miközben mind a két elméletre megdöntetlen kísérleti bizonyítékok születtek, a két elmélet között olyan alapvető logikai ellentmondásokat lehetett – és lehet – kimutatni, amelyek a mai napig nem sikerült kiküszöbölni.

A „józan paraszti ész” erre azt mondaná, hogy akkor vagy az egyik elmélet igaz, vagy a másik, vagy egyik sem, de a kettő együtt nem megy.

Igen ám, de eddig minden olyan kísérlet csődöt mondott, amely valamelyik elméletet megcáfolhatta volna. A relativitáselméletet igazolja a kísérletileg ellenőrizhető idő-dilatáció, a fényelhajlás, a relativisztikus tömegnövekedés, egyes kozmológiai jelenségek, mint pl. a fekete lyukak, valamint a világegyetem tágulása, továbbá, hogy létezik atomenergia, vagyis működnek az atomerőművek, és – sajnos – működik az atombomba is.



A kvantumelméletet pedig az igazolja, hogy erre épül a modern világ egész elektronikai technológiája, hiszen a kvantummechanika törvényei alapján működik a tranzisztor, a számítógép, a mobiltelefon, a TV készülék, a gépkocsi elektronikus gyújtás szabályozása, sőt még a modern mosógépek programvezérlése is.

Mit lehet ebből következtetni?

Talán azt, hogy a világ esetleg mégsem úgy működik, ahogyan azt a spekulatív emberi logikánk megkövetelné, és ha azt hisszük el, amit látunk, és amit az érzékszerveinkkel tapasztalunk, akkor becsapjuk magunkat, mivel a tapasztalható világ jelenségei csupán a valóság felszínét alkotják, olyanok, mint a díszletek a színházban, amelyek mögött egy másik fajta, mélyebb valóság rejtőzködik.

A fizika ugyanakkor természettudomány, sőt alighanem a legegyszerűbb természettudomány, és a természettudományos kutatásoknak megvannak a maga speciális szabályai, követelményei.

Ezek alapján dönthető el, hogy egy vizsgálati módszer, vagy egy elmélet valóban elfogadható-e tudományos szempontból.

Ezen belül is a fizikában különösen szigorú szabályok érvényesülnek.

Ugyanakkor azt is látni kell, hogy a tudomány – és ezen belül a fizika tudománya – folyamatosan fejlődik. Soha nem lehet abszolút, megfellebbezhetetlen tudományos igazságokat kimondani, mert bármennyire is tökéletesnek tűnik egy elmélet, előbb-utóbb lehet találni egy még tökéletesebbet.

Egy klasszikus hasonlat szerint a tudomány olyan, mint egy világos gömb, amely sötét térben lebeg. A gömb belsejében vannak a tudományos ismeretek, körülötte pedig egy határtalan, ismeretlen birodalom található. Minél nagyobb a tudásunk, annál nagyobb a világos gömb.

A nagyobb gömb egyre nagyobb felületen érintkezik a külső sötét térrel, és ezért egyre több a megválaszolatlan kérdés.

Ezek a megválaszolatlan kérdések a gömb felszínét borítják, a külső térben pedig csupa olyan kérdés lapul, amelyekről azt sem tudjuk, hogy ilyen kérdés egyáltalán létezhet.

Fontos azt is hangsúlyozni, hogy a tudomány soha nem lehet azonos semmiféle filozófiával, ideológiával, világnézettel, vallási tannal.

Ámde a tudományban bármelyik világnézethez bőségesen találhatunk érveket is és ellenérveket is, amelyek az illető nézetrendszert támogatni vagy cáfolni látszanak.

Így azután egységes természettudományos világrépről nem beszélhetünk, amit alátámaszt, hogy a világ élvonalába tartozó tudósok jelentősen eltérő világnézeteket vallanak.

Ugyanakkor a tapasztalat azt is igazolja, hogy a tudományos kutatás alárendelése bármiféle ideológiai vagy vallási követelménynek jelentősen gátolja a tudomány fejlődését. Erre számos példát találhatunk akár a XX. századi ideológiai diktatúrák történetéből, akár a középkori eretneküldözések tapasztalataiból.

Nem véletlen, hogy a természettudományok legdinamikusabb fejlődése Európa északi részén, főleg az angolszász területeken kezdődött, mivel itt akkor már nem működött az Inkvizíció. És az sem véletlen, hogy a hidegháborúból a tudományos-technikai fölénye birtokában a nyugati világ került ki győztesen, az ideológiai terhekkel sújtott kelettel szemben.

A fizika tudományában a kutatás általában úgy zajlik, hogy megfigyelünk akár kísérleti úton előidézett, akár természetes módon kialakuló jelenségeket, és ezekre matematikai modelleket állítunk fel. A matematikai modellek alapján számításokat végzünk, amelyekkel igyekszünk megjósolni a jövőbeli hasonló jelenségek lezajlását, és a számítások helyességét újabb kísérletekkel és megfigyelésekkel ellenőrizzük.

Ha az elmélet hibás, vagy pontatlan, akkor azt korrigáljuk, továbbfejlesztjük, és ezzel a fenti folyamat kezdődik előlről.

Nagyon fontos hangsúlyozni, hogy egy fizikai elmélet kizárólag abban az esetben tekinthető tudományos színvonalúnak, ha ahhoz részletesen kidolgozott matematikai modellek tartoznak, és ezek alapján pontos számításokat lehet végezni, amelyek helyessége kísérletekkel és megfigyelésekkel ellenőrizhető.

Egy elmélet annál jobb, minél pontosabb. Az azonos pontosságú elméletek közül az a legjobb, amelyik a legegyszerűbb, és amelyik a lehető minimális számú alap-paraméterből kiindulva éri el ugyanazt az eredményt.

Ebben a vonatkozásban is érvényes tehát „Occam borotvája”, vagyis William Ockham angol skolasztikus szerzetes-filozófus által az 1300-as évek első felében megfogalmazott tétel, amely szerint: „Ne szaporítsuk fölöslegesen a létezők számát.”

## A klasszikus fizika módszerei és eredményei

Bizonyos értelemben már a klasszikus fizika is ezoterikus jellegű volt, hiszen annak legnagyobb tudósát, Newtont is egyfajta okkultizmussal gyanúsították. Az azonban kétségtelen, hogy a fizikából – és bizonyos értelemben a matematikából is – Sir Isaac Newton csinált igazi tudományt. Felfedezte a gravitációt, kidolgozta a klasszikus mechanika alapegyenleteit és az optikai színek elméletét, és megalkotta – igaz Leibniz-cel „konkurálva” – a felsőbb matematika alapját képező differenciál és integrál számítás legfontosabb tételeit.

Newton (1643–1727) igen széles látókörű tudós volt. Fizikusi tevékenységét főleg a Cambridge-i egyetem professzoraként végezte. Később, kb. 50 éves korában az egyetemről eltávozott és a Londoni Pénzverde igazgatójává, majd később a Királyi Tudományos Társaság (Royal Society) elnökévé nevezték ki.

Newton a fizika mellett – korának egyik legelismertebb Biblia szakértőjeként – behatóan foglalkozott teológiával, sőt – idősebb korában – különféle ezoterikus tanokkal, többek között alkímiával is.

Newton szerencsés időben és szerencsés helyen született. Anglia akkorra már – VIII. Henrik királynak köszönhetően – független volt a Katolikus egyháztól és ezzel az Inkvizíciótól.

Ha Itáliában vagy Spanyolországban élt volna, aligha kerülhette volna el Galilei, sőt esetleg Giordano Bruno sorsát.

Az is szerencsés körülmény, hogy Anglia éppen túljutott nevezetes polgári forradalmán, és a kibontakozó új gyáripari vállalkozóknak nagy szükségük lett olyan tudományra, amelynek segítségével jól működő gépeket tudnak előállítani.

Newton azonban elsősorban nem az ipari hasznosításon és az ezzel összefüggő lehetséges profiton törte a fejét. Ő a világegyetem működését akarta megérteni, kifürkészni a Teremtő Isten gondolatait.

A hagyomány úgy tartja, hogy Newton egy almafa alatt üldögélve döbbent rá a gravitáció jelenségére. A fáról ugyanis leesett egy alma, méghozzá éppen Newton fejére. Kisebb sokkhatás után Newton azon kezdett töprengeni, hogy vajon miért esik le az alma, miért nem marad ott a levegőben lebegve?

A kérdés jogos volt, hiszen akkor már Galileitől ismert volt az – a tévesen Newtonnak tulajdonított – felismerés, amely szerint az erő szerepe nem a mozgatás, hanem a tárgyak mozgási állapotának megváltoztatása.

Ez tehát azt jelentette, hogy az almára valamiféle erő hat. Ez az erő pedig a Föld vonzóereje, vagyis a gravitáció. Ha pedig a Föld és az alma között kialakulhat erőhatás, akkor kialakulhat ilyen hatás a Föld és a Hold, sőt a Nap és a Föld, illetve a Nap és az összes körülötte keringő bolygó között is.

Ha pedig ez így van, akkor megoldódik a rejtély, hogy miért kering a Hold a Föld körül, és miért keringenek a bolygók a Nap körül, és ezek miért nem repülnek ki tehetetlen mozgásuk miatt a távoli világűrbe.

Ez a gondolat abban az időben igazi eretnekségnek számított, hiszen mindenki úgy tudta, hogy erőhatás csak egymással érintkező tárgyak között lehetséges. A lovat pl. be kell fogni a kocsni elé, ha azt akarjuk, hogy húzza maga után. De egy széket sem tudunk odébb tenni anélkül, hogy meg ne kellene azt kézzel ragadni. Így azután képtelenségnek tűnt, hogy anyagi objektumok a távolból erőhatást fejthessenek ki egymásra.

Newton emiatt számos támadásnak volt kitéve, és talán ez okozhatta azt is, hogy otthagyta az egyetemet. Jellemző, hogy a „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica” című 1687-ben megjelent korszakalkotó művét követően – mintegy egy évszázaddal később – a francia enciklopédista D’Alembert még mindig úgy vélekedett, hogy Newton gravitációs elmélete nem más, mint egyfajta sötét középkori okkultizmus.

A kritikák nem bátortalanították el Newtont. A gravitációs egyenletek mellett kidolgozta a mechanikai mozgások egyenleteit is, és megteremtette az ezekhez szükséges matematikai elméletet. Ez a munka egyúttal – Kopernikusz, Kepler és Galilei nyomdokain tovább haladva – a bolygómozgások sokkal de sokkal pontosabb leírását tette lehetővé, olyannyira, hogy az egyenletei segítségével sikerült figyelembe venni a bolygók egymás közötti gravitációs kölcsönhatásait is, vagyis az ebből eredő bolygómozgási rendellenességeket, ún. „perturbációkat”.

Ha pedig úgy lépett fel perturbáció, hogy annak nem volt látható oka, akkor ehhez valamiféle még fel nem fedezett kozmikus objektumot kellett feltételezni. Bár Newton már nem érthette meg, de az elmélete annyira sikeres volt, hogy később ezzel a módszerrel fedeztek fel két újabb bolygót, a Neptunuszt és a Plútót.

Az elmélet átütő sikerességét mutatja az is, hogy a gépészmérnöki gyakorlatban mind a mai napig a Newton által kidolgozott klasszikus mechanikát használják a különféle gépi szerkezetek tervezéséhez. Ezek a számítások ugyanis legalább 6-7 számjegy pontosságú megbízható eredményeket adnak. Ennél nagyobb pontosság csak a sokkal bonyolultabb relativitáselmélet egyenletei alapján lehetséges.

Bár Newton tisztában volt munkája fontosságával, mégis úgy vélte, hogy a természet titkainak –Isten Művének – csupán jelentéktelen töredékét sikerült megfejteni. Hasonlata szerint a természettudós olyan, mint a kisgyermek, aki színes kavicsokat és kagylóhéjakat gyűjtöget a hatalmas óceán partján. Amit felszedhet, az a tudományunk.

A klasszikus mechanika megjelenése után a fizika számos egyéb területén egyre másra születtek olyan eredmények, amelyeket a roha-

mosan terebélyesedő ipar képes volt sikeresen alkalmazni. Ennek során kidolgozták a gázok és folyadékok viselkedését és áramlását leíró egyenleteket, megszületett a hullámoptika tudománya, és felfedezték az elektromos és mágneses jelenségeket.

A fizika fejlődésének fontos fordulópontját jelentette James Clerk Maxwell 1864-ben publikált „Dynamical Theory of the Electromagnetic Field” című műve, amely bevezette az erőtér fogalmát, és megjósolta az elektromágneses hullámok létezését.

Az erőtér fogalma jelentős szemléletváltozást hozott a fizikában. Az elektromos töltések kölcsönhatásáról ezután nem azt mondták, hogy két töltés vonzza vagy taszítja egymást, hanem azt, hogy mind-egyik töltés megváltoztatja maga körül a teret, úgy, hogy azt egy másik töltés reá ható erőnek „érzi”.

Mindebből az következett, hogy a változó erősségű elektromos és mágneses terek kölcsönösen gerjesztik egymást és a térerősségek változása a légtüres térben hullámszerűen terjed.

Az is kiderült, hogy e hullámok terjedési sebessége kizárólag az üres tér fizikai tulajdonságaitól függ, és ha kiszámítjuk ezt a terjedési sebességet, eredményül a fénysebességet kapjuk.

Ezután kézenfekvőnek látszott, hogy a fény nem más, mint egyfajta elektromágneses hullám.

Az eredményből azt a következtetést is levonták, hogy a vákuum nem azonos a semmivel, vagyis a pusztá ürességgel, mivelhogy vannak mérhető fizikai paraméterei. Ezért úgy képzelték, hogy az üresnek látszó teret egy finom anyag, az „éter” tölti ki, ez hordozza a mérhető fizikai tulajdonságokat, és ebben, mint közegben terjednek az elektromágneses hullámok.

Mindezek alapján a XIX. század vége felé úgy látszott, hogy a fizikában csaknem minden kérdést sikerült tisztázni, és csak néhány apróbb részletkérdés lehet még hátra.

Jellemző, hogy a későbbi Nobel díjas – akkor még egyetemista – Max Planckot arra intette professzora, hogy ne foglalkozzon fizikával, mivel az egy befejezett tudomány, és ezen a területen már további felfedezésekre nem lehet számítani.

Később, 1894-ben pedig az ugyancsak Nobel díjas Albert Abraham Michelson úgy vélekedett, hogy: „A fizika tudományának alapvető törvényeit és tényeit mind felfedeztük és biztonsággal megalapoztuk, ezért elképzelhetetlenül kicsi a valószínűsége, hogy ezeket később ki kellene egészíteni újabb felfedezések miatt.”

Az ezt követő fejlemények azonban azt mutatták, hogy mindkét professzor nagyot tévedett.



## A relativitáselmélet

Az első modern elmélet, amely megbolygatta a klasszikus fizika világát, Albert Einstein relativitáselmélete volt, amely mélységesen megdöbbentette az akadémikus tudósokat, hiszen pl. olyan „tudománytalan eretnokségeket” állított, hogy egy tárgy tömege attól is függ, hogy azt honnan nézzük.

Relativitáselméleten általában éppen Einstein ezen relativitáselméletét szokás érteni.

Ámde relativitáselmélet több féle van, hiszen az egymáshoz képest mozgó rendszerekben mérhető fizikai paraméterek közötti átszámítás évszázadok óta foglalkoztatja a tudósokat.

A legegyszerűbb relativitáselméletet – eredeti megnevezéssel relativitáselvet – még Galileo Galilei fogalmazta meg az 1600-as évek elején. Galilei már Newtont megelőzve felismerte, hogy minden tárgy megtartja egyenletes egyenes vonalú mozgását, ha reá semmiféle erő nem hat, és ezért az erő nem a mozgás oka, hanem a mozgás megváltozásának az oka. Galilei ismerte az erőhatások vektoros összegezésének elvét, vagyis az eredő erő kiszámításának módszerét is.

A Galilei által kidolgozott klasszikus relativitás elv alapján az egymáshoz képest mozgó koordináta rendszerek között egyszerűen át lehetett számítani a mozgó mechanikai tárgyak helyzetét és sebességét.

Galilei és Newton is úgy gondolta, hogy létezik a világban egy fix, mozdulatlan koordinátarendszer, amelyben a tárgyak helyzetét és sebességét számszerűen ki lehet fejezni.

Maxwell felfedezése nyomán pedig – mint már említettük – a fizikusok azt feltételezték, hogy a teret egy finom közeg, az éter tölti ki, és a tárgyak mozgását ezen éterhez viszonyítva kell értelmezni.

Felmerült ezért a kérdés, hogyha a bolygónk, a Föld, nagy sebességgel halad és forog ebben az éterben, miközben a fény terjedési sebessége az éterhez viszonyítva mindig ugyanannyi, akkor a Földön a fénysebességnek változnia kellene, attól függően, ahogyan a Föld felszíne az éterhez képest különféle sebességgel és irányban mozog.

Ennek tisztázására Albert A. Michelson már 1881-ben végzett egy sikertelen kísérletet, majd később, 1887-ben Edward W. Morley-val a kísérletet sokkal pontosabban és körültekintőbben megismételték. Ez volt a nevezetes Michelson–Morley kísérlet, amely azonban most is negatív eredménnyel végződött, és az eredmény azt mutatta, hogy bárhogyan is mozog a Föld, a fény terjedési sebessége mindig ugyanannyi marad.

Ez azt jelenti, hogy ha megmérjük a fény terjedési sebességét pl. egy robogó vonaton, ugyanakkora sebességet kapunk, mintha azt egy álló épületben mérnénk, tekintet nélkül arra, hogy a fényforrás áll, vagy pedig a robogó vonattal együtt mozog.

Természetesen egy vonat sebessége nagyon kicsi a fénysebességhez mérten, ezért egy ilyen kísérlet nem mutatna értékelhető eredményt. A Föld azonban a világűrben több mint százezer km óránkénti sebességgel száguld, és habár ez még mindig sokkal kisebb, mint a fénysebesség, de azért ez esetben a különbséget az akkori technikai eszközökkel már ki lehetett volna mutatni.

Az eredmény megdöbbenetete a fizikusokat. Eleinte mérési hibákra gyanakodtak, de végül el kellett fogadniuk az eredményt.

Ekkor állt elő – 1899-ben – a leideni egyetem professzora, Hendrik Anton Lorentz egy új relativitáselmélettel. Ez az elmélet abból indult ki, hogy a sebesség nem más, mint a megtett út és az út megtételéhez szükséges idő hányadosa. Lorentz feltételezte, hogy ha egy rendszer (pl. a gyorsvonat, vagy a Föld) az éterhez képest nagy sebességgel

szárguld, akkor abban un. éterszél lép fel, hasonlóan, mint amikor egy gyorsan haladó autóban a nyitott ablak mellett huzatot érzünk.

Lorentz szerint az éterszél hatására a tárgyak – és ezzel a méterrudak – hossza megrövidül, miközben az idő a mozgó rendszerben – ugyancsak az éterszél hatására – lassabban telik, és így azután a mozgó rendszerben a fény által megtett út és a hozzá tartozó időtartam hányadosa nem fog megváltozni. A távolságok és időtartamok megváltozására vonatkozó matematikai összefüggések alkotják az un. Lorentz-transzformációt.

És ekkor jött Albert Einstein, aki – úgymond – Lorentz elméletét a feje tetejéről a talpára állította, és ezzel megalkotta a relativitáselmélet újabb – de még mindig nem az utolsó – változatát, mégpedig az un. speciális relativitáselméletet.

Einstein abból indult ki, hogy nem létezik sem éter, sem éterszél, sem pedig valamiféle abszolút koordináta rendszer. Az egymáshoz képest egyenesen sebességgel mozgó rendszerek teljesen egyenrangúak, és közülük bármelyiket önkényesen kijelölhetjük álló rendszernek.

Ami pedig a tárgyak rövidülését, és az idő lassulását illeti, a „mozgó” koordinátarendszer belsejében egyáltalán nem történik semmi ilyesmi. Ezért, ha pl. valaki egy gyorsan mozgó űrhajóban utazik, számára a tárgyak változatlanok maradnak, és az idő is ugyanúgy telik, mint a Földön. A Földről nézve azonban úgy látjuk, hogy az űrhajó mérete rövidül, és benne az idő lassabban telik. Ennek pedig az oka, hogy az alapvető fizikai paraméterek mérőszáma a megfigyelő helyzetétől függ, vagyis ezek relatív mennyiségek.

Ezekre a változásokra azonban matematikai szempontból továbbra is érvényesek a Lorentz-transzformáció egyenletei.

Ezt az elméletet Einstein 1905-ben publikálta a „Nagy sebességgel mozgó testek elektrodinamikája” címet viselő cikkében, de eleinte nem keltett vele túl nagy feltűnést. Még ugyanebben az évben jelent meg egy másik publikációja, amelyben ismertette az azóta híressé vált  $E=mc^2$  képletét a tömeg és energiái azonosságáról.

Ez utóbbi jelentőségét nem lehet túlbecsülni, hiszen ezen alapul – többek között – az atomreaktorok működési elve is. Einstein ebben a cikkében azt állította, hogy ha egy tárgyat gyorsítani kezdünk, a hoz-

zánk képest egyre nagyobb sebességű tárgy tömege – természetesen a mi „álló” koordinátarendszerünkben nézve – fokozatosan növekedni fog. A gyorsításba befektetett energia ugyanis tömeggé alakul át.

Ha pedig a tárgy sebessége a fénysebességet megközelíti, akkor a tömege a végtelenhez tart. A fénysebességet ezért semmiféle tárgy el nem érheti, mert a felgyorsításához végtelenül sok energia kellene.

Einstein szerint ez azt is jelenti, hogy a fénysebesség olyan határsebesség, amelyet semmiféle tárgy vagy hatás át nem léphet.

A speciális relativitáselmélethez újabb ötlettel járult hozzá Hermann Minkowski, aki 1908-ban közzétett publikációjában kimutatta a Lorentz-transzformáció olyan tulajdonságát, amelynek segítségével az időt – megfelelő átszámítással – tér típusú mennyiséggé lehet alakítani, és ezért az egyenletekben a háromdimenziós tér és egydimenziós idő helyett egységes négydimenziós ún. téridővel lehet számolni. A négydimenziós Minkowski-tér fogalmának megjelenése a további számításokat lényegesen egyszerűsítette és ezzel jelentősen hozzájárult a továbblépéshez.

Einstein ezután a gravitáció tulajdonságaival kezdett foglalkozni, és arra a következtetésre jutott, hogy Newton tévedett, amikor azt hitte, hogy a gravitációs kölcsönhatás azonnali, vagyis végtelenül gyors. Szerinte a gravitációs hatásra is érvényes a fénysebesség, mint határsebesség, az sem terjedhet végtelen gyorsan, annak kialakulásához is idő kell.

Ez a gondolat azután elvezetett a relativitáselmélet újabb – immár feltehetően végleges (?) – változatához, mégpedig az általános relativitáselmélethez, amelynek alap gondolatait Einstein először 1911-ben publikálta.

Az elmélet szerint, ha egy rendszer gyorsul, abban tehetlenségi erő lép fel, és ez pontosan ugyanolyan természetű erő, mint a gravitációs vonzás. Más szóval a kétféle erőter azonos. Ebből pedig az következik, hogy voltaképpen nem is létezik gravitációs kölcsönhatás.

Ehelyett a nagy tömegű tárgyak meggörbítik maguk körül a Minkowski féle téridőt és e görbült térben a tárgyak tehetlenségi mozgása olyan, mintha vonzóerő hatna rájuk.

A gravitációs állandó szerepe ebben az elméletben az, hogy ennek segítségével lehet kiszámítani a görbültség mértékét.

Az általános relativitáselméletből az is következett, hogy a nagy tömegű tárgyak eltérítik a közelükben elhaladó fénysugarakat. Ennek látványos igazolása volt az 1920-as teljes napfogyatkozás, amelynek során a Napkorong mellett olyan csillagok is láthatók voltak, amelyek pedig a valóságban a Nap mögött helyezkedtek el.

Az általános relativitáselmélet egyenletei alapján Karl Schwarzschild nagyon érdekes felfedezést tett. 1916-ban egy publikációjában kimutatta, hogy ha nagy tömegű csillag nagyon kicsi térfogatba zsugorodik össze, akkor a közelében a térgörbület olyan mértékű lehet, hogy körülötte a téridő „bezárul”.

Az ilyen jelenséget ún. „eseményhorizont” veszi körül, amelyen keresztül belőle sem anyagi részecske, sem fénysugár ki nem léphet, mert azt a hatalmas gravitációs erőter visszatarthatja. Ez a jelenség az ún. „fekete lyuk”. Ilyen kozmikus objektumokat – jóval később – a csillagászok valóban fel is fedeztek.

Itt érdemes megemlíteni, hogy Einstein 1921-ben Nobel Díjat kapott. Ámde ezt a kitüntetést nem a relativitáselmélet kidolgozásáért kapta, hanem egy 1905-ben megjelent publikációjáért, amelyben leírta a fotóelektromos effektus egzakt matematikai modelljét. Hogy a Nobel Bizottság miért ilyen döntést hozott, arra azóta többféle találgatás született.

Az egyik lehetséges magyarázat az, hogy a fotóelektromos effektus közvetlenül hasznosítható volt ipari és katonai célokra, elsősorban fényérzékelők készítésére, ezért jelentős gazdasági és haditechnikai hasznot lehetett vele realizálni. Ezzel szemben a relativitáselmélet legfeljebb arra lehetett jó, hogy a segítségével megértsük a világegyetem szerkezetét. Ez pedig abban az időben – közvetlenül a Világháború után – jóformán alig érdekelt bárkit is.

A relativitáselmélet tekinthető az első igazán modern fizikai elméletnek. Ebben merült fel először az a gondolat, hogy a fizikai rendszerek paraméterei nem teljesen „objektívak”, hiszen pl. a távolság, az időtartam, a tömeg és az energia nagysága attól is függ, hogy azt a megfigyelő honnan, milyen koordinátarendszerből nézi.

A matematikailag „egzakt” fizikában tehát – különös módon – megjelent egyfajta „szubjektívitas”. Einstein emiatt csaknem úgy járt, mint annak idején Newton, akit azzal gyanúsítottak, hogy naiv módon bedőlt mindenféle sötét középkori okkult tanoknak.

Ebben az időben Einstein számos ismeretterjesztő előadást tartott, és a lehető legnagyobb türelemmel igyekezett érthetővé tenni az elmélet lényegét a fizika tudományában járatlan hallgatóság számára.

Egy alkalommal pl. az idő-dilatációról beszélt. Azt a példát hozta fel, hogy két egyforma óra közül az egyiket feltesszük egy vonatra, a másik pedig az állomáson marad. A vonat különféle sebességekkel különféle utakat jár be, és amikor visszatér az állomásra, a két óra között időkülönbséget lehet tapasztalni.

Az előadás végén egy órás mester hozzászólt:

– Nem tudom, hogy a professzor úr honnan szerzi be az óráit, de ha egyszer bejön az üzletembe, én tudok adni két olyan órát, amelyek mindig pontosan egyformán járnak.

Einstein ezután több mint másfél óráig beszélgetett az órás mesterrel, mire meg tudta neki magyarázni, hogy nem az órákban van a hiba, hanem ehelyett itt egy törvényszerű fizikai jelenségről van szó.

Az kétségtelen, hogy a relativitáselmélet évtizedekig vita tárgyát képezte mind a szakemberek, mind pedig a laikus érdeklődők között. Ennek során különféle paradox gondolat kísérleteket eszeltek ki, amelyekkel megpróbálták rámutatni arra, hogy az elmélet nem más, mint abszurd képtelenség.

Az egyik híres gondolat kísérlet az ún. ikerparadoxon. Eszerint egy ikerpár egyik tagja felszáll egy gyorsan száguldó űrhajóra, a testvére pedig a Földön marad. Évtizedek telnek el, az itthon maradó testvér lassan megöregszik, és amikor a testvére visszaérkezik, az űrhajóból egy fiatal ember száll ki, aki csak néhány órával lett idősebb, miközben a testvére aggastyánná vált.

A hasonlat szellemes, csakhogy...

Csakhogy van egy bökkenő.

Abban az időben még nem léteztek űrhajók, de ma már léteznek. A Föld körüli pályákon keringő űrhajók sebessége igen nagy, akár a hangsebesség 15-20-szorosa lehet. Ez a hatalmas sebesség azonban

még mindig eltörpül a fénysebesség mellett, és ezért a fellépő „idő-dilatáció” csak csekély mértékű. A pontosabb számítások pl. azt mutatják, hogy az úrhajón közlekedő testvérnek többszázézer évig kellene ekkora sebességgel a Föld körül keringeni ahhoz, hogy az ikrek között egyetlen másodperc korkülönbség kimutatható legyen.

Ez a kísérlet tehát nem kivitelezhető. Vannak azonban olyan kísérletek és megfigyelések, amelyek a relativitáselmélet helyességét meggyőzően bizonyítják. Ezek értelmezése azonban speciális szaktudást igényel, és ezért nem nagyon alkalmasak arra, hogy érveként szolgáljanak a népszerűsítő ismeretterjesztő publikációkban.

Van emellett a relativitáselméletnek egy nehezen megemészthető természetfilozófiai vonatkozása is. Az általános relativitáselmélet szerint ugyanis nem csupán az egymáshoz képest egyenletes sebességgel mozgó ún. „inerciálrendszerek” egyenrangúak, hanem az összes lehetséges koordinátarendszer, vagyis a gyorsuló rendszerek is. A természet törvényeit ugyanis fel lehet írni olyan formában, hogy azok bármilyen rendszerben érvényesek legyenek.

Ámde...

Ámde a tapasztalat mégiscsak azt mutatja, hogy a gyorsuló rendszerekben – pl. egy meginduló liftben, vagy egy hullámvasúton – tehetetlenségi erőket, egy forgó rendszerben pedig centrifugális erőt tapasztalunk (amely utóbbi persze szintén egyfajta tehetetlenségi erő).

Felvethető ezért a kérdés: Ha nem létezik abszolút koordinátarendszer, és minden rendszer egyenrangú, akkor mihez képest kell gyorsulni és forogni, hogy fellépjen tehetetlenségi és centrifugális erő???

Erre a kérdésre Ernst Mach osztrák fizikus-filozófus adott viszonylag hihető választ. Szerinte a Világegyetemben létező összes tömeghez (illetve ezek közös súlypontjához) képest értelmezhető a gyorsulás és forgás.

Ez azonban azt jelenti, hogy a Világegyetemben minden mindennel összefügg. Nem vagyunk függetlenek a távoli objektumoktól. Ha tőlünk százmillió fényévnyi távolságban egy galaxis megszűnne létezni, a következmények katasztrofálisak lennének. Az egész világon megváltozna a gravitációs állandó, emiatt módosulna a bolygók mozgása és a Föld letérne eddigi Nap körüli pályájáról.

A relativitáselmélet egyúttal nyilvánvalóvá tett egy nagyon komoly tudományfilozófiai problémát, azt, hogy ha bizonyos fizikai paraméterek (távolság, idő, tömeg, energia) nagysága attól függhet, hogy azt honnan, milyen koordináta rendszerből nézzük, akkor az egzakt fizika tudományában megjelenik a szubjektivitás, és felmerül egy nagyon kellemetlen kérdés, az, hogy létezik-e ténylegesen a tudatunktól független fizikai valóság.

A kérdés ilyen felvetését azonban Einstein határozottan elutasította azzal, hogy ha egyszer a megfigyelő helyzetét rögzítettük, akkor inentől kezdve a fizikai jelenségek teljesen szabályosan, előre kiszámítható, objektív módon fognak lezajlani.

A kérdés azonban később a kvantummechanikában – sokkal határozottabban és sokkal kellemetlenebbül – ismét felmerült, és akkor erre már nem lehetett ennyire határozott választ adni, olyannyira, hogy számos kérdőjel még ma is élénken foglalkoztatja a fizikusokat.



## A kvantumelmélet alapjai

A relativitáselméletről sokan úgy tartották, hogy felborította a fizikai világképet. Ez azonban csak részben igaz. Ez az elmélet ugyanis inkább csak egy kicsit módosította a korábbi felfogást, azáltal, hogy új értelmezést adott az olyan fogalmaknak, mint tér, idő, tömeg, energia.

Ami a fizikai világképet igazán felborította, az sokkal inkább a kvantumfizika.

A kvantumelmélet megalapozottságáról azonban nem sok vita lehet, hiszen erre épül a modern elektronika, számítógép-technika, lézertechnika, rádió és TV technika, nukleáris technika, stb.

A kvantummechanika már csak azért sem válthatott ki széleskörű vitát, mert a matematikai háttere túlságosan bonyolult és ezért kevesen értik, és a benne szereplő fogalmak túlságosan absztraktnak tűnnek, szemben a relativitáselmélettel, amelynél a filozófiai természetű vitákban viszonylag közismert fogalmakkal kellett csak foglalkozni, és nem kellett megbarátkozni olyan „egzotikus” kifejezésekkel, mint pl. a komplex valószínűségi hullámfüggvény összeomlása vagy a kvantum-operátorok felcserélhetősége.

A kvantummechanika a mikrorészecskék fizikája. Nem foglalkozik sem a gravitációval, sem a fénysebességgel, mint határsebességgel. Amivel elsősorban foglalkozik, az a részecskék állapotának bizonytalansága, amelynek mértékét az un. Planck állandó határozza meg.

Ez utóbbi igen fontos természeti állandó, amely a kvantumfizika számos összefüggésében megjelenik, többek között meghatározza a fényrészecskék (fotonok) frekvenciája és energiája közötti kapcsolatot, az atomok elektronjainak pályáját és még számos fontos adatot.

A kvantum fogalma azt jelenti, hogy a fizikai mennyiségek megváltozása apró lépésekben, kvantumugrásokban zajlik.

E fogalom bevezetését az tette indokolttá, hogy a klasszikus fizika nem tudta megmagyarázni a meleg testek hősugárzásának hullámhossz szerinti energia eloszlását.

A problémát 1900-ban Max Planck oldotta meg, amikor felismerte a fény kvantumos természetét és felírta a „fekete test” sugárzási törvényét.

Ezt Planck az un. üreg modellből vezette le, amelyben a sugárzó testet egy üregeben lévő piciny nyílással modellezte. Ha a nyíláson fény jut be, a belső többszörös visszaverődések miatt az üregeben fényállóhullámok alakulnak ki, és ezek oszcillátorként rezegnek. Eközben az üregeben kialakul a hőmérsékleti egyensúly, és ez azt jelenti, hogy amennyi sugárzási energia az üregbe bejut, ugyanannyi a nyíláson át el is távozik.

Planck szerint az üregeben rezgő oszcillátorok viselkedése a gáz részecskéihez hasonlítható. Ez azt jelenti, hogy a különféle energiájú oszcillátorok előfordulási gyakorisága az átlagos energiaszint közelében nagy, attól távolodva csökken.

Planck azt is feltételezte, hogy egy-egy ilyen oszcillátor energiája mindig egy alap energia-adag egész számú többszöröse, és ez az alap energia-adag arányos az oszcillátor rezgésének frekvenciájával, és ezzel a feltételezéssel sikerült is felírni egy olyan energia eloszlási egyenletet, amely nagyon jól megegyezett a mérési eredményekkel.

Ez pedig azt jelenti, hogy a fény az alapenergia többszörösének megfelelő energiájú hullám-csomagocskák, un. fotonok formájában terjed.

Az alap energia-adag és a frekvencia közötti arányossági tényezőt nevezik azóta Planck állandónak, más néven Planck féle hatáskvantumnak.

Planck felfedezése új korszakot nyitott a fizika történetében. Kiderült, hogy a fizikai mennyiségek megváltozása apró lépésekben, un. kvantumokban történik. Bár a kvantum kifejezést csak öt évvel később Einstein kezdte használni, de azért mégis csak az 1900-as évet kell a kvantumfizika kezdetének – és ezzel egy új tudományos korszak kezdetének – tekinteni.

Planck a felfedezéséért 1918-ban megérdemelten nyerte el a Fizikai Nobel Díjat.

Bár Planck a fényt alkotó „energiaadagokat” kezdetben csupán praktikus matematikai absztrakciónak tekintette, 1905-ben Einstein bebizonyította, hogy ezek az energia kvantumok valóságosan léteznek. Einstein ezen nevezetes felfedezése volt a már említett fotóelektromos effektus kvantumos magyarázata.

A fotóelektromos effektus elvét alkalmazzák az un. vákuum fotocellában. Ez úgy működik, hogy egy légmentesen lezárt üvegburában megvilágítanak egy fémlemezt (az un. katódot), és ennek hatására a fémlemezről elektronok lépnek ki. Az üvegburában a katód közelében el van helyezve egy pozitív feszültségű másik fémlemez is, ez az un. anód, amelyre az elektronok becsapódnak, és ezáltal az üres téren keresztül fény hatására áramvezetés jön létre.

Eddig ebben nincs semmi különös. A furcsaság most következik.

Azt várnánk ugyanis, hogy minél jobban megvilágítjuk a katódot, annál erőteljesebb lesz ez a folyamat. A tapasztalat azonban azt mutatja, hogy ha a megvilágító fény hullámhossza túl nagy, akkor akármilyen nagy a megvilágítás, az effektus nem működik. Rövidebb hullámhosszúságú fényel azonban már egészen csekély megvilágításnál is tapasztalható az eredmény.

Einstein magyarázata erre az volt, hogy nem csak a besugárzott fényenergia mennyisége a fontos, hanem, hogy az mekkora energia adagokban érkezik a katódra. Az effektus tehát csak akkor működik, ha a Planck féle fény kvantumok energia tartalma legalább akkora, hogy az legyen elegendő az elektron kilökéséhez.

Mivel pedig az energia adag egyenesen arányos a fény frekvenciájával, ezért a magasabb frekvenciájú – és ezért rövidebb hullámhosszúságú – fény tudja csak előidézni ezt a jelenséget.

Volt azonban e jelenségnek még egy furcsa vonatkozása, az, hogy amikor a fény kvantumok – az ún. fotonok – kilökik az elektront a katódból, olyankor részecskeként ütköznek össze az elektronnal.

Ugyanakkor a fotonoknak van hullámhosszuk és frekvenciájuk, és ezért a fény képes hullám-interferencia jelenséget is létrehozni, olyannyira, hogy negatív interferencia folytán a „fény plusz fény” egyenlő sötétség effektus is felléphet.

A fény ezen paradox kétarcúsága később egyre több galibát okozott, olyannyira, hogy ami a kvantumfizikában ezután következett, az a tudósok minden képzeletét felülmúlta.

A fizikai Nobel díjas Niels Bohr egyenesen úgy fogalmazott, hogy akire nincs sokkoló hatással a kvantumelmélet, az nem értette meg, hogy voltaképpen miről is van szó.

# Atommodellek, kvantumugrások, az atomok üressége

A hagyományos TV képcsövek ún. katódsugárcsővek, amelyekben egy fűtött katódból elektronokból álló katódsugárzás lép ki és a képernyő teljes felületét végig pásztázva ez hozza létre a képet.

A katódsugárzás jelenségét már a XIX. században ismerték, sőt Eugen Goldstein 1871-ben le is írta ennek legfontosabb jellemző tulajdonságait, azt azonban csak 1897-ben fedezte fel Joseph John Thomson, hogy a katódsugárzás negatív villamos töltésű apró kicsi részecskékből, elektronokból áll. Ez a fajta részecske volt az elsőként felfedezett „elemi” részecske.

