



Szent-Györgyi Albert újra Szegeden

günk Szent-Györgyi Albert sírjánál. A magyar valóság egymásnak ellentmondó tendenciái gyakran kedveztek azoknak a természettudósoknak, akiket nagy áttekintésre irányuló törekvésük a diszciplínák határmezsgyéinek átlépésére bírt. Az ismeretlenben a leguniverzálisabb érvényű törvényrendszerre bízták magukat: a fizikára.

A geofizika megalapítójának sokan Eötvös Lorándot tekintik. Bolygónk megértése érdekében működve szerzett maradandó elismerést Hevesy György is (majd kortársaink közül Egyed László és Barta György).

A biofizika megalapítója talán Szilárd Leó volt, aki az atomreaktor megalkotása után, az atombombát meggyűlölve fordult végleg a biológia alapkérdései felé. A nukleáris biofizikát és nukleáris medicinát vitán felül Hevesy György indította a fejlődés útjára a radioaktív nyomjelzők első alkalmazásaival. Életük utolsó éveiben mindkettejük figyelme (miként Szent-Györgyi Alberté is) a nagy kihívás: a rák megértésére irányult. Szent-Györgyi Albert nem a fizikától, hanem ellenkező irányból, az orvostudomány felé indult el a biofizika felé. (Az ő nyomdokán bontako-



Szent-Györgyi 93. születésnapján, (Bayné, Szent-Györgyi, Bay Zoltán, Szent-Györgyiné)

zott ki Ernst Jenő és Tigyi József kutatása az izomműködés területén, ő ösztönözte Hoffmann Tibor és Ladik János rendhagyó elméleti munkásságát is a kvantumbiókémiaiában. Nem esik távol Keszthelyi Lajosnak a fotoszintézis megértésére irányuló kutatása sem.) A tudománytörténetben feldolgozásra vár egy érdekes téma: "A biofizika magyar kapcsolatai."

Szent-Györgyi Albert gazdag egyénisége átfogta szinte az egész 20. századot, annak fő tudományos, politikai és humánus vonatkozásait. Nem csak azt tette, hogy a paradicsompaprikából elkülönítette a C-vitamint, noha ez önmagában elegendő volt a Nobel-díjra. Kutató nemzedéknek mutatott irányt (nem is egyet) évtizedekre itthon és a nagyvilágban. Talán itthon nagyobb hatással, mint idegenben. Teljesítette, amivel két emberöltővel ezelőtt megbízta Klebelsberg Kunó miniszter úr.

*Marx György*

## A TUDOMÁNY ÉS A TÁRSADALOM

Szent-Györgyi Albert

Mint azt könyvem bevezető részében kifejtettem, az emberi élet színvonala és értéke a természethez való viszonytól függ; attól, hogy milyen mértékben értjük meg a természetet és mennyire tudjuk a természet erőit saját előnyünkre felhasználni. Korábbi időkben ez a viszony az egyes emberek tapasztalatain alapult. A mi korunkban a tudomány képviseli, mely különleges, bonyolult természete folytán már nem a nép közös tulajdona, hanem specialista tudósoké. A tudósok jelentős mértékben döntő tényezőkké váltak a

(Részlet Szent-Györgyi Albert "The Crazy Ape" (Az őrült majom) című könyvéből. XVI. fejezet. Fordította: Kunfalvi Rezső.)

társadalom életének minőségében. A történelmet ma nagyobb mértékben csinálják a laboratóriumokban, mint a fővárosokban. Az utolsó világháborút nem a hadseregek, hanem a mi tudósaink nyerték meg. Hogy Hitler nem nyerte meg a háborút, azt annak tulajdoníthatjuk, hogy bizalmatlan volt a tudomány iránt. Minden lehetősége előbb megvolt az atombomba kifejlesztésére mint nekünk, és ez biztosította volna számára a világaluralmat. Ha Napoleon hallgatott volna James Wattrra, akkor legyőzhette volna Angliát. Szerencse, hogy a tigriseknek nincsenek szárnyaik.

