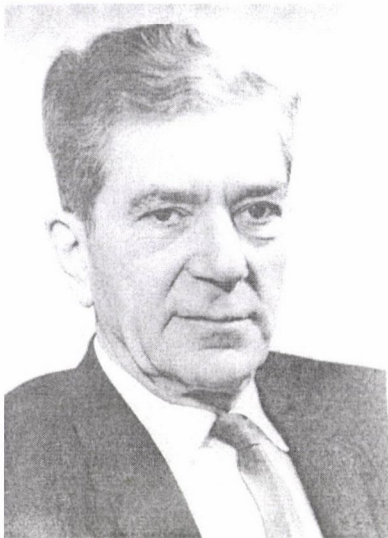


## Bay Zoltán, a kísérleti fizikus



Stephen Sisa, magyar-amerikai újságíró „csodálatos hetes”-nek nevezi a Szilárd-Wigner-Neumann-Teller-Kármán-Szent-Györgyi-Bay természettudósok csoportját [1]. Én szentháromságról beszélek: a 19. és a 20. század három legjelentősebb magyar kísérleti fizikusa és legkiválóbb tanáregyénisége: Jedlik Ányos, Eötvös Loránd és Bay Zoltán.

Bay Zoltán Szent-Györgyi Alberttel együtt 25 év távollét után jött először haza Magyarországra az Amerikai Egyesült Államokból. Ekkor az Eötvös Loránd Fizikai Társulat felkérésére előadást tartott a MTESZ Kossuth téri székházában Budapesten. 1973. október 29-én az új méterszabványra vonatkozó javaslatáról szóló előadásának kezdetén az alábbi mondatait jegyeztem fel: „A természet fundamentális állandóját, most  $c$ -t, a fénysebességet, nagyobb pontossággal mértük, mint amit a mérőrendszer megenged. A kísérleti módszer adja ezt a lehetőséget.”

Születésének centenáriuma alkalmából a továbbiakban arra vonatkozóan mutatunk példákat, hogy a tudományos eredményeinek elérésekor milyen kísérleti módszerek alkalmazásával, milyen mérési ötletekkel tudta Bay Zoltán a mérési pontosságot fokozni, hogyan tudta a más fizikusok által megoldhatatlannak ítélt feladatokat végrehajtani. Foglalkozunk az új méterszabvány kidolgozásával, illetve azzal, hogy miképpen tudta a jel/zaj viszonyt nagymértékben csökkenteni az elektronsokszorozónál és a Hold-radar-kísérletnél.

Bay Zoltán Eötvös Loránd hatására választotta a fizikusi pályát, bár őt magát Eötvös már nem taníthatta. (Az 1918–19-es tanév első félévében Bay leckekönyvében még szerepel „Kísérleti fizika, Dr. Eötvös Loránd báró”, de a „jelesen colloquált” beírás mellett már *Rybár* aláírás van.) Az eötvösi eszmék és a budapesti Eötvös Kollégiumban eltöltött öt esztendő meghatározó szerepet játszott kísérleti fizikussá válásában és sokoldalúságának kialakításában. További szellemi gyarapodást jelentett számára, hogy 1926 és 1930 között Berlinben volt kísérleti fizikusi ösztöndíjas kutató. Itt *Max Planck*, *Albert Einstein*, *Erwin Schrödinger*, *Max von Laue* és esetenként még *Niels Bohr* és *Werner Heisenberg* előadásait is hallgathatta, társaságukat élvezhette. Ebben az időben több magyar szellemőriás is tanult, kutató volt vagy tanított Berlinben: *Neumann János*, *Wigner Jenő*, *Polányi Mihály*, *Szilárd Leó*, *Gábor Dénes*. Bay Zoltán velük is kapcsolatban lehetett.

### Bay Zoltán legjelentősebb tudományos eredményei

1. 1929-ben Berlinben kimutatta, hogy a kémikusok által aktív nitrogénnek nevezett gáz *nitrogénatomokból* áll [2]. Sikerének titka az volt, hogy a gázkiszülési csőre *kívülről* helyezte rá a gyorsítótekerceszt, ugyanúgy, ahogyan az *ugyancsak 100 évvel ezelőtt*

született Gábor Dénes tette az elektron fókuszálásakor (s ezzel elősegítette az elektronmikroszkóp megszületését).