Maga az elektron megnevezés a borostyánkő görög nevéből ered. Ennek megdörzsölésével statikus elektromos töltést lehet előidézni, és ezért hasonlóan viselkedik, mint pl. egy megdörzsölt száru fésű, amely magához vonzza a kisebb papír darabkákat, és sötétben szikrák ugranak ki róla.

Nyilvánvaló volt tehát, hogy az egyébként elektromosan semleges anyag negatív töltésű részecskéket tartalmaz. A villamos semlegesség viszont csak akkor állhat fenn, ha az anyag az elektronok negatív töl-

tésének kiegyensúlyozására ugyanakkora pozitív villamos töltéssel is rendelkezik. Így azután kézenfekvő volt, hogy az anyag legkisebb egységét alkotó atomokban pontosan ugyanannyi pozitív töltés található, mint amekkora az atomokban lévő elektronok negatív töltése.

Ennek alapján meg is született az első atommodell, amelyet „szilvaping” modellnek is neveztek. Mint tudjuk, a szilvaping zselészerű anyagból áll, és ebbe ágyazódnak bele a szilvaszemek. Ehhez hasonlóan úgy gondolták, hogy az atomot is valamiféle pozitív villamos töltésű közeg tölti ki, és ebben a szilvaszemekhez hasonlóan helyezkednek el a nagyon kicsi, gyakorlatilag csaknem pontszerű elektronok.

Ez a modell azonban nem sokáig tartotta magát, mivel Lord Ernest Rutherford 1911-ben meglepő felfedezést tett.

Rutherford vékony aranyfóliát bombázott alfarészecskékkel (hélium atommagokkal), és azt találta, hogy bár a részecskék túlnyomó része a fólián áthatol, ámde egy csekély részük visszapattan, visszaverődik.

Olyan ez, mintha vékony selyempapírra géppuskával lövöldöz-nénk, és azt tapasztalnánk, hogy bár a lövedékek túlnyomó része – amint várható is volt – a papíron akadálytalanul áthatol, ámde némelyik lövedék – például minden milliomodik – arról visszapattan.

Rutherford ebből a kísérletből vonta le a következtetést, hogy az atomok tömegének túlnyomó része (legalább 99,95 %-a) az atom közepében lévő parányi magban koncentrálódik, miközben az atom által elfoglalt tér többi része gyakorlatilag üres, és emiatt nem képez akadályt a piciny lövedékekkel szemben.

Rutherford ezután felállított egy merőben új atommodellt, amely olyan volt, mint egy miniatűr naprendszer. Ebben a modellben az atom közepén van a pozitív töltéseket tartalmazó atommag, és körülkeringenek a negatív töltésű elektronok oly módon, hogy az atommag és az elektronok közötti villamos vonzóerő éppen egyensúlyt tart az elektronokra ható centrifugális erővel.

Bár ez a modell a Newton féle klasszikus mechanika törvényei szerint elméletileg működőképes lehetett volna, ámde ellenkezett a Maxwell féle elektrodinamika törvényeivel. Az atommag körül keringő

elektron ugyanis elektromágneses sugárzást kelt és az atomból ily módon kiáradó energia felemésztí az elektron mozgási és potenciális energiáját, olyannyira, hogy az elektron a végén belezuhan az atommagba.

A modell tehát nem működött. Újat kellett kitalálni.

Ezt a lépést Niels Bohr tette meg 1913-ban, amikor publikálta a róla elnevezett atommodellt. Bohr alapgondolata hasonló elvre épült, mint Planck korábbi felfedezése, amely szerint a fény energiája diszkrét energia adagok egész számú többszöröse.

Bohr feltételezte, hogy nem csak az energiára, hanem más fizikai mennyiségekre is igaz lehet az az elv, hogy ezek mindig diszkrét adagok (kvantumok) egész számú többszörösei.

Egy atommag körül keringő elektronhoz mindig tartozik ún. impulzusmomentum, amely a keringési pálya sugarának, az elektron tömegének, és az elektron sebességének szorzata.

Bohr feltételezte, hogy egy elektron kizárólag olyan pályán keringhet az atommag körül, hogy annak impulzusmomentuma mindig a már korábban említett Planck-állandó egész számú többszöröse legyen. Az elektron pályája pedig csak úgy változhat meg, hogy „átugrik” egy másik megengedett pályára, és a két pályához tartozó energiakülönbséget egy ennek megfelelő energiájú fényrészecske (foton) formájában kisugározza, illetve elnyeli, attól függően, hogy az átugrás alacsonyabb, vagy magasabb energiaszintű pályára történik.

Ez a modell nagyon sikeresnek bizonyult például a hidrogén színképének értelmezéséhez. Ha a hidrogén gázt felhevítjük, és az általa kibocsátott fényt prizma segítségével színekre bontjuk, határozott fényes színképvonalakat kapunk. Ha pedig a hideg hidrogén gázt fehér fényvel megvilágítjuk, és megvizsgáljuk az áthaladó fény színképét, abban sötét vonalakat találunk, amiből látszik, hogy a fehér fényből a gáz pontosan ugyanazokat a hullámhosszúságú összetevőket nyelte el, amelyeket a hevítés hatására kibocsátott.

Bohr magyarázata szerint, amikor a gázt hevítjük, a hidrogén atomok elektronjai energiát vesznek fel, emiatt magasabb energiaszintű pályákra ugranak, vagyis gerjesztett állapotba kerülnek, majd amikor visszaugranak alacsonyabb pályákra, kisugározzák a hidrogénre jel-

lemző hullámhosszúságú fény összetevőket. Hideg gáz besugárzása-kor ennek a fordítottja történik, vagyis ilyenkor a fehér fényből elnyelt komponensek idézik elő a gerjesztett állapotot.

A számítások igazolták, hogy a sugárzási (világos) és az elnyelési (sötét) színeképvonalak pontosan azoknál a hullámhosszaknál vannak, ahol azoknak lenniük kell, vagyis, amelyekhez tartozó foton-energia éppen két megengedett elektronpályához tartozó energia különbsége.

A modell tehát jól működött, de azért volt egy-két kisebb probléma. Az egyik az volt, hogy a Bohr féle pályákon keringő elektronok miért nem keltenek elektromágneses sugárzást. A másik pedig az, hogy a színeképek alaposabb, nagyobb felbontású elemzése azt mutatja, hogy azok a bizonyos határozott „durva” színeképvonalak voltaképpen sűrűn egymás mellett elhelyezkedő vonalakból álló vonalcsoportok. A „finom” spektrum magyarázata tehát még váratott magára.

Volt ezenkívül még egy további kellemetlen kérdés is, az hogy ha a gerjesztett energia szintű elektronok hajlamosak arra, hogy foton kibocsátásával alacsonyabb pályára ugorva spontán legerjesztődjenek, akkor a sok elektront tartalmazó bonyolultabb atomok elektronjai miért nem gerjesztődnek le valamennyien a lehető legalacsonyabb pályára.

Ami az elektromágneses sugárzást illeti – és itt emlékeztetünk arra, hogy a fény is elektromágneses sugárzás – a gerjesztett atomok ugyan kibocsátanak ilyet, de csak diszkrét adagokban, amikor alacsonyabb pályára ugranak. No de mi van akkor, ha ilyen átugrás nem történik, vagyis az atom „megnyugodott” stabil állapotban időzik.

Erre a kérdésre is születtek különféle elméletek. Például volt olyan feltevés, hogy az egyébként feltehetően ponthoz közeli elektron az óriási kerületi sebessége folytán (ez óránként akár több millió kilométer is lehet) a pályája mentén mintegy „szétkenődik” és ezáltal egyfajta statikus töltélosztásként viselkedik és emiatt nem sugároz.

A finom spektrum kérdésére 1920-ban Arnold Sommerfeld adott némileg kielégítő választ oly módon, hogy az általa kidolgozott atommodellben a különféle „durva” elektronpályákon belül feltételezett különféle ellipszis alakú alpályákat is és az ezek valamelyikére



való ugrás kis mértékben módosítja a kisugárzott vagy elnyelt foton energiáját.

Ami pedig azt a kérdést illeti, hogy miért nem gerjesztődik le valamennyi elektron a legalsó szintre, erre Wolfgang Pauli adta meg a választ 1925-ben. Eszerint egy atomon belül nem fordulhat elő egyszerre két olyan elektron, amelyek kvantum-állapota teljesen azonos. Ez a tétel az ún. Pauli féle „kizárási elv”.

A különféle atommodellek, valamint Planck sugárzási törvényének tanulságait levonva a fizikusok érdekes következtetésre jutottak. Azt feltételezték, hogy valamennyi fizikai mennyiségre érvényes lehet az az elv, hogy azok nem változhatnak folyamatosan, hanem csak ún. kvantumugrásokban. Ezek a kvantumugrások azonban nagyon kicsik, és ezért a mindennapi életünkben úgy tapasztaljuk, mintha az energia, a sebesség, a távolság, az idő, és egyáltalán minden fizikailag mérhető mennyiség folyamatosan képes lenne változni, és nem észleljük a rendkívül finom, kicsi kvantumugrásokat.

Ha azonban a kvantumugrások sokkal nagyobbak lennének, akkor azt feltűnően észlelnénk. Pl. ha beülnénk egy autóba, és megnyomnánk a gázpedált, az autó nem folyamatosan gyorsulna, hanem először hirtelen felugrana mondjuk 10 km/óra sebességre, azután egy idő után ugyancsak hirtelen, egy szempillantás alatt 20 km/óra lenne a sebessége, stb. Még szerencse, hogy a kvantumugrások olyan kicsik, különben túl veszélyes lenne autózni.

E jelenség leírására dolgozta ki 1926-ban Werner Heisenberg az ún. operátor elméletét, amely szerint a kvantumugrásokban változó fizikai paramétereket matematikai operátorokkal célszerű kifejezni.

Egy operátor nem más, mint egy elvileg tetszőleges matematikai művelet szimbolikus jelölése, amelyet végre lehet hajtani egy matematikai függvényen.

Ha az operátorhoz találunk egy olyan függvényt, amelyen az operátor által jelképezett műveletet végrehajtva visszkapjuk az eredeti függvényt, vagy annak kicsinyített vagy nagyított változatát, akkor az ilyen függvényt az operátorhoz tartozó saját függvénynek nevezik, a kicsinyítési vagy nagyítási együttható (szorzótényező) pedig az illető operátorhoz tartozó saját érték.

Heisenberg kimutatta, hogy minden olyan fizikai mennyiséghez, amely csak meghatározott diszkrét értékeket vehet fel, hozzárendelhető egy-egy olyan matematikai operátor, amelynek a „saját értékei” megegyeznek az illető fizikai paraméter megengedett diszkrét értékeivel.

A kvantumfizikai jelenségek operátoros modellezése a további kvantumfizikai kutatások szempontjából a gyakorlatban nagyon hatékonynak bizonyult, ámde – mint lenni szokott – számos további megválaszolatlan kérdést is felvetett. Ezekről később, a következő fejezetekben ejtünk majd szót.

A különféle atommodelleknek van még egy nagyon fontos tanulsága, ez pedig az atomok szinte elképesztő mértékű belső üressége. Nem túlzás azt állítani, hogy az atomok által elfoglalt térfogat túlnyomó része nem más, mint üres tér, vákuum, és az atomok úgy töltik ki a teret, mintha felfújt léggömbökkel raknánk tele egy hatalmas csarnokot.

A pontosabb mérések és számítások azt mutatják, hogy egy atom külső átmérője nagyjából a milliméter mintegy tízmilliomod része, s ezen belül az atommag mérete ennél is legalább százezerszer kisebb, és emiatt az atom által a térből elfoglalt gömb köbtartalma legalább 1.000.000.000.000.000-szor nagyobb, mint az atomot alkotó részecskék valóságos helyigénye. Ennek ellenére, kívülről nézve – az elektron által keltett villamos tér hatására – az atom úgy viselkedik, mintha tömör golyó lenne.

Ha azonban az atommagokat és elektronokat szorosan egymás mellé lehetne helyezni, az anyag sokkal kisebb helyen elférne. Hogy mennyivel kisebb helyről van szó, azt az alábbi példával lehet szemléltetni:

Tegyük fel, hogy van egy tömör vasúti sín, amely olyan hosszú, hogy tízszer körüléri az Egyenlítőt. Ha ezt a sítet hosszirányban annyira összenyomnánk, hogy benne az atomokat alkotó részecskék szorosan egymás mellé kerüljenek, akkor a sínből egy olyan lapos kis lemez lenne, amely 100-szor vékonyabb, mint a cigarettapapír.

Hasonló anyagsűrűség a természetben ténylegesen előfordul. A fehér törpe típusú csillagok sűrűsége több tízezer tonna köbcentiméte-

renként, a neutroncsillagok sűrűsége pedig ennél is sokkal nagyobb, nem is beszélve a fekete lyukakról, amelyek elvileg pontszerűvé zsugorítva tartalmaznak sok ezermilliárd tonna anyagot.

## Anyaghullámok

A fény hullámtermészete több mint két évszázada ismeretes. Az a felismerés azonban, hogy a szilárd és tömör anyag is hullámokból állhat, a XX. század elején szinte sokkolta a tudósokat.

A fény hullámtermészetét 1802-ben bizonyította be Thomas Young angol fizikus, amikor bemutatta híres interferencia kísérletét.

Az interferencia jelenség mindenféle hullám jellegzetes tulajdonsága. Ilyesmit tapasztalhatunk akkor is, ha megfigyeljük vízhullámok találkozását. Ilyenkor azt látjuk, hogy ha két hullámvonulat egyesülésekor a hullámok szinkronban vannak, akkor az eredmény még nagyobb hullám lesz. Ellenfázisban érkező hullámok esetén azonban – amikor az egyik hullámban lévő hullámhegy a másik hullámban lévő hullámvölgygel esik egybe – a hullámok képesek egymást kioltani,

Ugyanez történt a fényvel Young interferencia kísérletében is. Young egy fényforrás fényét egy lemezen kialakított két nyíláson (résen) vezette keresztül, és az ismét egyesülő fény nyalábokat felfogó ernyőre vetítette. A felfogó ernyőn ekkor sötét és világos vonalak jelentek meg. Ha azonban az egyik nyílást eltakarták, az ernyő ott is kapott megvilágítást, ahol korábban sötét vonal volt.

A kétréses interferencia kísérletből levonható következtetés tehát az volt, hogy bizonyos esetekben a „fény plusz fény egyenlő sötétség” jelenség is felléphet.

Ezután a tudósok elfogadták, hogy a fény voltaképpen hullámjelenség, és később – mint említettük – Maxwell azt is bebizonyította, hogy a fény kifejezetten elektromágneses hullám.

Azután jött Einstein, aki 1905-ben, a fotóelektromos effektussal kapcsolatos felfedezése során kimutatta, hogy a fény részecskékből áll, és ezek a részecskék képesek egyenként beleütközni egy fémlemez elektronjaiba, és azokat onnan a szabad térbe kilökní. Ezt a felismerést igazolta a később feltalált ún. fotóelektron sokszorozó is, amelynek segítségével lehetővé vált, hogy a becsapódó fényrészecskéket akár egyenként is meg lehessen számlálni.

A fény tehát – akár tetszik, akár nem – egyszerre hullám is és részecske is, még ha ez ellenkezik is a „józan paraszti ésszel”.

Louis de Broglie francia fizikus 1924-ben felvetett egy egészen abszurdnak látszó ötletet, amit doktori disszertációjában részletesen ki is fejtett, és amiért később megérdemelten kapott Nobel Díjat.

De Broglie ötlete az volt, hogy ha a hullámtermészetű fénynek lehet egyúttal részecske természete is, akkor miért ne lehetne a részecskéknak, pl. az elektronoknak egyúttal hullámtermészetük is.

De Broglie ki is számította az ilyen „részecskehullám” paramétereit, és megállapította, hogy a részecskét reprezentáló hullámcsomag frekvenciája egyenesen arányos a részecske energiájával, hullámhossza pedig fordítottan arányos a részecske impulzusával. Mindkét esetben az arányossági tényező azonosnak bizonyult a már említett Planck féle állandóval.

Ez utóbbi megmagyarázhatatlan eredetű fizikai állandó a továbbiakban is mindenféle összefüggésben fel-fel bukkant, olyannyira, hogy a kvantumfizikában ma már egyfajta „Jolly Joker” szerepét tölti be.

De Broglie elmélete szerint a Bohr féle atommodellben a megengedett elektron-pályákat az határozza meg, hogy azok kerülete pontosan az elektronhoz tartozó hullámhossz egész számú többszöröse legyen. Ellenkező esetben ugyanis az elektron-hullám önmagával negatív interferenciába kerülne, és kioltaná saját magát. De Broglie elgondolása eleinte valamiféle misztikus spekulációnak, jobb esetben a realitást nem tükröző absztrakt matematikai modellnek látszott, míg-

nem 1927-ben az elektronsugarak interferenciáját kísérletileg is kimutatta Davisson és Germer.

A kísérlet során lényegében elektron sugarakkal (vagyis katódsugarakkal) megismételték Young kétréses interferencia kísérletét, aminek eredményeként a felfogó ernyő helyére illesztett fotólemez előhívása után azon világos és sötét interferencia csíkokat lehetett látni.

Ezt követően számos más részecskével – többek között alfa részecskékkel is – sikeresen végeztek hasonló interferencia kísérleteket.

Az ilyen kísérletek közül talán a legmeglepőbbek az ún. egy részecskés kísérletek. Ennek lényege a következő: Vegyünk pl. egy ún. béta sugárzó izotópot, amelyből elektronok lépnek ki. Ezt árnyékoljuk le olyan mértékben, hogy az elektron sugárzás csak egészen minimális legyen, pl. hogy abból másodpercenként átlagosan csupán egyetlen elektron lépjen ki. Ezt az elektronsugárzást vezessük bele egy kétréses készülékbe, amelynek mérete akkora, hogy abban az elektron repülési ideje legfeljebb századmásodperc körül legyen.

Ilyen esetben tehát a készülék belsejében egyszerre mindig csupán egyetlen elektron fog tartózkodni. Hagyjuk magára a készüléket több napra, vagy akár több hétre, majd hívjuk elő a felfogó filmet. Azt látjuk, hogy ilyen esetben is meg fognak jelenni a világos és sötét interferencia csíkok.

De Broglie elmélete több szempontból is nagyon sikeresnek bizonyult. Többek között magyarázatot kínált Heisenberg híres határozatlansági tételére, amely szerint nem lehet egy részecske helyzetét és sebességét egyszerre tetszőleges pontossággal megmérni, mert minél pontosabban mérjük meg az egyik paramétert, annál pontatlanabban tudjuk megmérni a másikat.

De Broglie szerint ugyanis, ha a részecskéhez tartozó hullámcsomag nagy kiterjedésű, akkor nagy az a térbeli tartomány, amelyen belül az elektron tartózkodhat, és emiatt nagy a helyzetmérés bizonytalansága. Egy nagy kiterjedésű hullámcsomagnak viszont kicsi a sávzélessége, és emiatt kicsi a hozzá tartozó hullámhossz bizonytalansága, és ezzel az impulzus és ezen keresztül a sebesség bizonytalansága is. Kis kiterjedésű hullámcsomag esetén pedig a helyzet fordított.

De Broglie felfedezése nagyon megmozgatta a fizikusok kreatív fantáziáját, és újabb ötleteket inspirált. Ezzel alighanem hozzájárulhatott az ugyancsak Nobel Díjas Erwin Schrödinger korszakalkotó felfedezéséhez is, vagyis az általa 1926-ban publikált – és róla elnevezett – hullámegyenlet kidolgozásához, amely a mai napig a kvantumelmélet talán legfontosabb egyenlete.

Ebből az egyenletből formális matematikai módszerekkel le lehetett vezetni a de Broglie féle anyaghullám minden tulajdonságát, és az is kiadódott, hogy az atomon belül a fő elektronhéjak különféle, nagyon hasonló energiaszintű alhéjakra tagolódnak és ez magyarázza az atomok színképének finomszerkezetét.

De Broglie és Schrödinger eredményei új megvilágításba helyezték Heisenberg már említett operátor-modelljét is.

Mint említettük, Heisenberg szerint a kvantumugrásokban változó fizikai paraméterekhez (márpedig úgy tudjuk, hogy minden fizikai paraméter ilyen) hozzárendelhető egy-egy matematikai operátor, amelynek un. sajátértékei éppen azonosak az illető fizikai paraméter által felvehető értékekkel.

Ugyanakkor minden egyes ilyen sajátértékhez hozzá van rendelve egy-egy un. sajátfüggvény.

E sajátfüggvényekről pedig kimutatható, hogy ezek pontosan azonosak azokkal a hullámfüggvényekkel, amelyeket akár de Broglie, akár Schrödinger egyenletei alapján ki lehet számítani.

A történetnek azonban itt még nincs vége. Azok a bizonyos hullámfüggvények ugyanis un. komplex mennyiségek térbeli és időbeli hullámozását írják le, így vita tárgyát képezheti, hogy mit is jelentenek ezek a hullámok.

Max Planck, Erwin Schrödinger, Louis de Broglie, Albert Einstein, és több más élvonalbeli fizikus úgy gondolta, hogy a komplex hullámfüggvény abszolút értékének négyzete valószínűleg kifejezi a térben „szétkenődött” elektron térbeli eloszlásának időbeli változását.

Velük szemben a Nobel Díjasok másik tábora, így többek között Niels Bohr, Werner Heisenberg és Max Born azt hangoztatták, hogy a pontszerű elektron nem tud szétkenődni. Ehelyett a négyzetre emelt hullámfüggvény azt mutatja meg, hogy az elektron egy adott időpont-

ban a tér egy adott helyén milyen valószínűséggel van jelen, vagyis mekkora annak a valószínűsége, hogy akkor és ott kölcsönhatásba tud lépni egy másik fizikai objektummal, pl. egy mérőműszerrel.

Ez utóbbi interpretáció azután évtizedekig tartó vitákat váltott ki, hiszen, ha a fizikában megjelenik a véletlen valószínűség fogalma, akkor soha többé nem lehetünk képesek egy fizikai jelenség lefolyását pontosan kiszámítani.

Volt ezenkívül egy másik súlyos probléma, amely a szigorúan tudományos kérdőjelek mellett alapvető tudományfilozófiai kérdéseket is érintett.

Mint említettük, Heisenberg elmélete szerint a kvantumugrásokban változó fizikai paraméterekhez matematikai operátorok tartoznak, és ebből következően minden lehetséges paraméter értékhez hozzárendelhető egy sajátérték és egy ún. sajátfüggvény is, amely utóbbi éppen a Schrödinger féle hullámfüggvény.

Egy részecskének azonban egyszerre több fizikai paramétere is van. No de mi történik akkor, ha pl. egy részecske két eltérő paraméteréhez két eltérő hullámfüggvény tartozik. Vajon a részecske helyzetének valószínűség eloszlása melyik hullámfüggvényt fogja ilyenkor követni???

Heisenberg válasza erre az volt, hogy valóban léteznek ilyen paraméter párok, és ez esetben a részecske alighanem dilemmába kerül és ide-oda ugrándozik a kétféle lehetséges állapot között.

Heisenberg úgy vélte, hogy a részecskék kettős természete (vagyis, hogy egyszerre részecske és hullám), kapcsolatban áll ezzel a dilemmával.

Sőt, ennek alapján a határozatlansági reláció kiterjeszthető minden olyan paraméter párra, amelyek bizonytalanságának szorzata mindig ugyanazt az értéket adja. Az ilyen paraméter párokat szokás nevezni komplementer paramétereknek, de a kvantumfizikai bennfentesek zsargonjában a szakszerűbb nevük általában így hangzik: kanonikusan konjugált változók.

Talán nem meglepő, ha a bizonytalanságok szorzatában megint csak találkozhatunk a bizonyos, szinte már misztikusnak tűnő Planck féle állandóval.



A komplementer paraméter párok között találunk egy nagyon furcsa párost is, ezek: az energia és az idő. Ez azt jelenti, hogy nagyon alacsony energia szintű, s ezért alacsony energia-bizonytalansággal rendelkező részecskefizikai jelenségekben az időbizonytalanság olyan mértékű lehet, hogy az előbb és később fogalmakat sem lehet már megkülönböztetni.

Más szóval: az idő is kvantált, méghozzá oly módon, hogy nagyon kicsi kvantumlépésekben ugrálgat előre és hátra, de előre mindig egy kicsit többet ugrik, s ezért – makrofizikai nézőpontból – az idő a múltból a jövő felé halad.

Ezt a meglepő állítást egyes részecskefizikai kísérletek is alátámasztják. Nagy energiájú, több lépéses részecske kölcsönhatásoknál pl. előfordul, hogy a kísérlet eredményét csak úgy lehetséges értelmezni, ha elfogadjuk, hogy egyes részecskék hamarabb léptek kölcsönhatásba, mint amikor keletkeztek. Az idő „hátrálásának” mértéke azonban ilyenkor nagyon csekély, sokkal kevesebb, mint a másodperc milliárdod részének milliárdod része.

Erre a kérdésre azonban egy későbbi fejezetben – más megközelítésben – még visszatérünk, ugyanis az utóbbi években elvégzett egyes kísérletekben ennél jelentősebb, olyan mértékű időbeli visszahatást is sikerült kimutatni, amelyre a határozatlansági reláció nem szolgáltat kielégítő magyarázatot.

Mint említettük, Bohr és Heisenberg szerint a hullámfüggvény négyzete megadja egy részecske helyzetének valószínűségét egy adott helyen egy adott időpontban. Bohr és Heisenberg gondolatmenete azonban ennél tovább ment. Felvetették azt az ötletet, hogy amikor a részecske éppen nem lép kölcsönhatásba, akkor hullámfüggvény formájában létezik, és amikor kölcsönhatásba lép, akkor a térben szétterült hullámfüggvény hirtelen eltűnik, „összeomlik”, és helyette a tér valamelyik pontjában megjelenik egy észlelhető, „kézzelfogható” igazi részecske. Más szóval: a hullámfüggvény a kölcsönhatás során alakul át részecskévé.

Ezt a gondolatot nem volt könnyű elfogadtatni, és nem is teljesen sikerült közérthetővé tenni. Sok kiváló fizikus foglalkozott ezért azzal, hogy a kvantumelméletet valamelyest közérthetőbbé tegye. Ezek közé

tartozott az orosz származású amerikai Nobel Díjas George Gamow – az ősrobbanás elmélet első kidolgozója – is, aki fontosnak tartotta, hogy a fizika tudományában kevésbé járatos közvélemény számára is érthetők legyenek a különféle modern fizikai elméletek. Ennek érdekében számos ismeretterjesztő publikációja volt.

Gamow egyik szemléletes hasonlata éppen a hullámfüggvény összeomlásával foglalkozott. Sci-fi története szerint egyszer egy tigrisvadász csapat eljutott az ún. kvantumőserdőbe. Ez egy olyan egzotikus hely, ahol – bár a fizika törvényei formálisan továbbra is érvényesek – ámde az a bizonyos Planck féle állandó sokkal, de sokkal nagyobb annál, mint amit megszoktunk. Pontosabban: itt a Planck féle állandó számértéke után még oda kell írni 40 darab nullát.

Egy ilyen világban közvetlenül tapasztalhatók a kvantumugrások és a tárgyak hullámtermészete. Éppen ez történik a vadászokkal Gamow kvantumőserdejében. Azt veszik észre ugyanis a vadászok, hogy körülöttük százával-ezrével ugrálnak a kvantumtigrisek, keresztülhatolva fákon, bokrokon, teherautón, sőt még a vadászok testén is, ámde mégsem esik semmiben kár.

Azután egy kvantumfizikus felvilágosítja a vadászokat, hogy itt mindössze egyetlen árva tigrisről van szó, de annak most éppen a hullám természete dominál. Ezért azután úgy látszik mintha sok tigris lenne, vagy mintha egy tigris egyszerre több helyen is ott lenne.

Egy ilyen tigrisre célozni persze lehetetlen, már csak azért is, hiszen a kilőtt puskagolyók is azonnal felveszik a hullám természetet. A vadászok tehát teljesen véletlenszerűen össze-vissza lövöldöznek, míg végül az egyik lövedék – a kvantumfizikai valószínűségek szerencsés szuperpozíciója folytán – mégiscsak kölcsönhatásba kerül a tigrissel. Ekkor hirtelen eltűnik a számtalan fantom tigris, és a lábuk előtt ott hever egy lelőtt valódi tigris.

Gamow története persze csupán a fantázia birodalmába való. Ámde a mikrorészecskék világában tényleg ilyen játékszabályok érvényesülnek. És ne feledjük, hogy éppen az ilyen és ehhez hasonló játékszabályok teszik lehetővé, hogy működjön a számítógépünk, a TV készülékünk, és a mobil telefonunk...

## Determinizmus, valószínűség, kauzalitás, határozatlanság

Az anyaghullámokkal kapcsolatos felfedezések paradox kérdések egész sorát vetették fel, és ezek értelmezése megosztotta az élvonalbeli fizikusokat.

Ez azonban nem volt újdonság, hiszen a különféle tudományos paradoxonok régóta izgatták a szakembereket.

A természettudományokban ugyanis gyakran előfordul, hogy különféle elméletek a saját alkalmazási területükön helyesnek bizonyulnak, miközben közöttük feloldhatatlannak látszó logikai ellentmondás mutatható ki.

A fizikusok sokáig vitatkoztak pl. arról, hogy a fény hullámtermészetű-e vagy pedig apró részecskék nyalábjából áll. Bár a két felfogás logikailag ellentmondani látszik, mégis, mindkét állítást meggyőzően igazolni lehet reprodukálható fizikai kísérletekkel, és ezeket az effektusokat fel is lehet használni például bonyolult optikai műszerek megalkotásához. Ezért ma már a fizikusok elfogadják, hogy a fény képes mind a két módon viselkedni.

De hivatkozhatunk akár Einsteinre is, aki nem hitte el, hogy a világegyetem tágulhat, és ezért tovább dolgozott az elméletén, míg vé-

gül a kozmológiai állandó bevezetésével sikerült az általános relativitáselméletet úgy továbbfejleszteni, hogy a tágulás eltűnjön.

Néhány évvel később azonban a távoli galaxisok színképének vörös eltolódása alapján Edwin Hubble azt állította, hogy az Univerzum mégiscsak tágul.

Einstein később azt írta, hogy élete egyik legnagyobb tudományos tévedése volt a kozmológiai állandó bevezetése.

Az utóbbi évtizedek kozmológiai és asztrofizikai kutatásai alapján viszont valószínűnek tűnik, hogy az a bizonyos – annyi bajt okozó – kozmológiai állandó mégiscsak létezhet.

Ami pedig a de Broglie féle anyaghullámokat, valamint Schrödinger hullámegyenletéből kiszámítható hullámfüggvényt illeti, azt Schrödinger úgy értelmezte, hogy megadja a térben „szétkenődött” elektron tömegeloszlását.

Mint már említettük, Schrödinger ezen véleményét támogatta többek között Albert Einstein és de Broglie is, ámde Max Born, Niels Bohr és Werner Heisenberg úgy vélték, hogy a „pontoszerű” elektronnak nem lehet térbeli tömegeloszlása, és a hullámfüggvényt azt fejezi ki, hogy az elektron egy bizonyos időpillanatban milyen valószínűséggel van jelen egy adott helyen.

Ez azonban nagyon súlyos kijelentés volt, és kiinduló pontját képezte egy évtizedekig tartó tudományos vitának két kimagaslóan zseniális tudós – Albert Einsteint és Niels Bohr – között.

Ez ugyanis azt jelentette, hogy megdőlt a klasszikus fizika egyik legfontosabb alapelve, mégpedig a determinizmus.

Régebben ugyanis úgy vélték, hogy ha pontosan ismerjük egy fizikai rendszer állapotát, akkor ebből a rendszer jövőbeli állapota pontosan kiszámítható. Ezt a véleményt igazolták a csillagászati megfigyelések is, hiszen pontosan és megbízhatóan ki lehetett előre számítani a bolygók mozgását, a Nap és Hold fogyatkozások időpontját, az üstökösök újbóli megjelenésének időpontját, stb.

A mikrorészecskék világában azonban ez az elv mégsem működik. Mert ha két részecske összeütközése esetén azt kérdezzük, hogy hol lesz az egyik részecske az ütközést követő századmásodperc múlva, akkor erre a kvantumfizikus széttárja a kezeit és kijelenti, hogy erről

neki fogalma sincs. Ő csak azt tudja megmondani, hogy milyen mértékű megtalálási valószínűséggel érdemes a részecskét a tér különféle szektoraiban keresgélni.

A kölcsönhatás bekövetkezésének műszeres észlelése esetén azonban ilyenkor a mikrofizikai hullámjelenséget felváltja egy makrofizikai jelenség – vagyis maga az észlelés – s ezzel összeomlik a hullámfüggvény, és helyette tapasztalhatunk egy pontszerű részecskét.

Volt a részecskék kettős természetével kapcsolatban egy másik súlyos paradoxon is. A már említett egy részecskés, két réses interferencia kísérletben ugyanis az elektron önmagával kerül interferenciába. A műszerben ugyanis egyszerre mindig csak egyetlen részecske mozog. Ez a részecske pedig keresztülmegy vagy az egyik, vagy a másik résen. Ámde amikor a felfogó ernyőre megérkezik, csak bizonyos helyekre hajlandó becsapódni, és gondosan elkerüli azokat a területeket, ahol a hozzá tartozó hullám negatív interferencia útján önmagát kioltaná.

Vajon hogyan lehetséges, hogy a részecske egyszerre átmegy mind a két résen, hiszen még soha nem sikerült félbevágott elektront detektálni?

Ha pedig csak az egyik résen megy át, akkor honnan „tudja”, hogy a másik rés nyitva van, vagy csukva? Hiszen az utóbbi esetben olyan helyekre is hajlandó becsapódni, amelyeket a másik rés nyitottsága esetén mindig elkerül!!!

Ha pedig tényleg igaza van Bohrnak és Heisenbergnek, hogy „repülés” közben a részecske csupán hullám formájában létezik, akkor hogyan ugorhat össze végtelenül rövid idő alatt a véges kiterjedésű hullám, és alakulhat át pontszerű részecskévé, hiszen ezzel sérülne a fénysebesség, mint határsebesség, ami ellenkezik a speciális relativitáselmélettel?

Hát kérdések jócskán akadtak, vitatkoztak is rajta a fizikusok évtizedekig, addig, amíg fel nem merültek még ennél is zavarba ejtőbb logikai paradoxonok, miközben a régi kérdésekre sem lehetett találni igazán megnyugtató válaszokat.

Erre utal az a nyilvános vita is, amely a Cambridge Egyetemen zajlott 1994-ben Stephen Hawking és Roger Penrose között, és amely,

bár főleg kozmológiai kérdésekről szólt, de azért számos egyéb probléma mellett a részecskék kettős természetét is érintette.

A vitában Hawking azt az álláspontot képviselte, hogy bármely fizikai elmélet voltaképpen csupán matematikai modell, és nincs értelme azt kérdezni, hogy tényleg megfelel-e a valóságnak. Csak az a fontos, hogy a modell előre jelzései összhangban legyenek a megfigyelésekkel.

Veleszemben viszont Penrose Einsteinre hivatkozott, aki szerint mindenképpen léteznie kell egy valóságos, „objektív” világnak, és ezért kell léteznie olyan fizikai elméletnek is, amely helyesen írja le ezt a valóságos világot.

Paradox kérdések merültek fel Heisenberg határozatlansági tételével kapcsolatban is. Mint említettük, ez többek között azt állítja, hogy nem lehet egyszerre pontosan megmérni egy részecske helyét és sebességét is, mert minél pontosabban mérjük az egyik paramétert, annál pontatlanabban tudjuk csak megmérni a másikat. Ámde sok jel mutat arra, hogy itt nem csupán valamiféle mérés technikai problémáról van csak szó. Könnyen lehet ugyanis, hogy a két mennyiséget azért nem lehet egyszerre pontosan megmérni, mert mindkét mennyiség állandóan „magától” ingadozik, úgy, hogy ha az egyik ingadozást tartományát korlátozzuk, akkor a másik mennyiség ingadozása meg fog nőni.

Márpedig, ha valamilyen fizikai mennyiséget meg akarunk mérni, akkor magával a mérési eljárással az illető paraméter ingadozását korlátozzuk, és ezzel beavatkozunk a jelenségbe. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy igazán objektív mérés voltaképpen nem is lehetséges, mivel csupán a mérési módszerrel manipulált paramétereket tudjuk megmérni.

Az igazán súlyos tudományfilozófiai kérdés azonban a határozatlansági elv idővel és energiával kapcsolatos – már említett – összefüggésére vonatkozik. Mégpedig arra, hogy ha egy fizikai jelenségben nagyon kicsi az energiaszint bizonytalansága, akkor az idő bizonytalansága olyan mértékű lehet, hogy – legalábbis rövid időtartományokon belül – a múlt és a jövő szerepet cserélhet.

Más szóval: elvileg még az sem zárható ki, hogy bizonyos esetekben ok és következmény kapcsolata felborul, a következmény hamarabb következik be, mint az ok, és ezzel a kauzalitás elve – amely pedig sérthetetlennek látszott – sérül.

Márpedig az utóbbi évtizedekben elvégzett kísérletek szerint a kvantumfizikában még ez a teljesen abszurd képtelenségnek tűnő eset is előfordulhat, amint arról még bővebben is szó esik.

## Alagúteffektus

Sokan szeretnek teniszezni. Kellemes játék, de nem mindig akad megfelelő partner. Ezért találták ki a falteniszt. Ezt zárt helyen szokás játszani úgy, hogy a játékos egy képzeletbeli háló fölött a falnak ütögeti a labdát. A játék emiatt talán egy kicsit unalmas, hiszen a labda elütésének pillanatában már jól ki lehet számítani, hogy az merről fog visszaérkezni. A labda mozgása ugyanis ilyenkor a rugalmas ütközésekre vonatkozó klasszikus fizikai törvényeknek engedelmeskedik.

Ha azonban játék közben egyszer csak azt tapasztalnánk, hogy a labda nem pattan vissza a falról, hanem azon áthatolva a túloldalon folytatja az útját, méghozzá úgy, hogy közben sem a labdán, sem a falon nem marad vissza semmiféle sérülés, akkor nagyon meg lennénk lepődve. Akár azt is mondhatnánk, hogy csoda történt.

Ilyen eset persze nem szokott előfordulni a mi hétköznapi világunkban, ha csak el nem jutnánk egyszer a már említett Gamow féle kvantumöserdőbe, és ott próbálnánk falteniszt játszani. Bizony gyakran kellene szaladgálni a fal mögé, hogy összeszedjük az elkóborolt labdákat.

Gamow „Tompkins úr kalandjai” című sci-fi regényében erről egy olyan epizód szerepel, amelyben reggel a tulajdonos nem találja az autóját, mert az az éjszaka folyamán véletlenül keresztül gurult a be-



zárt garázs falán, és most éppen a kertben álldogál, bár sem a falban, sem a kocsiiban semmiféle sérülés nem keletkezett.

Ha megvizsgáljuk a mikrorészecskék világát, azt találjuk, hogy ott bizony a részecskék elég gyakran átevickélnek a falakon. Ezt a jelenséget nevezik alagút effektusnak. Az „alagút” kifejezés persze szimbolikusan értendő, úgy, hogy a részecske mintegy „átbújik” egy ún. „potenciálhegy” alatt.