Mindezek ellenére érthető, ha a kongresszus tagjai és az adófizetők haragusznak, ha pénzt kell áldozniok



olyasmire, ami a laikus számára úgy tűnik fel, mint egy sereg fehér kabátos ember pizmogása. Igen fontos, hogy megértsük, mi is az a tudomány, és hogyan dolgozik.

Nemrég olvastam Warren Weaver egyik cikkét. Ő egyszer megszámlolta a villanymotorokat az otthonában és — ha jól emlékszem — 12-t talált. Micsoda ostobaság! Mi szükségünk lehet otthon villanymotorra! Erre én is számolni kezdtem otthon a villanymotorokat, és kiderült, hogy nálam 16 is akad. Nélkülük az egész háztartás leállna, életszínvonalunk összeomlana. Beláttam kézzelfoghatóan, hogy milyen mértékben függ ma napi életünk a tudománytól, és mennyire a tudománynak köszönhetünk mindent.

Sokat hallunk és beszélünk a tudomány irányításáról és szervezéséről. A múltban a tudomány haladása nagyrészt egyes egyéneknek volt köszönhető, olyan egyéneknek, akiket a problémák megragadtak és érdeklődésüket lekötötték. Newtont megkérdezték egyszer, hogyan jutott a felfedezéseihez. Ő így felelt: "mindig azokra gondoltam". Ez olyan valami, amit parancsszóra nem lehet megtenni. De nem lehet megtenni anyagi előnyökért sem, mert az alapvető problémák megoldása rendszerint nem jár együtt azonnal az alkalmazás lehetőségével. Az alapvető felfedezések alkalmazását egy idő után találják meg, és így járulnak hozzá életünk jobbá tételéhez is. Az időkülönbség lehet több év, de több évtized is. A lemaradás azonban fokozatosan csökken. Egész iparunk és technológiai fejlődésünk mégis az alap kutatás függvénye. A gőzgép is azon alapult (a Carnot-féle körfolyamatot 1824-ben ismerték fel; ez szükséges volt a dízelmotor feltalálásához). A dinamó is sokáig csak haszontalan, tudományos játéknak látszott. Állítólag mikor Gladstone, a brit miniszterelnök megkérdezte Faradnyt, hogy mire lehetne ezt felhasználni, ő így felelt: "esetleg meg lehet majd valamikor adóztatni".

Newton barátai sokszor aggódtak miatta, mikor látták, hogy naphosszat mozdulatlanul üldögél Cambridge-ben a Trinity Court egyik padján. Az adófizetők is biztosan méltatlankodtak volna, ha tőlük ilyen semmittevő támogatását kívánták. A felfedezés és az alkalmazás közti időeltolódás miatt az alap kutatás sokszor teljesen haszontalannak látszik. Ma a kutatás hasznos célpontot képez a képviselők számára, mikor megnyirbálják a tudományos költségeket, hogy ezzel bebizonyítsák, mennyire igyekeznek könnyíteni az adófizetők terhein. Ha az egész ipar — beleértve a hadiipart is, — pl. a 10 év előtti alap kutatásra épülne és beszüntetnék ma az egész alap kutatást, akkor ma ebből nem éreznénk semmi hátrányt, de 10 év múlva egész iparunk és ezzel honvédelmünk is összeomlana. A kár csak akkor lenne észlelhető, amikor már többé nem lehet helyrehozni.

Ahol alkotóképességre van szükség, ott az üzleti tapasztalat sem érvényes. Az üzletemberek logikája a termelékenység alapul: ha egy nő egy gyermeket kilenc hónap alatt produkál, akkor kilenc nő tegye

meg ugyanezt egy hónap alatt. Az üzleti logika az alkotóképesség esetében nem érvényes. Az alap kutatás paradox módon akkor bizonyul leghasznosabbnak, ha minél távolabb áll a gyakorlati alkalmazástól. Ha fiatal emberek azzal jönnek hozzám, hogy azért akarnak kutatni, mert csökkenteni szeretnék embertársaik szenvedéseit, akkor én azt ajánlom, hogy akkor foglalkozzanak inkább jótékonyssággal. A kutató munkának önző emberekre van szüksége, olyanokra, akik lelkesednek a "haszontalan" problémákért, feláldoznak mindent a megoldás kedvéért, még az életüket is.