2. 1937–38-ban Budapesten az addig csak elektronikus erősítésre használt elektronsokszorozót alkalmassá tette egyedi fény- és gammafotonok, elektronok és alfa-részecskék detektálására [3, 4]. (Az MTA levelező tagjává választották 1937. április 29-én. Elektronsokszorozó, mint elektronszámláló c. székfoglalóját 1938. április 11-én tartotta.)

3. 1946. február 6-án a Földön másodikként radarvisszhangot észlelt a Holdról. Ezzel elindította a radarcsillagászatot [5]. (Az MTA rendes tagja lett 1945. május 30-án. Mikrohullámok visszaverődése a Holdról c. székfoglalóját 1946. november 18-án mondta el.)

4. 1955-ben Washington D.C.-ben kimutatta, hogy a Compton-effektusnál a rugalmatlanul szórt gamma-kvantum és a meglökött elektron  $10^{-11}$  másodpercen belül egyidőben repül szét. A mai napig senki nem bizonyította ennél nagyobb pontossággal a Compton-effektus elemi folyamatában is megmutatkozó két természeti alaptörvény – az impulzus- és az energiamegmaradás – érvényességét [6]. Eredményességét annak köszönhette, hogy alkalmas sugárforrást választott: a hatvanas kobaltból béta-sugárással keletkező hatvanas nikkel-izotópot. A méréshez megalkotta a *differenciális koincidencia* készüléket. Ebben egyszerre két azonos – az általa kifejlesztett érzékeny és gyors elektronsokszorozókból álló – koincidencia-berendezéssel dolgozott.

5. Washingtonban 1965-től kezdve haláláig folytatta a fénysebességre vonatkozó vizsgálatait [7]. Kimutatta a fénysebesség állandóságát, frekvenciafüggetlenségét, az optikai rezgésszám frekvenciaáthelyezés (lebegés) segítségével végzett meghatározásával igen pontosan mérte a fénysebességet. Ezek alapján javasolta, hogy a méterszabványt a fénysebességre alapozzák. Javaslatát 1983-ban fogadták el.

Ez irányú munkássága alapján az MTA tiszteleti tagjává választotta 1981. május 5-én. Székfoglaló előadását A radarcsillagászat és a speciális relativitáselmélet címmel 1981. május 20-án tartotta. Teljes jogú tagságát az Akadémia 1989-ben állította vissza.

## Az elektronsokszorozó

*Selényi Pál* az Egyesült Izzó kutatólaboratóriumának egyik kiváló fizikusa volt. Nagyszögű fényinterferencia-kísérletével cáfolta Einstein túsugárzás-elméletét. Kidolgozta az elektrosztatikus képátvitelt, a xerox-eljárást. Amikor *Vladimir Kosma Zworykin*, orosz származású amerikai fizikus, az RCA rádiógyár világhírű kutatója, az elektronikus televíziózás felfedezője az Egyesült Izzóban járt, megmutatták neki Selényi eljárását. Zworykin ügyes iskolai demonstrációs kísérletnek minősítette azt. Selényi Pál hitt neki, nem fejlesztette tovább feltalált eljárását.

A katódsugarakkal foglalkozó kutatók már a 20. század legelején észlelték, hogy a katódsugarak bizonyos fémfelületekből elektronokat képesek kiváltani. Ezt a jelenséget szekunder (másodlagos) emisszióknak nevezzük. Többek között a pozsonyi születésű, Nobel-díjas *Lénárd Fülöp* is foglalkozott ezzel a jelenséggel. *Joseph Slepian* gondolt először arra, hogy a *szekunder emisszió* jelenségét fel lehetne használni elektronikus erősítési célokra. Az első ténylegesen működő, elektronikus erősítésre tervezett elektronsokszorozót, a „másodlagos emissziós erősítőt” Zworykin alkotta meg 1935-ben az RCA camdeni intézetében, New Jersey-ben.

A szekunder emisszió során kibocsátott elektronok száma arányos a becsapódó elektronok mennyiségével. Az arányossági tényező, a sokszorozódási tényező a bombázott felületről és a becsapódó elektronok sebességétől függően akár tíz is lehet.