Szakszerűbb meghatározással az alagút effektus azt jelenti, hogy egy részecske bizonyos valószínűséggel képes átmenni egy olyan potenciálgáton, amelyhez nincs elegendő energiája.

A részecske áthatolása azonban véletlenszerű, és ennek valószínűsége függ a részecske energiájától, valamint a fal szélességétől és potenciálszintjétől. Maga az „áthatolás” úgy zajlik le, hogy a részecske mintegy „eltűnik” a fal innenső oldalán és „megjelenik” a túlsó oldalon.

A jelenség Heisenberg határozatlansági tétele alapján magyarázható. Eszerint – mint említettük – az energia és az idő bizonytalanságának szorzata állandó. Nagyon rövid időn belül emiatt a részecske energia szint ingadozása akkora lehet, hogy azzal átlépheti a potenciálfal magasságát, feltéve, hogy az átjutás időszükséglete kisebb, mint az a bizonyos „nagyon rövid idő”, és még azt is feltéve, hogy az átjutást követően olyan alacsony energiaszintre fog visszaesni, hogy az megfeleljen a ténylegesen rendelkezésére álló átlagos energiának.

Ha ezek a feltételek nem állnak fenn, akkor a részecske nem tud átjutni, hanem visszaverődik, ámde ilyenkor is fellép egy ún. átlagos behatolási mélység, és a részecske – legalábbis elvileg – innen tér vissza a fal belépő oldalára.

Az is előfordulhat azonban, hogy a részecske olyankor is visszaverődik, ha az energiája nagyobb, mint a potenciálfal magassága, mert „peches” módon az energiaszintje éppen negatív irányban lengett ki, és emiatt nem sikerült átjutnia.

A jelenséget egy másik hasonlattal is érdemes szemléltetni.

Tegyük fel, hogy egy magasugró a két méter magas lécet még éppen át tudja ugrani. A klasszikus fizika értelmezése szerint ez azt jelenti, hogy a sportoló a nekifutás során mozgási energiát halmoz fel.

Ez a mozgási energia emeli fel őt a magasba. A lécfellett a „holtpon-  
ton” pedig elfogy az összes mozgási energiája, pontosabban átalakul  
potenciális energiává, majd a lécfellett oldalán a potenciális energia  
ismét visszaalakul mozgási energiává, és emiatt akkora sebességgel ér  
majd földet, amekkorával a lécfellett elrugaszkodott.

Most képzeletben utazzunk el a sportolónkat Gamow kvantumös-  
erdejébe és nézzük meg, hogy ott hogyan zajlik le ugyanez. Itt azt  
tapasztalhatnánk, hogy a sportoló néha a hat emelet magas kerítést is  
át tudja ugrani, máskor viszont még a küszöb fellett sem tud átbotor-  
kálni, attól függően, hogy az energiaszint ingadozása éppen hol tart.

Egy fontos dolgot azonban még megfigyelhetnénk. Azt, hogy a hat  
emelet magas kerítést a sportoló csak olyankor képes átugorni, ha a fal  
fellett oldalán a talajszint nem magasabb két méternél. Ha pl. magasan  
kipárnázzuk a fellett oldalt, úgy, ahogyan az a rúdugrásoknál szokás,  
akkor ilyen teljesítményre az ugró soha nem lesz képes.

Ennek magyarázata az, hogy a két méter feletti ugrás érdekében  
rövid időre „kölcson kapott” energia többletet a fellett oldalon majd  
vissza kell adni, különben sérülne az energia megmaradásának törvé-  
nye.

Persze felvethetjük a kérdést, hogy ilyenkor honnan származik az a  
bizonyos kölcsonvett energia és kinek kell majd azt visszafizetni, és  
azt is, hogy amikor az ugró elrugaszkodik, honnan tudja, hogy a fellett  
oldalon milyen magas a talajszint, és ezért „joga van-e” egyáltalán  
átugrani a falat.

Nos, a kvantummechanika ezekre a „filozófiai típusú” kérdésekre  
nem ad választ, és nem is foglalkozik a probléma ilyen megközelíté-  
sével. A fizikusok egyszerűen csak tudomásul veszik, hogy a jelensé-  
get így módon leíró matematikai egyenletek olyan eredményeket szol-  
gáltatnak, amelyek összhangban vannak a mérési eredményekkel.

Ezek a jelenségek ugyanis nagyon fontos szerepet kapnak az elekt-  
ronikus áramkörökben, amelyekben elektronok áramlanak, és ezek  
viselkedése jól kiszámítható. Itt ugyanis nem egy-két teniszlabdáról,  
vagy magasugróról van szó, hanem sokmilliárd elektronnal. Márpedig,  
ha nagyon sok elektron halad egy potenciálfal felé, akkor az áthatolá-  
sok statisztikus gyakorisága meg fog egyezni az áthatolás valószínűsü-

ségével. Ez a gyakoriság pedig a potenciálfal magasságával, vagyis annak feszültség szintjével befolyásolható. Éppen erre épül a tranzisztorok működése, amelyekből a korszerű integrált áramkörökben több ezer, vagy akár több millió is el van helyezve egyetlen pici tokban.

Vizsgáljuk meg példaként egy önállóan tokozott NPN tranzisztor működését. Ha kezünkbe veszünk egy ilyen tranzisztor, azt látjuk, hogy annak három kivezetése, un. „lába” van, a roszmájúak szerint azért, hogy ha letesszük az asztalra, el ne dőljön.

A magyarázat azonban más jellegű. A három kivezetés megnevezése: kollektor, emitter, és bázis.

Mindhárom kivezetés egy-egy félvezető réteghez kapcsolódik. Működés során az emitterből elektronok áramlanak a kollektor felé, amelyet az utóbbi felfog, és ezáltal áram folyhat e két elektróda között. De nem mindig. A kollektor és az emitter között található ugyanis a bázisnak nevezett vékony réteg, és ezért az elektronoknak ezen is keresztül kell haladniuk.

A bázis képezi azt a „potenciálfalat”, amelyen az elektronok az alagút effektus szabályai szerint áthatolhatnak, feltéve, ha van ehhez elegendő energiájuk. A bázis feszültségét a kivezetésen keresztül változtatni lehet, és ezzel be lehet állítani a potenciálfal magasságát. Ha magasabb a potenciálfal, kevesebb, ha alacsonyabb, akkor több elektron tud átjutni.

Ily módon az emitter és kollektor között folyó áramerősség a bázisra adott vezérlőfeszültséggel szabályozható, még hozzá nagyon gyorsan, olyannyira, hogy tranzisztorokból nemcsak hangfrekvenciás tartományban működő Hi-Fi erősítőket, de ennél sokkal magasabb frekvenci tartományú eszközöket is fel lehet építeni.

És most nézzük meg az NPN tranzisztor fordítottját, vagyis a PNP tranzisztor.

Mint tudjuk, az anyag óriási mennyiségű elektront tartalmaz. A vezető vagy félvezető anyagban az atommagok közötti térben hatalmas elektron felhő helyezkedik el. Ha pedig valahonnan hiányzik egy elektron, akkor azt mondjuk, hogy ott az elektron felhőben egy „lyuk” van. Ez a lyuk pedig úgy viselkedik, mint egy pozitív töltésű részecske. A PNP tranzisztor emitteréből ennek megfelelően nem elektronok,

hanem lyukak indulnak el, és haladnak a bázis rétegen keresztül a kollektor felé. Működési elve egyebekben az NPN tranzisztorhoz hasonló, azzal az eltéréssel, hogy ennél a pozitív és negatív feszültség-szintek szerepe értelemszerűen megcserélődik.

Az mindenesetre nagyon tanulságos, hogy bizonyos esetekben a folytonossági hiányok, vagyis a „lyukak” képesek lehetnek úgy viselkedni, mint az „igazi” részecskék. Ez a gondolat – bár egészen más összefüggésben – fontos szerepet kap az un. antianyag jelenség értelmezésében. De erről egy későbbi fejezetben ejtünk bővebben szót.

Felvethető ugyanakkor az a kérdés is, hogy ha az alagút effektus a mikrorészecskék világában ilyen jól működik, nem lehetséges-e vajon, hogy bizonyos körülmények esetén ilyesmi a makro méretű tárgyak világában is esetleg előfordulhat.

Ez az ötlet konkrétan fel is merült a Pennsylvániai Állami Egyetem egyik kutatójában, pontosabban egy Moses Chan nevű kínai származású fizikusban, és – ahogyan azt a New Scientist 2005. október 8-i számában olvasható tudósításból megtudhatjuk – nyomban hozzá is kezdett a kísérletezéshez.

Chan professzor abból a kérdésből indult ki, hogy vajon tartózkodhat-e több tárgy egyszerre ugyanazon a helyen, vajon törvényszerű-e, hogy a tárgyak elfoglalják egymás elől a teret.

Erre a kérdésre a kvantummechanika adhatja meg a választ, még hozzá a már említett Pauli féle kizárási elv értelmezése, amely ki mondja, hogy nem lehet két részecske ugyanannak az atomnak a belsőjében ugyanabban a kvantumállapotban.

Ámde ez a tilalom nem mindegyik fajta részecskére érvényes. Ebből a szempontból a részecskéket két fő csoportba lehet sorolni. Eszerint vannak un. fermionok és bozonok. Hogy egy részecske melyik csoportba tartozik, azt az un. „spin” dönti el.

A spin voltaképpen a részecske saját perdülete (impulzusmomentuma). A bozonok egész spinűek, vagyis a spin értékük a Planck féle állandó (no már megint ez a furcsa mennyiség) egész számú többszöröse, ahol az egész számok közé sorolandó a zérus és valamennyi negatív egész szám is. A fermionok ezzel szemben feles spinűek,

vagyis az un. spin kvantumszámuk lehet plusz/mínusz fél, másfél, kettő és fél, ... stb.

Pauli kizárási elve csak a feles spinű részecskék (vagyis a fermionok) esetén érvényes. Az egész spinű részecskék – pl. a fény részecskék – azonban nem foglalják el egymás elől a teret, így akárhányan lehetnek egyszerre ugyanott.

Most már csak az volt a feladat, hogy találni kellett egy olyan szilárd testet, amely egész spinű részecskékből áll. Ilyen pl. a hélium atommag, sőt akár a teljes hélium atom, ha sikerül azt úgy „kezelni”, hogy egyetlen – habár összetett – részecskeként viselkedjen. Ez jó gondolatnak látszott, csak az volt a baj, hogy a hélium gáz, és nem szokott szilárd testeket alkotni.

Ez utóbbi probléma azonban egy jól felszerelt amerikai egyetemen nem szabad, hogy túl sok gondot okozzon. Megfelelően alacsony hőmérsékleti és magas nyomás viszonyok esetén ugyanis a héliumból is lehet szilárd testet faragni.

Az elgondolást tett követte, és a kísérlet sikerült, bebizonyosodott, hogy a héliumból készült tárgyak – „extrém” körülmények mellett – akár át is tudnak egymáson hatolni.

No de mit is kell érteni azon, hogy extrém körülmény? Mert ami nekünk extrém, az máshol az Univerzumban természetes állapot. Mi most a Tejút nevű galaxis Nap nevű csillagának harmadik bolygóján élünk, átlagosan 15-25 C fok hőmérsékleten, egy 21% oxigén tartalmú 1.000 milibar atmoszférájú levegőben.

Ehhez hasonló körülmények az egész világegyetemben csak nagyon kevés helyen találhatók. Olyanok vagyunk, mint egy oázis lakói a sivatag közepén. Ezért éppen a mi mindennapi világunk az, ahol igazán extrém körülmények vannak, és ebből az extrém világból kitekintve próbáljuk megérteni azt a világot, amely alig hasonlít a miénkhez. Olyan ez, mint amikor egy hangyaboly lakói megpróbálják értelmezni az elefántok életét, és azt találgatják, hogy azok vajon milyen nagy kenyérmorzskákat szoktak becipelni a fészükbe.

## Valószínűségi és paradox logikák

A köznapi gyakorlatban logikán az Arisztotelész által kidolgozott kétállapotú logikát szokás érteni. Eszerint bármely állítás vagy igaz, vagy hamis, és harmadik eset nem létezik.

Ennek matematikai szimbolizmussal kifejezett modernebb formába öltött változata a Boole féle logikai algebra, más néven Boole-algebra, amelyet széles körben alkalmaznak a digitális számítógépek áramköreinek tervezésénél és a szoftver fejlesztésekben is.

Felvethető azonban a kérdés, hogy az ily módon kialakított következtetések minden esetben megbízhatóak-e, és hogy a logikai következtetéseink mennyire fedik a megfigyelhető jelenségek közötti ok-okozati kapcsolatokat.

A probléma hangsúlyozottan felvethető a kvantumfizikai jelenségek esetén, hiszen, ha a mikrorészecskék matematikai modelljeinek világában valószínűségi függvények uralkodnak, akkor ez korlátozza az oksági kapcsolatok szigorú érvényességét, és ezzel a két állapotú logikai döntések megbízhatóságát is.

Ezt felismerve, a XX. század folyamán a kétállapotú, igen-nem típusú logikák mellett kidolgoztak többállapotú, valamint valószínűségi típusú logikákat is. Ezek az „igaz” és „hamis” minősítésen kívül meg-

engedik a kijelentések olyan minősítését is, mint pl. „valószínű”, „lehetőséges”, „valószínűtlen”, stb.

Az ilyen, nem tradicionális logikai rendszerek közül leginkább az ún. fuzzy-logika terjedt el, amelyet Lofti Zadeh professzor dolgozott ki az 1960-as években Thomas Bayes valószínűségelméleti tételeinek felhasználásával. Ennek alapján ma már az iparban és a haditechnikában sikeresen alkalmaznak olyan elektronikus szabályozó készüléket, amelyek működési elve kifejezetten erre a fajta valószínűségi logikára épül.

A következtetések logikájának valószínűségi jellege kapcsolatba hozható az oksági viszonyok valószínűségi tulajdonságaival is, bár a kettő nem tévesztendő össze, hiszen egy oksági kapcsolat ismerete alapján pl. lehetőség van arra, hogy az ok ismeretében következtessünk annak várható következményére, de arra is, hogy a következmény ismeretében következtessünk annak okára.

Logikai következtetés szintjén tehát ok és következmény sorrendje elvileg felcserélődhet. De vajon felcserélődhet-e a gyakorlatban is? Ez a kérdés nem valamiféle elvont filozófiai probléma, hiszen a kvantumfizikában ez a lehetőség többféle változatban is már felmerült. Sőt, már a kvantumfizikától függetlenül is vizsgálta ezt a kérdést sok jelentős gondolkodó.

Ha ugyanis az oksági összefüggést matematikai egyenletek formájában fejezzük ki, akkor az egyenletek átrendezésével az ok és következmény szerepe – legalábbis elvileg – megcserélődhet.

Ezzel kapcsolatban Vilfredo Pareto pl. így fogalmaz: Ha felírunk egy egyenletet, hajlamosak vagyunk a bal oldalon álló függő változót következménynek, a jobb oldali kifejezésben lévő független változókat pedig oknak tekinteni, ámde ez sokszor megtévesztő lehet. Ami ugyanis ok-okozati összefüggésnek látszik, nem mindig az.

Az iskolában pl. megtanultuk, hogy ha egy  $R$  ellenállás kapcsain  $U$  feszültség mérhető, miközben az ellenálláson  $I$  áram folyik keresztül, akkor az Ohm törvény szerint ezek között az  $U=I \cdot R$  összefüggés érvényes. Ebből azonban nem derül ki, hogy az  $R$  ellenálláson azért folyik-e  $I$  áram, mert a kapcsaira  $U$  feszültséget kapcsoltunk rá, vagy pedig azért mérhető rajta  $U$  feszültség, mert  $I$  áram halad át rajta.

Számos más példa is felhozható olyan rendszerekre, amelyekben az egyidejűleg mérhető paraméterek értéke között felírható ugyan matematikai összefüggés, de az okság iránya nem definiálható. A helyzetet bonyolítja, hogy az összefüggést leíró egyenlet, különféle perturbációk miatt, gyakran csak bizonyos pontatlansággal érvényesül. Ilyenkor a tényezők között inkább erős korrelációról, mintsem okságról beszélhetünk.

David Hume is úgy véli, hogy amit oknak és okozatnak tekintünk, az a legtöbbször csupán valószínűségi korrelációs kapcsolat.

Az oksági kapcsolatok érvényességét gyengíti az is, hogy a legtöbb természeti törvény statisztikus jellegű. Kiváló példa erre az általános gáztörvény, továbbá a radioaktív bomlás, amely utóbbinál lehetetlen megjósolni vagy befolyásolni, hogy az izotóp egy meghatározott atomja mikor fog bomlani, sok milliárd atom esetén azonban a teljes populáció felezési ideje mégis nagy pontossággal állandó.

Max Planck szerint ezért az okság elve sem igaz, sem nem hamis, de ez a legértékesebb olyan heurisztikus előfeltevés, ami a tudomány fejlődését segíti.

R. G. H. Siu szerint racionális logikánk főleg arra a hitre épül, hogy a jövő hasonlítani fog a múltra, vagyis, hogy a jelenségek, amelyek a múltban együtt fordultak elő, a jövőben is együtt fognak előfordulni.

A helyzetet a fizikában tovább bonyolítja az is, hogy a matematikai modellekben szereplő információkból általában nem következik egyértelműen az általunk tapasztalható jelenség minősége.

Einstein szerint ezért voltaképpen kétféle tudományos ismeretről beszélhetünk. Az egyik közvetlenül tapasztalható és felfogható, míg a másikat csak a fantáziánk segítségével tudjuk értelmezni. A kék szín pl. közvetlenül megfigyelhető, de a hozzá tartozó elektromágneses frekvencia nem tapasztalható, és gyakorlatilag nem is vagyunk képesek ezt a kettőt összekapcsolni.

Az oksági összefüggésekkel kapcsolatban felvethető még a teleologikus elv, vagyis az ún. „cél-ok” kérdése, amelyet általában tudománytalan megközelítésnek tartanak. De azért érdemes ennél a kérdésnél is kicsit elidőzni.



A kauzalitás azt jelenti, hogy a világban okok és következmények szigorú láncolata érvényesül, és az ok mindig megelőzi a következményt. Ezzel szemben a teleológia azt jelenti, hogy a dolgok úgy alakulnak, hogy egyre közelednek egy előre meghatározott végső állapothoz.

Érdeemes a kérdést úgy feltenni, vajon létezik-e olyan rendszer, amelyben mind a két fajta oksági kapcsolat megfigyelhető.

Vegyük első egyszerű példaként a lakások cirkogáz fűtésének hőfok szabályozását. Ha a szabályozón beállítunk egy kívánatos hőmérsékletet, a szabályozó érzékeli, hogy a lakásban ennél hidegebb, vagy melegebb van-e.

Ha hidegebb van, akkor a fűtést bekapcsolja, ha pedig melegebb van, akkor kikapcsolja. A szabályozó tehát arra „törekszik”, hogy a hőmérsékletet a beállított hőmérséklet közelében tartsa.

A hőfokszabályozó minden művelete a kauzalitás elve szerint zajlik le, az egész rendszer viszont teleologikus módon viselkedik. Ez esetben tehát a teleologikus viselkedés az okság magasabb hierarchia szintjét jelenti.

Vegyük másik példaként az ún. cirkáló rakéta működését. Ez olyan hadászati megsemmisítő eszköz, amellyel több ezer km távoli célt lehet nagyon pontosan eltalálni.

A cirkáló rakétának nevezett eszköz azonban voltaképpen nem rakéta, hanem robotrepülőgép, amely fel van szerelve számos érzékelő és helyzet meghatározó eszközzel.

Egy ilyen rakéta kitűnően képes manőverezni, olyannyira, hogy alacsonyan repülve kikerüli az ellenséges radarokat és az útjába eső akadályokat, sőt szükség esetén képes önműködően megváltoztatni a haladási útját és a célkeresési stratégiáját is.

A cirkáló rakéta szerkezetében végbemenő mechanikai, elektromos, optikai, és egyéb események lezajlása kauzális, ámde az egész rendszer viselkedése mégis csak teleologikus.

Ilyen „kettős okságú” rendszerekkel a természetben, ezen belül az élő szervezetekben is gyakran találkozhatunk. Jó példa erre a DNS molekula működése.

A megtermékenyített petesejtben a DNS hordozza a genetikai kódot. Ez azonban nem a létrehozandó élő szervezet „tervrajza”, hanem sokkal inkább egy olyan műveletsorozat kódja, amelynek során lépésről lépésre kialakul a magzat szerkezete. Ez a műveletsorozat olyan hatékonyan van felépítve, hogy képes a menetközben előforduló egyes véletlen hibákat is bizonyos mértékben korrigálni. E rendszer „intelligenciája” messze felül múlja a technika csúcsteljesítményét jelentő cirkáló rakétát is.

Erre a példára is igaz, hogy az elemi műveletek, bizonyos sztochasztikus elemektől eltekintve, gyakorlatilag kauzálisak, a rendszer viselkedése azonban egyértelműen teleologikus elvet követ.

Feltehető a kérdés, vajon az egész világegyetem vonatkozásában érvényesülhet-e valamiféle teleologikus elv. A kérdésre határozott választ adni nem lehetséges. A megoldást esetleg a káoszelméletben kereshetjük, feltéve, hogy a káoszelméleti modellek az univerzumra egyáltalán alkalmazhatók.

A kauzalitás és a teleológia kérdése gyakran úgy merül fel, hogy a kauzalitás az igazán tudományos megközelítése a dolgoknak, míg a teleológia a vallás és más misztikumok világába való. Más megközelítésben pedig a materializmus és az ateizmus a szigorú kauzalitást, a vallásos idealizmus viszont a teleológiát tekinti irányadónak.

Ámde a helyzet mégsem ennyire egyszerű. A radikálisan materialista marxista ideológia pl. a teleológia elvét követi, amikor azt állítja, hogy az emberi társadalom törvényszerűen és szükségszerűen a szocializmus és kommunizmus irányában fejlődik.

Az ókori indiai védánta bölcsélet pedig – amely oly mértékben idealista, hogy az anyagi világ pusztá létezését is kétségbe vonja – a kauzalitás elvét követi a karmáról szóló tanításával, amely szerint a jelenlegi sorsunkat a múltbeli cselekvéseink, a jövőbeli sorsunkat pedig a jelenlegi cselekvéseink következményei alapvetően meghatározzák.

## **Gödel tétele; a racionális következtetés korlá- tai**

Minden kétség ellenére a modern ember rendületlenül hisz abban, hogy a világ szigorú ok-okozati kapcsolatok alapján működik, s az oksági láncolatok hűen követik a racionális logikai következtetés szabályait. Ezt a felfogást támogatta sok világhírű, zseniális tudós is, többek között Albert Einstein, aki élete végéig nem volt hajlandó elfogadni a kvantumelmélet valószínűségi értelmezését, és ezt a felfogást támogatja jelenleg is a tudósok számottevő része.

Ezen persze nem is lehet csodálkozni, hiszen csak iszonyúan nehéz belső vívódások után tud a legtöbb ember megbarátkozni azzal a gondolattal, hogy a valóság valami egészen más, mint ahogyan azt a köznap életünkben tapasztaljuk.

A racionális következtetések mindenhatósága még a vallás keretein belül is érvényesül, hiszen már Aquinói Szent Tamás is azzal igyekezett bizonyítani Isten létezését, hogy az ok-okozati láncolatokon visszafelé haladva szükségszerűen el kell érkezzünk egy abszolút végső okhoz, amiből minden ered és ez a végső ok nem lehet más, mint Isten.

A Vatikán pedig az 1800-as évek vége felé beiktatta Isten létezésének bizonyítékai közé az entrópia-törvényre alapozott bizonyítékot is, amely szerint a világ nem létezhet öröktől fogva, így az egyetlen logikus magyarázat csak az lehet, hogy azt Isten teremtette.

A mai modern gondolkodás csupán abban tér el Aquinói Szent Tamás gondolatmenetétől, hogy Isten helyett végső okként az anyag fogalma szerepel.

Ebben a helyzetben publikálta 1931-ben Kurt Gödel német matematikus azt a tanulmányát, amelyben kimutatta a kétállapotú logika lehetőségeinek korlátait. Gödel eredményét azonban évtizedekig figyelmen kívül hagyták a tudósok – közöttük még a fizikusok is – és úgy vélték, hogy az nem más, mint egyfajta elvont matematikai spekuláció, aminek semmi köze a fizikai valósághoz.

Gödel az algebra egzakt logikai megalapozását szerette volna megoldani, de később a gondolatmenetét mégis általánosabban igyekezett megfogalmazni. Ennek során abból az egyszerű felismerésből indult ki, hogy bármely logikai rendszerben léteznek egyrészt axiómák, vagyis elfogadott alapigazságok, másrészt következtetési szabályok, amelyek segítségével a már elfogadott helyes kijelentésekből újabb meg újabb helyes kijelentéseket lehet lezármatatni.

Gödel a gondolatmenetéhez nagyon szellemes módszert eszelt ki. Ennek lényege az, hogy ha lefektetjük egy logikai rendszerben megfogalmazható állítások pontos szintaktikai szabályait, és rögzítjük az ehhez tartozó érvényes karakterkészletet, majd a karakterkészlet elemeit megszámozzuk, akkor minden szintaktikailag értelmes kijelentést helyettesíteni lehet egyetlen pozitív egész számmal.

E szám előállítására pedig úgy történhet, hogy 2-től kezdve sorban leírjuk a prímszámokat, majd az egyes prímszámokat annyiadik hatványra emeljük, amennyi az illető helyértéken szereplő karakter sor-száma, majd ezeket összeszorozzuk.

Ezzel a módszerrel persze irdatlanul nagy, akár több száz vagy több ezer számjegyből álló számokat is kaphatunk. Gödel azonban nem írt fel egyetlen hosszú számot sem. Ehelyett formális számelméleti következtetésekkel vezette le a meglehetősen megdöbbentő eredményt.

Gödel következtetése ugyanis az volt, hogy egy logikai rendszer nem lehet egyszerre teljes és ellentmondásmentes. Ez azt jelenti, hogy bármely ellentmondásmentes logikai rendszer keretein belül megfogalmazható olyan szintaktikailag értelmes kijelentés, amely a rendszer axióma készlete alapján sem nem bizonyítható, sem nem cáfolható.

Ha pedig az axióma készletet kiegészítjük, és ezzel a rendszert teljessé tesszük, akkor az önellentmondóvá válik, úgyhogy innentől kezdve bármely értelmezhető állítás egyszerre igazolható is és cáfolható is.

Ez azonban nem jelenti azt, hogy ha egy rendszer nem teljes, akkor az biztosan ellentmondás mentes, ugyanis egy nem teljes rendszer is lehet önellentmondó.

Azt már tudjuk, hogy a logika, amelyet a természettudományokban használnak, nem teljes, de abban sem lehetünk biztosak, hogy ellentmondásmentes. E gyanút erősíti, hogy gyakran ugyanazt a jelenséget több egymásnak ellentmondó elmélettel is meg lehet magyarázni, és ugyanabból az elméletből gyakran ellentétes következtetéseket is le lehet vonni.

Kétségek merülhetnek fel abban a vonatkozásban is, hogy az ember egyáltalán mennyire képes logikusan gondolkodni. Sigmund Freud szerint pl. bár az ember rendelkezik a racionális gondolkodás képességével, ezt a tulajdonságát azonban mégsem arra használja, hogy optimális döntéseket hozzon, hanem inkább arra, hogy tudattalan eredetű, érzelmi-indulati indíttatású cselekvéseihez racionálisnak tűnő magyarázatokat eszeljen ki. Szerinte ugyanis a pszichológiában nem is nagyon lehet egyértelmű ok-okozati összefüggésekről beszélni, mivel minden oknak sok következménye és minden következménynek sok oka van.

Carl Gustav Jung szerint pedig, amit okságnak vélünk, az a legtöbbször un. szinkronicitás, vagyis a dolgok együttes történése határozott egyirányú oksági kapcsolat nélkül.

Sok jel mutat arra is, hogy a természet nem követi szigorúan az emberi logika szabályait, és azt is lépten nyomon tapasztalhatjuk, hogy bár tökéletesnek látszó tudományos elméleteink vannak, azokról mindig kiderül valamilyen hiányosság vagy tökéletlenség.

Sokáig tartotta ugyanis magát az a feltételezés, hogy a természet törvényei a matematika nyelvén vannak megírva, és ezért a természet igyekszik követni a matematikai egyenletekben felállított szabályokat.

Úgy tűnhet azonban, hogy dolog éppen fordítva működik. A tudós ember addig töri a fejét, amíg sikerül olyan egyenleteket kiszélnie, amelyek viszonylag jól illeszkednek a megfigyelhető jelenségekhez.

## A „Koppenhágai Modell” és a komplementaritás

A kvantummechanika tudományfilozófiai értelmezése sok vitát váltott ki a fizikusok között, és ez a vita tulajdonképpen még mindig nem ért véget.

A legjobban vitatott, de mégis nehezen támadható értelmezés a Niels Bohr és Werner Heisenberg által az 1920-30-as években újra meg újra megfogalmazott – és időnként kissé át is értelmezett – ún. Koppenhágai Modell, amely alapvetően a komplementaritás elvére épül. A komplementaritás kifejezést Niels Bohr alkotta és ezt a fogalmat több vonatkozásban használta.

Az egyik ilyen aspektusa e fogalomnak a fény és a részecskék kettős természete. Pl. az, hogy az elektron vagy a fény részecske is és hullám is, a hagyományos gondolkodás szerint kizárja egymást, hiszen amikor olyan mérést végzünk, amelyben az elektronokat vagy fotonokat (fényrészecskéket) megszámláljuk, akkor ezek részecske természetével dolgozunk, amikor pedig interferencia kísérletet végzünk, akkor a hullám természetüket vizsgáljuk. Bohr szerint ezek nem kizáró, hanem kiegészítő szerepei ugyanannak az objektumnak, ezért a fizikai jelenségek vizsgálatánál bármikor áttérhetünk az egyik fajta leírásról a másikra és viszont, ahogyan az éppen praktikusabb.

Bohr szerint ugyanakkor komplementer viszony áll fenn egy részecske helyzete és impulzusa között is, amennyiben a már említett határozatlansági elv értelmében az egyik pontos ismerete kizárja a másik pontos ismeretét.

A két féle típusú komplementaritás pedig voltaképpen egymásból következik, ezek kölcsönösen feltételezik egymást.

A koppenhágai interpretáció támogatói között volt Heisenberg és Bohr mellett néhány Nobel Díjas fizikus, többek között Max Born és Wolfgang Pauli is, miközben több más Nobel díjas, így Albert Einstein, Max Planck, Louis de Broglie és Erwin Schrödinger ezt az értelmezést kifejezetten ellenezte.

A Koppenhágai Modell alap gondolata szerint, bár a részecskék statisztikus viselkedése pontosan kiszámítható, egy konkrét részecske állapotát azonban csak valószínűségekkel lehet leírni.

A részecske állapotát leíró hullámfüggvény fizikai értelme ugyanis az, hogy ha e függvény abszolút értékét négyzetre emeljük, akkor egy olyan valószínűség-sűrűség függvényt kapunk, amely megadja, hogy a tér egy adott tartományában a részecske mekkora valószínűséggel található meg.

Bohr szerint ez azt jelenti, hogy amíg a részecskét valamilyen mérőeszköz segítségével meg nem figyeljük, az elvileg bárhol lehet, ahol a hullámfüggvény értéke nem zérus és csak a mérés/megfigyelés pillanatában dől el, hogy a részecske hol található.

Más szóval: a mérés soha nem lehet teljesen objektív, mert annak eredménye mindig egyfelől a mérőeszköz (vagy megfigyelő) másfelől a mérendő objektum kölcsönhatása eredményeként jön létre és maga a mérés/megfigyelés nem pusztán egy állapotot regisztrál, hanem egyúttal bele is avatkozik a megfigyelt objektum állapotába.

Úgy is mondhatjuk, hogy a megfigyelőtől független, tökéletesen „objektív” mérés elvileg nem létezhet, mert mindig csak a mérési módszerrel manipulált jelenséget tudjuk megmérni, megfigyelni.

A komplementaritás szorosan összefügg Heisenberg operátor modelljével is. Mint említettük, egy részecske két „komplementer” fizikai paramétereit reprezentáló operátorokhoz eltérő sajátfüggvények – vagyis hullámfüggvények – tartoznak. Ezért ilyenkor a részecske



„dilemmába kerül” és feltehetően ide-oda billeg a két hullámfüggvény által megkövetelt állapotok között. Heisenberg valószínűnek tartja, hogy a részecske kettős természete kapcsolatba hozható ezzel a „dilemmával”.

A Koppenhágai Modell egy későbbi interpretációja kifejezetten úgy szól, hogy amikor egy részecske nem áll semmiféle megfigyelés (detektálás, észlelés, mérés) alatt, olyankor az csupán hullámfüggvény formájában létezik. A megfigyelés (mérés) hatására azután a hullámfüggvény „összeomlik”, vagyis megszűnik létezni, és helyette – egy olyan helyen, ahol a hullámfüggvény értéke nem zérus – megjelenik egy pontszerű igazi részecske. Ha pedig a kísérletet sok részecskével megismételjük, akkor ezek megtalálásának sűrűsödési helyei kirajzolják a hullámfüggvény intenzitásának térbeli eloszlását.

Nem volt azonban világos, hogy a térben szétterülő hullámfüggvény hogyan tud egyetlen végtelenül rövid pillanat alatt összeugrani egy pontszerű részecskévé, hiszen ez esetben az összeugrás sebessége túllépi a fénysebességet, amit pedig a relativitáselmélet tilt.

Az egész koppenhágai interpretáció egyébként is egyfajta „szubjektív idealista” spekulációnak látszott, így sok fizikus próbált olyan paradox gondolatkísérleteket kieszelni (akárcsak korábban a relativitáselmélet esetében), amelyek megkérdőjelezzik az elgondolást.

Ilyen ötlet volt Schrödinger macskájának esete. Ez arról szól, hogy – elvileg – hogyan lehet 50% valószínűséggel megölni egy macskát.

Még mielőtt az olvasó elszörnyedne ilyen barbárságon, fontos hangsúlyozni, hogy Schrödinger professzor nagyon barátságos, jóindulatú, humánus ember volt, és eszébe nem jutott volna egy szegény kiscicát bántani.

A példa ezért kifejezetten elméleti jellegű, és úgy szól, hogy egy zárt dobozba bezárunk egy macskát, és a dobozban elhelyezünk mellette egy mérges gázzal teli palackot. A dobozban elhelyezünk még egy 10 perc felezési idejű radioaktív izotóp atomot, valamint egy érzékelőt, amely észlelni képes, hogy az izotóp elbomlott-e vagy sem, és ha igen, automatikusan kiereszti a gázt a palackból és ezzel megöli a macskát.

Schrödinger úgy gondolta, hogy – ha a kvantummechanika koppenhágai értelmezése igaz – mivel ez alatt a 10 perc alatt nem tudhatjuk, hogy a macska él vagy nem él (hiszen a doboz lefedése után akár az első századmásodpercben is elbomolhat az izotóp), ezért a macska állapotát egy valószínűségi hullámfüggvény jellemzi, amely csak akkor fog összeomlani, ha kinyitjuk a dobozt.

Wigner Ede ezt a gondolatmenetet még továbbfejlesztette. Ez a paradox példázat „Wigner barátja” címen került be az irodalomba. Eszerint Wigner ott van a doboz kinyitásánál, de van egy barátja New Yorkban, aki aggódva várja az értesítést, hogy mi lett a kiscicával. Wigner számára tehát a doboz kinyitásakor már összeomlott a hullámfüggvény, a barátja számára viszont csak akkor fog összeomlani, amikor megkapja a hírt telefaxon. Hogyan lehet, hogy az egyik nézőpontból a hullámfüggvény már összeomlott, a másik szempontjából pedig még nem?

David Bohm szerint ebből az a következtetés vonható le, hogy koppenhágai szemlélet voltaképpen tagadja, hogy egyáltalán tehetünk érvényes megállapításokat a valóságról

John Archibald Wheeler pedig egyszerűen úgy fogalmazott, hogy eszerint az észlelő maga teremti meg a saját észlelhető világát.

Einstein pedig még ezen is tovább ment az „Einstein egere” néven közismert hasonlatával. Eszerint, ha egy egér kinyitja a szemét és ránéz a világra, akkor ezzel egyúttal meg is változtatja a világot. Márpedig Einstein szerint ez képtelenség.

Lehet, válaszolta erre Bohr, de a változás olyan csekély lesz, hogy nem fogjuk észrevenni. Neki egyébként is az volt a véleménye, hogy a fizikusok nem a végső valóságot írják le, csak azt, amit a világról el lehet mondani, a modell ugyanis mindig kevesebb, mint a tapasztalat.

Einstein szerint azonban mindenképpen léteznie kell egy valóságos világnak, amit meg is lehet ismerni. Bohr szerint azonban a hullámfüggvény nem ír le semmiféle valóságos világot, csupán információt ad az előrejelzésekhez.

A probléma megoldására Neumann János egy háromértékű kvantum-logika bevezetését javasolta, amely az ítélet kalkulusban az IGEN és NEM mellett harmadik lehetőségként tartalmazná a LEHETSÉGES-t

is, és ki is dolgozta ennek matematikai formalizmusát. Bár a módszer használhatónak bizonyult, mégsem sikerült ezzel valamennyi paradoxont tisztázni.

John Archibald Wheeler ezután publikált egy egészen elképesztő elméletet. Ennek lényege az, hogy a hullámfüggvény által kifejezett lehetőségek mindegyike egyszerre megvalósul, de különböző Univerzumokban. Más szóval: amikor a Schrödinger macska dobozát kinyitjuk, a Világegyetem kétfelé osztódik. Az egyikben a macska él, a másikban pedig meghalt. És ez az osztódás folytatódik azután minden egyes hullámfüggvény összeomlásakor.

Ez pl. azt jelenti, hogy miközben ezeket a sorokat egy számítógép billentyűzetén ütögetem, egy másik énem (alteregóm) egy másik Világegyetemben éppen a barátjával sörözget, egy harmadikban pedig virágot visz a feleségének, egy negyedikben a kutyát sétáltatja, stb.

Azon túl, hogy az elv nyilvánvalóan ütközni látszik az „Occam borotvája” elvbe, amely szerint kerülendő a létezők számának indokolatlan szaporítása, egyes fizikusok az ötletet egyszerűen csak matematikai szűrrealizmusnak nevezték el. Ennek ellenére a sok Világegyetem elvét néhány fizikus komolyan veszi, és ez az ötlet más vonatkozásokban is – főleg a kozmológiában – ismételten fel szokott merülni.

A koppenhágai interpretáció körüli vita még ma sem ért véget. Erre mutat az is, hogy a Cambridge Egyetemen Stephen Hawking és Roger Penrose között 1994-ben lezajlott nyilvános vita is érintette ezt a kérdést. Ekkor Hawking azt az álláspontot képviselte, hogy bármely fizikai elmélet csupán absztrakt matematikai modellnek tekintendő, és ezért nincs értelme azt kérdezni, hogy megfelel-e a valóságnak. Csak az a fontos, hogy a modell előre jelzései összhangban legyenek a megfigyelésekkel.