Mindez természetesen nem azt jelenti, hogy a tudományt ne alkalmazzák napjaink gyakorlati problémáinak megoldására, de meg kell különböztetnünk az alap-, és az alkalmazott tudományt, és mindkettőnek megvan a maga helye.

Az alap kutatásnak és a társadalomnak kapcsolatát sokszor elhomályosítja az a tény, hogy a tudományos felfedezés gyakran a társadalmat nagyon kerülő úton befolyásolja. Newton lerakta a fényre vonatkozó ismereteink alapjait; ezután jött Huygens, Maxwell, majd Hertz és sok más, az elektromágneses hullámok eszméje. Eredményeképpen élvezhetjük a színes televíziót. Ez a technológiai eredmény. És mi a társadalmi eredmény? Lehetne a legszegényebb embernek is televíziós készüléke. Látná, milyen gazdag és izgalmas az élet, bár nehéz megértenie, miért kell neki nyomorban és piszokban élnie, ha az élet nem olyan siralom völgye, amilyenek a gazdagok és a hatalmasok évszázadokon át neki magyarázták. Így a fény elméletére vonatkozó kutatások esetleg az emberiség legnagyobb forradalmához vezetnek, a nagy várakozások forradalmához, mely egyszer majd át tudja alakítani az emberi életet.

Végső elemzésben mindent, amink van, beleértve az életünket is, az alapvető tudományos kutatásnak köszönhetjük. Ha a tudományos kutatások eredményét elvonnánk, a civilizáció összeomlana, és visszazuhanánk a kőkorszakban. A Hold meglátogatása műszaki eredmény volt; kevés embernek van fogalma arról, hogy milyen óriási mértékű alap kutatást kellett végezni mire ez lehetővé vált.

Az alap kutatás költséges. Én egy jól fizetett tudós vagyok. Órabérem annyi, mint egy szerelőé, de a kutató munka, amit végzek sokszor hetekig, sőt hónapokig, esetleg évekig eredménytelen, és akkor leliismeretem megszólal, úgy érzem, elvesztegetem az adófizető pénzét. Ha viszont az életművemre gondolkodom, akkor kénytelen vagyok azt mondani, hogy ezek a pénzek nem mentek veszendőbe. Az alap kutatás, aminek mindent köszönhetünk, aránylag olcsó, főként ha összehasonlítjuk a modern társadalom egyéb költségeivel. A minap durva számításokat végeztem. Ha összegeztem mindazt, amit az emberiség valaha is alap kutatásra költött, az körülbelül annyi, mint a Pentagon múlt évi költségvetése.

Még világosabbak ezek az arányok, ha pl. az orvos-



biológiai kutatást tekintjük. A sejt egy csodálatos, bonyolult apró szerkezet. A betegség valamilyen rendellenesség ebben a szerkezetben. Az orvostudomány célja az, hogy az ilyen rendellenességeket megakadályozza, megszüntesse. Egy gépet nem lehet megjavítani, ha nem ismerjük a szerkezetét. A biológiai kutatás célja az, hogy a sejt szerkezetét megértjük. A rák ennek az alapvető kis szerkezetnek egy zavara. Mindnyájunknak egyharmad valószínűsége van a rák okozta halálra. Rák következtében vesztettem el azt a két emberi lényt, akit életemben legjobban szerettem. Ezeket a sorokat azután írom, hogy a tv-ernyőn véletlenül megláttam, hogy a kormány a rákkutatásra szánt összeget 5 millió dollárral csökkentette, ezáltal ennek a szörnyű problémának megoldását lényegesen hátráltatja. Ugyanabban a programban a bemondó azt is közölte, hogy a Ház 20 milliárd dollárt szavazott meg a katonai költségek,