1937-ben az Egyesült Izzóban is voltak már külföldi gyártmányú elektronsokszorozók, amelyeket fotoáramok erősítésére használtak. Bay Zoltánnak az a gondolata támadt, hogy az elektronszámlálás sebességét fokozni lehetne, ha ionlavina helyett vákuumban elektronlavinával dolgoznának. Ekkor mikroszekundumok helyett csak néhány nanoszekundum kellene a lavina létrejöttéhez. „... kapóra jött, hogy 1937-ben Zworykin

látogatóba jött Budapestre” – mondta Bay Zoltán egy budapesti beszélgetésekor. „Elmondtam neki gondolatomat, hogy az elektronsokszorozást részecskeszámlálásra, azaz individuális fotonok és elektronok kimutatására és számlálására akarom használni. Zworykin kijelentette, hogy ez teljességgel lehetetlen. Az ilyen fotoerősítőknek igen nagy a zajja és lehetetlen ezt annyira lecsökkenteni, hogy az individuális fotonokat észlelni lehessen vele. Én nem értettem egyet vele, mert a zajt le lehet csökkenteni, ha az egész sokszorozót lehűtjük a folyékony levegő hőmérsékletére. A küszöáramok, melyek a kivezető drótok között kószálnak, elektromos kisüléseket hoznak létre. Ezek elkerülésére segítségül hívtam az Izzó üvegtechnikusait, akiknek akármilyen lehetetlen feladatot adott is a kutató, azt mindig megoldották. Így az egész elektronsokszorozót behelyeztük száraz nitrogén atmoszférába.” [8]

Ezenkívül a sokszorozó csövet fekete papírba burkolták, ez segítette a hűtési folyamatot és védett a szórt fények ellen is. A fotokatód megvilágítását vízzel telt edényen keresztül végezték, így kiszűrték az infravörös sugarakat. Csupa egyszerű, középiskolában is megérthető, tanítható tény, és mégis együttesen lehetővé tették a kísérlet sikerét. Egy olyan kísérletét, amelyről világhírű feltaláló jelentette ki, hogy elvégezhetetlen.

*Bay Zoltán volt tehát az első, aki egyes elektronokat tudott sokszorozójával észlelni.* E tényről két rövid közleményben számolt be az új tudományos hírek általánosan elfogadott bejelentési folyóiratában, a Nature-ben. A kiadónak küldött levelében leírja, hogy a szobahőmérsékleten  $10^{15}$  nagyságrendű percnkénti elektronbecsapódást a folyékony levegővel történt hűtés és a már felsorolt ötletek alkalmazásával percnként 40 elektronra tudták leszorítani. Mindössze ekkora lett a megvilágítás nélkül folyó „sötétáram”.

Az 1938. június 4-i Nature-ban már arról adott hírt, hogy az elektródák anyagának és felépítésének megváltoztatásával sikerült a számlálót *szobahőmérsékleten működtetni*. Nikkel alapra felvitt igen vékony báriumoxid réteget használt katódként. 2,5-szeres sokszorozódási tényezővel, 200 V feszültségkülönbségekkel a tíz fokozatú elektronsokszorozóval tízezeres erősítést ért el, miközben a sötétáramot percnként 5 elektron becsapódására tudta leszorítani. Ez a percnkénti öt elektron valószínűleg a kozmikus sugárzásból eredt.

A katód izgatásakor, vagy igen gyenge fénnel történő megvilágításakor keletkeztek azok az elektronok, amelyeket eszközével *egyesével* tudott érzékelni. Bay Zoltán kiemeli a sokszorozó másik hatalmas előnyét, az óriási mértékben (1000-10000-szeresen) megnövekedett felbontóképességet a gázos számlálókkal szemben. Alkalmas felépítés esetén  $10^8$  elektron számlálható meg másodpercnként. A levél dátuma 1938. április 25. Mindkét írás azonos című: „Electron-Multiplier as an Electron-Counting Device”.

Meg kell említenünk, hogy közvetlenül az 1938-as budapesti felfedezés után többen kértek fotoelektron-sokszorozót Bay Zoltántól. Heisenberg például kozmikus sugárzás tanulmányozására. Amerikában az ötvenes évek elején Neumann János a számítógépek működését akarta meggyorsítani a Bay-féle sokszorozókkal. El is indult az ilyen irányú kutatás, de Neumann 1957-ben bekövetkezett halála miatt abbamaradt.

Bay Zoltán elektronsokszorozói méltók arra, hogy a világ legnagyobb múzeumában, a washingtoni Smithsonian Institutionban őrizzék azokat. Az általa 1964-ben adományozott, egybeépített, két 1946-ból származó csövet 1977 és 1988 között láthatta a nagyközönség az „Atomromboló – 50 év” c. kiállításon a – mai nevén – National Museum of American History épületében. Jelenleg *Joseph Weber* gravitációshullám-detektora és a korai ciklotronok társaságában, gondos csomagolásban raktárban pihen. A tudományos eredmény azonban tovább él: napjainkban is fotoelektron-sokszorozókat használnak a gamma-spektroszkópiában.