Mindezek ellenére a kvantumfizikai hullámfüggvény összeomlása bekerült a szakirodalomba, és nagyon sok fizikus többé-kevésbé elfogadja a Koppenhágai Modellt, vagy ha tudatosan ellenzi is, de azért a gondolkodását befolyásolja.

## Antianyag és vákuumfluktuáció

Mint említettük, a modern fizika egyik nagy problémája az a logikai ellentmondás, amely a relativitáselmélet és a kvantumelmélet között tátong.

Ha azonban alaposabban szemügyre vesszük ezt a problémát, kiderül, hogy az ellentmondások legnagyobb része a relativitáselméleten belül főleg az általános relativitáselméletet, a kvantumfizikán belül pedig főleg a kvantummező (gyakori megnevezéssel: kvantumtér) elméletet érinti.

Remény lehet ezért arra, hogy legalább a speciális relativitáselmélet és a „közönséges” kvantummechanika – kisebb kompromisszumok árán – valahogyan mégiscsak „összefűszülhető” legyen, habár ez is jelentős matematikai nehézségekkel járhat.

Ezen gondolatmenet eredményeként meg is született néhány egyesítési elmélet, olyanok, amelyek segítségével a kvantummechanika keretében figyelembe lehetett venni Einstein  $E=mc^2$  egyenlete alapján a mozgó részecskék relativisztikus tömegnövekedését.

Ilyen egyesített elméleti modell az ún. Klein-Gordon egyenlet, amelyről azonban kiderült, hogy csak az egész spinű részecskék viselkedésének leírása alkalmas, és ezért nem alkalmazható az atomok

legfontosabb építőelemeire, vagyis az elektronokra és az atommagot alkotó nukleonokra.

Később Paul Diracnak sikerült kidolgoznia egy olyan relativisztikus hullámegyenletet, amely helyesen írta le az elektronok viselkedését. Ezt az eredményt Dirac 1928-ban publikálta.

A Dirac féle elektron-egyenletnek azonban volt egy nagyon furcsa – szinte képtelenségnek tűnő – tulajdonsága, az, hogy egy formális négyzetgyökvonási művelet következtében elvileg megengedte negatív energiaszintű elektronok létezését is, sőt az egyenlet szerint az ilyen lehetséges negatív energiaszintek száma végtelen.

Mint ahogyan azt már a Bohr féle atommodellel kapcsolatban is megtudtuk, az elektron hajlamos fényrészecskék kibocsátásával egyre alacsonyabb energiaszintekre legerjesztődni. Ha azonban valóban végtelenül sok negatív energiaszint van, akkor a világban létező összes elektronnak már régen el kellett volna süllyednie a negatív energia állapotok feneketlen mélységében.

Dirac szerint ilyesmi azért nem következhet be, mert a negatív energiaszintek telítettek, és amint azt a már említett Pauli-féle kizárási elvből tudjuk, nem lehet két elektron azonos kvantumállapotban, pl. ugyanazon a helyen azonos energiaszinten.

Az elméletből tehát az következik, hogy az üres tér minden egyes pontjában végtelen sok negatív energiaállapotú elektron van.

Más szóval: az üres tér, a vákuum, zsúfolásig tele van részecskékkel, és ezeket csak azért nem tudjuk észlelni, mert nem lehet velük kölcsönhatásba lépni.

Dirac elmélete sok vitát váltott ki, és számos tudós felháborodva utasította vissza az effajta „áltudományos, okkult spekulációt”.

Volt azonban elvileg lehetőség arra, hogy az elmélet kísérletileg ellenőrizhető legyen.

Ha ugyanis egy nagy energiájú fényrészecskével (pl. gamma-fotonnal) sikerülne valahogyan eltalálni egy negatív energiájú „eltemetett” elektront, és átlökni a pozitív energiaszintű reális világba, akkor az már megfigyelhető lenne.

Ilyen esetben a kilökött elektron helyén maradna egy betöltetlen energiaszint, vagyis egy „lyuk” a vákuumban. Kimutatható, hogy ha

ilyesmi létezhet, akkor ez is úgy tudna viselkedni, mint egy „igazi” részecske.

Az ilyen „antirészecske” töltése azonban pozitív lenne, hiszen a lyukból ilyenkor egy negatív töltés „hiányzik”, a tömege viszont – a valódi elektronhoz hasonlóan – pozitív lenne, mivel a lyukból negatív energiaszintű és ezért – a relativitáselmélet szerinti  $E=mc^2$  egyenletnek megfelelően – negatív tömegű részecske távozott el.

Bár Dirac elméleti modellje kezdetben csupán absztrakt matematikai spekulációnak tűnt, ámde 1932-ben sikerült kísérletileg is kimutatni az „antielektron” – az ún. pozitron – valóságos létezését.

Ezt követően, később, 1955-ben felfedezték az antiprotont, 1956-ban az antineutront, majd számos egyéb antirészecskét, és kiderült, hogy kivétel nélkül minden fajta részecskéhez tartozik antirészecske!!!

Ha pedig ez így van, akkor elvileg lehetséges, hogy antirészecskékből antiatomok, antimolekulák, antianyag tárgyak épüljenek fel.

Sőt, létezhetnek az Univerzumban antianyag galaxisok, amelyekben antianyag csillagok körül antianyag bolygók keringenek.

Egy ilyen antianyag világban is élhetnek értelmes élőlények, és innen szemlélve úgy tűnhet, hogy az antianyag az igazi anyag és a mi világunk csupán lyukak rendszere a negatív energiaszintek óceánjában.

Az antielektron felfedezése felvetette egy másik igen különös jelenség elméleti lehetőségét is, ez pedig az ún. vákuumfluktuáció.

Ha be akarjuk mutatni ennek lényegét, egészen a klasszikus elektrodinamikáig kell visszanyúlni, amelyből megtudhatjuk, hogy kölcsönhatás van a változó elektromos és mágneses erők között.

A kvantummechanika határozatlansági tétele pedig azt mondja ki, hogy az elektromos és mágneses térerősség bizonytalanságának szorzata nem lehet nulla. Emiatt azonban az üres térben az elektromos és mágneses térerősségek folyamatosan ingadoznak a zérus érték körül.

Az elektromágneses „nullatér” tehát folyton ingadozik, oszcillál. Mivel pedig az ún. kvantummező elmélet szerint (amelyről később még bővebben szó esik) az elektromágneses tér fotonokból tevődik

össze, ezért az „üres” térben szüntelenül fotonok bukkannak fel a „semmiből”, majd újra eltűnnek. E fotonok között lehetnek olyan energiájúak is, amelyek képesek lehetnek spontán kilökní a vákuumból egy-egy Dirac féle negatív energiájú elektront is.

Ilyenkor tehát megjelenik a térben egy ún. „virtuális” elektron, és egyúttal egy „lyuk” is, vagyis egy „virtuális” antielektron (pozitron), ámde ezek nem túl hosszú életűek, mert rövidesen rekombinálódva megsemmisítik egymást, és eltűnnek a „semmiben”.

Az itt leírt jelenség az ún. vákuumfluktuáció, más megnevezéssel kvantumfluktuáció.

Ezért azután azt is mondhatjuk, hogy a vákuum, vagyis az üres tér zsúfolásig tele van fotonokkal és részecskékkel, amelyek a lét és nemlét határán szüntelenül ide-oda billegnek olymódon, hogy időnként felbukkannak a pozitív energia szintű reális világban, vagyis manifesztálódnak, majd visszasüllyednek a nemlétbe, vagyis a meg nem nyilvánul látens potencialitás állapotába.

Ugyanakkor érdemes emlékezetünkbe idézni azt is, amit az atommodellekből megtudhatunk, nevezetesen, hogy a szilárd és tömör anyag atomjai elképesztően üresek, olyanok, mint a felfújtt léggömbök.

Íme a modern fizika egy újabb paradoxonja: Miközben az üres tér zsúfolásig tele van részecskékkel, addig a tömör anyag tárfogatának mintegy 99.999 999 999 999 9 %-a légüres tér.

Lehet, hogy mégiscsak lehet valami igazuk a japán zen-buddhista szerzeteseknek, akik több mint ezer éve rendszeresen kórusban mondogatják, hogy: „... a forma üresség, és az üresség forma...”???

## A fekete lyukak

Egy fekete lyuk, mint említettük, nagy tömegű csillag gravitációs összeomlása során jöhet létre. Ilyenkor a csillag elvileg pontszerűvé zsugorodik.

A fekete lyukat véges átmérőjű ún. eseményhorizont veszi körül, amelyen keresztül a fekete lyukból sem anyag, sem fénysugárzás ki nem léphet. Ha pedig a fekete lyukat egy tárgy az eseményhorizontig megközelíti, az menthetetlenül belezuhan a fekete lyukba, és ott örökre eltűnik.

A fekete lyukakra vonatkozó elméleti hipotézis az általános relativitáselméletből vezethető le, és az első ilyen jellegű megoldást Karl Schwazschild publikálta.

Az ötlet azonban nem volt teljesen új, hasonló gondolat jóval a relativitáselméletet megelőzően, pusztán a klasszikus fizika egyenleteire alapozva is már felmerült.

Einstein előtt egy évszázaddal ugyanis, még Bonaparte Napóleon idejében Pierre Simon Laplace márki azt a gondolatot vetette fel, hogy létezhet-e „fekete csillag”.

Laplace professzor (1749-1827) kitűnő matematikus, fizikus és csillagász volt, olyannyira, hogy a nevét számos fontos szakkifejezés őrzi, mint pl.: Laplace-operátor, Laplace-transzformáció, Laplace-egyenlet, stb.



A fekete csillag ötlete az ún. szökési sebességhez kapcsolódik. A szökési sebesség fogalmát manapság főleg az űrkutatásból ismerjük.

Ha pl. feldobunk egy követ, az leesik. Ha nagyobb sebességgel dobjuk föl, magasabbra megy, és később esik le. Ha még nagyobb sebességgel még magasabbra dobjuk, még később ér ismét földet.

Elvileg (sőt a gyakorlatban is) létezik akkora kezdősebesség, amelynél a kő már nem esik vissza, hanem az kiszakad a Föld vonzási köréből és kirepül a világűrbe.

Laplace márki ötlete az volt, hogy ha egy égitestet kisebb átmérőjűre összehúználunk, akkor a felszíne közelebb kerülne a középpontjához, és emiatt nagyobb lenne a felszínén a szökési sebesség.

Laplace elfogadta Newton elméletét a fény részecske természetéről, és azt a kérdést tette föl, hogy ha ismerjük egy csillag tömegét, akkor annak milyen átmérőjűre kellene összehúzódnia ahhoz, hogy a felszínén a szökési sebesség elérje vagy meghaladja a fénysebességet.

Ha ugyanis ilyesmi bekövetkezne, akkor a fényrészecskék nem tudnának messzire jutni a csillagtól, mert folyton visszahullanának a csillag felszínére, akárcsak a Földön a föl-földobott kő.

Abban az időben már eléggé jó közelítéssel ismerték a fény terjedési sebességét és a gravitációs állandó számszerű értékét is, és ennek segítségével Laplace ki is számította egy fekete csillag átmérőjét. Bármennyire meglepő, Laplace eredménye csak csekély mértékben tér el attól, ami Schwarzschild relativisztikus egyenletéből az eseményhorizont átmérőjére levezethető.

Ez a példa egyúttal azt is mutatja, hogy már a klasszikus fizika is mennyire ütőképes volt különféle elméleti problémák megoldásában. Azt is mondhatjuk, hogy a klasszikus fizika olyan talapzat, amelyre ráépülnek a modern fizikai elméletek, amelyek stabil talapzat nélkül csak a levegőben lebeghetnének.

A mi központi csillagunk, a Nap soha nem lesz képes fekete lyukká összeomlani, mert ehhez nem elég nagy a tömege, így legfeljebb fehér törpe, esetleg ún. neutroncsillag válhat majd egyszer (több milliárd év múlva) belőle. Ha azonban elméletileg vizsgáljuk a kérdést, hogy ha mégis sikerülne a Napot összehúzni fekete lyukká, akkor ki lehet

számítani, hogy annak mekkora lenne az eseményhorizont átmérője. Hát bizony a Nap jelenlegi mintegy 1,4 millió km átmérőjével szemben az összeomlási átmérő mindössze kb. 6 km lenne. Ha pedig a Földet össze lehetne préselni fekete lyukká, akkor ennek átmérője nem érné el a 2 centimétert sem!

Elvileg létezhetnek mikroszkopikus méretű fekete lyukak, amelyek sokmilliárd tonna tömegűek, és iszonyatos sebességgel száguldoznak a világűrben. Ha egy ilyen mikro-feketelyuk eltalálná a Földet, úgy haladna át rajta, mint kés a vajon, vagy mint egy puskagolyó a kődön.

Publikáltak pl. olyan elméletet, hogy az 1908. június 30-án Szipériában becsapódott ún. Tunguz meteorit, amely 100 km sugarú körben kidöntötte az erdőt, feltehetően egy ilyen „mini” fekete lyuk volt, és miután akadálytalanul áthatolt a Földön, valahol az Atlanti-óceán északi részén kilépve, sértetlenül és változatlan sebességgel haladt tovább.

Szükséges hangsúlyozni, hogy a fekete lyuk körül nem csupán a tér görbül meg annyira, hogy bezáródik, hanem az idő is, pontosabban a teljes négydimenziós téridő. Ez azt jelenti, hogy az eseményhorizonton az idő gyakorlatilag megáll, azon belül pedig visszafelé, a jövőből a múlt felé folyik.

Albert Einstein ezzel kapcsolatban egy alkalommal a következő meghökkentő kijelentést tette:

„A hozzánk hasonló emberek, akik hisznek a fizikában, tudják, hogy a múlt, a jelen és a jövő közötti különbségtétel csupán egy macacsul ismétlődő illúzió.”

A gravitációs egyenletekből még egy másik érdekes következtetés is adódik, mégpedig az, hogy ha létezik fekete lyuk, akkor létezik ennek fordítottja is, vagyis az ún. „fehér lyuk”. Ez azt jelenti, hogy miközben a fekete lyuk mindent elnyel, addig a fehér lyuk mindent kibocsát.

Sőt, van olyan elmélet, amely szerint a fekete és fehér lyukakat a világegyetemben ún. féregjáratok kötik össze, és ha valahol valami behullik egy fekete lyukba, az valahol az Univerzum egy másik helyén egy fehér lyukból fog kipotyogni....

Hát bizony, amit a modern fizika produkál, ahhoz képest az ősi vallási mitológiák elbeszélései, vagy Alice Csodaországbeli története szinte közönséges mindennapos események benyomását kelthetik.

Azonban a történetnek még most sincs vége. Még ez is csupán a jéghegy csúcsa, és még messze van a víz alatti igazi talapzat, feltéve, hogy ilyen egyáltalán létezik.

A fekete lyuk klasszikus változata, az un. Schwarzschild szingularitás összes tulajdonságát a tömege egyértelműen meghatározza, ezen kívül semmiféle további információt nem tartalmaz, és ha olyan tárgy esik bele, ami információt hordoz, akkor ez az információ örökre elvész. Ez a kérdés azonban egy újabb problémát vet fel, az un. információs paradoxont, amelyre a későbbiekben részletesebben visszatérünk.

Más vonatkozásban viszont az a kérdés is felmerülhet, hogy ha pl. egy csillag forog, és eközben omlik össze, akkor mi történik a perdületével, más szóval az impulzusmomentumával. Ez utóbbi ugyanis mind a klasszikus, mind a modern fizika szerint un. megmaradó mennyiség, amely ugyanúgy nem veszt el, mint pl. az energia, vagy a villamos töltés. Kell ezért léteznie olyan fekete lyuknak is, amely a tömegén kívül más fizikai pereméterekkel is rendelkezik.

Az a fajta fekete lyuk, amelynek van impulzusmomentuma, sőt esetleg elektromos töltése, és mágneses tere is, az un. „Robinson szingularitás”. Valószínűnek látszik az is, hogy a világűrben található fekete lyukak legnagyobb része éppen ilyen Robinson típusú.

A fekete lyukak létezése felvet egy másik súlyos problémát is, ez pedig az un. entrópia törvény érvényességével kapcsolatos. A klasszikus fizikából tudjuk, hogy az entrópia valamely rendszer rendezetlenségének mértékét fejezi ki. A termodinamika II. Fő Tétele (az. un. entrópia-törvény) pedig azt mondja ki, hogy egy rendszer teljes entrópiája a benne lezajló belső folyamatok során soha nem csökkenhet, csak nőhet, ami azt jelenti, hogy minden rendszer spontán módon egyre rendezetlenebb állapotba jut.

Egy rendszeren belül természetesen létezhetnek olyan lokális al-rendszerek, amelyek entrópiája csökken és ezzel a belső rendezettsége növekszik (ilyen pl. egy fejlődő élő szervezet), de ez az entrópia csökkenés csak azon az áron következhet be, ha a környezetében az entró-

pia nagyobb mértékben növekszik, mint amennyire csökken az alrendszerben.

Ezt az elvet azonban sérteni látszik a fekete lyukak működése.

Egy fekete lyuk közelében ugyanis mindig található anyag, amelyet a fekete lyuk elnyel, és ezzel növeli a saját tömegét és az eseményhorizontjának felszínét. Ily módon egy fekete lyuk folyamatosan „hízik”, és amikor ennek során nagy entrópiájú tárgyakat nyel el, akkor emiatt az eseményhorizonton kívüli rendszer entrópiája csökkenni fog.

Stephen W. Hawking munkatársa, Jacob Bekenstein megvizsgálta ezt a feltevést, és az volt a véleménye, hogy ez a jelenség nem sérti az entrópia-törvény univerzális érvényességét, ugyanis az univerzumnak a fekete lyuk is része. Mert ha feltételezzük, hogy a fekete lyuknak van saját entrópiája, és ez arányos az eseményhorizont felszínével, akkor az entrópia-törvény univerzális léptékben nem sérül.

Stephen W. Hawking továbbgondolta Bekenstein elméletét és arra a következtetésre jutott, hogy ha a fekete lyuknak van entrópiája, akkor kell, hogy legyen hőmérséklete is, és akkor ki kell bocsátania hőmérsékleti sugárzást is. Ha viszont ilyet kibocsát, akkor a fekete lyuk már nem is annyira „fekete”.

E probléma kvantumelméleti vizsgálata azt eredményezte, hogy valóban van ilyen sugárzás. Ámde az mégsem a fekete lyukból, hanem az eseményhorizontot körül vevő üres térből származik. Ebben a térben ugyanis a már említett vákuumfluktuáció során részecskepárok keletkeznek, de ezek általában rekombinálódva kölcsönösen meg is semmisítik egymást.

Egy fekete lyuk közelében azonban a keletkezett részecske pár egyik tagja olykor beleesik a fekete lyukba, miközben a másik részecske elszabadul, és sugárzás formájában eltávozik a fekete lyuk környezetéből. Az eltávozó részecske pozitív energiát visz magával, és ezért az elnyelt részecske energiaszintje szükségszerűen negatív, hiszen a két energia összege mindig zérus. A folyamat során tehát a fekete lyuk negatív energiájú részecskéket nyel el, és emiatt a tömege fogy, eseményhorizontjának felszíne csökken, sugárzási hőmérséklete pedig növekszik.

Az a paradox helyzet alakul ki, hogy közelről nézve a fekete lyukból nem lép ki semmi, távolról nézve viszont a fekete lyuk intenzív sugárzást mutat, olyannyira, hogy egy kritikus pont elérése után a teljes tömegét szétsugározva, robbanásszerűen megsemmisül, ismételtén alátámasztva a tételt, hogy minden keletkezett dolog múlandó.

## Bootstrap és kvark elméletek

És most, egy kis kozmológiai kitérő után térjünk egy kicsit vissza a kvantumfizikához, azon belül is a részecskefizikához, hiszen ott is vár még ránk egy-két meglepő hír.

Mint tudjuk, az atom és az atommag szerkezetének kutatása során az 1930-as években – az akkor rendelkezésre álló kutatási eredmények alapján – sok fizikus nem teljesen alaptalanul gondolta azt, hogy sikerült megtalálni az anyag végső építőelemeit, vagyis az „elemi” részecskéket.

Így azután megint csak kezdett kialakulni az a benyomás, hogy a fizika lassacskán lezárt tudománnyá válik, és további jelentősebb felfedezésekre nem nagyon lehet számítani.

Az elméleti modellek azonban ezt az optimizmust mégsem támasztották alá, mivel azokból egyre újabb és újabb „elemi” részecskékre lehetett következtetni, és ezek valóságos létezését a kozmikus sugárzás tanulmányozásával és mesterséges részecskeütköztetésekkel kísérletileg ki is mutatták.

Így azután az „elemi” részecskék száma rohamosan szaporodott. Az 1935 évi 6 féle részecske populáció (elektron, proton, neutron, és ezek antirészecskéi) fajtáinak száma 1955-ben 18-ra emelkedett, az

1970-es években pedig meghaladta a 200-at, és ezzel ez a tendencia még nem is ért véget.

Az elemei részecskék kutatása alapvetően úgy zajlott – és zajlik ma is –, hogy egyre nagyobb energiájú részecske gyorsítókat építettek, és ezekben a részecskéket összeütköztették. Az ütközések során egyes részecskék darabokra törtek, és megvizsgálták az így keletkező törmelékek tulajdonságait.

A nagy energiájú „tördelések” során olykor különös dolgot lehetett tapasztalni. Előfordult, hogy a keletkező törmelékek nagyobb tömegűek voltak, mint az eredeti részecske.

Olyan ez, mintha egy 10 kg tömegű kődarabra hatalmasat sújtanánk kalapáccsal, amire az széttörne, és kapnánk a 10 kg-os kődaraból egy 20 kg-os és egy 30 kg-os kődarabot.

Ezt a jelenséget a speciális relativitáselmélet alapján lehet megmagyarázni. Einstein nevezetes  $E=mc^2$  egyenlete alapján ugyanis a részecskék felgyorsításához felhasznált energia fedezi az ilyenkor fellépő tömeg többletet.

Előfordult azonban ennél is furcsább jelenség. A fizikusok ugyanis a keletkezett új részecskékkel újabb, meg újabb ütköztetési kísérleteket végeztek, hogy megtalálják törmelékek törmelékeinek törmelékeit. Nos ennek során olykor olyasmit is tapasztaltak, hogy a törmelékek törmelékeinek törmelékei között előfordult az a részecske is, amiből pedig eredetileg kiindultak, és ezzel a kör bezárult...

Ennek alapján az 1960-as években Geoffrey F. Chew kidolgozott egy nagyon különös elméletet, amelyet „bootstrap” elméletnek keresztelt el (az angol bootstrap szó valami olyasfélét jelent, mint: csizmahuzópánt) Chew elmélete azt állította, hogy végső elemi részecske voltaképpen egyáltalán nem létezik, mivel az „elemi” részecskék kölcsönösen tartalmazzák egymást.

Ezt az elméletet azonban csak az erős kölcsönhatásokban résztvevő nehéz elemi részecskék családjára, az un. hadronokra lehetett megfelelő kísérleti tapasztalatokkal alátámasztani, ezért Chew az elméletet a tudományos publikációkban csupán „hadron-bootstrap” megnevezéssel szerepeltette, de komolyan hitt abban, hogy az elmélet előbb-utóbb valamennyi részecskére kiterjeszthető.

A probléma megoldására a fizikusok inkább egy másik fajta elméletet preferáltak, mégpedig a kvark elméletet. Ezt 1964-ben publikálta Murray Gell-Mann és Yuval Ne'emann.

A kvark elmélet szerint a hadronok „kvark”-okból tevődnek össze, ámde – furcsa módon – a feltételezett kvarkok villamos töltése és barionszáma plusz, illetve mínusz  $1/3$  és  $2/3$  értékeket mutatott, márpedig a korábbi tapasztalatok szerint a részecskék ezen fizikai jellemzői mindig egész számok szoktak lenni, és még soha nem tapasztaltak ettől elütő tulajdonságú részecskét.

A kvarkelmélet sok vitát váltott ki, ámde 1967-ben kísérleti bizonyítékot nyert. Amerikában, a stanfordi részecskegyorsítóban ugyanis egy kísérlet során sikerült meggyőzően kimutatni, hogy a protonban 3 darab kvark található. Ezután egymás után fedezték fel a különféle kvarkokat. Az utolsó (hatodik) és egyben legnagyobb tömegű ún. topkvarkot 1995-ben mutatták ki, amiért a felfedező Leon Ledermann professzor Nobel Díjat kapott.

Ámde még mindig maradt néhány kellemetlen probléma, pl. az, hogy mi tartja össze a kvarkokat, hogy azokból protonok, neutronok, mezonok, stb. álljanak össze. A válasz erre az volt, hogy a kvarkok közötti kölcsönhatást egy újabb részecskefajta közvetíti. Ezek pedig az ún. „gluon”-ok.

A kvarkok közötti kölcsönhatás nagyon különös természetű. Az ilyen kölcsönhatásban – szokatlan és meglepő módon – a vonzás ereje a távolság növelésével nem csökken, hanem növekszik. Emiatt, ha két kvarkot eltávolítunk egymástól, ehhez akkora energia szükséges, hogy a befektetett potenciális energia az elszakítás pillanatában tömeggé átalakulva újabb két kvarkot teremtsen. Emiatt egy kvarkpár helyett kapunk két kvarkpárt.

Ezzel magyarázza Gell-Mann, hogy önálló kvark a természetben nem fordulhat elő, hiszen a kvark párok és kvark-hármasok mindig úgy kombinálódnak, hogy együttes töltésszámuk és barionszámuk egész szám legyen.

Bár a magyarázat legalábbis különös, de hát annyi minden furcsaságot kellett már eddig is elfogadni a modern fizikában, hogy ha kide-



rül, hogy ezek száma eggyel több vagy kevesebb, nem szabad, hogy bárkit is zavarba ejtsen.

Sok fizikus a kvark elméletet sem tekinti a végső megoldásnak. Újabb, egyre nagyobb energiájú részecskegyorsítókkal kutatják egyrészt az önálló „szabad” kvarkokat, valamint a kvarkok feltételezett összetevőit, és azokat az igazán „elemi” részecskéket, amelyekből az összes eddig ismert részecske felépül, beleértve a hadronok mellett a un. leptonokat, vagyis a „könnyű” részecskéket is.

Van ugyanakkor olyan elmélet is, amely szerint a részecskegyorsítók voltaképpen nem kísérleti eszközök, hanem sokkal inkább részecske gyárak. Megfelelően nagy energia koncentrálásával ugyanis elő lehet állítani minden olyan részecskét, amelyek létezése a fizika törvényeivel nem ellenkezik. Ámde Gödel óta az is kétséges, hogy ezek a törvények teljes mélységükben egyáltalán megismerhetők-e...

## Nem lokális kapcsolatok

A relativitáselméletből tudjuk, hogy sem anyag, sem energia, sem információ fénynél gyorsabban nem haladhat.

Ámde a kvantummechanika egyenletei alapján mégiscsak felvetődik egy olyan kölcsönhatás elvi lehetősége, amely nem tartja tiszteletben ezt a korlátot.

Arról van szó, hogy két ún. kvantumobjektum, pl. két részecske között fennállhat olyan kapcsolat, amelyben ugyan közöttük nem történik semmiféle információ és/vagy energia átvitel, ámde a viselkedésük ennek ellenére összehangolt marad.

Nagyon furcsa jelenségről van szó. Ha ilyesmi az általunk megszokott „makrovilágban” történe, jogosan gyanakodhatnánk igazi „csodára”.

Tegyük fel pl. hogy van két iker kislány, akik közül az egyik Budapesten, a másik Tokióban él. Bár csak ritkán leveleznek egymással, ámde az öltözködésük mindig egymás „komplementense”.

Ha az egyik Budapesten felvesz egy piros kalapot, akkor a testvére Tokióban felvesz egy zöldet. Ha a Tokiói kislány felvesz egy kék kesztyűt, a testvére Budapesten felvesz egy sárgát, stb.

Ily módon a ruházkodással kapcsolatos viselkedésük között mindig egyértelmű kapcsolat van, s ezért, ha pl. megnézzük a budapesti kis-

lány öltözékét, azt is pontosan tudjuk, hogy hogyan van felöltözve a tokiói testvére.

Bármennyire meglepő, ez a fajta effektus a mikrorészecskék világában ténylegesen működik, olyannyira, hogy igen jelentős kutatás-fejlesztési ráfordítások árán több fejlett országban éppen ezen az elven igyekeznek kifejleszteni a mostaniaknál milliárdszor nagyobb teljesítményű, szupergyors, ún. kvantumszámítógépet, és már publikáltak erről kezdeti biztató eredményeket is.

Egy ilyen „nem lokális kapcsolat” elvi lehetőségét már 1928-ban felvetette Niels Bohr, ámde ezt a „misztikus, okkult” ötletet a legtöbb fizikus azonnal el is vetette.

A kérdés foglalkoztatta Einsteint is, aki arra meggyőződésre jutott, hogy ha a kvantummechanika egyenleteiből valóban levezethető ez a teljesen abszurd képtelenség, akkor ez az jelenti, hogy a kvantummechanika elmélete nem tökéletes.

Einstein töprengéseinek végül az lett az eredménye, hogy 1935-ben két társszerzővel közösen megjelentette a Physical Review című rangos folyóiratban azt a cikket, amelyben levezette, hogy a kvantummechanika egyenleteiből valóban egyértelműen adódik a nemlokalitás lehetősége.

A cikk célja azonban nem az volt, hogy igazolja egy ilyen jelenség valódi létezését. Éppen ellenkezőleg! Einstein és szerzőtársai a kvantumelmélet hiányosságait szerették volna ily módon nyilvánvalóvá tenni. Ámde a sors közbeszólt. Ahogy a közmondás tartja: „Ember tervez, Isten végez.” Az utóbbi évtizedekben végrehajtott reprodukálható fizikai kísérletek ugyanis egyértelműen igazolták, hogy a cikkben matematikai alapossággal levezetett effektus tényleg működik!

E jelenséget azóta a szerzők neveinek kezdőbetűi alapján (Einstein, Podolsky és Rosen) EPR paradoxonnak is szokás nevezni.

Einstein és szerzőtársainak nevezett publikációja összesen 18 darab matematikai egyenletet tartalmaz, amelyek logikusan következnek egymásból. Ha alaposabban végigelemezzük a cikk rendkívül szellemes gondolatmenetét, rájöhethetünk, hogy itt voltaképpen nem egy, hanem két paradoxonról van szó, bár a szakirodalomban, ha az EPR

paradoxon megjelölést olvassuk, akkor általában ez kifejezetten a második paradoxont jelenti.

Lássuk tehát az első paradoxont:

Az egyszerűség kedvéért Einstein egy un. egy-szabadságfokú (egy dimenziós térben mozgó) részecskére vezeti le a tételét, amely azonban egyszerűen általánosítható három szabadságfokú részecskére is.

Egy ilyen egy szabadságfokú részecske állapotának leírására Einstein a cikkben példaként definiál egy olyan állapotfüggvényt, amely a részecskéhez tartozó teljesen szabályos impulzus operátor sajátfüggvénye. Mint már említettük, egy ilyen sajátfüggvény saját konjugáltjával való szorzata megadja, hogy a részecskét a térben egy adott helyen mekkora valószínűséggel lehet megtalálni. A cikkben szereplő sajátfüggvény azonban itt most olyan, hogy az említett szorzat teljesen független a térbeli koordinátától.

Ez a következtetés azonban – Einstein szerint – egy egészen elképesztő dolgot jelent.

Azt jelenti, hogy a részecske elvileg akárhol előfordulhat. Lehet, hogy éppen az asztal alatt van, vagy a szomszéd szobában, de az is lehet, hogy a Föld belsejében, vagy a Nap túlsó oldalán, esetleg egy másik csillagrendszerben, vagy egy másik galaxisban, egyszóval, a hatalmas Világegyetemben bárhol megjelenhet, akár egy milliomod másodperccel azután, hogy itt és most megmértük a részecske impulzusát.

Einstein szerint az eredmény egyszerűen azt jelenti, hogy ha ismerjük egy részecske impulzusát, akkor a részecske térbeli helyzete egyáltalán nem értelmezhető, mivel a helyzetét leíró koordinátáknak nincs fizikai realitásuk.

Ha jobban megvizsgáljuk ezt az eredményt (nevezzük EPR-I paradoxonnak), akkor megállapíthatjuk, hogy ezt voltaképpen már Heisenberg határozatlansági tételéből is le lehetett volna vezetni. Eszerint ugyanis a részecske helyzet-bizonytalanságának és impulzus-bizonytalanságának szorzata állandó. Ezért ha az egyik bizonytalanság csökken, a másik növekszik. Ha az impulzust egyre pontosabban tudjuk megmérni, és ezért az impulzus-bizonytalanság mértéke a nullá-

hoz közeledik, akkor törvényszerű, hogy a helyzet-bizonytalanság végtelenül nagygyá váljon.

Amikor azonban Heisenberg a nevezetes tételét felállította, ezt a lehetőséget nem vizsgálta, mert alighanem úgy gondolta, hogy abszolút pontos mérés nem létezhet, ezért egy fizikai paraméter bizonytalansága soha nem lehet nulla.

És most lássuk a második, az ún. EPR-II paradoxont, hiszen voltaképpen ez írja le a szakirodalomban egyre gyakrabban idézett EPR-effektust.

Az idézett cikk folytatásában olyan kvantumobjektum szerepel, amely két részecske időleges összetapadásával jön létre, és a szerzők feltételezik, hogy ennek az összetapadt objektumnak ismerjük az állapotfüggvényét.

Ha azonban a két objektum szétválik, akkor mind a kettő bizonytalan helyzetbe kerül. Állapotuk ugyanis végtelen sok hullámfüggvény „lineáris szuperpozíciójával” írható csak le. Más szóval: a részecskék ún. szuperponált állapotban vannak, és a szuperponálódó (egymással összetevődő) hullámfüggvények a részecskék egy-egy megnyilvánulási lehetőségét reprezentálják.

Ha most az egyik részecskének megmérjük pl. az impulzusát, akkor annak szuperponált állapota összeomlik, a kombinált hullámcsomag egyetlen hullámra redukálódik, és ezzel kiválasztódik egy konkrét hullámfüggvény, amely most már a részecske állapotát korrektil jellemzi.

Ámde ha a mérés redukálja az egyik részecske hullámcsomagját, akkor ezzel szükségszerűen redukálja a másik részecske hullámcsomagját is a vonatkozó hullámfüggvény konjugáltjára, és ezzel automatikusan be fog állni a másik részecske állapota is, még hozzá az előző részecske állapotának megfelelően.

Ha viszont a másik részecskén végezzük ugyanabban az időpontban mérést, az is beállítja mindkét rendszer állapotát, amiből az következne, hogy bármelyik rendszer állapotához, vagyis ugyanahhoz a valósághoz egyszerre két eltérő hullámfüggvényt lehet hozzárendelni, ami Einstein szerint logikai ellentmondás.

A végső következtetés – vagyis az EPR effektus lényege – tehát az, hogy ha a kvantumelmélet igaz, akkor, ha az egymással valaha kölcsönhatásba került, de különvált részecskék valamelyikének állapotát mérési beavatkozással megváltoztatjuk, akkor a másik részecske állapota is azonnal megváltozik, még ha akár több fényévre is vannak egymástól. Ez azonban Einstein szerint ellenkezik a józan ésszel.

Ennek ellenére Bohr kitartott amellett, hogy ilyen effektus igenis létezik, sőt 1965-ben John S. Bell egy publikációjában arra a következtetésre jutott, hogy a Világegyetemben létező valamennyi olyan részecske, amely valaha érintkezésbe került, részét képezi egy nem lokális kapcsolatrendszernek. Márpedig, ha az ősrobbanás elmélet helytálló, akkor a világban jelen lévő összes részecske egymással nem lokális kapcsolatban áll.

Einstein várakozásával ellentétben a nem lokális kapcsolatok lehetőségére az utóbbi évtizedek során beigazolódott. Számos olyan kísérleti eredményt publikáltak, amelyek egyértelműen igazolják, hogy az egyszer kapcsolatba került kvantum-objektumok között valóban létezik ilyen kapcsolat, és ha az egyik objektum állapotát befolyásolják, akkor a másik objektum állapota is megváltozik, és az ilyen nem lokális kölcsönhatás kialakulásának a sebessége nagyságrendekkel nagyobb lehet, mint a fénysebesség.

Az EPR effektusra ezért ma már több konkrét példa is olvasható a különféle publikációkban.

Elektron és pozitron annihilációja (kölcsönös megsemmisülése) esetén pl. két gamma foton keletkezik, amelyek ellentétes irányban azonos nagyságú impulzussal repülnek szét. A fotonok cirkuláris polarizációja azonos, vagyis a saját repülési irányához viszonyítva mind a kettő vagy jobbra, vagy balra polarizált. Nagyszámú megfigyelés esetén 50%-os valószínűséggel észlelünk jobbra vagy balra polarizált foton párokat, de soha nem észlelünk olyat, hogy a foton-pár egyik tagjának polarizációja jobbra, míg a másik balra forog. A két foton tehát ilyenkor összefüggő rendszert alkot mindaddig, amíg külső hatás azokat szét nem választja. Az egyik fotonon végzett mérés pedig nem független a másiktól, és ha az egyik foton polarizációját megmérjük, tudjuk a másikat is.

Egy másik fontos kísérlet elvi lehetőségét még 1964-ben publikálta John Bell, a Genfi CERN laboratórium munkatársa, de a technikai nehézségek miatt a kísérletek gyakorlati megvalósítására csak az utóbbi években került sor. A kísérleteket az Innsbrucki Műszaki Egyetemen elektronokkal, a Genfi Egyetemen fotonokkal végezték.

Az elektronokkal végzett kísérleteknél azt találták, hogy a nem lokális kapcsolatba került elektronok spinje mindig egymással ellentétes irányú.

A nem lokálisan csatolt fotonokkal végzett kísérleteknél a foton párokat úgy hozták létre, hogy UV fotonok kettéhasításával fele energiájú és ezért dupla hullámhosszúságú infravörös fotonokat állítottak elő. Az ilyen kísérleteknél a Genfi tó alatt húzódó fénykábeleken 25 km távolságra küldtek el egymástól foton párokat és azt tapasztalták, hogy ha az egyik fotont befolyásolják, hasonló változás a másik fotonnál is fellép. A mérési bizonytalanság miatt nem lehetett megállapítani, hogy a kölcsönhatás azonnali-e, de a psec idő-pontosságú mérések alapján az látszott igazolódni, hogy a kölcsönhatás sebessége legalább a fénysebesség 10 millió-szorosa! (psec = a másodperc milliomod részének milliomod része, olyan rövid idő, amely alatt a fény kb. 0,3 mm távolságot tesz csak meg)

A New Scientist 2006. szeptember 30. keltezésű számában egy enél is meglepőbb kísérlet leírása olvasható. Eszerint elvégeztek olyan kísérletet is, amelyben a csatolt foton párokat két jelentősen eltérő hosszúságú fénykábelben vezették keresztül. A foton állapotát befolyásoló beavatkozás a hosszabb kábel végén történt. Azt találták, hogy bár a rövidebb fénykábelben a másik foton hamarabb végigmegy, de ennek ellenére a hatás ilyenkor is – vagyis időben visszafelé is – működik.