különösképpen pedig az ABM program emelésére. Vajon tisztában volt-e a Kongresszus azzal, hogy 20 milliárd 4-ezerszer annyi, mint 5 millió? Avagy azzal, hogy az Egyesült Államokban minden két percben egy ember meghal rákban, többnyire súlyos szenvedés után? Hogy minden nőnek, aki könyvemet olvassa, egyharmad valószínűséggel műtéttel a mellét eltávolítják, de ez nem menti meg sok szenvedéstől és a haláltól? A Kongresszus és a Szenátus tagjai is egyharmad valószínűséggel rákban fognak meghalni, bármily hatalmasnak is érzik magukat jelenlegi pozíciójukban. A rák olyan probléma, amit meg lehet oldani. Még ha el is tekintünk minden humanitárius szemponttól, ez a költségvetés-csökkentés igen szerencsétlen takarékoság, mert a rákbetegek kezelése és ápolása dollármilliárdokba kerül. Öt millió dollárt könnyen meg lehetett volna takarítani egy egész csekély előrehaladás útján a rákkutatásban. –

## KÍSÉRTET A KÍSÉRLETBEN avagy az Einstein–Podolsky–Rosen-paradoxon utóélete

Lovas Rezső  
ATOMKI, Debrecen

1935-ben Einstein, Podolsky és Rosen a mikrorendszereken végzett mérések közkezen forgó kvantummechanikai értelmezésének egy furcsa következményére mutatott rá, amelyet azóta Einstein–Podolsky–Rosen-paradoxonnak ismerünk. Úgy vélték, hogy e paradoxon egyetlen elfogadható magyarázatát az adhatja, ha feltételezzük, hogy a kvantummechanikai leírás nem kimerítő. Egészen 1964-ig azonban nem volt remény, hogy e feltevést hitelt érdemlően bizonyítani vagy cáfolni lehessen. Ekkor azonban a paradoxonhoz vezető gondolat kísérlet egy másik változatának vizsgálata során Bell kimutatta, hogy e feltevés bizonyos körülmények között a kvantummechanikának ellentmondó eredményre vezet. A 70-es évek során számos kísérletet hajtottak végre e kérdés eldöntésére. A 80-as évek elejére elsősorban Aspectnek és munkatársainak mérései perdöntően bebizonyították a kvantummechanika igazát. Ezen eredmény, noha várható volt, a paradoxon nyugtalanító mivoltát még élesebben tárja elénk.

### 1. Bevezetés

Jól ismert történeti tény, hogy a kvantummechanika diadalútját az alapítók meghasonlása kísérte. Miközben gyűltek a bizonyítékok arra, hogy a kvantummechanika a mikrovilág igen pontos leírását képes

adni, dúltak a viták e leírás értelmezéséről. Végül is az az értelmezés vált leginkább elfogadottá, amelyet Bohr és Heisenberg dolgozott ki, s amelyet ma ortodox vagy koppenhágai interpretáció néven szoktak emlegetni. Az alapítók közül pl. Planck, Einstein, de Broglie és Schrödinger a koppenhágai értelmezés ellenzékéhez tartozott, s közülük Einstein volt a leg-harcosabb: Einstein nem rokonszenvezett a kvantummechanika statisztikus jellegével sem, de fő ellenvetése a kvantummechanika feltételezett "teljesége", vagyis kimerítő volta ellen irányult. Ebbeli véleményét fejtette ki egy paradox gondolat kísérletre alapozva 1935-ben Boris Podolskyval és Nathan Rosennel közösen írott cikkében [1]. Válaszcikkében Bohr [2] sokak számára megnyugtatóan oldotta meg az Einstein, Podolsky és Rosen (EPR) által fölvetett paradoxont. Ezzel a koppenhágai értelmezés javára billentette a mérleget, s mintegy feledésre látszott ítélni az EPR-paradoxont.

A kvantummechanika tökéletlensége mellett felhozott érvek közös alapja a következő. A kvantummechanika csak olyan állapotokat enged meg, amelyekben a rendszeren elvégezhető méréseknek csak egy leszűkített köre vezethet egyértelmű eredményre. Ha pl. egy részecske impulzusa meghatározott, akkor a helyzete meghatározatlan és viszont. Ezt a tényt fogalmazzák meg pontos formában a Heisenberg-féle határozatlansági összefüggések. Ha-