Logikusan felmerülhet az a kérdés is, hogy ha elemi részecskék között létezik nem lokális kapcsolat, akkor ez talán felléphet makro méretű tárgyak között is, sőt létezik rejtett kölcsönhatási hálózat az univerzum összes objektuma között, beleértve akár az emberi tudatot is, amely ugyancsak része az univerzumnak.

Ezt a felvetést azután több tudós nagyon komolyan vette. A Hugston, Jozsa és Wooters szerzőhármas pl. 1993-ban olyan elméletet

publikált, amely szerint EPR szituációban egy itteni részecske múltbeli állapotát befolyásolhatja egy távoli (pl. a Holdon lévő) részecske állapotának jelenlegi megváltozása.

Ennél is tovább ment egy Grinberg-Zylberbaum nevű elszánt kutató, aki egy 1994. évi közlemény szerint az EPR-effektus felhasználásával állítólag megoldotta emberi agyhullámok – EEG jelek – átvitelét erre önként vállalkozó kísérleti személyek agya között.

Az ilyen és ehhez hasonló jelenségekkel bővebben a kvantumpszichológia című fejezetben foglalkozunk.



## A kvantum-tér

A kvantum-tér elmélet szerint a tér is kvantált, vagyis diszkrét elemekből áll. Itt azonban nem a puszta üres térről, hanem igazából erőtéréről van szó, mert erő mentes, abszolút „üres” tér egyáltalán nem létezik, és nem is létezhet, hiszen az elvileg üres vákuumban is a már említett vákuumfluktuáció miatt különféle erőterek lüktetnek zérus középérték körül.

A kvantum-tér elmélet eredeti angol megnevezése: „quantum-field theory”.

Ezért talán magyarul is kifejezőbb lenne a „kvantum-mező” megnevezés, ami határozottabban utal arra, hogy erőterekről van szó, méghozzá a gyakorlati esetek többségében valóságos, nem nulla átlagértékű erőterekről.

A kvantumtér ötlete már több vonatkozásban 1927-ben felmerült, hiszen ha minden fizikai mennyiség kvantált, akkor a tér és az idő is biztosan ilyen, sőt, ha a kvantumelmélet összekombinálható az általános relativitáselmélettel (ami azóta sem sikerült), akkor a négydimenziós komplett téridő is kvantált. Ekkor azonban ezt az ötletet még nem dolgozták ki egzakt matematikai formábaan.

Az első igazi kvantum-mező elméletet, mégpedig a kvantum-elektrodinamikát az 1940-es évek folyamán alkották meg Richard P. Feynman és munkatársai. Az elmélet alapgondolata az volt, hogy ha a

fényrészecskék piciny elektromágneses hullámcsomagok, akkor az is lehetséges, hogy az ide-oda röpködő sok kis hullámcsomag elektromos és mágneses erőtere éppen úgy adódjon össze, hogy abból stabil villamos és/vagy mágneses erőter alakuljon ki.

Ez tehát azt jelenti, hogy pl. két elektromos töltésű részecske közötti vonzás vagy taszítás úgy jön létre, hogy a részecskék kölcsönösen fotonokat lövöldöznek egymásra, és ez idézi elő a kölcsönhatást.

A részecskék közötti taszítás jelenségét az alábbi példával lehet szemléltetni:

Tegyük fel, hogy egy tő tükörsíma jegén két ember áll egymással szemben egy-egy csúszó talpon, és egy labdát dobálnak egymásnak. Minden alkalommal, amikor valamelyik elkapja és visszadobja labdát – a klasszikus fizika hatás-ellenhatás törvénye szerint – egy-egy apró kis lökést is kap hátrafelé, és emiatt távolodni fognak egymástól.

Ehhez hasonló példával lehetne szemléltetni a vonzás jelenségét is.

Ez esetben a két ember háttal áll egymásnak és bumerángokat dobnaak kifelé, vagyis ellenkező irányban, mint amerre a társuk van. A bumerángok a levegőben köríven mozogva az ellentétes irányból jutnak a partnerhez, és az így fellépő apró lökések fogják őket egymás felé közelíteni.

Természetesen, mint minden példa, ez is sántít egy kicsit, és csupán annak bemutatására szolgál, hogy ilyen effektus elvileg a klasszikus fizika keretein belül is lehetséges.

Elektronok esetében azonban a helyzet ennél sokkal bonyolultabb. A részletesebb számítások ugyanis azt mutatják, hogy a ténylegesen fellépő erőhatásokhoz szükséges energiájú fotonok kibocsátásához olyan sok energiára lenne szükség, amennyivel az elektron nem rendelkezik.

A probléma megoldását itt is Heisenberg határozatlansági tétele kínálja. Eszerint az energia és az idő komplementer mennyiségek. Emiatt nagyon rövid időtartamhoz jelentős mértékű energiaszint ingadozás tartozik.

Ha az energiaszint pozitív kilengésekor az elektron kilök egy olyan fotonot, amelyet a megengedett rövid időn belül vissza is kap, akkor ez az effektus is működhet. Ilyenkor tehát az elektron valahonnan rövid

időre kölcsön kapja a szükséges energiát, amelyet rövidesen vissza is fizet.

No de honnan jöhet ez a kölcsön energia? A vákuumból? A semmiből? Egy rejtett dimenzióból? Erre nincs válasz. A fizikai elmélet csupán matematikai modell, és ha a modelltől leszűrhető következtetéseket a mérések igazolják, akkor a modell alkalmas arra, hogy a gyakorlatban alkalmazható legyen.

Mint tudjuk, minél távolabb van egymástól két töltés, annál kisebb közöttük az erőhatás. Ennek az az oka, hogy a nagyobb távolság megtételéhez az erőközvetítő fotonoknak hosszabb időre van szükségük. Hosszabb időre viszont – Heisenberg tétele szerint – csak kevesebb energiát lehet „kölcsönkapni a semmiből”, és ezért a kisebb energiájú fotonok csak kisebb erőt tudnak közvetíteni. Ráadásul nagyobb távolságra egyre kevesebb erőközvetítő foton tud csak eljutni, és ez is befolyásolja a kölcsönhatás erősségét.

A mérési eredmények meggyőzően alátámasztják az elmélet használhatóságát, és összhangban vannak a Maxwell féle klasszikus elektrodinamika egyenleteivel is.

Ez utóbbi viszont azt állítja, hogy a térben egyedülálló töltés is létrehoz maga körül elektrosztatikus erőteret. Emiatt, ha a közelébe kerül egy másik töltés, akkor ez „úgy érzi”, hogy erő hat reá, miközben ugyanezt „érzi” az első töltés is a második töltés erőtere miatt.

Ha ezt összevetjük a kvantum-tér elmélettel, az a logikus következtetés adódik, hogy a töltések olyankor is bocsátanak ki ún. „virtuális” fotonokat a „vakvilágba”, amikor nincs a közelükben másik töltés. Nos, erre egyes fizikusok azt válaszolják, hogy az ilyen fotonok olyanok, mint a példában említett bumeráng, és rendszeresen visszahullanak a kibocsátó töltésbe.

Az elmélet tehát azt jelenti, hogy az elektromágneses erőter kvantált, és kvantumjai a fotonok.

A kvantum-tér elméletet fokozatosan kiterjesztették más típusú erőterekre is, főleg az atommagon belüli struktúra kutatása érdekében.

Az atommagban ugyanis pozitív töltésű részecskék, protonok vannak, és ezek nagy erővel taszítják egymást. Az atommag azonban mégsem robban szét. Ennek csak az lehet az oka, hogy létezik az

atommagon belül valamilyen nagyon erős összetartó erő, amely csak nagyon rövid távolságon belül hatásos, ott azonban sok nagyságrenddel erősebb, mint az elektromos taszítóerő.

A megoldás itt is a kvantum-tér elmélet, amely szerint az atommagot alkotó protonokat és neutronokat (gyűjtőnéven: nukleonokat) olyan erők tartják egyben, amelyeket részecskék közvetítenek.

Ezt az ötletet már 1935-ben felvetette Hideki Yukawa, és az 1940-es évekre fel is fedezték ezeket az erőközvetítő részecskéket, az ún. mezonokat (pontosabban háromféle ún. Pi-mezont és a négyféle ún. K-mezont, valamint ezek antirészecskéit).

Ez egyúttal azt is jelenti, hogy minden egyes nukleon mezonokat bocsát ki magából, de ezek igen rövid időn belül vissza hullanak a nukleonba. Olyan rövid időről van szó, hogy a mezonok a milliméter milliárdod részénél is kisebb távolságra képesek csak eltávozni a nukleon közeléből, és emiatt a hatótávolságuk nagyságrendje csupán atommag léptékű. Minden nukleont ezért ún. mezon-felhő vesz körül, és ha két nukleon olyan közel kerül egymáshoz, hogy a mezon-felhők átfedik egymást, akkor létrejön közöttük egy nagyon erős vonzás.

Ezzel azonban a történet még nem ért véget. Mint egy korábbi fejezetből megtudhattuk, a nukleonok és a mezonok sem végső „elemi” részecskék, ezek is további részecskékből tevődnek össze. Ezek pedig a kvarkok. Felmerül ezért a kérdés, hogy mi tartja össze a kvarkokat, hogy azokból neutronok, protonok és különféle mezonok tevődjenek össze.

A válasz a kvantum-tér elmélet szerint az, hogy a kvarkok közötti kölcsönhatást is erőközvetítő részecskék hozzák létre, ezek pedig az ún. gluonok. Ámde akkor viszont a kvarkok sem lehetnek igazán elemi részecskék, mert ha azok lennének, akkor nem tudnának gluonokat kibocsátani. Tehát jogos a kérdés, hogy mik lehetnek vajon a kvarkok, sőt a gluonok alkotórészei, és így tovább a végtelenségig...

Az kétségtelen, hogy a kvantum-tér elmélet sikeresen megoldotta a természetben létező három alapvető kölcsönhatás problémáját, ezek: az elektromágneses, a nukleáris erős, valamint a nukleáris gyenge kölcsönhatás. Van azonban egy negyedik kölcsönhatás is, ez pedig a gravitáció. Ebbe azonban már beletört a fizikusok bicskája.

Van ugyanis egy probléma. Mégpedig az, hogy az általános relativitáselmélet szerint gravitációs kölcsönhatás tulajdonképpen nem is létezik, ez csupán látszólagos jelenség, amelyet a téridő görbülete határolására tapasztalunk, ezért nincs szükség ehhez erőközvetítő részecskére sem.

Ámde a kvantum-tér elméletből az következik, hogy a gravitációt is részecskék közvetítik. Sőt, ki is számították ezen részecskék, az ún. gravitonok fizikai paramétereit, és végeztek is kísérleteket ezek létezésének igazolására, ámde mind ez ideig sikertelenül.

E negyedik típusú kölcsönhatás matematikai leírásához ezért ki kellene dolgozni egyfajta kvantumgravitációs elméletet. Sőt ki is dolgoztak már ilyet, de még nem tökéletes. Egy ilyen ellentmondásmentes elmülethez ugyanis egyesíteni kellene az általános relativitáselméletet és a kvantum-tér elméletet, ámde az erre irányuló próbálkozások eddig nem voltak eléggé eredményesek.

A kudarcok hatására egy ízben Roger Penrose azt a véleményét fejtette ki, talán mégiscsak bele kell törődni abba, hogy nem ugyanolyan természeti törvények érvényesek a nagy és a kicsi fizikájában, vagyis a mikrorészecskék és a kozmikus méretek birodalmában, és esetleg abba is, hogy a természet nem mindig hajlandó szolgai módon követni az emberi ész logikáját.

## Kvantumkáosz és pillangóeffektus

A bonyolult, összetett fizikai rendszerek vizsgálatában fontos szerepet játszik a káoszelmélet, amely kaotikus rendszerek vizsgálatára szolgáló matematikai módszerekből áll. A káoszelméleti modelleket ma már eredményesen alkalmazzák a meteorológiai jelenségektől kezdve a galaxisok, sőt a teljes Világegyetem tanulmányozásánál is.

A káoszelmélet a rendszerelmélet egyik rész tudománya, és alkalmas nem fizikai rendszerek tanulmányozására is, mint amilyenek a biológiai, szociológiai és gazdasági rendszerek.

A rendszerelmélet abból indul ki, hogy az EGÉSZ nem pusztán a RÉSZEK összessége, hanem annál minőségileg több, és ezért az egész viselkedése nem értelmezhető csupán a részek összetett viselkedéseként, és a részek viselkedése sem értelmezhető, ha azokat kiszakítjuk összefüggéseikből és kölcsönhatási kapcsolatrendszerükből.

A rendszerelmélet szerint a rendszerek hierarchia szinteket alkotnak. Ez azt jelenti, hogy egy rendszer általában része, eleme egy magasabb szintű rendszernek, miközben önmaga is részekből áll, és ezért önmagában is rendszernek tekintendő.

Rendszer pl. egy élőlény biológia szervezete, amely sejtekből áll. Rendszer egy sejt is, mivel bonyolult szerves molekulák alkotják.

Rendszer egy molekula is, amely atomokból áll, és az atom is, amely atommagból és elektronokból áll, stb.

Felfelé haladva pedig rendszer a Föld nevű bolygó, amely része a Naprendszernek, ez utóbbi a Tejút nevű galaxisnak, stb.

A világban nem létezik tökéletesen elszigetelt rendszer, amely nem áll kölcsönhatásban más rendszerekkel. Emiatt minden rendszer ki van téve külső hatásoknak, és ezek befolyásolják a rendszer működését, és amelyekre a rendszer a „külvilág” felé hatásokat, válaszreakciókat generál, és így módon befolyásolja más rendszerek működését.

Hasonló a kapcsolat egy rendszeren belül annak részei, elemei között is. Emiatt az elemek hatásokat kapnak más elemektől és erre reagálva hatásokat fejtenek ki további elemekre, ezek még továbbiakra, stb.

Emiatt minden rendszerben hosszabb-rövidebb hatásláncok alakulnak ki, és ezek gyakran körbe zárulnak. Ez azt jelenti, hogy ha valamelyik elem elindít egy láncreakció-szerű folyamatot, az végül vissza fog reá hatni. Ez a jelenség a visszacsatolás.

A visszacsatolások egy része úgy működik, hogy ha egy elem állapota megváltozik, akkor a visszacsatolás igyekszik ezt kompenzálni, az elem állapotát az eredeti helyzetébe visszaállítani. Az ilyen visszacsatolást nevezik negatív visszacsatolásnak.

Van emellett pozitív visszacsatolás is, amely az eredeti állapotváltozást fokozza, erősíti.

A rendszerek stabilitását, külső hatásokkal szembeni ellenálló képességét általában a negatív visszacsatolások biztosítják. A pozitív visszacsatolások miatt pedig a rendszer lengési állapotba kerülhet, de az is előfordulhat, hogy a rendszer állapota teljesen felborul, dezintegrálódik.

Persze a helyzet azért nem ennyire egyszerű, és egy-egy konkrét rendszer viselkedésének elemzése bonyolult matematikai modellekkel lehetséges.

Nem lehet tehát azt állítani, hogy a negatív visszacsatolás mindig előnyös, a pozitív pedig mindig hátrányos. A kétféle visszacsatolások rendszere biztosítja ugyanis a legtöbb esetben az aktívan működő rendszerek megfelelő működését. Például egy digitális karórában egy

nagypontosságú kvarc-oszcillátor feladata az, hogy minden egyes másodpercben pontosan ugyanannyi számú jelet küldjön egy számláló áramkör felé. Ha matematikai modellekkel elemezzük egy ilyen oszcillátor működését, azt találjuk, hogy az oszcillátor rezgését egy megfelelően méretezett pozitív visszacsatolás biztosítja, miközben negatív visszacsatolások gondoskodnak arról, hogy a rezgés frekvenciája és amplitúdója változatlan maradjon.

Érdeemes megemlíteni, hogy léteznek „magasabb intelligenciájú” rendszerek, amelyek képesek a saját belső paramétereiket módosítva a változó külső hatásokhoz optimálisan adaptálódni. Ez a tulajdonság a rendszer stabilitását jelentősen javíthatja, ámde mégsem létezik olyan rendszer, amely bármekkora külső beavatkozás ellen képes védekezni. Az adaptív, önszervező rendszerek legmagasabb szintjét a biológiai szervezetek, vagyis az élőlények, valamint az ezek által alkotott populációk, közösségek képezik.

A rendszerelméletek egyik legmodernebb irányzata a káosz-elmélet, amely a látszólag kaotikus, kiszámíthatatlan viselkedésű rendszerek működésében tapasztalható szabályszerűségekkel foglalkozik.

Az ilyen vizsgálatok eredménye arra utal, hogy a káosz általában nem is annyira kiszámíthatatlan. Bár a pontos jövője nem meghatározható, általában van határozott fejlődési tendenciája, amelytől való eltérés esetén különféle negatív visszacsatolások igyekeznek a rendszer fejlődését valamiféle láthatatlan „trendvonal” felé visszaterelni. Ez a trendvonal azonban olykor lehet egyfajta önmagába záródó körfolyamat is. Így azután egyes kaotikus rendszerek viselkedése meglepően „intelligens” benyomást kelthet.

Egy rendszer viselkedése elvileg akkor lehet kaotikus, ha teljesül legalább három feltétel:

- 1) A rendszer legalább 3 szabadságfokú, ami azt jelenti, hogy az állapotának leírásához minimum három független paraméter szükséges.
- 2) A rendszer működését leíró differenciál-egyenletrendszer nem lineáris tulajdonságú.
- 3) A rendszer viselkedése erősen függ a kezdeti feltételektől.



Egy kaotikus rendszer matematikai modellezése egy absztrakt többdimenziós matematikai térben történik, amelyben a tér dimenzióinak száma azonos a rendszer szabadságfokainak számával. Ebben a képzeletbeli térben – az ún. fázistérben – a rendszer pillanatnyi állapotát egy pont reprezentálja. A rendszer állapotának változása során pedig ez a pont elmozdul és összefüggő vonalat, ún. trajektóriát ír le.

Kaotikus rendszerek esetén a trajektóriáik soha nem záródnak pontosan önmagukba, a fázistér egymáshoz közeli pontjaiból kiinduló trajektóriák pedig egymástól gyorsan távolodnak. Ezért, bár a rendszer viselkedése elvileg determinisztikus, a hosszú távú előrejelzés mégsem lehetséges, mivel a pontos prognózishoz végtelen pontosságú számítás lenne szükséges, ami elvileg lehetetlen. De még ha lehetséges is volna végtelen pontosságú számítás, ez sem vezetne megfelelő eredményre, mivel a gyakorlatban létező kaotikus rendszerek mindig ki vannak téve külső eredetű véletlen perturbációk zavaró hatásának.

Hogy ez milyen problémákat vethet fel, arra érdemes idézni egy jellemző példát.

Tudjuk, hogy a meteorológiai előrejelzések készítése nagyon számításigényes. A rendszer szabadságfoka igen magas, akár a milliós nagyságrendet is elérheti.

A probléma megoldására még az 1980-as években az Egyesült Államokban elkészítettek egy számítógép programot, amely egy bizonyos földrajzi területre 10 napos prognózist adott. Az akkori számítógépek teljesítménye abban az időben még sokkal kisebb volt, mint amit manapság megszoktunk, olyannyira, hogy a program lefuttatása kb. két hetet vett igénybe.

Ez a probléma azonban nem zavarta a tudósokat, mivel ők csak tesztelni szerették volna a program jószágát. A biztonság kedvéért párhuzamosan két számítógépen is lefuttatták ugyanazt a programot pontosan azonos kiinduló adatokkal, azonos – 10 tizedes-jegy – számítási pontossággal. Az eredmény megdöbbentő volt. A két számítógép homlokegyenest ellentétes prognózist hozott ki, amelyekben csak az volt a közös, hogy egyik sem hasonlított a ténylegesen bekövetkezett időjárásra.

Sikerült megfejteni a probléma magyarázatát is. A két számítógép működése között ugyanis az volt a különbség, hogy habár mind a két gép 10 tizedes-jegy pontossággal számolt, ámde a 11-edik tizedes helyértéken fellépő 5-ös számjegyet az egyik gép felfelé, a másik viszont lefelé kerekítette.

Az ilyen jelenséget szokás „pillangó effektusnak” nevezni. A megnevezés egy hasonlatból származik. Eszerint az Amazonas menti őserdőben egy pillangó, amikor unatkozik, kettőt szokott csapkodni a szárnyaival. Egyszer azonban szórakozottan hármat csapkod. Ennek azután az a következménye, hogy három hónappal később hatalmas tornádó söpör végig Floridában.

A pillangó effektus tehát azt jelenti, hogy egy jelentéktelen beavatkozás egy kaotikus rendszer működésében lavinaszerűen felerősödhet.

Bár a kaotikus rendszerek jövője elvileg kiszámíthatatlan, ámde ennek ellenére mégis csak lehet a viselkedésükre prognózisokat adni. Az ilyen rendszerekhez ugyanis általában tartozik egy vagy több „attraktor”. Az attraktor a sokdimenziós fázistérben elhelyezkedő olyan geometriai alakzat, amelyhez a rendszer állapota vagy folyamatosan közeledik, vagy azt, bizonyos ismétlési idővel, újra meg újra rendszeresen megközelíti.

Kaotikus rendszerek attraktorának szerepére jó hasonlat az átlagos napi hőmérséklet éves hazai ingadozását leíró diagram, amely alapján nem tudjuk ugyan kiszámítani, hogy február 14-én mennyire lesz hideg, de azt nagy valószínűséggel megjósolhatjuk, hogy sokkal hidegebb lesz, mint augusztusban.

Az attraktorok szerepe egyben felveti a kauzalitás és a teleológia univerzális szintű kérdését is. Ha ugyanis a Világegyetem viselkedése leírható olyan káoszelméleti modellel, amelynek fázisrájában attraktor található (ami nagyon valószínűnek látszik, hiszen egyébként nem is lehetne az Univerzum fejlődésére matematikai modelleket alkotni), akkor az Univerzumban egyszerre jelen van a kauzalitás, a véletlenszerű viselkedés és a teleologikus viselkedés is.

Ha pedig ez így van, ez további messzemenő tudományfilozófiai kérdéseket is felvet, amelyekre az antropikus elvről szóló fejezetben még részletesebben kitérünk.

Van ezen túlmenően a káoszelméletnek egy fontos kvantumfizikai vonatkozása is. Egy sok részecskéből álló rendszer ugyanis teljesíti mindazon kritériumokat, amelyek alapján egy ilyen rendszer kaotikusnak tekinthető.

Egy kvantumfizikai rendszer szabadságfokainak száma igen magas, az egyes részecskék viselkedését valószínűségi hullámfüggvények jellemzik, a részecskék kölcsönhatásban vannak egyrészt az ismert nem-lineáris tulajdonságú fizikai kvantummezőkön keresztül másrészt a már említett nem lokális kapcsolatokban is. Ha pedig beavatkozunk a rendszer viselkedésébe, a következmény pontos kiszámítása nem lehetséges.

Talán ide kívánczik a Nobel Díjas Max Born egyik humorosnak szánt megjegyzése is, amely szerint csak csodálni lehet a marxistákat, akik képesek több száz évre előre megjósolni az emberi társadalom törvényszerű fejlődését, miközben a szerencsétlen fizikusok azt sem képesek megjósolni, hogy hol lesz egy elektron egy századmásodperccel azután, hogy összeütközött egy másik elektronnal.

Egy szó mint száz: a kvantumfizikai rendszerek tipikusan kaotikus rendszerek. Egy ilyen rendszerből minden egyes másodpercben milli-ószámra indulnak el pillangóeffektusok, felfelé gyűrűzve az általunk tapasztalható makrovilág felé. Ezek hatása azonban általában statisztikusan kiegyenlítődik, és ezért a mindennapi életünkben úgy érezhetjük, hogy körülöttünk a világ a klasszikus fizika törvényei szerint, kiszámíthatóan működik.

A mikro-pillangóeffektusok egyensúlya azonban néha felborulhat, és korábban elképzelhetetlen, megjósolhatatlan, hihetetlen, meglepő, megrázó eseményeket, olykor katasztrófákat eredményezhet.

## Az Univerzum keletkezése és fejlődése

Stephen Hawking szerint a kozmológiát még száz évvel ezelőtt is áltudománynak tartották, amellyel olyan fizikusok foglalkoznak, akik korábban hasznos munkát végeztek ugyan, de az öregkori szellemi hanyatlás stádiumába jutottak.

Azóta a világ sokat változott, és sok áltudományról kiderült, hogy mégiscsak valódi tudomány, ami arra utal, hogy az áltudományok és a „valódi” tudományok közötti határvonalat általában az államilag finanszírozott hivatalos tudománypolitikai szempontok szokták eldönteni.

Hogy a kozmológia mégis csak kivívta magának az őt megillető helyet a valódi tudományok között, az egy kiemelkedően zseniális tudósnak köszönhető, akit úgy hívtak, hogy Albert Einstein.

Einstein végül még Nobel Díjat is kapott, bár a Nobel Bizottság gondosan ügyelt arra, hogy ezt a kitüntetést véletlenül se lehessen kapcsolatba hozni semmiféle kozmológiai spekulációval.

Einstein elméletéből először az derült ki, hogy az Univerzum tágul. Einstein ezt nem tudta elhinni. Addig módosította az elméletét, míg nagy nehezen eltüntette a tágulást. Ez nem volt könnyű. Áldozatot igényelt. Be kellett vezetni az egyenletekbe egy ismeretlen eredetű,

titokzatos számértéket, a kozmológiai állandót, amelynek létezését azonban bizonyítani nem lehetett.

Később azonban igen gondos csillagászati megfigyelések eredményeként kiderült, hogy az Univerzum mégiscsak tágul. Ekkor Einsteint feladta a kozmológiai állandóra vonatkozó hipotézisét, és töredelmesen elismerte, hogy tévedett. Azóta azonban születtek olyan új megfigyelések és elméletek, amelyek alapján – úgy tűnik – mégiscsak léteznie kell valamiféle kozmológiai állandónak.

Jelenlegi ismereteink szerint az Univerzum folyamatosan, sőt alighanem gyorsuló ütemben tágul. Ha pedig ez így van, akkor a tágulásnak kell legyen valahol kezdete, amikor a jelenleg távolodó galaxisok egyetlen központból indultak ki. Ha ez igaz, akkor ez volt a TEREMTÉS pillanata.

Az ötlet még az 1920-as években merült fel először, de ezt a gondolatot mint vallásos ihletésű tudománytalan badarságot a tudósok azonnal elutasították azzal, hogy ilyen misztikus magyarázatot csak a tudomány eretnekei tudnak kitalálni.

Az idő azonban telt-múlt, és egyre újabb megfigyelések és elméleti eredmények születtek. Ennek alapján egyre valószínűbbnek látszott, hogy mintegy 10-20 milliárd évvel ezelőtt mégiscsak léteznie kellett egy szingularitásnak, amelyből minden kiindult. Egy ilyen szingularitásban azonban nem értelmezhetők a relativisztikus téregyenletek. Ha pedig ez igaz, ha az Univerzum kezdetekor a fizika törvényei megsérülhettek, akkor ilyesmi esetleg később is előfordulhat.

Az orosz származású amerikai George Gamow 1948-ban egy nemzetközi fizikus konferencián a táguló univerzumra azt a – most már matematikai egyenletekkel meggyőzően alátámasztott – magyarázatot adta, hogy a világegyetem valamikor egy ún. ősrobbanással (Big Bang) jött létre, és az ősrobbanás pillanatában az Univerzum teljes tömege egyetlen végtelen sűrűségű pontba volt összetömörítve.

Gamow az előadásának befejezésekor megkérte a kongresszuson résztvevő világhírű fizikusokat, szavazzanak, hogy szerintük volt-e ősrobbanás. A jelenlevők 60% körüli szótöbbséggel megszavazták, hogy volt. Azóta a fizikusok elfogadják a Big Bang-elméletet.

És ezzel a helyzet megváltozott. A valódi tudósok és a tudomány eretnekeinek szerepe megcserélődött. Mostantól kezdve az számított áltudósnak, aki nem hiszi el az ősrobbanást.

Ámde maradt még egy kellemetlen probléma: Vajon az Univerzum hajlandó-e tiszteletben tartani egy ilyen – egyébként teljesen demokratikus – szavazás eredményét?

Einstein eredeti egyenletei az Univerzum viselkedésére több lehetséges megoldást kínáltak, attól függően, hogy mekkora a kozmológiai állandó, és univerzális léptékben mekkora a Minkowski féle négydimenziós téridő görbületének átlagos mértéke.

Az egyenletekből három féle lehetséges megoldás adódott. Az egyik az exponenciálisan táguló un. de Sitter típusú Univerzum. A másik ennek ellentéte, a zsugorodó un. anti de Sitter Univerzum. A harmadik pedig a sem nem táguló, sem nem zsugorodó Minkowski típusú Univerzum.

A csillagászati megfigyelések azt mutatják, hogy az Univerzum tágul. Kérdés, hogy a tágulás örökké folytatódik-e, vagy egyszer csak lelassul és megfordul, majd a tágulási folyamaton visszafelé haladva, egyszer csak elérkezünk a Nagy Bumm ellentétéhez, a teljes összeomláshoz, a Nagy Reccshez, vagyis a világ végéhez.

Erről a kérdéstről Stephen Hawking dolgozott ki többféle elméletet, és publikált ismeretterjesztő könyveket is. Hawking első megoldása szerint a tágulás visszafordulásakor az idő iránya is megváltozik, az idő visszafelé, a jövőből a múlt felé folyik, és egyúttal ellentétére változik az entrópia törvény is, vagyis ettől kezdve a rendszerek entrópiája nem növekszik, hanem csökken.

Hawking azonban később ezt az elméletét módosította, és arra a következtetésre jutott, hogy az idő egy zsugorodó Univerzumban sem vált irányt. Ha pedig a Nagy Reccs tényleg bekövetkezik, akkor az voltaképpen azoknak a fekete lyukaknak a végső egyesülése lesz, amelyek előzőleg már minden anyagot elnyeltek.

Hawking szerint ugyanis a fekete lyukak kulcsszerepet játszanak az Univerzum fejlődésében. A fekete lyukak belsejében pedig a kvantumfizika törvényei érvényesülnek, és ezért valószínű, hogy az elemi

részecskék spontán párképződéséhez hasonlóan előfordulhat fekete lyukak párképződése is.

Sőt az is lehet, hogy az ősrobbanás is egy hatalmas fekete lyukból indult ki, amely spontán módon párképződéssel jött létre. Ha ez így van, akkor létezik az Univerzumunknak egy antianyagból álló iker-testvére is.

Roger Penrose szerint az ilyen elméletekkel az a baj, hogy abban kulcsszerepet játszik a gravitáció, amelynek tulajdonságai alapvetően eltérnek az ismert többi kölcsönhatástól. A gravitáció ugyanis maga alakítja ki a teret, míg a többi mező a gravitáció által létrehozott tér-időben működik.

Hawking válasza erre az volt, hogy a de Sitter típusú világegyetem kétségtelenül az abszolút semmiből keletkezett, és nem a térből, vagyis a vákuumból, mert az korábban nem is létezhetett. Ugyanakkor a de Sitter típusú világegyetem termikus tulajdonságai hasonlóak a fekete lyukakhoz.

Hawking arra is rámutatott, hogy ha közvetlenül az ősrobbanás után a tágulás kezdeti sebessége  $0,000\ 000\ 01\ %$  mértékben más lett volna, akkor a Világegyetem néhány millió év alatt megszűnt volna létezni. Ámde ha a manapság divatos felfúvódás (kezdeti exponenciális tágulás) elmélete igaz, akkor ez a probléma nem áll fenn. A felfúvódási elmélet azonban tökéletlen, mert nem ad kielégítő magyarázatot a Világegyetem mai állapotára.

Hawking szerint az is problémát okoz, hogy az Univerzumot alkotó teljes téridőnek legfeljebb az egyik felét ismerhetjük meg, mert a másik felét a „ kozmikus cenzúra ” elfedi előlünk.

A kozmikus cenzúra két vonatkozásban is fennáll. Az egyik a fekete lyukakkal kapcsolatos. Arról van szó, hogy egy fekete lyuk mindent elnyel, és ezért nem láthatunk a belsejébe. Sőt, ha a beleeső tárgyak információt is hordoznak, akkor az is örökre elveszik. A fekete lyukakban történő információvesztés a kvantumfizikai bizonytalanságon túl a bizonytalanság új szintjét vezeti be, és felveti egyfajta információs paradoxon kérdését is.

Erre vonatkozott Hawking megjegyzése 2004-ben, Cambridge-ben egy nyilvános vitán, hogy Einstein bizony alighanem tévedett, mert

Isten mégiscsak játszik kockajátékot, és néha olyan helyre dobja a kockát, ahol az nem látható.

A kozmikus cenzúra másik vonatkozása az, hogy ha létezik is elvileg egy „univerzális jelen pillanat”, mi ezt nem tudjuk tapasztalni és megismerni, mert az un. fényszerű téridő felületek az Univerzumot két részre osztják, és az egyik fele nem látható.

Ezek a felületek úgy burkolják be a téridő „itt és most” pontját, mint a hagymahéjak, vagy mint az orosz Maruszja baba egymásba ágyazott elemei. Ezért minél távolabbra nézünk a térbe, annál meszebbre megyünk vissza a múltba, és soha nem láthatjuk egyszerre, egy időben a teljes Univerzumot. A kb. 2,2 millió fényév távolságra lévő Androméda galaxist pl. olyannak látjuk, amilyen 2,2 millió évvel ezelőtt volt, és onnan is olyannak látnak minket.

Ha ebben a galaxisban 2 millió évvel ezelőtt történt egy olyan erejű szupernóva robbanás, amelynek sugárzása elpusztítja a Földet, akkor ez az esemény „most” az Androméda galaxis közelében a régmúltat jelenti, számunkra viszont ez a 200 ezer múlva esedékes jövő, amiről azonban most még sejtelmünk sem lehet.

Lássuk ezek után, melyek azok a megdönthetetlen bizonyítékok, amelyek alapján a tudósok nagyon meggyőzően azt állítják, hogy mintegy 13,7 milliárd évvel ezelőtt valóban lezajlott az a bizonyos ősrobbanás.

Az egyik ilyen döntő bizonyíték a galaxisok távolodása, vagyis a Világegyetem tágulása. Ezt számszerűen a galaxisok színekének vörös eltolódása alapján lehet meghatározni.

A vörös eltolódás oka az un. Doppler effektus. Ilyet tapasztalhatunk pl. hanghullámok esetén akkor, ha mellettünk elrobog egy autó. Amikor az autó közeledik, a hangját magasabbnak, amikor pedig már távolodik, mélyebbnek halljuk. A távolodó kocsiból érkező hanghullámok hullámhossza ugyanis az autó sebességével arányos mértékben megnyúlik, frekvenciája lecsökken, és ezért mélyebb lesz, mint amit egy álló autó kibocsát.

Ugyanez történik a távolodó csillagok és galaxisok fényével is, amelyek színekvonalai a kéktől a vörös felé tolódnak el.



Ha pedig egy csillag közeledne, akkor annak színképében kék eltolódást lehetne megfigyelni.

Egy másik fontos bizonyíték a Világegyetem ún. háttérsugárzása. Az égbolt ugyanis azokon a részeken is sugároz, amerre nem látunk sem csillagot, sem galaxist. Ez a háttérsugárzás minden irányból egyforma, színhőmérséklete pedig 2,728 Kelvin fok. Az ősrobbanás modellekből pedig levezethető, hogy a tágulás kezdeti pillanatában keletkezett sugárzásnak éppen erre a hőfokra kellett mostanáig lehűlnie. Ez tehát nem más, mint a galaxisközi tér „hőmérséklete”.

Az ősrobbanás elmélet fontos bizonyítékaként szokták felhozni még az ún. Olbers paradoxont, amely az Univerzum tér és időbeli véges kiterjedését bizonyítja. Ha ugyanis az Univerzum végtelen nagy lenne és végtelen ideje létezne, akkor nem lehetne az éjszakai égbolt sötét, mert bármilyen irányba is néznénk, a fénysugár mentén visszafelé haladva előbb-utóbb mindenütt csillagba ütköznénk és ezért az égbolt mindenfelől úgy világítana, mint a Nap.

Van azonban néhány kellemetlen ellentmondás ezekben az elméletekben, mert a tágulás valahogyan mégsem akar pontosan úgy működni, mint ahogyan az a matematikai modellekből következne. A tágulásnak ugyanis elvileg lassulnia kellene, hiszen a robbanás kezdeti mozgási energiájának fokozatosan potenciális energiává kellene alakulni, ami fékezne a tágulást. Ezzel szemben minden jel arra mutat, hogy a tágulás gyorsul, de ez csak a galaxisok közötti kölcsönös távolság növekedésében nyilvánul meg, miközben maguk a galaxisok és a Naprendszerek nem „híznak”.

A magyarázathoz fel kellett tételezni, hogy az Univerzumban a „látható” anyag mellett létezik még ún. „sötét anyag”, sőt „sötét energia” is.

Az elmélet szerint az összes anyag és energia (amelyek Einstein  $E=mc^2$  egyenlete szerint egy tőről fakadnak) a világban úgy oszlik meg, hogy abból kb. 4% a normális anyag, 23% a sötét anyag, és 73% az a bizonyos sötét energia amely utóbbi antigravitációs hatása teszi lehetővé a tágulás gyorsulását.

Bármilyen tetszetős ez az elmélet, vannak ellenzői a legmagasabb tudományos körökben is.

A hivatalos tudomány ezen eretnekei – ha hinni lehet a New Scientist 2005. július 2-i számában megjelent tudósításnak – 2005. júniusban a portugáliai Moncao városban nemzetközi kozmológus konferenciát tartottak, amelyen elemezték azokat a zavarba ejtő ellentmondásokat, amelyek az ősrobbanás elmélet körül felmerültek.

Az egyik ilyen ellentmondás pl. a kb. 13 milliárd fényév távoli Spitzer galaxissal kapcsolatos. Ez a galaxis – a színképelemzések alapján – túlnyomó részben vörös óriásokból áll. A vörös óriások a mi Napunkhoz hasonló közepes méretű csillagokból alakulnak ki, de ehhez több milliárd év szükséges. A Spitzer galaxisból a fény 13 milliárd évvel ezelőtt indult el, de akkor még az Univerzum csak kb. 700 millió éves volt, és ennyi idő alatt nem alakulhat ki vörös óriás.

Egy másik probléma az ősrobbanás utáni időszakból származó kb. 2,7 Kelvin színhőmérsékletű kozmikus háttérsugárzás eredete. Már annakidején Fred Hoyle felvetette azt az ötletet, hogy a háttérsugárzás csupán olyan szekunder sugárzás, amely úgy keletkezik, hogy a galaxisközi porfelhők elnyelik a csillagok fényét és ezen a hőmérsékleten újra kisugározzák.

A nevezett konferencián ezt az elgondolást Eric Lerner, az USA-beli New Jersey államban működő plazmafizikai intézet elnöke úgy fejlesztette tovább, hogy a csillagok sugárzását főleg az alacsony hőmérsékletű galaxisközi plazma nyeli el és sugározza ki, mivel szerinte a rendszeres szupernóva robbanások miatt a világban hatalmas mennyiségben van plazma állapotú anyag, olyannyira, hogy ez alkotja a „normális” anyag túlnyomó részét.

Felvetették azt a problémát is, hogy a háttérsugárzással kapcsolatos legújabb mérések szerint annak tér-irány szerinti eloszlása nem gömb-szimmetrikus. Márpedig akkor az Univerzum tömegeloszlása sem lehet gömbszimmetrikus, és ezért az Univerzum szerkezete esetleg forgó lapos korongra vagy csőre emlékeztető elrendezést követ. Márpedig ha ez így van, akkor eldobjhatjuk a kozmológiai téregyenleteinket, és tiszta lappal kezdhethetjük az egész munkát előlről.

Felmerült egy további kérdés is a gravitációs egyenletekkel kapcsolatban. A megfigyelések szerint egyes galaxisokban (pl. az Omega Centauri-ban) a csillagok keringése a galaxis mag körül olyan gyors,

hogy emiatt rajtuk a centrifugális erő sokkal nagyobb, mint a galaxis középpontjából rájuk ható gravitációs vonzóerő, mégsem repülnek ki a világűrbe.

Az mindenestre kétségtelen, hogy a BigBang elmélet körül még további tudományos viták várhatók. Így pl. az sem tisztázott, hogy az űsrobbanással miért éppen olyan Világegyetem jött létre, amely hosszú ideig stabil, amelyben galaxisok, csillagok és bolygók jöttek létre, és amelyben létrejöhettek olyan bolygó is, amelyen kialakulhatott az élet és amelyen gondolkodó lények azon törhetik a fejüket, hogy hogyan keletkezett ez az egész. A válasz persze az lehet, hogy mindez csupán a vak véletlen műve. Ámde, ha ez tényleg véletlen, akkor ennek a véletlennek kisebb a valószínűsége, mintha valakinek minden héten 5 találatra lenne a lottón.

## Információ és fizika

Szó esett már a fekete lyukak információs paradoxonjáról, és erre a kérdésre újabb megvilágításban még visszatérünk a több dimenziós terekkel kapcsolatban is.

Itt most megpróbáljuk tisztázni először az „információ”, mint fogalom mibenlétét, és kapcsolatát a fizikai rendszerekkel.

Annyit mindenestre tudunk, hogy bármilyen fizikai rendszer tartalmaz anyagot, tartalmaz energiát, és tartalmaz információt is, hiszen bármely rendszernek tartalmaznia kell legalább azt az információt, amelyet róla megtudhatunk.

Ami pedig az információ fogalmát illeti, az az információelmélet szerint olyan hír, amely valamely esemény bekövetkezéséről, vagy egy rendszer állapotáról tudósít.

A hír annál értékesebb, minél kisebb a valószínűsége annak az eseménynek vagy állapotnak, amiről tájékoztat. És minél értékesebb a hír, annál nagyobb annak információ tartalma. Egy leszálló űrhajóról – vagyis egy nagyon valószínűtlen eseményről – szóló hír információ-tartalma sokkal nagyobb, mint egy olyan híré, amely szerint nem szállt le semmiféle űrhajó.

A hír információtartalmának számszerű mennyisége – definíció szerint – a hírben szereplő esemény vagy állapot valószínűségének negatív logaritmus.

A gyakorlatban 2-alapú logaritmussal szokás számolni. Az ennek megfelelő információ-alapegység a „bit”, amely a „binary unit” rövidítése, és nem tévesztendő össze azzal az azonos nevű másikkal, amely a számítógép technikában a kettes számrendszerű számok számjegyeit jelöli és amely utóbbi a „binary digit” rövidítése.

Egy (információelméleti) bit információ tartalmú tehát az a hír, amely egyetlen 50 % valószínűségű esemény bekövetkezéséről vagy elmaradásáról tudósít.

Az információ kapcsolatba hozható egy fizikai fogalommal, nevezetesen a termodinamikából ismert „entrópia” nevű mennyiséggel, amely egy rendszer rendezetlenségének mértéke.

Mivel egy rendszer magától nem válik rendezettebbé, ezért a termodinamika II. fő tétele, az ún. „entrópia törvény” kimondja, hogy egy külvilágtól elzárt fizikai rendszer entrópiája soha nem csökkenhet, csak nőhet.

Az entrópia növekedése során a fizikai rendszerben lévő mechanikai-, villamos-, kémiai- és egyéb energiák hővé alakulnak át, miközben az eltérő hőmérsékletű helyek hőmérséklete kiegyenlítődik, és éppen ez az a folyamat, amely az entrópia növekedését jelenti.

Az entrópia-törvény abszolút érvényességét számos fizikus sokáig vitatta, és különféle gondolat kísérleteket eszeltek ki annak vizsgálatára, hogyan lehetne ezt a törvényt „megkerülni”.

Még a XIX. század vége felé a híres fizikus J. C. Maxwell egy gázzal töltött tartály entrópiájának csökkentésére a „Maxwell-démonja” néven közismert gondolat kísérletet eszelte ki.

Ennek lényege abban áll, hogy a gáztartályt kettéválasztjuk egy falal, amelyen egy kis csapóajtó van, akkora, hogy azon egyszerre csak egy gázmolekula tud átjutni. Ha már most ezt a csapóajtót egy „démon” úgy nyitogatja-csukogatja, hogy az átlagosnál alacsonyabb energiájú részecskék az egyik, a magasabb energiájúak pedig a másik térfélben dúsuljanak fel, akkor a tartály két része között hőmérsékletkülönbség alakul ki, így a hő a hidegebb helyről a melegebb felé áramlik, és emiatt a rendszer entrópiája csökken.

A gondolat kísérlet alaposabb elemzése azt mutatja, hogy Maxwell-démonja azt a bizonyos csapóajtót csak akkor lesz képes megfelelően

kezelné, ha a csapóajtóhoz közeledő minden egyes részecske esetén tudja, hogy annak az energiája az átlagosnál kisebb vagy nagyobb. Ha pedig azt is tudni szeretnénk, hogy ehhez a démonnak mennyi információ kell, akkor azt az eredményt kapjuk, hogy a démon információ szükséglete pontosan annyi, amennyivel a tevékenysége során a rendszer entrópiája csökken.

Ezt a szoros összefüggést nem nehéz megmagyarázni. Egy gázzal töltött tartály állapotát ugyanis a gáztörvények szerint egyértelműen meg lehet adni a gáz nyomásával, térfogatával és hőmérsékletével. Az így definiált állapot az ún. „makroállapot”.

Egy-egy konkrét makroállapot azonban a gárrészecskék nagyon sokféle térbeli elrendeződése esetén létrejöhet. Ezek a lehetséges elrendeződések az ún. „mikroállapotok”.

Ha kiszámítjuk, hogy egy makroállapothoz hányféle lehetséges mikroállapot tartozik, akkor ez a szám megadja az illető makroállapot ún. termodinamikai valószínűségét.

Az entrópia mérőszáma azonban nem más, mint a termodinamikai valószínűség logaritmus, és ezért egy magára hagyott, zárt fizikai rendszer entrópiájának spontán növekedése tulajdonképpen azt jelenti, hogy a rendszer egyre nagyobb valószínűségű állapotokba igyekszik áttérni.

Ha pedig ezt összevetjük az információ definíciójával, amely szerint egy rendszer állapotáról szóló hír információtartalma az állapot valószínűségének negatív logaritmus, akkor kézenfekvő az a megállapítás, amely szerint: „információ egyenlő negatív entrópia”.

No de ezen túlmenően mi köze van még az információnak az anyaghoz és az energiához?

Einsteintől tudjuk, hogy anyag (vagyis tömeg) és energia egymásba átalakulhat, sőt egymással ekvivalensek. Vajon elmondhatjuk-e azt is, hogy átalakulhat egymásba energia és információ is?

Az amerikai Bradford Egyetemen Tom Stonier professzor által kidolgozott információfizika-elmélet szerint a válasz: igen!

Dr. Stonier szerint a fizikában helyzeti energiának nevezett mennyiség voltaképpen nem energia, hanem az illető anyagi rendszer térbeli állapotának rendezettségére jellemző szerkezeti információ.

Maxwell példája szerint pl. a gáztartályban a démon működése nyomán nem lett több energia, a kettéosztott eltérő hőmérsékletű gáztartály mégis képes mechanikai energiát termelni, mert a melegebb és a hidegebb térfél közötti nyomáskülönbség segítségével pl. dugattyús hőerőgépet lehetne elvileg működtetni.

A szerkezeti információ csökkentése (és ezzel az entrópia növelése) árán tehát energiát nyerhetünk, a szerkezeti információ növelése azonban energia befektetést igényel, hiszen még Maxwell híres démonja sem képes energiafelhasználás nélkül dolgozni.

Így azután Dr. Stonier szerint bizonyos feltételek mellett nem csak anyag és energia alakulhat át egymásba, hanem energia és információ is.

Stonier számításokat végzett arra is, hogy milyen arányok adódnak ki az ilyen átalakulásoknál. Mint tudjuk a tömeg és energia közötti átszámítás során az arányszám nagyon nagy. Egyetlen gramm tömeg annyi energiát képvisel, amelyet kb. 2.500 tonna jó minőségű szén elégetésével lehetne egy erőműben megtermelni. (Éppen ez magyarázza a nukleáris erőművek jó hatásfokát).

Stonier számításai szerint az energia és információ között az átszámítási arány ennél is sokkal nagyobb. Eszerint egészen csekély energiamennyiségnek elképesztően nagy információmennyiség felel meg. (1 joule energia kb. 1000...000 bit, ahol az 1-es számjegy után kb. 23 darab nulla van)

Az entrópia törvény és Stonier elmélete együtt azt is jelenti, hogy a fizikai rendszerek az entrópiájuk növekedése során folyamatosan szerkezeti információt veszítenek, és az információ veszteség megakadályozása energia befektetést igényel.

Mint tudjuk, az élő biológiai szervezetek entrópia-szintje nagyon alacsony a környező élettelen világhoz képest. Neumann János szerint minden élő szervezet egy-egy sziget a növekvő entrópia tengerében.

Az élőlények állandóan küzdenek, hogy entrópiájukat alacsonyan tartsák. Ennek érdekében alacsony entrópiájú táplálékot fogyasztanak és magas entrópiájú „végtermékeket” bocsátanak ki. Ellenkező esetben a szervezetük alacsony valószínűségű rendezett állapota felborul-

na, és beállna egy magasabb termodinamikai valószínűségű, rendezetlenebb állapot, vagyis a biológiai halál állapota.

Az entrópia minimalizálására irányuló törekvés azt is jelenti, hogy az élőlények igyekeznek önmaguk információtartalmát a lehető maximumra növelni. E törekvés talán legmagasabb szintje az ember szellemi önfejlesztése tanulás és tapasztalás útján.



## Fraktálok és szuperhúrok; Hány dimenziós a tér?

A modern fizikában több alkalommal merültek fel megoldhatatlannak látszó logikai ellentmondások. Amikor pedig sikerült nagy nehezen kiküszöbölni valamilyen ellentmondást, azonnal további problémák bújtak elő.

A fizikusok emiatt újabb meg újabb – egyre tökéletesebb – matematikai modelleket dolgoztak ki és ennek során több alkalommal is felmerült a kérdés, hogy vajon tényleg háromdimenziós-e a tér, illetve, hogy négydimenziós-e a Minkowski féle téridő.

Az egyik ilyen kellemetlen probléma a kvantumfizikában jelentkezett. A kvantum-elektrodinamika bizonyos egyenleteinek megoldásában ugyanis un. divergens integrálok lépnek fel és ebből elvileg végtelen energiaszintek adódnak. Ezt a kellemetlenséget egy renormálásnak nevezett matematikai trükkel szokták eltüntetni, oly módon, hogy a végtelen értékű tagokat a megoldásban figyelmen kívül hagyják. Ámde egy sántító elmélet logikátlan matematikai módszerekkel való javíthatása, kozmetikázása mégsem mondható tudományosan korrekt eljárásnak.

Felmerült ezért az a meglepő ötlet, hogy a tér dimenzióinak száma esetleg nem egész szám. Ha ugyanis 3 dimenziós helyett a tér „mind-

össze” 2,9999995 dimenziós, és ezért egy tömegpont vagy elektromos töltés gravitációs, illetve villamos erőtere a tőle mért távolság függvényében nem a  $-2$ , hanem csupán a  $-1,9999995$  hatvány szerint csökken, akkor egy ilyen törtdimenziós – fraktál jellegű – térben számolva a renormálási probléma nem lép fel, és az így kiadódó eredmények nagyon jól egyeznek a kísérleti adatokkal.

Sőt, egy ilyen csökkentett dimenziószámú térben még a Merkúr bolygó pályamozgási rendellenessége is pontosabban megmagyarázható.

No de lehetséges-e az, hogy a tér dimenzióinak száma nem egész szám. Úgy tudjuk, hogy egy pont nulladimenziós, mert abban nem lehet semmilyen irányban mozogni. Egy egyenes egydimenziós, mert abban egyetlen pálya mentén lehet mozogni előre vagy hátra. Egy sík kétdimenziós, mert abban két egymásra merőleges irányt tudunk kitűzni, amelyek mentén mozoghatunk egyrészt jobbra vagy balra, másrészt előre vagy hátra. A tér pedig, amelyben élünk, háromdimenziós, mert abban a síkhoz képest még fel és le irányban is mozoghatunk.

Matematikai szempontból azonban a törtdimenziós terek, a fraktálok, értelmezhetők. A tér ugyanis – matematikai értelemben – nem más, mint összefüggő ponthalmaz, amelyben elvileg értelmezhető a szomszédos pontok fogalma. Két tér dimenzióinak száma pedig akkor azonos, ha a vonatkozó két ponthalmaz egymásba kölcsönösen leképezhető úgy, hogy a szomszédos pontok továbbra is szomszédosak maradnak.

Ha ez az ún. topológikus leképezés nem lehetséges mindkét irányban, oda-vissza, akkor a két tér dimenzióinak száma nem azonos. Kimutatható, hogy matematikai értelemben definiálható olyan ponthalmazt, amely több mint 2 dimenziós, de kevesebb mint 3 dimenziós. Ha pl. egy háromdimenziós térből elhagyjuk azokat a pontokat, amelyek mindhárom  $(x, y, z)$  koordinátája racionális törtszám, akkor a megmaradó ponthalmaz nem egészen háromdimenzióssá válik.

Amiről eddig szó volt, az csupán a modern fizika egy viszonylag kisebb problémája. Az igazán nagy probléma a relativitáselmélet és a kvantumelmélet közötti logikai ellentmondás, ezen belül is főleg az általános relativitáselmélet és a kvantum-tér elmélet közötti ellent-

mondás. Érdekes ezért röviden áttekinteni, miben is állnak ezek az ellentmondások.

- A relativitáselmélet szerint a fizikai jelenségek lezajlása determinisztikus. Ezzel szemben a kvantumfizika valószínűségi hullámfüggvényekkel számol.
- A relativitáselmélet szerint tér és idő egységes téridőt alkot. A kvantummechanikában azonban tér és idő alapvetően eltérő entitások. Ha pl. Schrödinger idő-függő hullámegyenletében felcseréljük a tér és idő paramétereiket, teljesen értelmetlen eredményt kapunk.
- Az általános relativitáselmélet szerint gravitáció nem létezik. Ehelyett a nagy tömegű tárgyak meggörbítik maguk körül a négydimenziós téridőt, és ezt tapasztaljuk úgy, hogy van gravitációs kölcsönhatás. A kvantum-tér elmélet szerint a gravitációs vonzóerő csupán egy a lehetséges négy kölcsönhatás közül, és a többi háromhoz hasonlóan ezt is erőközvetítő részecskék – mégpedig az ún. gravitonok – hozzák létre.
- A relativitáselmélet szerint a vákuumbeli fénysebesség olyan határsebesség, amelyet semmiféle kölcsönhatás át nem léphet. A kvantummechanika szerint azonban létezik olyan nem-lokális kapcsolat, amely ezt a határsebességet nem tartja tiszteletben. Sőt, több kutatóintézetben éppen ezen elv alapján folynak különféle ún. kvantum-teleportációs kísérletek, és ezen az elven folyik a szupergyors ún. kvantumszámítógép kifejlesztése is.
- A relativitáselmélet szerint a kvantumfizikában bizonyított, és az elektronikus áramkörökben gyakorlati célokra is sikeresen alkalmazott alagút effektus elvileg lehetetlen.
- A relativitáselmélet szerint a vákuumban nem keletkezhet a semmiből anyagi részecske. A kvantummechanika szerint azonban az ún. vákuumfluktuációban szinte normálisnak mondható részecskék és antirészecskék spontán párképződése.
- A relativitáselmélet szerint a fizikai jelenségek a megfigyelőtől független, objektív módon zajlanak le. A kvantummechanika koppenhágai értelmezése szerint viszont egy fizikai kísérlet

eredménye a kísérleti objektum és a kísérletező személy kölcsönhatása során alakul ki, ezért tökéletesen objektív fizikai kísérlet nem létezik.

Az ellentmondások ellenére azonban kétségtelen, hogy mind a relativitáselmélet, mind a kvantumelmélet összes eddigi következtetését a kísérletek és megfigyelések meggyőző módon igazolták, ezért semmiképpen nem lehet azt állítani, hogy közülük az egyik nem felel meg a valóságnak.

Ámde hogyan lehetne ezt a két hatalmas horderejű elméletet valahogyan mégiscsak összekapcsolni, összefűsülni? A kérdés ahhoz hasonló, hogyan lehetne egyesíteni a tüzet és a vizet úgy, hogy mindkettő funkciója továbbra is megmaradjon.

A tudósok végül arra a következtetésre jutottak, hogy a probléma a háromdimenziós tér és egydimenziós idő, illetve négydimenziós téridő keretein belül nem oldható meg. Ha azonban feltételezünk további – általunk érzékszervi úton nem tapasztalható – rejtett dimenziókat, akkor a kétféle elmélet egyenletei között az ellentmondások enyhülnek, olyannyira, hogy minél több ilyen extra dimenziót veszünk fel, annál jobban összeillik a két elmélet.

Ki is dolgozták a különféle szuperhúr és szupergravitációs elméletek különböző változatait, amelyek 7 és 35 közötti dimenzió számú téridőben állítják fel az egyenleteiket.

Néhány évtizeddel ezelőtt még az extra dimenziók feltételezése áltudományos spekulációnak számított. Azután a fizikusok komolyan vitatkozni kezdtek arról, hogy létezhetnek-e extra dimenziók. Az utóbbi időben pedig már csak azon vitatkoznak, hogy hány extra dimenzió van, és egyre inkább azt tekintik áltudósnak, aki nem hisz a szuperhúr elméletekben.

A szuperhúr elméletek szerint az önmagukba záródó rejtett térdimenziók relativisztikus térgömbülete olyan mértékű, hogy ezen dimenziók mentén az univerzum kiterjedése az atommag méreténél is nagyságrendekkel kisebb.

Az ilyen többdimenziós terekben rezegnek a finom energiaszálak, az ún. szuperhúrok, amelyek kiterjedése nagyjából úgy aránylik az atommag átmérőjéhez, mint az atommag átmérője a Naprendszer mé-

retéhez. Ilyen méretű és energia szintű objektumok létezésének kísérleti igazolása azonban a jelenlegi ismereteink szerint elvileg lehetetlennek látszik, ezért a szuperhúr elméleteket voltaképpen sem bizonyítani, sem cáfolni nem lehet.

A kétségeket az is erősíti, hogy egy fizikai elmélet megalapozottságát elsősorban annak prediktív képessége igazolhatja. Ez azt jelenti, hogy az elmélet alapján meg lehet jósolni bizonyos fizikai jelenségeket, amiket a megfigyelés vagy a kísérlet igazol.

Márpedig a szuperhúr elméletek prediktív képessége meglehetősen gyenge. Stephen Hawking egyenesen úgy nyilatkozott, hogy a szuperhúr elméletet értékén felül adták el, mert az még a Nap belső szerkezetét sem tudja megfelelően leírni.

Egy nemzetközi tudományos folyóiratban egy másik híres fizikus pedig úgy nyilatkozott, hogy a szuperhúr elmélet szerint végtelen sok világegyetem létezhet, ámde ezek között a mi világegyetemünk egészen különleges. Ugyanis ez az egyetlen olyan elvileg lehetséges világegyetem, amelynek a működésére a szuperhúr elmélet nem érvényes.

Mindezek ellenére a szuperhúr elméletek egyre népszerűbbek. Közülük is a legfelkapottabb az a változat, amely 9+1 dimenziós téridőt feltételez. Ebben a 3 tapasztalható térdimenziót 6 nem tapasztalható térdimenzió egészíti ki. A tapasztalható térdimenziók mentén a térgömbület csekély, vagyis ezek a dimenziók csaknem „egyenesek” és ezek irányában az Univerzum körüljárása több milliárd fényéves úthosszat jelent. Ezzel szemben a nem tapasztalható térdimenziók mentén a gömbület mértéke akkora, hogy a körüljárási úthossz sokmilliárd-szor kisebb, mint az atommagok mérete.

Ebben a 9 dimenziós térben lebegnek az ún. szuperhúrok, ezek a parányi energiaszálak, amelyek rezonancia állapotai realizálják a különféle anyagi részecskéket. A jelenség hasonló a hegedűhúr rezgéséhez, amelyben különféle állóhullámok alakulhatnak ki és ezek hozzák létre az alapharmonikus rezgésszámának egész számú többszörösével rezgő felharmonikusokat, és adják meg ezzel a hegedű jellegzetes hangzását.

Az elmélet szerint léteznek zárt és nyitott szuperhúrok. Az utóbbiak két végponttal rendelkeznek és ezek segítségével összekapcsolódhatnak más szuperhúrokkal és mivel az egyesítés következtében új rezonancia frekvenciák alakulnak ki, ezáltal jöhetnek létre új részecskék.

Az elmélet feltételez egy olyan részecskét is, amely a gravitációs kölcsönhatást közvetíti és ily módon felelős a térgömbület kialakulásáért, ez pedig a zérus tömegű és 2 spinű (perdületű) graviton, amely a zárt hurkú szuperhúr egyik lehetséges rezgési állapotának felel meg.

A szuperhúrok hossza általában sok nagyságrenddel kisebb a részecskék méreténél. Publikáltak azonban olyan elméletet is, amely szerint létezhetnek galaxisokat átszelő hosszúságú, de végtelenül vékony szuperhúrok is.

A legtöbb szuperhúr elméletben a térdimenziók száma páratlan és ha ehhez hozzáadjuk az egyetlen idődimenziót, akkor páros dimenziószámú tér-idő adódik. Ezt a követelményt az indokolja, hogy páratlan számú térdimenzió esetén teljesülnek maradéktalanul az ismert fizikai szimmetriák. Ennek ellenére kidolgoztak egy 10+1 dimenziós un. szupergravitációs elméletet is, ebben azonban egyes szimmetriák sérülést szenvednek. Ez az elmélet tehát azzal is számol, hogy bizonyos szimmetria sérülések valóban lehetségesek, amire utalnak is egyes kísérleti megfigyelések. Hawking is ezt a változatot tartja leginkább életképesnek.

## Az ötödik dimenzió

A Princetoni Egyetem argentin származású fizikusa, Juan Maldacena 1997-ben a húrmodell olyan változatát dolgozta ki, amely mindössze egyetlen extra dimenziót feltételez, és ez nincs „összekunyorodva”, hanem a többivel azonos kiterjedésű, egyenrangú makrodimenzió.

Maldacena elmélete szerint a Minkowski féle négydimenziós tér-idő egy ötdimenziós tér-idő határoló felülete, és a belső ötdimenziós „Buborék Univerzum” úgy viszonyul a határoló négydimenziós felülethez, vagyis a „Felszíni Univerzumhoz”, ahogyan egy hologram által ábrázolt objektum viszonyul magához a hologramhoz.

De hát mi is az a hologram?

A holográfiát a magyar származású fizikai Nobel Díjas Gábor Dénes fedezte fel. A felfedezés lényege az, hogy egy térbeli objektumot le lehet képezni egy sík felületre úgy, hogy abból az eredeti objektum térbeli alakja pontosan rekonstruálható legyen. Ez azt jelenti, hogy lehetséges egy felszíni mintázat és egy térbeli alakzat között egyértelmű oda-vissza megfeleltetés.

Maldacena felismerése az volt, hogy ha egy háromdimenziós (térbeli) objektum és egy kétdimenziós (felületi) objektum között lehet ilyen kapcsolat, akkor lehetséges hasonló kapcsolat a 4 és 3 dimenziós, az 5 és 4 dimenziós, stb. alakzatok és objektumok között is.

Maldacena szerint a „Felszíni Univerzum” olyan, mint a belső, „Buborék Univerzumban” található objektumok hologramja, a belső térben tapasztalható objektumok pedig a felszíni hologram vetületei. A kérdés pedig, hogy melyik volt előbb, „a tyúk, vagy a tojás”, értelmetlen.

Az elmélet szerint minden jelenség és történés egyszerre két helyen található. Egyszer az Einstein – Minkowski féle négydimenziós felszíni téridőben (ez az általunk tapasztalható világ), másfelől az ötdimenziós belső téridőben, amely azonban számunkra közvetlenül nem tapasztalható.

Az elmélet szerint a Felszíni Univerzumban minden egyes részecskéhez a Buborék Univerzumban egy szuperhúr tartozik, a rendszer belsejében érvényesülő gravitációnak pedig a felszínen a téridő görbülete felel meg.

A holografikus univerzum ötlete azonban nem teljesen új, ennek különféle változatait korábban felvetette pl. a kaliforniai Stanford Egyetem fizikusa, Leonard Susskind, továbbá Hollandiában az Utrechti Egyetemen kutató Gerard 't Hooft, és kidolgozott egy hasonló modellt Los Angelesben egy John A. Gowan nevű kutató is. Ámde csak Maldacénának sikerült ezt az elméletet olyan korrekt matematikai formában megfogalmazni, hogy az ne tartalmazzon ellentmondást, és kompatibilis legyen mind a relativitáselmélettel, mind pedig a kvantumelmélettel.

Ámde ha ez a holografikus univerzum tényleg megfelel a valóságnak, akkor ez akár azt is jelentheti, hogy a tapasztalható világunk csupán hatalmas illúzió, egyfajta kozmikus hologram.

Ennek ellenére Maldacena elméletében még Stephen Hawking sem talált ellentmondást, habár hozzáfűzte azt a megjegyzést, hogy egy fizikai elmélet csupán a fizikai jelenségek matematikai modellje, és egyáltalán nem magától értetődő, hogy az ténylegesen azonos a fizikai valósággal.

Maldacena elmélete ugyanakkor kapcsolatba hozható a fekete lyukak már említett információs paradoxonjával is.



Ezzel kapcsolatban a már említett Leonard Susskind vetette fel azt a furcsa kérdést, hogy vajon mi történne egy elefánttal, ha beleesne egy fekete lyukba.

Susskind válasza az volt, hogy ilyenkor az elefánt egyszerre több helyen is ott van. Az eseményhorizonton ugyanis megáll az idő, belül pedig visszafelé, a jövőből a múlt felé folyik. Emiatt, kívülről nézve, az elefánt a fekete lyukban eltűnik, de ha valaki az elefánttal együtt utazna, azt tapasztalná, hogy nem lehet átlépni az eseményhorizontot, mivel megállt az idő és emiatt „örökre” ott kell tartózkodni.

Ez pedig azt jelenti, hogy a szerencsétlen elefánt egyszerre az eseményhorizonton kívül is van és belül is van, miáltal a lokalitás hagyományos elve, vagyis hogy a dolgok mindig „valahol” vannak, és ezáltal a térbeli helyzetük egyértelműen meghatározható, nem érvényesül. Sőt, Susskind szerint, lokalitás voltaképpen egyáltalán nem is létezik, az csupán a szemléletünkől fakadó látszat.

Ezért az elefánt „nem-lokalitása” újfajta relativitás elvet jelenthet. Míg a hagyományos relativitáselmélet szerint a fizikai tárgyak paraméterei azok megfigyelőhöz képesti helyzetétől függenek, addig az új relativitáselmélet szerint a megfigyelt tárgyaknak „objektív értelemben” egyáltalán nincs térbeli helyzetük.

A kaliforniai egyetem egy másik fizikusa, Steve Giddings pedig azt a kérdést tette fel, hogy mi történne egy több kötetes enciklopédiával, ha beleesne egy fekete lyukba. Vajon elveszne-e a benne lévő információ? A legtöbb fizikus erre alighanem azt válaszolná, persze, hogy elveszik, hiszen amikor Hawking elmélete szerint a fekete lyuk szét-sugárzódik, nem marad utána semmi.

Ámde Giddings mégis úgy véli, hogy ez a kérdés a fekete lyukak már említett információs paradoxonját fogalmazza meg, méghozzá olyan formában, hogy akár igennel, akár nemmel válaszolunk, a válasz ellenkezik a fizika törvényeivel.

Hawking korábban határozottan azt állította, hogy a fekete lyukban az információ tényleg elveszik, ámde később egy nemzetközi tudományos konferencián (Dublin, 2004) módosította a véleményét, és ebben a vonatkozásban támogatta Juan Maldacena ötdimenziós univerzum elméletét.

Eszerint ugyanis minden fekete lyuk két alteregót jelent. Az egyik a felszíni univerzumban, a másik a belső buborék univerzumban található. Amikor az egyikben történik valami, az analógiája megtörténik a párjában is és ez a mechanizmus gondoskodik arról, hogy az információ nem veszhet el. Ámde, ha ez tényleg igaz, akkor mi történik a szétsugárzó fekete lyukakba behullott információkkal, azok hová kerülnek?

A lehetséges válasz Maldacena szerint az, hogy az elnyelt információ a Hawking féle sugárzás struktúrájában van kódolva, hasonlóan ahhoz, ahogyan a rádió és TV adóállomások által kibocsátott elektromágneses hullámok hordozzák a hangot és képet.

Ha ez a modell helyes, akkor a világban – elvileg – semmiféle információ nem veszhet el, és nem tűnhetnek el az emlékeink, a tapasztalataink, és a tudásunk sem.

Egy modell jóságát Hawking szerint az dönti el, hogy milyen pontossággal tudja megjósolni a fizikai kísérletek és megfigyelések eredményét.

Ebből a szempontból azonban Maldacena holografikus modellje jónak mondható, az előrejelzéseinek pontossága az ismert fizikai és kozmológiai jelenségekre 10-15 tizedes számjegy pontosságig terjed.

## Áltudományok

Amiről eddig szó volt, az mind tiszta tudomány, amiről bárki meggyőződhet, ha tanulmányozza az irodalomjegyzékben található azon publikációkat, amelyek hivatalosan elismert tudósoktól származnak.

Most pedig következnek az ún. áltudományok, vagyis az olyan elméletek, amelyeket a hivatalos tudomány (ma még) nem tart elfogadhatónak. Ezekben az eretnek elméletekben sokszor nem is az az igazán érdekes, hogy miről szólnak, hanem inkább az, hogy milyen elvek alapján lehet eldönteni azt, hogy mi az igazi tudomány, és mi az áltudomány.

Kezdetben ugyanis a legtöbb igazi tudomány áltudományként indul. Lássunk erre néhány példát:

Newton gravitációs elméletét egy évszázadon keresztül középkori okkult spekulációnak tartották.

Mintegy 200 évvel ezelőtt a tudományos tekintélyek babonás hiedelemnek tartották azt, hogy kövek (azaz meteoritok) potyoghatnak az „égből”.

1842-ben Robert Mayer elméletét az energia-megmaradás törvényéről olymértékben tudománytalannak tartották, hogy Mayert több hónapra elmeógyógyintézetbe zárták.

Ugyancsak az 1840-es években arról cikkeztek, hogy elvileg lehetetlen működőképes pedálos kerékpárt megvalósítani, mert ez ellenke-

zik a fizika törvényeivel. Egy ilyen kerékpár kormányát ugyanis mindig a dőlés felé kell fordítani, hogy el ne dőljön, ámde ugyanez a kormány szolgál arra is, hogy a kerékpárt egy kanyargós úton irányítani lehessen. Márpedig ez a két követelmény egymásnak ellentmond, és ezért a bicikli vagy eldől, vagy letér az útról.

A bécsi szülészeti klinikáról Semmelweis Ignácot szabályszerűen elüldözték az akkori „szkeptikus” tudósok, miután a gyermekágyi láz megelőzésére általa bevezetett klórvizes fertőtlenítést a mértékadó orvosi szaktekintélyek tudománytalannak minősítették.

Az 1880-as években Franciaországban több tudományos szaktekintély javasolta, hogy szüntessék meg a Szabadalmi Hivatalt, mivel már minden fel van találva, és ezért további szabadalmi bejelentésekre alig lehet számítani.

A relativitáselméletet is sok tudományos szaktekintély nevezte áltudománynak Einstein első publikációit követően.

Az 1937-ben Nobel-Díjjal kitüntetett Szentgyörgyi Albertet több akadémikus azzal vádolta, hogy a paprikából kinyerhető C-vitaminnal kapcsolatos felfedezése körüli tudománytalan hírverés csupán a Szeged környéki paprikatermesztő és paprikafeldolgozó ipar befektetőinek üzleti fogása.

Talán azt is érdemes megemlíteni, hogy az 1950-es években még hazánkban áltudománynak minősült többek között a kibernetika, az információelmélet, a genetika, az analitikus pszichológia, a gestalt pszichológia, a hipnózis orvosi alkalmazása, a játékelmélet közgazdasági alkalmazása, az operációkutatás, és a szociológia, az 1960-as években pedig egy akadémikusunk könyvet írt és előadásorozatokat tartott, hogy leleplezze egy bizonyos Albert Einstein téves nézeteit.

Érdemes azt is megemlíteni, hogy a Magyar Tudományos Akadémia hivatalos folyóiratában 2005. őszén és telén ádáz vita folyt két tudós között arról, hogy a különféle népek, népcsoportok közötti ős-történeti rokonságot genetikai vagy összehasonlító nyelvészeti módszerekkel kell-e eldönteni olyan esetekben, amikor a két eredmény között ellentmondás van. A fentiek után talán már senki nem fog azon csodálkozni, hogy a vitában végül a nyelvész győzött...

Mint említettük, a később széles körben elfogadott tudományos elméletek jelentős része eredetileg áltudományként indul. Ennek oka Robert Anton Wilson agykutató és fizikus szerint az ún. neofóbia, vagyis az ember ösztönszerű irtózása az újtól, amely megrendíti korábbi nézeteinket, és ezzel kicsavarja a kezünkből a megbízhatónak vélt kapaszkodókat.

Ámde Selye János szerint a tudományt mindig az olyan gondolatok viszik előre, amelyek gyökeresen különböznek a korábbi tudományos gondolatoktól és ezzel felháborítják a konzervatív tudósokat.

Max Planck pedig úgy vélte, hogy a tudományos viták soha nem úgy dőlnek el, hogy a vesztes fél belátja tévedését, hanem úgy, hogy kihal az a generáció, amely nem képes az új gondolatokat befogadni.

Edison szerint a sikeres találmányok mindig abszurd, örült ötletekből születnek. Száz örült ötletből azonban 99-ről ki szokott derülni, hogy zsákutca. Ámde a 99 zsákutca nélkül nem tudna megvalósulni az a bizonyos századik sem.

Marcello Truzzi véleménye pedig egyenesen az, hogy egy tudós csak akkor nevezheti magát igazi „szkeptikus”-nak, ha hajlandó egyenlő mércével mérve megvizsgálni a hittelt gyógyítókat is, és korrekt módon összehasonlítani az eredményeket, még mielőtt támogatná az egyiket és elítélné a másikat.

R. A. Wilson szerint sok konzervatív tudós tekintélyét gyakran azon lehet lemérni, hogy mennyi ideig képes a tudomány fejlődését a saját szakterületén megakadályozni.

Talán nem érdektelen megemlíteni, hogy alkalomadtán akár egy Nobel Díjas fizikusból is lehet „áltudós”. Ez történt az 1973 évi Nobel Díjas Brain David Josephsonnal is, a róla elnevezett szupravezetési effektus felfedezőjével

Josephson publikációit mostanában a Nature nem hajlandó közölni, mivel Josephson a honlapján (<http://www.tcm.phy.cam.ac.uk/~bdj10/>) és több publikációjában is foglalkozott az ún. parajelenségek fizikájával, sőt – micsoda botrány – még részt is vett ilyen kísérletekben.

## Szinkronicitás

A kvantummechanika koppenhágai értelmezése felvetette azt a kérdést is, hogy vajon a fizikai világ mennyire független az emberi tudattól. Ez időben dolgozta ki ugyanis a pszichiáter Carl Gustav Jung a szinkronicitás elméletét, amely az emberi tudat és a tudattól látszólag független „külvilág” között bizonyos kölcsönhatásokat tételezett fel.

Jung az 1930-as évektől e kérdésekkel kapcsolatban levelezésben állt a fizikai Nobel Díjas Wolfgang Paulival – a róla elnevezett Pauli féle kizárási elv felfedezőjével – aki már akkor úgy vélte, hogy a Jung féle szinkronicitási jelenségek nem ellenkeznek a kvantumfizika törvényeivel.

Az ilyen (nem lokális) kapcsolatok lehetőségére azonban abban az időben még nem léteztek kísérleti bizonyítékok. A levelezésük eredményeként 1952-ben Jung és Pauli közösen könyvet publikáltak (ld. irodalomjegyzék), amelyben a szinkronicitás elmélet és a kvantumelmélet közötti lehetséges kapcsolatokat elemzik.

Jung szinkronicitáson olyan jelenséget értett, amikor bizonyos események és történések, amelyekről úgy érezhetjük, hogy valami hasonló jelentést hordozhatnak, feltűnően nagy gyakorisággal fordulnak elő együtt, annak ellenére, hogy közöttük ok-okozati összefüggés nem mutatható ki.

Jung ugyanis személyesen megfigyelt ilyen spontán szinkron-jelenségeket, és próbált ezekben valami szabályszerűséget felfedezni. Ilyen spontán jelenségre példaként említi azt, hogy amikor egy nőbeteg álomanalízise során a szent szkarabeusz bogárról esett szó, hirtelen koppanást hallottak az ablaküvegen, mivel annak kívülről nekirepült egy valódi szkarabeusz bogár, vagy legalábbis annak európai változata.

Jung egy másik példája arról szól, hogy amikor egyszer heves vitába keveredett Freuddal – még hozzá éppen a szinkronicitás értelmezésével kapcsolatban – és az indulatok magasra csaptak, hirtelen nagy csattanással kettérepedt a szobában lévő szekrény vastag tölgyfa ajtaja.

Jung a szinkronicitási jelenségek egyik lehetséges magyarázataként azt feltételezte, hogy valamilyen módon kapcsolat állhat fenn az anyagi világ és az un. kollektív tudattalan között.

Ami a kollektív tudattalan fogalmát illeti, ezt Jung nagy számú pszichiátriai eset álomanalíziseinek tapasztalatai alapján vezette be. Megfigyelte, hogy egymástól távol élő, eltérő sorsú emberek álmaiban rendszeresen előfordulnak olyan, erős érzelmi töltésű, hasonló jellegű képek, szituációk, szimbólumok, amelyek nem tartozhatnak az elfojtott Freud féle személyes tudattalanhoz, mivel ezeknek a páciensek személyes életében nincs semmiféle megmagyarázható előzményük.

Jung azt is észrevette, hogy ezek az ősképek, szimbólumok rendszeresen előfordulnak egymástól távol eső népek kultúrájában, népművészetében, babonáiban, mondáiban, meséiben, népdalokban, himnuszokban, díszítő mintázatokban, továbbá a modern műalkotásokban és természetesen az álmokban is. Hasonló szimbólumokkal találkozhatunk a különféle ezoterikus irányzatok jelképrendszerében, mint amilyenek a kínai Ji King, a héber kabbalisztika, a tarot, stb.

Jung kollektív tudattalanról szóló elméletét bizonyos értelemben később továbbfejlesztette Roberto Assagioli, valamint Rupert Sheldrake, aki az un. „morfogenetikus mező” fogalmának bevezetésével – bizonyos értelemben – kiterjesztette Jung elméletét valamennyi élő organizmusra.

Más megközelítésben Jung lehetségesnek tartott egy másik fajta magyarázatot is, amely nem okvetlenül ellenkezik az előzővel.

Ennek alapgondolata az, hogy a természetben léteznek bizonyos természetes ciklikus folyamatok, amelyek egymástól függetlenül azonos, vagy hasonló periodicitással zajlanak. Ha pl. valaki minden este fél 11-kor elálmosodik és lefekszik, és van egy vekkerórája, amely ekkor természetesen fél 11-et mutat, akkor a kettő között nincs oksági összefüggés.

De ha pl. az illető elfelejti felhúzni az óráját és az délután fél kettő-kor megáll, a gazdája akkor is álmos lesz fél 11-kor, és ha az órája pontosan jár és fél 11-et mutat, attól még nem biztos, hogy a gazdája tényleg elálmosodik. Az együtt történés statisztikai gyakorisága azonban mégis nagy lesz.

Hasonló, egymástól független, egymással oksági kapcsolatban nem álló folyamatok nagy számban fordulnak elő a világban. Pl. a nők menstruációs ciklusideje átlagosan kb. 29 és fél nap, és ez megegyezik a Hold fázisváltozásainak ciklusidejével. Azt azonban általában nem lehet megjósolni, hogy egy konkrét személy esetén mikor következik be a havi vérzés, újholdkor-e vagy teliholdkor, csak annyit mondhatunk, hogy ezek átlagos ismétlődési ideje 29 és fél nap.

A két jelenség között oksági összefüggés gyakorlatilag kizárható. A Hold nem bocsát ki semmiféle olyan sugárzást, ami az ember biológia működését befolyásolhatná, a Föld felszínén pedig a Hold gravitációs hatása sem elegendő ehhez, hiszen egy fékező vagy kanyarodó autóban, vagy egy éppen elinduló liftben az emberi test nagyságrendekkel nagyobb tehetetlenségi tömegezőknek van kitéve, mint amekkorára gravitációs hatása a Holdnak lehet. Ennek ellenére a periódus idők gyakorlatilag mégis azonosak.

Ehhez hasonló jelenség figyelhető meg egyes periodikusan tüneteket produkáló szervi és pszichiátriai betegségeknél. Így pl. a mániás-depressziós pszichózisban szenvedő egyes betegeknél megfigyelték, hogy a tünet-fázisok ciklikussága jó közelítéssel szinkronban van egyes bolygók fényváltozásaival és/vagy keringési idejével.

Jung szerint elképzelhető, hogy bizonyos jelenségek többféle eltérő periódusidejű hatás szuperpozíciójaként értelmezhetők, hasonlóan



ahhoz, ahogyan különféle matematikai függvények a Fourier féle sorfejtési és transzformációs elvek szerint különböző frekvenciájú harmonikus összetevőkből tevődnek össze.

Jung tanítványai ezen a gondolatmeneten elindulva vizsgálatokat végeztek az asztrológiai prognózisok megbízhatóságának tesztelésére több éves távlatban. A kapott eredmény mérsékeltnek volt mondható, de azért mégis több mint nulla.

A legnagyobb vizsgált populáció kb. 180 újonnan házasodott házaspárra terjedt ki, akik sorsát kb. 10 év elteltével vizsgálták abból a szempontból, hogy a horoszkópjaik alapján elkészített előrejelzések mekkora találati gyakorisággal teljesültek.

Az eredmény azt mutatta, hogy bár az ilyen a jóslatokra hosszú távú döntéseket alapozni nem érdemes, de azért a találati gyakoriság szignifikánsan nagyobb volt, mint ami a véletlen valószínűség alapján várható lett volna.

A Jung féle szinkronicitás elméletet ma is sokan vitatják, és ha kvantumelméleti szempontból vizsgáljuk ezt a jelenséget, akkor ez leginkább az ún. nem lokális kapcsolatok közé sorolható, amelynek legegyszerűbb változata a mikrorészecskék világában a már említett EPR paradoxon. Erről azonban bővebben a következő fejezetben lesz szó.

## **Kvantumpszichológia: a tudat fizikája**

A kvantumpszichológia gyűjtőfogalom. Jelenti azon elméletek összességét, amelyek kvantummechanikai nézőpontból vizsgálják az emberi psziché, elme, illetve tudat működését, valamint ezek kapcsolatát a testtel és a környező világgal.

Maga a kvantumpszichológia kifejezés feltehetően R. A. Wilson amerikai agykutatótól származik, aki alapos tanulmányokat folytatott a kvantumfizika szakterületén is.

Kvantumpszichológiai kutatásokkal ma elsősorban az Egyesült Államokban és egyes nyugat-európai országokban, főleg Hollandiában foglalkoznak. Az ezzel kapcsolatos tevékenységek elsősorban az alábbi három területre terjednek ki:

- Az emberi tudat és az anyagi világ közötti kölcsönhatások vizsgálata
- Analógiák a kvantumfizikai jelenségek és a tudatműködések között
- Az eredmények gyakorlati alkalmazásának lehetőségei a pszichiátriában és a mentálhigiénében

A tudat és az anyagi világ közötti kölcsönhatások értelmezése szempontjából elsősorban a már ismertetett EPR-paradoxon adhat lehetséges magyarázatot.

Mint tudjuk, 1935-ben Einstein, Podolsky és Rosen közös értekezésben igyekeztek megcáfolni a kvantummechanika Bohr-féle valószínűségi értelmezését. Ennek során olyan következtetésre jutottak, hogy ha két kvantumobjektum (pl. két foton, vagy két elektron) kapcsolatba kerül, akkor ez a kapcsolat a szétválást követően is megmarad és a két objektum viselkedése továbbra is összehangolt lesz.

Ezért pl. két – ellentétes irányban haladó – nem lokálisan csatolt foton összefüggő rendszert alkot mindaddig, amíg külső hatás szét nem választja őket. Az egyik fotonon végzett mérés nem független a másiktól, és ha megmérjük pl. az egyik foton polarizációját, tudjuk a másikat is.

Mivel azonban egy ilyen kapcsolathoz elvileg fénysebességet meghaladó kommunikáció szükséges, Einstein a jelenséget lehetetlennek tartotta, és a hibát, illetve az ellentmondás magyarázatát a kvantummechanika tökéletlenségében kereste.

Einstein várákozásával ellentétben azonban a nem lokális kapcsolatok lehetősége beigazolódni látszik. Az utóbbi időben számos olyan kísérleti eredményt publikáltak, amelyek azt mutatják, hogy az egyszer kapcsolatba került kvantum-objektumok között valóban létezik ilyen kapcsolat, és ezért, ha az egyik objektum állapotát befolyásolják, a másik objektum állapota is megváltozik. Más szóval: az „EPR-effektus” valóban működőképes.

Sőt, megjelentek olyan publikációk is (ld. pl. *Physics Essays*, 1994/4, pp. 422-428), amelyek szerint kísérletileg kimutatható nem lokális kapcsolat makro méretű objektumok, sőt emberi agyak között is és ez lehetővé teszi pl. EEG jelek átvitelét egyik

vizsgálati személyről egy másikra. Erre a kérdésre még visszatérünk.

Az 1973. évi fizikai Nobel díjas Brian D. Josephson professzor szerint az EPR jelenség magyarázatot adhat ilyen effektusokra is. Erre több publikációjában is utal (ld. pl. Foundations of Physics, vol. 18. pp. 1195-1204, 1988 és vol. 21. pp. 197-207, 1991)

Az utóbbi cikk szerint Josephson és szerzőtársai arra a következtetésre jutottak, hogy a biológiai rendszerek valóság érzékelése bizonyos vonatkozásban hatékonyabb elvekre épül, mint amelyeket a formálisabb tudományos eljárásokban alkalmaznak, és ezért, ami a tudományos módszerben véletlen jelenségeként mutatkozik meg, az fontos gyakorlati módszer lehet egy élő szervezet számára.

A koppenhágai modellben megfogalmazott komplementaritási elv ugyanis általános érvényű, és kiterjed az élő szervezetekre is. Ezért a komplementer valóságérzékelés ténye elvileg lehetővé teszi, hogy az élő szervezetek hatékonyan kihasználják a térben elkülönült objektumok közötti közvetlen kölcsönhatásokat, amelyek létezését J. S. Bell is már a dolgozatában korábban kimutatta.

Az a bizonyos komplementer valóságérzékelés pedig abban áll, hogy bár kvantummechanikai nézőpontból a nem lokális kapcsolat nem fizikai természetűként jelenik meg, ugyanakkor létezik egy komplementer nézőpont, amely speciálisan az élő szervezetek aktivitásához kapcsolódik, s ebben a vonatkozásban a nem-lokalitás valóságosan létező és gyakorlati hasznosításra is alkalmas.

A komplementer nézőpontok logikája szerint az élő szervezetek aktivitását elsősorban a túlélési lehetőség és az életfeltételek minél hatékonyabb optimalizálása határozza meg, szemben a tudományos nézőponttal, amelyben a reprodukálható kísérleti

eredmények határozzák meg egy koncepció elfogadhatóságát. A biológiai szervezetek ismeretei és a tudományos ismeretek között ezért alapvető minőségi különbség van.

Bár kétségtelen, hogy a nem lokális távoli kölcsönhatások a statisztikai átlagolás során általában kiegyenlítődnek és ezzel eltűnnek, azonban mégis léteznek a speciális humán képességekre vonatkozó olyan megfigyelések és kísérletek, amelyek szerint ez a statisztikai kiegyenlítődés nem mindig következik be.

EPR típusú kölcsönhatási mechanizmus feltételezhető ugyanis bizonyos parapszichológiai jelenségek (telepátia, pszichokinézis) esetén is, amelyekre vonatkozóan – Josephson szerint – Radin és Nelson is végeztek kísérleteket, és ilyen témájú publikációkat közölt R. G. Jahn és H. Schmidt is.

Josephson úgy véli, hogy a valóság két megközelítése (tudományos és élet központú) ellentétes irányba vezet. A valóság tudományos leírása az egzakt formalizmust helyezi előtérbe, míg az élet központú megközelítés a mélyebb megértést preferálja és az élet célját keresi. Ez utóbbi szempontjából a kvantumfizikában megszokott statisztikai átlagolás szerepe az, hogy az értelmestől értelmetlent csinál. Egy szöveg pl. elveszíti az értelmét, ha azt a benne előforduló betűk átlagos előfordulási gyakoriságával jellemezzük.

Ha az élet szempontjából közelítjük meg a problémákat, választ kell találnunk olyan kérdésekre, mint a tévedésekből való tanulás képessége, a játék stratégiák és a pszi képességek kérdése, s ezekre nem remélhetünk választ pusztán a mikrorészecskék viselkedésének statisztikai tanulmányozásával.

Josephson itt azt a példát hozza fel, hogy ha egy tekercs közelében mágnest mozgatunk véletlenszerűen, a hozzá kapcsolt villamos műszer mutatója is véletlenszerűen ingadozik. De megtanulható a mágnes olyan mozgatása, amellyel a műszer mutató-

ját szándékainknak megfelelő irányban és mértékben befolyásolhatjuk. Hasonló módon működhet az is, ahogyan az élő szervezetek a nem lokális kapcsolatokat hasznosítják.

A biológiai világban ugyanis az evolúció célja a környezethez való adaptálódás. Ily módon fejlődött ki az élőlények látása, de feltehetően a pszi képességek, vagyis a nem lokális interakció képessége is. Ez utóbbi témával kapcsolatban C. N. Villars is végzett kutatásokat, és hipotézise szerint az idegrendszeren belül kialakult a képesség a mikrofizikai szintű nem lokális kölcsönhatások és ezen keresztül a távoli objektumok és események észlelésére is.

Hasonló elgondolása volt Bohm-nak a saját kauzális interpretációja alapján, amely szerint koherens nem lokális effektusok lépnek fel különféle rendszerek között, az ilyen kapcsolatok azonban a gyakorlatban nagyon sérülékenyek és fokozottan érzékenyek különféle perturbációkra és külső zavarokra, és emiatt a megfigyelhető előfordulásuk leginkább speciális körülmények esetén, így extrém alacsony hőmérsékleteken (pl. a szupravezetés állapotában) tapasztalhatók. Josephson véleménye szerint azonban az élő szervezet is extrém környezet, amely a nem lokális hatásokat képes felerősíteni.

Hasonló gondolatok találhatók Walker felvetésében, amely szerint a kvantumjelenségek statisztikus viselkedését módosíthatja az öntudat, valamint Stapp publikációjában, amely szerint a kreatív elme játszhat hasonló szerepet.

További lehetőséget vet fel Robert Anton Wilson. Szerinte mikrofizikai szinten a már említett határozatlansági elv következtében ún. kvantumkáosz uralkodik, amelyből minden egyes másodpercben sok millió „pillangó effektus”, vagyis önmagát rohamosan felerősítő folyamat indul el és gyűrűzik felfelé a makrovilág felé. Bár ezek hatása általában statisztikusan kiegyenlítődik, azonban az egyensúly időnként felborulhat és a

humán léptékű világban megjósolhatatlan makrofizikai eseményeket idézhet elő.

Ezen túlmenően Wilson nem lokális kölcsönhatást tételez fel a kvantumkáosz, valamint a személyes és kollektív tudattalan között, ami magyarázatot kínálhat az anyag és tudat közötti kapcsolatra, bizonyos parapszichológiai jelenségekre, placebo hatásokra és váratlan, csoda-jellegű gyógyulásokra is.

Az ilyen jelenségekkel kapcsolatban figyelemre méltó kísérletsorozatot publikáltak több mint 10 évvel ezelőtt Grinberg-Zylberbaum és szerzőtársai. A kísérlet tárgya EEG jelek átvitele emberi agyak között.

A kísérletek úgy zajlottak, hogy két személyt két külön helyiségben leültettek meditálni, a fejükre EEG elektródokat helyeztek és azt az utasítást adták nekik, hogy semmi mást ne tegyenek, csak a megfelelő relaxációs állapot elérésekor koncentrálnak egymásra.

Ezt követően az egyik személy szeme előtt bekapcsoltak egy meghatározott frekvenciával villogó LED fényforrást és regisztrálták, hogy az EEG jelben megjelenik a villogási frekvenciájú jelösszetevő. Az a meglepőnek tűnő eredmény adódott, hogy ilyenkor a másik szobában meditáló személy EEG regisztrátumában is – bár valamivel kisebb amplitúdóval – kimutatható volt ugyanez a frekvenciájú jelösszetevő, habár az ő szeme előtt nem villogott semmiféle fényforrás.

Egy másik érdekes kölcsönhatási jelenséget az Egyesült Államokban mutattak ki még valamikor az 1990-es év elején. Számítógépek segítségével véletlen számokat generáltak és a kísérleti személyeknek tippelniük kellett, hogy a következő szám páros lesz vagy páratlan.

A kísérletet egyetemistákkal végeztették és regisztrálták a több tízezer tippet és annak eredményét, valamint a tippelés időpontját és a tippelő személyt. Az első eredmény negatívnak mu-

tatkozott, mivel a tippek kb. 50%-a volt helyes és 50%-a téves. Mivel ez megfelel a várható matematikai gyakoriságnak, nem tekinthető meglepőnek.

Ami azonban ezután következett, az több mint meglepő. A kísérleti személyekkel kitöltettek egy-egy kérdőívet, amelyen az a kérdés is szerepelt, hogy az illető hisz-e abban, hogy pszichikus elvárással befolyásolni lehet a számítógép működését. A válaszok itt is nagyjából 50-50% arányban oszlottak meg.

Ezután szétválogatták a „hívők” és „hitetlenek” tippjeit. Az az eredmény adódott, hogy a „hívők” tippjei kb. 56%-ban, míg a „hitetlenek” tippjei kb. 44%-ban bizonyultak helyesnek, s ez adta ki az összesített 50-50% eredményt.

Anyag és tudat közötti kölcsönhatás egy másik lehetséges megközelítése az anyagi részecskék kettős természetével kapcsolatos.

Az elektron pl. pontszerű részecskeként jelenik meg, amikor repülési pályájának végén valahová becsapódik, „utazás” közben azonban hullámként viselkedik.

A hullám leírására szolgáló hullámfüggvény a már említett hullámegyenlet megoldásaként számítható ki, amely komplex függvényt szolgáltat, és ez valós (reális) és képzetes (imagináris) összetevőkből áll.

Az imagináris szám olyan matematikai absztrakció, amely negatív számok négyzetgyökeként definiálható. Az imagináris és komplex számoknak a megszokott fizikai világunkban voltképpen nincs értelmük, hiszen bármilyen mérhető fizikai mennyiség számszerű értékét valós számokkal fejezzük ki. Ugyancsak valós számnak kell lenni egy esemény valószínűségének, amely értelemszerűen 0 és 1 között (vagyis 0% és 100% között) lehet.



A hullámfüggvény komplex jellege miatt a hullámfüggvényből való valószínűségeket úgy kapunk, hogy képezzük a hullámfüggvény un. komplex konjugáltját és ezzel megszorozzuk az eredeti hullámfüggvényt.

Tudjuk, hogy a már említett koppenhágai modell szerint egy részecske, amíg nem kerül kapcsolatba megfigyelővel, un. szuperponált állapotban van, és állapotát a komplex hullámfüggvény, más szóval állapotfüggvény jellemzi. Ez utóbbi elvileg a részecske manifeszt megnyilvánulási lehetőségeinek választékát fejezi ki. Amikor a részecske mérése, megfigyelése megtörténik, a hullámfüggvény összeomlik, és helyette megjelenik a fizikai világban egy valószínűsággal tapasztalható reális részecske.

Roger Penrose ezzel kapcsolatban felteszi a kérdést, hogy hol a határ nagy és kicsi között, vagyis egyfelől a kvantumfizika, másfelől a klasszikus és relativisztikus fizika között. Makro méretekben ugyanis nem tapasztaljuk a hullámfüggvény jelenségét, a mikrorészecskék világában azonban igen.

Penrose válasza erre az, hogy az emberi agysejtek kapcsolódási pontjai abba a mérettartományba esnek, ahol a hullámfüggvény még éppen létrejöhet. Ezért előfordulhat, hogy elmélyült tudatállapotban, pl. meditációban az agysejtek egymással összehangolt koherens szuperponált állapotba kerülnek, hullámfüggvényeik szinkronozódnak, és a szinkronba került hullámfüggvények együttes összeomlásakor kreatív ötletek, intuitív felismerések merülhetnek fel a tudatban.

Amit Goswami ennél is tovább megy és feltételezi, hogy koherens szuperponált állapot nemcsak az agyban jöhet létre, hanem bárhol és bármikor, és hogy a koherens szuperponált állapot mindig valamilyen tudatos megfigyelés hatására omlik össze és ezzel hozza létre a manifeszt valóságot. Ha pedig a megfigyelés szünetel, a magára hagyott hullámfüggvény szétterül és egy-

re több potenciális lehetőségre terjed ki. A kreatív alkotó gondolkodás lényege ezért az, hogy jó ideig nem avatkozunk bele a valóságba és hagyjuk a hullámfüggvényt szétterülni, miáltal a meg nem nyilvánult lehetőségek kiszélesednek.

Más véleményen van Fred Alan Wolf amerikai fizikus. Szerinte a hullámfüggvény, és ezzel a koherens szuperponált állapot nem omlik össze. Valamennyi állapot párhuzamosan létezik, és mi a legvalószínűbb állapotok szuperpozícióját tapasztaljuk valóságként. Ez azt is jelenti, hogy végtelen sok párhuzamos valóság létezik egyszerre, és a tudatunk választja ki ezekből a legvalószínűbb lehetőségek szuperpozícióját, azt, amelyet önmagunk számára valóságként elfogadunk.

Példaként Wolf olyan pszichológiai jelenségeket hoz fel, amelyekben egy rajz vagy kép több értelmezést tesz lehetővé, és a tudat dönti el, hogy ezek közül melyiket „akarja” látni.

Wolf szerint mindig jelen van mindegyik hullámfüggvény és ezek konjugáltja, és a megfigyelés során a megfigyelő tudata végzi el – öntudatlanul – ezek összeszorozását. Felveti azt a lehetőséget is, hogy ha a tudat képes a hullámfüggvényt és konjugáltját összeszorozni, akkor esetleg képes lehet ennek ellentétére is, vagyis képes lehet a szorzatot komplex tényezőkre szétbontani, és ezáltal beleavatkozni a fizikai valóságba. Ez esetleg magyarázatot adhatna egyes parajelenségekre.

A „hullámfüggvény” különös tulajdonságai ezen túlmenően is számos vitára adtak lehetőséget. Az is nagyon különösnek tűnhet, ahogyan a hullámeqyenletből a komplex konjugált függvényt ki lehet számítani. Ehhez ugyanis a hullámeqyenletben az idő előjelét meg kell fordítani.

Más szóval: az eredeti hullámeqyenletben az idő szabályos irányban, a múltból a jövő felé folyik, a konjugált megoldást szolgáltató egyenletben viszont az idő haladási iránya ezzel ellentétes, vagyis visszafelé, a jövőből a múlt felé halad.

Ezt persze el lehetne intézni azzal, hogy ez csupán formális matematikai trükk, aminek nincs fizikai jelentése. Akad azonban fizikus, aki szerint ennek mélyebb tudományfilozófiai értelme van, és kapcsolatba hozható az emberi tudat működésével.

Wolf például arra a következtetésre jut, hogy a konjugált eredményt szolgáltató hullámegyenletben az idő irányának megfordulása azt jelenti, hogy mikrofizikai szinten – rendkívül rövid időtartományokon belül – kommunikáció zajlik múlt és jövő között.

Ezt alátámasztja az is, hogy a Heisenberg féle határozatlansági tétel szerint az alacsony energiaszintű igen gyors részecske kölcsönhatásokban az idő-bizonytalanság olyan mértékű lehet, hogy az „előbb” és a „később” fogalmakat sem lehet egyértelműen megkülönböztetni. Ezért olykor az is előfordul, hogy bizonyos több lépéses kölcsönhatási sorozatok eredménye csak úgy magyarázható, ha feltesszük, hogy egyes részecskék korábban léptek kölcsönhatásba, mint amikor keletkeztek.

Ha pedig ez lehetséges, az sem zárható ki, hogy az időbeli kommunikáció makrofizikai szinten is működhet, és ezért mi magunk is – tudattalan szinten – üzeneteket kapunk a múltból és a jövőből, és mi is küldünk ezek felé öntudatlan üzeneteket.

Ami a kvantumfizikai jelenségek és a tudatműködések közötti analógiákat, valamint ezek esetleges pszichoterápiás alkalmazását illeti, ezekkel R. A. Wilson foglalkozik részletesebben több publikációjában, így pl. a „Kvantumpszichológia” címet viselő könyvében is.

Wilson mindenekelőtt megállapítja, hogy az érzékelés soha nem passzív reakció, hanem aktív jelfeldolgozás és értelmezés. Vagyis az érzékszerveinken keresztül beáramló információk alapos szűrés és jelértelmezés után jutnak el a tudatunkig.

Wilson arra is rámutat, hogy gyermekkorunktól kezdve kialakulnak bennünk kondicionált (bevésődött) információk, és az ezektől jelentősen eltérő híreket – alacsony valószínűségükből fakadó – feldolgozhatatlanul magas információ tartalmuk miatt általában figyelmen kívül hagyjuk.

Más szóval: a saját belső kondicionáltságunk határozza meg, hogy mit vagyunk hajlandók elhinni és/vagy tudomásul venni, és mit nem.

Wilson ezt úgy fejezi ki, hogy „mindenkiben különféle valóságcsatornák működnek”, vagyis a bejövő információkat mindenki más-más szűrőrendszeren keresztül veszi. Ezért azután a külső világ helyett csak annak modelljét ismerhetjük meg, azt ami a fejünkben van. A fejünkben pedig általában – tudatosan vagy tudattalanul – számos prekoncepció, előítélet lapul, amelyek igen hatásossá teszik ezt a szűrőrendszert.

Egy ezzel összefüggő másik jelenség Wilson szerint az ún. „túl korai bizonyosság” problémája, amely azt jelenti, hogy az ember a kondicionáltsága következtében olykor igen kevés információ alapján hajlamos végzetes döntéseket hozni, és példaként említi azt az újsághírt, amely szerint a New York állambeli Rochester nevű kisvárosban 1997-ben egy férfi az utcán lelőtt egy számára ismeretlen középkorú hölgyet. A rendőrségen a férfi így védekezett: „Csak a feleségemet akartam lelőni, de ott-hon felejtettem a szemüvegemet”.

Bár a valóságcsatornák olykor nagyon stabilak, de azért előfordulhat – és elő is fordul – a valóságcsatornák ugrásszerű átváltása is, olyannyira, hogy időnként képesek lehetünk a valóságcsatornákat akár úgy átkapcsolgatni, ahogyan a TV műsorokat váltjuk át a távkapcsolóval.

Roberto Assagioli pl. leír olyan eseteket, amikor a pszichiátriai kórkép kettős vagy többes személyiségek kialakulását mutatta, és ezek között a teljes átváltás olykor percek alatt úgy zaj-

lott le, hogy a páciens a korábbi „ÉN”-jére nem is tudott visszaemlékezni.

Wilson ezt a jelenséget a kvantumugrásokkal hozza párhuzamba. Ezzel kapcsolatban azt állítja, hogy voltaképpen mindenben több én lakozik, sőt azt is megfigyelte, hogy ugyanazon személy eltérő személyiségeihez és/vagy tudatállapotaihoz (pl. részegség) eltérő EEG hullámok tartoznak.

Wilson szerint a valóságcsatornák átváltása olykor a társadalmi közgondolkodás szintjén is be tud következni, és ez időnként akár katasztrofális történelmi következményekkel járhat.

Benito Mussolini olasz fasiszta pártja pl. éveken keresztül folytatta azt a propagandát, hogy a tömegeknek erős vezérre van szükségük, aki vezeti őket, utat mutat, és ezzel megoldja a társadalmi problémákat. Miután a tömegek „valóságcsatornája” átbillett, 1922-ben Mussolini szinte akadálytalanul tudta átvenni a hatalmat. A szomorú következményeket mindenki ismeri.

Wilson a tudat és anyag közötti kölcsönhatásoknak tulajdonítja a placebo-effektus olykor bámulatos hatékonyságát, és az önbeteljesítő jóslatok működését is.

Ugyancsak ide kívánczik több amerikai statisztikai felmérés, amelyek szerint a vidám, optimista emberek általában túlélnek a pesszimistákat, és az is, hogy a vallásos emberek szignifikánsan hosszabb ideig élnek, mint az ateisták (ld. pl. a New Scientist 2006. január 28-i szám).

## Az antropikus elv

A jelenleg leginkább elfogadott kozmológiai elmélet szerint az ős-robbanáskor az anyag és energia mellett megjelentek a fizikai, kémiai, biológiai, stb. folyamatok működését meghatározó természeti állandók.

Ezeket két fő csoportba lehet sorolni: vannak matematikai és vannak fizikai állandók.

Matematikai állandóra példa lehet a  $\pi$  szám (3,1415926536...), amely megadja a kör területének és átmérőjének viszonyát egy euklideszi típusú térben, vagy pl. az  $e$  szám (2,7182818285...), amely az természetes logaritmus alapszáma.

A fizikai állandók nem függetlenek a matematikai állandóktól, azokkal szoros kapcsolatban vannak. Fizikai állandóra példa a fény vákuumbeli sebessége, az elektron töltése és nyugalmi tömege, a gravitációs állandó, a vákuum dielektromos állandója, a Planck féle állandó, a Boltzmann állandó, stb.

Az ismert fizikai állandók kombinálásával elvileg egyre újabb és újabb állandókat képezhetünk, amelyek így ugyancsak állandónak bizonyulnak. Így például a vákuum mágneses permeabilitása és dielektromos állandója egyértelműen meghatározza a vákuumbeli fénysebességet, és ezért e három paraméter nem független egymástól. Ha közülük kettőt ismerünk, a harmadikat ki tudjuk számítani.

Felvethető ezért a kérdés, hogy hány független fizikai állandó létezik, vagyis hány olyan állandó van, amelyet a többi állandóból nem lehet levezetni. Prof. dr. John C. Baez (University of California) szerint a független fizikai állandók száma összesen 26, de azért nem lehetünk biztosak abban, hogy ez a 26-os szám tényleg az utolsó szó ebben a kérdésben.

Felvethető az a kérdés is, hogy a fizikai állandók tényleg a feltételezett ősrobbanás során alakultak-e ki, és az is, hogy miért éppen akkorák a fizikai állandók, amekkorák.

A kérdés nagyon fontos!!!

Bármelyik fizikai állandó csekély megváltozása megváltoztatná a világ működését, olyannyira, hogy pl. a csillagok nem tudnának sugározni, mert bennük nem működne termonukleáris reakció, vagy az atomok nem tudnának szerves molekulákat alkotni, és ezért nem jöhetett volna létre élet, esetleg egyáltalán nem létezhetnének atomok, mert az elektronok nem lennének képesek az atommagok körül stabil pályákon keringeni, stb.

A természeti állandók pontos összehangolása biztosítja azt is, hogy a víz +4 C fokos állapotában a legsűrűbb, és ezért a jég nem süllyed le a víz fenekére, hanem a tetején úszik. Ha nem így lenne, a folyókban, tavakban és tengerekben nem lehetne élet.

Hogy a világ olyan, amilyen, az a fizikai állandók precíz összehangolásának következménye. Az egyik legfontosabb természeti állandó, az un. finomszerkezeti állandó pl. akkora pontossággal van beállítva az optimális értékre, mintha a Holdon elhelyezett egyforintos érme közepébe találnánk egy puskával a Földről.

Sok fizikus szerint nehéz elhinni, hogy a természeti állandók pontos összhangja a vak véletlen műve, mert ha ez véletlen, akkor ennek sokkal kisebb a valószínűsége, mint egy ötös találatnak a lottón.

Ebből a felismerésből kiindulva több természettudós feltételezi, hogy megalapozott az un. antropikus elv. Ennek alap gondolata az, hogy az univerzum azért ilyen, hogy létezhessen benne értelmes lény, aki megfigyeli.

Sőt, ezen túlmenően egyes természettudósok szerint az állandók precíz finomhangolása mögött jogosan feltételezhető egyfajta maga-

sabb intelligencia, bár a kérdés ilyen megközelítése már messzire vezet a tudománytól és inkább a filozófia, sőt a teológia körébe sorolandó. Így azután a legtöbb természettudós az ilyen feltevést tudománytalanak tartja és „természetes” okot keres. Ez utóbbira adhat elvileg lehetőséget a szuperhúr elmélet továbbfejlesztett változata, az ún. „brán-elmélet”, amely azonban nem kevésbé tűnhet misztikusnak, mint a teológiai megközelítés.

A brán nem más, mint a rejtett extra-dimenziókban létező több dimenziós „szupermembrán”, amely képes a húrokhoz hasonlóan különféle rezgésállapotokat felvenni és amelynek kiterjedése az atommag töredékétől akár az Univerzum méretéig terjedhet. Az elmélet szerint a bránok a kvantum-vákuumban a gőzbuborékokhoz hasonló módon spontán képződnek és a több dimenziós brán buborékok tágulása során a felületükön 3 dimenziós világok jöhetnek létre.

Ezzel a módszerrel végtelen sok világegyetem keletkezhet és ezekben a természeti állandók konkrét értéke véletlenszerűen alakulhat ki. A végtelen sok világegyetem között pedig véletlenül létre jöhet olyan kombináció is, amely a mi univerzumunkra jellemző, és éppen a paraméterek ilyen kombinációja tette lehetővé, hogy megszülessünk és felvessük az antropikus elv filozófiai értelmét.

Ha ez tényleg így van, akkor a mi világegyetemünk egyfajta kozmikus darwinizmus eredménye lehet.

Az ilyen elméletek hátránya azonban, hogy sem a szuperhúrok, sem a szupermembránok létezését kísérleti úton mind ez ideig nem sikerült kimutatni, és az is kérdéses, hogy valaha sikerül-e. Ráadásul – amint azt S. Hawking több alkalommal is hangsúlyozta – az ilyen elméletek prediktív képessége gyenge, mivel az ellenőrizhető jóslataik választéka meglehetősen szegényes.

Adva van tehát egy világegyetem, amelyben a természeti állandók optimálisan össze vannak hangolva, nagyobb gondossággal, mint egy kamarazenekar hangszerei, kialakultak a galaxisok, a csillagok és a bolygók, a rendszeres szupernóva robbanások pedig folyamatosan termelik az összes kémiai elemféleséget, beleértve az instabil radioaktív elemeket is.



Egyszóval: minden rendelkezésre áll az organikus élethez. Ámde ez még mindig nem ad magyarázatot arra, hogy ezekből az önmagukban kedvező feltételekből és építőanyagokból ténylegesen miért és hogyan jött létre az élet.

A kérdés lehetséges megválaszolásához fordított sorrendben is el lehet jutni, visszafelé haladva a következtetési láncolatban. Itt abból indulhatunk ki, hogy ha egyszer megszületik az élet, akkor az hogyan fejlődik tovább, és hogyan stabilizálja önmaga létezését hosszabb időre.

Ez utóbbi kérdésre esetleg J. E. Lovelock „GAIA” elmélete adhat választ.

Lovelock szerint a földi bioszféra úgy működik és úgy viselkedik, mint egy élőlény.

E kijelentés értelmezéséhez célszerű hasonlat lehet az emberi test szerkezete és működése.

Az emberi test többmilliárd sejtből épül fel. Mindegyik sejt egy-egy élőlény. Ez azt jelenti, hogy ha egy sejtet kiemelünk az emberi testből, az megfelelő tápoldatban és megfelelő környezeti feltételek esetén képes tovább élni és szaporodni.

Ezen túlmenően sokmillió további élőlény is szimbiózisban él az emberrel. Ilyenek az emésztőrendszerben található baktériumok, amelyek a bélflórát alkotják, amely nélkül az ember nem tudná megemészteni a táplálékokat, és éhen halna.

Az emberi szervezetben számos bonyolult önszabályozó mechanizmus működik, amelyek nélkül az ember képtelen lenne életben maradni. Ezek a szabályozások tartják optimális szinten a testhőmérsékletet, a vércukorszintet, a testnedvek pH értékét, a sejteken belüli nátrium, kálium, kalcium, foszfor, stb. ionkoncentrációt és még számtalan egyéb kulcsparamétert, amelyek bármelyikének a normálistól való eltérése az emberi szervezet károsodását, sőt halálát okozhatja.

E szabályozó rendszerek megfelelő működtetése az emberi testet alkotó sokmilliárd sejt, valamint a szimbiózisban résztvevő mikroorganizmusok hatékony együttműködése nélkül nem volna lehetséges. Feltehetjük a kérdést, vajon honnan tudják a sejtek és a mikrobák, hogy mi a teendőjük.

Mint tudjuk, az emberi élethez nemcsak belső szabályozásokra van szükség, hanem megfelelő környezeti feltételekre is, és emiatt az ember a környezetét céltudatosan alakítja, pl. házat épít, ruhát, fegyvert, járművet készít, stb.

Lovelock szerint a Föld bioszférája egy élőlény szervezetéhez hasonlóan képes önmaga működését és a környezeti feltételeket optimálisan szabályozni.

A Föld mintegy 4 és fél milliárd évvel ezelőtt keletkezett és az élet 3 és fél milliárd évvel ezelőtt kezdett kialakulni. Azóta a földi klíma meglepően stabil, annak ellenére, hogy a Földet időnként hatalmas környezeti katasztrófák érték.

Előfordult, hogy hosszú ideig olyan intenzív ionizáló besugárzás érte a bioszférát, amelyhez hasonlót legfeljebb néhány napra lehetne előidézni úgy, hogy az atomhatalmak az összes nukleáris bombájukat felrobbantanák.

Más alkalommal, a napsugárzás több millió évig kb. 30%-kal gyengébb volt, mint manapság, és ez akár 50-80 fok hőmérséklet csökkenést is okozhatott volna. Ámde a Föld felszínén az átlagos éves középhőmérséklet alig változott, mivel a csökkenő besugárzást az üvegház effektus felerősödése kompenzálta.

Arra is volt példa, hogy az „ózonréteg” nemcsak meggyengült, de hosszú ideig teljesen megszűnt létezni, ugyanis a sztratoszférából az összes ózon eltűnt, de a bioszféra ezt is túlélte.

Lovelock szerint a földi klíma szabályozásában nem a nagytestű állatok és növények, hanem sokkal inkább a mikro élőlények, baktériumok, penészgombák, moszatok, kék és zöld algák, korallok, stb. játsszák a fontosabb szerepet. Bár az ilyen élőlények klímaszabályozó képessége lassú, de rendkívül hatékony.

Lovelock példaként említi, hogy az idők folyamán sokmilliárd korall mészkővázából több kilométer magas és több ezer kilométer hosszú tenger alatti zátonyok épültek fel. Ekkora építmények hatalmas terhelést képeznek az óceánok alatti földkérgen, olyannyira, hogy képesek befolyásolni a tengeráramlatokat és a lemeztectonikai folyamatokat, és ezen keresztül a vulkáni tevékenységet, sőt még a kontinensek vándorlását is.

Sok milliárd mikro-élőlény önfeláldozó-önpusztító tevékenysége ily módon képes megváltoztatni a mélytengerek és a magasabb légrétegek közti gázcserét, s ezzel hatékonyan befolyásolni a sztratoszféra metán, halogén, szénhidrogén és ózon tartalmát, és ezen keresztül az üvegházhatás erősségét.

Lovelock szerint lehet, hogy 3 és fél milliárd évvel ezelőtt véletlenül jöttek létre azok a feltételek, amelyek az organikus életet lehetővé tették. De ami ezután történt, az nem véletlen.

A világűrben ugyanis a rendszeres szupernóva robbanások miatt a csillagközi és bolygóközi térben minden lehetséges kémiai elem tömegesen előfordul, és mivel a csillagok közelében hatalmas intenzitású nukleáris eredetű ionizáló sugárzás működik, ezért az űrben folyamatosan képződik a szerves és szervetlen molekulák óriási választéka.

Ez tehát azt jelenti, hogy az Univerzum folyamatosan ontja magából a szerves élet építőköveit, és ha ezek olyan bolygóra kerülnek, ahol az élethez szükséges klímaviszonyok megvannak, akkor az élet törvényszerűen létrejön.

Ha pedig az élet létrejön, az élőlények olyan komplex szabályozó-rendszert alkotnak, amelyek stabilizálják, sőt tovább javítják a környezeti feltételeket, hogy az élet hosszabb távon fennmaradhasson.

Ebben a folyamatban jelentős szerepet kap a természetes kiválasztódás. Ez utóbbi életképes élőlényfajokat hoz létre, miközben az egyes egyedek sorsával „nem törődik”. A bioszféra stabilitásának megőrzése érdekében ugyanis kifejezetten szükség van arra, hogy időnként egyes élőlények tömegesen elpusztuljanak.

Hasonló ez ahhoz, ahogyan az emberi szervezetben az immunrendszer működése során önmagukat feláldozó fehérvérsejtek tömeges pusztulása árán lehet elhárítani egy veszélyes bakteriális fejlődést.

Az emberi szervezethez hasonlóan a bioszférában is létrejöhet „rákos daganat”, vagyis valamely élőlény populáció aránytalan és gátlástalan elszaporodása, ami olyan mértékűvé válhat, hogy a korábban jól működő önszabályozó mechanizmusok durva megzavarása révén veszélybe sodorhatja a bioszférát. A bioszféra pedig ilyenkor a veszélyes populáció megsemmisítésére fogja az erőforrásait mozgósítani.

Az emberiség ebben a rendszerben csupán egyik a sokfajta élőlény közül, és hasznos tényezője lehet ennek a hatalmas biológiai rendszernek, de fennáll az a kockázat is, hogy egyszer majd a nemkívánatos rákos daganat szerepét fogja betölteni. Lovelock szerint ugyanis a bioszférában olyan hatalmas energiák működnek, hogy az ember nem képes azt megsemmisíteni. Az azonban nem zárható ki, hogy a bioszféra önvédelmi mechanizmusa egyszer majd kiküszöböli az embert, mint veszélyes tényezőt.

Ha ez így működik, akkor vajon mi történik a többi galaxis többi csillagának többi bolygóján. Vajon ott is létrejött élet? És ha igen, hány helyen és milyen körülmények között. Ezekről az izgalmas kérdésekről a következő fejezetben lesz szó.

## Földön kívüli civilizációk

Van egy nemzetközi tudományos kutatási program, a „SETI” (Search for Extra-Terrestrial Intelligence), amely a földön kívüli civilizációkat kutatja.

Vajon hogyan jutottak neves tudósok – köztük Nobel Díjasok – arra a gondolatra, hogy más bolygókon is lehet élet? Hiszen egy ilyen felvetés néhány évtizede még kifejezetten áltudományos spekulációnak számított!

Nos a tények, amelyek ezt a feltevést valószínűsítik, magukért beszélnek.

Az általunk ismert Univerzumban mintegy 100 milliárd galaxis található. Egy átlagos galaxisban pedig nagyjából 100 milliárd csillag van. A csillagok száma tehát kb. 100 milliárdszor 100 milliárd, azaz kb. 10 000 000 ..... 000 000, ahol itt az 1-es számjegy után 28 darab nulla van.

Egy-egy galaxis kiterjedése óriási. A mi galaxisunkban, a Tejútrendszerben, a fény az egyik szélétől a másik széléig kb. 100 ezer évig halad. Ámde mi csak a közvetlen környezetünkben található csillagokat és azok bolygóit tudtuk mind ez ideig felderíteni, legfeljebb 40-50 fényévnyi körzetben. Így a galaxisunk 100 milliárd csillagából legfeljebb párszázat tudtak eddig a csillagászok alaposabban szemügyre

venni. De még ebben a porszemnyi térségben is már több száz olyan csillagot találtak, amelyek körül bolygók keringenek.

A fizikai Nobel Díjas Leon Ledermann professzor szerint mi most egy átlagos galaxis átlagos csillagának átlagos bolygóján élünk. Ezért nagyképi önteltség lenne azt feltételezni, hogy kitüntetett szerepünk lehet a világegyetemben.

Hogy a csillagunk miért átlagos, az esetleg egy kis magyarázatot igényel. A csillagoknak vannak fejlődési szakaszaik. Egy csillag megszületik, létezik egy darabig, azután felrobbanva vagy összeomolva befejezi a pályafutását. A csillagok élettartama jelentősen függ a tömegüktől és az átmérőjüktől is. A túl kicsi vagy túl nagy csillagok rövidebb ideig léteznek. A legjobb túlélési lehetőségük az átlag körüli csillagoknak van. Így azután – mivel az átlagtól jelentősen eltérő csillagok hamar fogynak – itt is létezik egyfajta természetes kiválasztódás, amelynek során az átlag körüli csillagok darabszáma a legnagyobb.

Érdemes azt is megemlíteni, hogy ha a Föld egyedül keringene a Nap körül, akkor átlagosan 60 ezer évenként fordulna elő egy-egy üstökös vagy kisbolygó becsapódás, ami az élőlények túlnyomó részét elpusztítaná, és ez megakadályozná magasabb fejlettségű élőlények kialakulását.

A valóságban azonban az ilyen természeti katasztrófák gyakorisága ezerszer kisebb. Ennek az az oka, hogy a Föld Nap körüli pályáján túl kering két hatalmas bolygó, a Jupiter és a Szaturnusz, és ezek gravitációs hatása a belső bolygók felé haladó kozmikus objektumok jelentős részét kisöpri, kilöki a világtűr felé. A nagybolygók e védőernyője nélkül a Földön nem lehetne emberi élet.

Nos, az eddig felderített naprendszerek nagy részében is van egy vagy két nagybolygó, és sok jel mutat arra, hogy emellett vannak kisebb bolygók is, amelyek között lehetnek olyanok, amelyeken a klíma akár a földihez hasonló lehet.

Ugyanakkor azt is tekintetbe kell venni, hogy a csillagok jelentős része páros csillag. Ez azt jelenti, hogy két csillag kering egymás körül. Ez azonban nem jelenti azt, hogy ezek körül ne keringhetne életre alkalmas bolygó.

Az eddigi vizsgálatok az élhető bolygók többféle változatát valószínűsítik. Ezek mindegyikére találtak is olyan konkrét csillagrendszert, amelyben ilyen állapot elvileg létrejöhet.

Az ilyen csillagrendszerek működésének számítógépes modellezése nagyon érdekes eredményeket produkált. Kiderült, hogy a Földhöz hasonló minőségű életfeltételek létrejöhetnek ikercsillag rendszerekben is, akár úgy, hogy a lakható bolygó mind a két csillag körül, akár úgy, hogy csak az egyik csillag körül kering. Sőt, az is lehetséges, hogy egy csillagrendszerben egy vagy két csillag körül kering egy nagybolygó, ez utóbbi körül pedig egy Földhöz hasonló méretű Hold, amelyen ugyancsak lehetséges élet.

De akadt még ennél is különösebb modell. Lehetséges olyan rendszer is, amelyben egy viszonylag hideg Nap körül nagyon közel kering egy olyan bolygó, amelynek a tengely körüli forgását a Nap „befogta”, miáltal az mindig ugyanazt az oldalát mutatja a Nap felé, ahhoz hasonlóan, ahogyan a Hold kering a Föld körül, és amelynek a túlsó oldalát csak a Holdat megkerülő űrhajóról lehet látni.

Nos, bármennyire furcsa, még egy ilyen bolygón is létezhet élet, annak ellenére, hogy a Nap felőli, és az azzal ellentétes oldal nem lakható. A Nappal átellenes oldalon legalább olyan állandó jeges sötétség van, mint télen az Antarktiszon, a Nappal szembe forduló oldalon pedig iszonyatos a hőség, állandóan esik az eső, és szakadatlanul több száz kilométeres szélviharok dúlnak. Ámde a számítógépes modell szerint a két lakhatatlan félteke határán a bolygót körülövezi egy olyan zóna, amelyben nincs éjjel és nappal, mert a Nap állandóan a horizont fölött látható, és ahol az éghajlat csendes mediterrán jellegű lehet.

Ha mindez így van, akkor vajon miért nem tudunk kapcsolatba kerülni idegen civilizációkkal?

Több mint fél évszázaddal ezelőtt erre kérdésre egy nemzetközi konferencián a fizikai Nobel Díjas Enrico Fermi adott egy nagyon valószínű magyarázatot.

Fermi azt a hasonlatot használta, hogy ha a Föld keletkezése óta eltelt időt 24 órának vesszük, akkor az ipari civilizáció kialakulása ebből az utolsó századmásodpercben zajlott le. Ha egy civilizáció eljut

arra technikai szintre, hogy kommunikálni tud egy másik hasonló civilizációval, akkor jogosan feltételezhetjük, hogy egy ilyen fejlett civilizáció legfeljebb egy újabb századmásodpercen belül meg is semmisíti önmagát.

Az a bizonyos – kozmikus léptékű – századmásodperc pedig gyakorlatilag 500 földi év lehet. Mi ezért csak olyan civilizációval tudnánk kapcsolatba kerülni, amely nincs távolabb néhány száz fényévnél, és ráadásul az ő 24 órájukból is éppen akkor következik be az a bizonyos kritikus századmásodperc, mint nálunk. Egy ilyen pontosságú időbeli coincidencia azonban annyira valószínűtlen, hogy gyakorlatilag kizárható.



## Rejtélyes energiák

Manapság sokakat foglalkoztat a kérdés, hogyan lehet olcsó és tiszta energiát termelni. A probléma nem új, már két-három évszázaddal ezelőtt felmerült.

A gyors ütemben iparosodó Európában akkor az energiát főleg szénből nyerték, amelynek kitermelése verejtékes munkával és óriási szállítási költségekkel járt. Ráadásul a széntüzelés jelentős levegő szennyezést okozott, ami pl. az angliai nagy iparvárosokban (London, Liverpool, stb.) gyakran okozott nehéz légzést okozó szmogot, bár ezt a megnevezést abban az időben még nem használták.

Az 1800-as évek elején számos tudós dolgozott azon, hogy hogyan lehetne a „semmiből” energiát nyerni, vagyis hogyan valósítható meg az energiát termelő „örökmozgó”, az un. „perpetuum mobile”.

Mivel az elektromágneses jelenségek tulajdonságait abban az időben még nem ismerték, a szakemberek a megoldást különféle trükkös mechanikai és hidrodinamika szerkezetek építésével igyekeztek elérni. Bár az ilyen szerkezetek a gyakorlatban nem működtek megfelelően, de azért egyik-másik még szabadalmi oltalmat is kapott.

Az örökmozgóval kapcsolatos kísérletek egészen a század közepéig folytak, amikor is egy Julius Robert Mayer nevű hajóorvos publikálta az energia általános érvényű megmaradásáról szóló tételét,

amelyből az következett, hogy a „perpetuum mobile” elvileg megvalósíthatatlan.

Mayer publikációja – vagyis, hogy egy műkedvelő dilettáns beavatkozik az „igazi tudósok” munkájába – olyannyira felháborította a hivatásos szaktekintélyeket, hogy az ellene folytatott lejárató kampány hatására Mayer hosszabb időre elmeagyógyintézetbe került.

Ezután az örökmozgó kísérletek egy darabig tovább folytak, természetesen eredménytelenül. Hosszas huzavona után a „hivatalos tudomány” is elfogadta az energia megmaradás tényét, még ha az nem is egy „igazi tudóstól” származott.

Az olcsó és tiszta energia kérdése az utóbbi évtizedekben főleg a globális klímaváltozással kapcsolatban egyre fokozódó aggodalmak hatására ismét nagy érdeklődést váltott ki. A reménybeli zöld energiák hasznosításának lehetősége ugyanis számos gyakorlati problémát hozott felszínre.

Egy nagyteljesítményű hagyományos gőzturbina áramtermelő kapacitásának kiváltásához ugyanis több száz hektár területet kellene napelemekkel beborítani, vagy több ezer szélkereket kellene telepíteni és gondoskodni kellene a megtermelt energia átmeneti tárolásáról is arra az időre, amikor éppen nem süt a Nap, vagy nem fúj a szél.

Egy ilyen beruházás eszközeinek előállítása, telepítése, rendszeres javítása, karbantartása, valamint a tönkremenő eszközök és alkatrészek leselejtezésekor keletkező veszélyes hulladékok ártalmatlanítása igen komoly költség és környezetterhelési problémákat vet fel.

Mivel azonban ma már elfogadott tény, hogy örökmozgó nem létezik, az „igazi” hatékony megoldást a mai tudósok más módszerekkel keresik.

Sokan úgy tartják, hogy az egyik ilyen elvileg lehetséges energiaforrás az ún. „vákuum-energia” kinyerése, megcsapolása, hasznosítása. Az üres térben, a vákuumban ugyanis jelentős mennyiségű energia lapulhat.

Erre utal a kvantummechanika által elméletileg megjósolt és kísérletileg igazolt vákuumfluktuáció jelensége, amelynek során az elvileg

erőmentes üres térben az elektromágneses térerősség zérus középérték körül állandóan ingadozik, lüktet, továbbá folyamatosan képződnek részecske-antirészecske párok, amelyek azonban szinte azonnal meg is semmisítik egymást.

Egyes fizikusok számításokat is végeztek arra vonatkozóan, hogy a vákuumban mekkora energia lehet. A számítások egészen elképesztő eredményeket mutattak. Eszerint az üres tér minden egyes köbcentiméterében akár több atombomba energiája lehet összesűrítve. E látványos spekulatív számítgatások ellenére mind ez ideig még egy zseblámpaelem teljesítményét sem sikerült kiszivattyúzni a vákuumból.

A probléma talán egészen Archimédesz nevezetes mondásáig nyúlik vissza, aki egyszer kijelentette, hogy ha valaki tud mutatni a világban egy abszolút fix pontot, akkor ki tudja billenteni a sarkából a Földet.

Hát igen, a fix pont kérdése számos fizikai problémában felmerül. Egy háztartási konnektorban pl. 220 Voltos feszültséget mérhetünk. A konnektornak két csatlakozási pontja van. Az egyik a hálózat fázis vezetékéhez csatlakozik, és ezen mérhető a 220 Volt. A másik csatlakozás az ún. nulla-vezetékhez van kötve. Ehhez képest lehet mérni a fázis-csatlakozáson a 220 Volt feszültséget. Ha nem lenne nulla-vezeték, nem tudnánk a konnektorból villamos fogyasztókat táplálni.

De mondhatnánk másik példát is. A lillafüredi tó vize hatalmas potenciális energiával rendelkezik pl. a Hortobágy talajszintjéhez mérten. Így azután, ha a vizét leengednénk a Hortobágyra – vagyis a nulla-potenciál szintre – akkor vízturbinák segítségével energiát nyerünk. Ámde a mozdulatlan víztömegeből – nulla-szint nélkül – energiát kinyerni nem lehet.

Hasonló a helyzet a hőenergiával is. Egy meleg rendszerből hasznosítható energiát kivenni csak úgy lehet, ha a hőt átáramoltatjuk egy alacsonyabb hőmérsékletű másik rendszerbe, mert akkor az átáramló hőenergia egy része már megcsapolható.

Alighanem ez lehet a helyzet az elvileg magas potenciálszintű vákuum hatalmas összesűrített energiájával is. Hiányzik hozzá a nulla-szint, vagyis az a bizonyos Archimédesz féle „fix pont”.

Kísérletek azonban jelenleg is folynak, és bár a várható eredmény meglehetősen kétséges, de mégsem állíthatjuk száz százalék biztonsággal, hogy a megoldás teljesen lehetetlen.

Egy másik biztatónak indult – de ma már kétségesnek látszó – kezdeményezés a szobahőmérsékleten működő hidegfúzió. Mint tudjuk, a hidrogén atommagja egyetlen protont tartalmaz. Van azonban egy deutérium nevű hidrogén izotóp, amelynek atommagjában a proton mellett egy neutron is található, sőt van egy trícium nevű hidrogén izotóp is, amelynek atommagjában a proton mellett kettő darab neutron található.

Így azután két deutérium atommagot, vagy egy normál hidrogén és egy trícium atommagot – elvileg – hélium atomaggá lehet egyesíteni, és e fúzió során igen jelentős nukleáris energia szabadul fel sugárzások formájában.

Ezen az elven működnének majd a távoli jövőben a fúziós erőművek. A fúziós reakció létrejöttéhez azonban az összeütköző és egyesülő atommagoknak óriási mozgási energiára van szükségük. Ekkora energiájuk azonban csak akkor lehet, ha a hőmérsékletük olyan magas, mint ami a Nap belsejében van.

Ezt a problémát a hidrogénbomba felrobbantásakor úgy oldják meg, hogy a fúziós reakció beindításához – gyutacsaként – hagyományos atombombát használnak. Ez a megoldás természetesen egy békés célú erőműben nem használható.

A hidegfúziós elmélet hívei úgy gondolják, hogy Heisenberg határozatlansági tétele alapján igen rövid ideig az atommagok energiaszintje akár oly mértékben kilendülhet, amely létrehozhatja a spontán magfúziót. Sőt, megfelelő feltételek biztosítása mellett a jelenség határfoka jelentősen feljavítható.

Ilyen – sikeresnek ígérkező – kísérleteket publikált Fleischmann és Pons 1989. márciusban. Ebben a kiinduló anyag nehézvíz volt, amelynek vegyi képlete a hagyományos  $H_2O$  helyett  $D_2O$ , ahol D a deutérium vegyjele.

A kísérletek során a nehézvízen elektrolízist végeztek, amelyhez palládiumból készült katódot használtak, és ez utóbbi egyben egyfajta

katalizátor szerepét is betöltötte. Fleischmann és Pons szerint a kísérletben olyan mértékű hő termelődést mértek, amely kémiai reakcióban nem jöhetett létre, így az feltehetően magfúzió eredménye lehetett. Ugyanakkor az első publikáció nem szólt arról, hogy ki lehetett-e mutatni héliumgáz fejlődést is.

Mivel a kezdeti kísérletek meglehetősen vitathatóak voltak – sokan vitatták is – Fleischmann és Pons továbbfejlesztette a módszert és erről 1990. júliusban „Calorimetry of the Palladium-Deuterium-Heavy Water System” címmel 58 oldalas tanulmányt közöltek a „Journal of Electroanalytical Chemistry” című amerikai szakfolyóiratban.

Bár a szakemberek még mindig nagyon szkeptikusak voltak, Amerikában több hasonló megoldást is szabadalmaztattak, sőt 2005-ben San Diego-ban állítólag az amerikai haditengerészet kísérleti célból üzembe is helyezett hidegfúziós cellákat.

A hidegfúzió lehetőségét ugyanakkor elméletileg és kísérletileg is megcáfolták, legalábbis ez derül ki a témával kapcsolatos egyes publikációkból és konferencia-előadásokból.

A téma azonban nincs teljesen lezárva, születhet még váratlan fordulat az ügyben.

Akit részletesebben érdekel a téma, jó összefoglalást olvashat pl. a következő angol nyelvű honlapon:

<http://en.wikipedia.org/wiki/501%28c%29#501.28c.29.283.29>

A „rejtélyes” módon működő energiák kutatásának további területe az un. antigravitáció.

Mint tudjuk, számos kölcsönhatásnak van negatív és pozitív változata. Így például a mágneses és az elektrosztatikus erő lehet vonzás vagy taszítás. Ha lenne a gravitációnak is taszító jellegű párja, akkor ez megoldaná az energiaigény nélküli közlekedés és szállítás problémáját, sőt lehetővé tenné az abszolút tiszta energia termelést is.

Mint tudjuk, a modern kozmológiai elméletek szerint a térben hatalmas mennyiségű un. sötét energia található, és éppen ennek antigravitációs hatása teszi lehetővé az Univerzum gyorsuló tágulását.

Ha pedig ez így van, akkor ennek felhasználásával – elvileg – nagy tömegű tárgyakat (pl. vizet) emelhetünk fel a magasba, és az így szerzett potenciális energiával villamos energiát termelhetünk.

Az antigravitációs effektussal kapcsolatos kísérletek egy része az ún. gravito-magnetizmusra épül. Eszerint a nagyon gyorsan forgó tömegek mintegy „megcsavarják” maguk körül a téridőt és ez a csavart tér hajlamos kölcsönhatásba lépni a szupravezetőkben áramló elektronokkal és ezen keresztül képes befolyásolni (csökkenteni) a forgó tömegre ható gravitációs erőt. Bár ezzel a módszerrel tárgyak lebegtetése még nem sikerült, azonban állítólag már mérték súlycsökkenést.

Egy másik megközelítése a kérdésnek a már említett extra dimenziókkal kapcsolatos. Eszerint a „hipertéren” keresztül záródó erővonalak befolyásolásával lehet a gravitációt módosítani. Ezzel a módszerrel állítólag sikerült is egy működőképes kísérleti antigravitációs motort létrehozni, bár a részletek nem ismeretesek.

Az antigravitációs kísérletekkel kapcsolatban több rövid ismertetés is olvasható pl. a New Scientist 2006. évi január 7. és november 11. keltezésű számaiban.

Az optimista hangvételű publikációk ellenére azonban kétséges, hogy ilyen elven működő eszközöket valóban meg lehet-e valósítani. De azért a pozitív eredmény lehetőségét sem érdemes kizárni.

## **BEFEJEZŐ MEGJEGYZÉSEK**

A modern fizika valóban ezoterikus tudomány. A valóság mélyebb szintjeivel foglalkozik, ahol olyan elképesztően lehetetlennek tűnő jelenségek zajlanak, amelyek a mindennapi életünkben nem tapasztalhatók.

Hogy a valóság teljes mélységében tudományos módszerrel valaha egyáltalán megismerhető lesz-e, nem tudhatjuk. Csak azt tudjuk, hogy minél alaposabban akarunk megismerkedni ezekkel a kérdésekkel, annál több időt és fáradságot kell erre áldozni.

Csodát nem lehet várni, és senki nem remélheti azt, hogy a tudósok majd egyszerűen, röviden és tömören mindent megmagyaráznak. A valóság ugyanis nagyon bonyolult, de nem azért, mert a tudósok „direkt” elbonyolítják. Magától ilyen. És ez nem csak a fizikára vonatkozik, hiszen nem kevésbé bonyolult a modern kémia, mikrobiológia, sőt még a pszichológia is.

Ugyanakkor azt sem szabad elfelejteni, hogy a fizikai világgépünk jelentős hatással lehet az emberek gondolkodására, felfogására, világnézetére, társadalmi magatartásra, sőt morális értékrendjére is. Ezzel kapcsolatban a közelmúltban egy nemzetközi tudományos konferencián egy holland részecskefizikus professzor úgy fogalmazott, hogy az

emberiség jelenlegi társadalmi problémái jelentős mértékben abból adódnak, hogy az emberek nagy része – beleértve a tudományos elitet is – még mindig a „kvantummechanika előtti tudatállapotból szemléli a világot”.

E könyv célja nem az, hogy az olvasót meggyőzze bármiféle világnézet helyességéről vagy helytelenségéről. A könyv megírását voltaképpen egy ezer év előtti japán filozófus története inspirálta, akit – a monda szerint – idős korában felkerestek a tanítványai, hogy megköszönjék mindazt, amit tanított nekik. A „mester” azonban elhárította a dicséreteket és így szólt: „Fiaim, én soha életemben senkit semmire nem tanítottam, ilyesmi nem is volt szándékomban! Én csupán igyekeztem titeket önálló gondolkodásra ösztönözni.”

E könyv célja éppen az, hogy továbbgondolkodásra készítse azokat, akik hajlamosak töprengeni a modern fizika által felvetett kérdéseken.

Aki szeretne többet megtudni a modern fizika filozófia vonatkozásairól, ajánlható néhány olyan magyar nyelvű honlap, amelyen ilyen kérdésekkel kapcsolatos írásokat is lehet találni. Ilyenek például:

<http://www.inco.hu>

<http://www.metaelmelet.hu>

<http://www.evilagonline.hu>

<http://www.lelekenotthon.hu>

<http://www.startégiakutató.hu>

<http://www.clubofbudapest.fw.hu>

<http://nyuz.elte.hu/>



## IRODALOM

- ABBOTT, Larry: A kozmológiai állandó rejtélye, Tudomány, 1988. július.
- AKIMOV, A.: Heuristic discussion of the problem of finding long range interactions, Journal of New Energy, Vol. 2, no. 3/4
- ALLEN, S. W.: Astrophysical Quantities, Athlone, London, 1973.
- ANDERSON, Mark: Is jiggling vacuum the origin of mass? New Scientist, 13 August 2005
- BALÁZS Béla Árpád: A fizikusok tovatűnő Szent Grálja, a „világképlet”, Fizikai Szemle, 2007/2. szám (február)
- BARROW, John D. and Frank J. TIPLER. The Anthropic Cosmological Principle, Oxford University Press, 1986 and 1996
- BARRY, Patrick: What's done is done... Or is it? (Time twister, when the future affects the past) New Scientist, 30 September 2006
- BATESON, G. Mind and Nature, Bantam, New York, 1980
- BATTERSBY, Stephen: Is space rolled up like a funnel? NewScientist, 17 april 2004
- Bell, J. S. On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox, Physics 1965/1, pp. 195-200.
- BELL, J. S.: Einstein-Podolsky-Rosen Experiments, Proceedings of the Symposium on Frontier Problems in High Energy Physics, Pisa 1976
- BELL, J. S.: Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics, Cambridge University Press, 1987
- BENCZE Gyula: Neumann János és a kvantummechanika megalapozása, Természet Világa, 2003/III. különszám
- BJORKEN, J. D., S. D. DRELL: Relativistic quantum mechanics, McGraw Hill, New York, 1964
- BOHM, D. Wholeness and the Implicate Order, Routledge and Kegan Paul, London, 1980
- BOHM, David: Wholeness and the Implicate Order, Ark Paperbacks, London, 1983
- BOHM, D. Quantum Theory., Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1951
- BOHM, D. J.: Unfolding Meaning, Ark, London and New York, 1987
- BORN, Max: Válogatott tanulmányok, Gondolat, Budapest, 1973.

- BOHR, Niels: Atomic Physics and Human Knowledge, John Wiley, New York, 1958.
- BOHR, Niels: On the Constitution of Atoms and Molecules, Philosophical Magazine, 1913/26
- BÖLCSFÖLDI József: Technikai civilizációk kapcsolatainak valószínűségi korlátai, Fizikai Szemle, 2004/10
- BRANS, C., R. H. DICKE: Mach's principle and a relativistic theory of gravitation, Physical Revue, 1961, Vol. 124, p. 925
- BRIDGMAN, P. W.: Reflections of a Physicist, Philosophical Library, New York, 1950.
- BROOKS, Michael: 13 things that don't make sense, New Scientist, 19 March 2005
- BROOKS, Michael: 13 things that don't make sense, New Scientist, 19 March 2005
- BUCHANAN, Mark: Quantum decoys create uncrackable code, New Scientist, 13 November 2004
- BUCHANAN, Mark: Double jeopardy (Free will or reality?), New Scientist, 18 June 2005
- CAPRA, F. The Tao of Physics: An Exploration of the the Parallels between Modern Physics and Eastern Mysticism, Bantam, New York, 1977
- CHANDRASEKHAR, S.: The mathematical theory of black holes, Claredon Press, Oxford, 1983
- CHEW, Geoffrey F.: Hadron Bootstrap, Physics Today, October, 1970
- CHEW, G. F., M. GELL-MANN, A. H. ROSENFELD: Strongly Interacting Particles, Scientific American, February, 1964
- CHOPRA, D. Quantum Healing: Exploring the Frontiers of Mind Body Medicine, Bantam, New York, 1989
- CHOWN, Marcus: Catching the cosmic wind, New Scientist, 2 April 2005
- CHOWN, Marcus: Quantum rebel, New Scientist, 24 July 2004
- CHOWN, Marcus: It came from another dimension, New Scientist, 18 December 2004
- CHOWN, Marcus: It came from another dimension, New Scientist, 18 December 2004
- CHOWN, Marcus: A table-top test for dark energy, New Scientist, 10 July 2004
- CHOWN, Marcus: End of the beginning, New Scientist, 2 July 2005
- CLARK, Stuart: Bubbles from the primordial universe, New Scientist, 12 March 2005
- CLARK, Stuart: Gravity's Secret, axis of opheaval, New Scientist, 11 November 2006
- COPY, Irwing M., James A. GOULD: Kortárs tanulmányok a logika elmélet kérdéseiről, Gondolat, Budapest, 1985.
- DIRAC, P.A.M.: The Principles of Quantum Mechanics, Oxford, 1930.
- DIRAC, Paul: Az elektron relativisztikus hullámegyenlete, Fizikai Szemle, 1977. évfolyam 443. oldal
- DUNBAR, Robin: We believe, New Scientist, 28 January 2006

- EINSTEIN, A., The photoelectric effect, *Annalen der Physik*, 1905. 23:1, pp. 220-255.
- EINSTEIN, Albert: *Mein Weltbild*, Querido, Amsterdam, 1934
- EINSTEIN, A., B. PODOLSKY, N. ROSEN: Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? *Physical Revue*, May 15, 1935
- EINSTEIN, Albert: *Essays in Science*, Philosophical Library, New York, 1934
- EINSTEIN, Albert: On the Electrodynamics of Moving Bodies, *Annual Physics*, 1905/17
- EINSTEIN, Albert: *Out of My Later Years*, Philosophical Library, New York, 1950
- EINSTEIN, Albert: *The World as I See It*, Covici Friede, New York, 1934
- FÉNYES Imre: *Modern fizikai kisenciklopédia*, Gondolat, Budapest, 1971
- FEYNMAN, R. P. Simulating Physics with Computers, *International Journal of Theoretical Physics* 1981/21, pp. 467-88.
- FEYNMAN, R. P., R. B. LEIGHTON, M. SANDS: *The Feynman Lectures on Physics*, Addison-Wesley, Reading, Mass, 1966
- FEYNMANN, Richard P.: *Mai fizika*, Műszaki Könyvkiadó, 1978
- GAMOW, George: *Mr. Tompkins in Paperback*, Cambridge University Press, 1973
- GAJZÁGÓ Éva: Kvantum teleportálás, *Élet és Tudomány*, 1998/6. szám
- GAJZÁGÓ Éva: Emberre szabott univerzum, *Élet és Tudomány*, 2001/1. szám
- GEFTER, Amanda: Power of the mind, *New Scientist*, 10 December 2005
- GEFTER, Amanda, Leonard SUSSKIND: Because we're here, *New Scientist*, 17 December 2005
- GEFTER, Amanda: Black hole paradox, the elephant and the event horizon, *New Scientist*, 28 October 2006
- GLIDEDMAN, John: Turning Einstein Upside Down, *Science Digest*, 1984. október
- GRINBERG-ZYLBERBAUM J., M. DELAFLOR, L. ATTIE, A. GOSWAMI: Einstein-Podolsky-Rosen paradox in the Human Brain: The Transferred Potential, *Physics Essays*, 1994/4, pp. 422-428.
- GORELIK, Gennagyij Jefimovics: Miért háromdimenziós a tér? *Gondolat*, Budapest, 1987.
- GOSWAMI, A. The Idealistic Interpretation of Quantum Mechanics, *Physics Essays*, 1989/2, pp. 385-400.
- GOSWAMI, A. *The Self-Aware Universe: How Consciousness Creates the Material World*, Tarcher/Putnam, New York, 1993
- GOSWAMI, Amit: *The visionary Window*, Quest Books, Wheaton, Illinois, USA, 2000
- GOWAN, John A.: The "Spacetime Map" as a Model of Juan Maldacena's 5-Dimensional Holographic Universe, <http://www.people.cornell.edu/pages/jag8/index.html>
- GÖDEL, Kurt: Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme, *Monatshefte für Mathematik und Physik*, vol. 38 (1931) p. 173

- GÖDEL, Kurt: The Consistency of the Axiom of Choice and of the Generalized Continuum Hypothesis with the Axioms of Set Theory, Princeton University Press, Princeton, NJ. USA, 1940
- GREEN, Michael B.: Szuperhúrok, Tudomány, 1986. november
- GREENE, Brian: The Fabric of the Cosmos, Penguin Books, 2004
- GRINBERG-ZYLBERBAUM, J., M. DELAFLOR, L. ATTIE, and A. GOSWAMI. Einstein-Podolsky-Rosen paradox in the Human Brain: The Transferred Potential, Physics Essays 1994/7, pp. 422-428.
- HAWKING, Stephen W.: A Brief History of Time from the Big Bang to Black Holes, Bantam Books, New York, 1988
- HAWKING, Stephen, Roger PENROSE: The Nature of Space and Time, Princeton University Press, 1966 (magyarul: A tér és az idő természete, Talantum Könyvkiadó, 1999)
- HEISENBERG, Werner: Physics and beyond, Allen and Unwin, London, 1971
- HEISENBERG, Werner: Physics and Philosophy, Allen and Unwin, London, 1963
- HEISENBERG, Werner: A rész és az egész, Gondolat, Budapest, 1978.
- HÉJJAS István: A katasztrófaelmélet alapfogalmai, Mérés és Automatika, 1986/1-2. szám
- HÉJJAS István: A természettudományos elméletek korlátai, eVilág, 2002. szeptember
- HÉJJAS István: Buddha és a részecskegyorsító, Édesvíz, Budapest, 2004
- HÉJJAS István: Az elektron és az elektronika, Informatika, 2001. május
- HELLEMANS, Alexander, Valerie JAMIESON: Mass hysteria, New Scientist, 17 July 2004
- HOGAN, Jenny: Hawking cracks the paradox, New Scientist, 17 July 2004
- HOYLE, Fred: The Nature of the Universe, Penguin Books, 1965
- JAHN, R. G., B. J. DUNNE: On the quantum mechanics of consciousness, with application to anomalous phenomena, Foundations of Physics, 8/1986, vol. 16, p. 721
- JÁKI Szaniszló: Egy megkésett ébredés: Gödel a fizikában, Fizikai Szemle, 2004/10
- JOSEPHSON, Brian D., Fotini PALLIKARI-VIRAS: Biological Utilisation of Quantum NonLocality, Foundations of Physics, Vol. 21, pp. 197-207, 1991
- JOSEPHSON, B. D.: Limits to the Universality of Quantum Mechanics, Foundations of Physics, vol. 18. pp. 1195-1204, 1988
- KLOPFER Ervin: A természeti állandókról, Informatika, 2004. szeptember
- LÁSZLÓ Ervin: Kozmikus Kapcsolatok, a harmadik évezred világlépe, Magyar Könyvklub, 1996.
- LEDERMAN, Leon: The God Particle, Houghton Mifflin Co, Boston, 1993
- LIETZ, Haiko: A leap into hyperspace, New Scientist, 7 January 2006
- LIETZ, Haiko: A leap into hyperspace, New Scientist, 7 January 2006
- LOVELOCK, J. E. GAIA, A New Look at Life on Earth, Oxford University Press, 1982

- MALDACENA, Juan: The Illusion of Gravity, Scientific American Nov. 2005 pp 57 - 63.
- MAYER István: Fejezetek a kvantumkémiából, BME Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1987.
- MARX György: Kvantummechanika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1957 és 1964
- MERALI, Zeeya: Quark stars crack cosmic conundrums, New Scientist, 7 January 2006
- MERALI, Zeeya: Universe 2.0, New Scientist, 8 July 2006
- MERMIN, N David: Is the Moon There When Nobody Looks? Physics Today, 1985. április
- MINKEL, Jr: Bye bye blackhole, New Scientist, 22 January 2005
- MITCHELL, M., and A . GOSWAMI. Quantum Mechanics for Observer Systems, Physics Essays 1992/5, pp. 526-29.
- MONSTEIN, C., J. P. WESLEY: Observation of scalar longitudinal electrodynamic waves, Europhysics Letters, 15 August 2002
- MOTLUK, Alison: Particles of faith, New Scientist, 28 January 2006
- MUIR, Hazel: Is Earth one of a kind? New Scientist, 7 August 2004
- MULLINS, Justin: To infinity and beyond, with nuclear fusion, New Scientist, 30 April 2005
- NEUMANN János: A kvantummechanika matematikai alapjai, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1980.
- NEUMANN, J. von: The mathematical foundations of quantum mechanics, Princeton University Press, 1955
- NEUMANN, J.: The Computer and the Brain, Yale University Press, York, 1959
- NORWOOD, Joseph: Twentieth Century Physics, Prentice Hall, 1972
- NORWOOD, Joseph: Századunk fizikája, Műszaki Könyvkiadó, 1981
- NOVOBÁTSZKY Károly: A relativitás elmélete, Tankönyvkiadó, Budapest, 1962.
- OMNÈS, Roland: L'Universe et ses Métamorphoses, Hermann, Paris, 1973
- OPPENHEIMER, J. R.: Science and the Common Understanding, Oxford University Press, 1954
- PENROSE, Roger, Stephen HAWKING: A nagy, a kicsi és az emberi elme, Akkord Kiadó, 2003
- PENROSE, Roger: Strings with a twist, New Scientist, 31 July 2004
- POINCARÉ, Henri: Foundation of Modern Physical Science, Reading, Mass, Addison-Wesley, 1958
- REICH, Eugenie Samuel: If the speed of light can change... New Scientist, 3 July 2004
- REICH, Eugenie Samuel: If the speed of light can change, New Scientist, 3 July 2004
- SCHECHTER, Bruce: Taming the fourth dimension, New Scientist, 17 July 2004
- SCHECHTER, Bruce: Taming the fourth dimension, New Scientist, 17 July 2004
- SCHILLING, Govert: Shadow over gravity, New Scientist, 27 November 2004
- SCHRÖDINGER, Erwin: A 2400 éves kvantumelmélet, Fizikai Szemle, 1961/4

- SHELDRAKE, R. A New Science of Life, Tarcher, Los Angeles, 1981
- SHIGA, David: Is empty space really fizzing with energy? New Scientist, 10 October 2005
- SIMONYI Károly: A fizika kultúrtörténete, Gondolat Kiadó, 1978
- SIU, R. G. H.: The Tao of Science, John Wiley and Sons, 1957
- STAPP, H. P. Mind, Matter, and Quantum Mechanics, Springer, New York, 1993
- STAPP, H. E.: Mind, Matter and Quantum Mechanics, Foundations of Physics, 1982/12
- STONIER, Tom: Information and the Internal Structure of the Universe, Springer-Verlag, London, 1990.
- THOM, René: Structural Stability and Morphogenesis, W. A. Benjamin Inc, 1975
- TURING, A. M.: Can the machine think? Simon and Shuster, New York, 1956
- VEITMAN, Martinus J. G.: A Higgs-bozon, Tudomány, 1987. Január
- WALKER, E. H. The Nature of Consciousness, Mathematical Biosciences. 7, pp. 131-178. 1970
- WALKER, Evans Harris: The Complete Quantum Anthropologist, American Anthropological Association, 1975
- WARK, Kenneth: Thermodynamics, McGraw-Hill, 1966
- WEINBERG, S.: The first three minutes: A modern view of the origin of the universe, Bantam Books, New York, 1980
- WHEELER, J. A.: Einstein's Vision, Springer Verlag, 1968
- WIGNER Jenő: Csoportelméleti módszer a kvantummechanikában, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1979.
- WIGNER, E. Symmetries and Reflections, Indiana University Press, Bloomington, 1967
- WILSON, Clare: Glad to be gullible, New Scientist, 28 January 2006
- WILSON, Robert Anton: Kvantumpszichológia, Mandala-Véda, Budakeszi, 2002.
- WILBER, K. The Spectrum of Consciousness, Quest Books, Wheaton, 1997
- WOLF, Fred Alan: The yoga of time travel, how the mind can defeat time, Quest Books, Wheaton, Illinois, USA, 2004
- WOLF. F. A. Starwave, Macmillan, New York, 1984
- WOLF. F. A. Parallel Universes, Simon & Schuster, New York, 1990
- ZANDOLENNA, Catherine: Just passing through, New Scientist, 8 October 2005
- ZANDOLENNA, Catherine: Just passing through, New Scientist, 8 October 2005
- ZOHAR, D. The Quantum Self, William Morrow, New York, 1990