## A Hold-radar

Bay Zoltánt és kutatócsoportját bízták meg azzal a feladattal, hogy katonai célokra radar-észlelőt fejlesszenek ki, illetve mikrohullámú adó-vevő készülékkel összeköttetést

hozzanak létre. 1943-ban már tudtak földi tárgyakat észlelni, illetve 30, majd 100 km-re összekötöttést létrehozni.

Bay Zoltánnak 1944 elején az a – megoldhatatlannak látszó – tudományos ötlete támadt, hogy radarozzák meg a csaknem 400 000 km-re levő Holdat. Nem lehetett tudni, milyen hullámhosszon dolgozzanak, hogy a radarhullámok átjussanak az ionoszférán, kijussanak a világűrbe. A 2,5 m-es hullámhossz választása megfelelőnek bizonyult. Bay Zoltán már ekkor azt a kijelentést tette: „*Ez a tény fontos gyakorlati szerephez juthat a bolygóközi utazásoknál*”. A számítások azt mutatták, hogy a kibocsátott jel tizenöt-tizenhat nagyságrenddel gyengébben fog visszaérkezni. A berendezés megfelelő átalakításával, sok-sok technikai ötlet megvalósításával eljutottak addig, hogy a hasznos jel tizede lesz a fellépő zajnak. Ekkor támadt Bay Zoltánnak a *jelisméltelési és jelösszegezési ötlete*. Ezt úgy mondta el Debrecenben az Eötvös Loránd Fizikai Társulat vándorgyűlésén 1975. augusztus 22-én, hogy érezhettük, erre a legbüszkébb. Ugyanis ő nemcsak elindította a radarcillagászatot, hanem mind a mai napig az ő technikai eljárását alkalmazzák. Az amerikaiak a Hold-radar-kísérlettel egy *háborúmentes országban* egy hónappal megelőzték a Bay-csoportot. Az ő készülékük műszakilag *fejlettebb* volt, *de nem továbbfejleszthető*, mert ők nem alkalmazták a jelösszegezés módszerét. Bay Zoltán még vízbontó készülékekkel összegezte a gyenge jeleket, ma számítógép végzi ezt a feladatot, az alapötlet azonban azonos: „Többször kell megismételnünk a kísérletet, majd a Holdról visszaérkező apró jeleket, melyeket elborít a zaj tengere, megőrizzük és összegezzük. A valószínűség-számítás szabályai azt mutatták, hogy esetünkben körülbelül ezerszer kell a kísérletet elvégeznünk, hogy jelünk a zajnívó fölé emelkedjék és mérhetővé váljék. A mikrohullámú jelek a Holdig és az onnan visszavezető utat együtt: két és fél másodperc alatt teszik meg. Ha három másodpercenként küldünk impulzusokat és a visszavert jeleket összegezni akarjuk, azt jelenti, hogy az ezerszer megismételt kísérlet jeleit ötven percig kell tárolnunk.” – mondta Bay Zoltán 1986 júliusában a *Staar Gyulának* adott interjúban [9]. Félelmetes a hasonlóság a 10 coulométerből álló, forgókapcsolóval működő radarjel-összegező és Jedlik Ányos akadémiai székfoglalójában, 1859. november 14-én ismertetett 12 részes, összetett, automatikusan működő forgó Volta-métere (coulométere) között. Bay Zoltán Jedlikről függetlenül alkotott, Jedlik száz évre előre dolgozott. Egyedül ez a tíz részes coulométer van meg még a Holdradar-berendezésből: a budapesti Műszaki Múzeum őrzi azt.

Bay Zoltánék Hold-visszhang kísérlete minden fontos lexikonban, alapvető rádiócsillagászati könyvben szerepel, a Radio Astronomy 1952-es kiadásától kezdve az Encyclopedia Americana köteteiig.

## A fényre szabott méter

Staar Gyula szavait kölcsönöztük alcímként. Bay Zoltánnak az egységes tér-időről alkotott filozófiai nézetei adhatták az alapot ahhoz, hogy kidolgozta a fénysebességre és az idő mérésére alapított új távolságegységet, a „fényre szabott métert”. Én ezt tartom a legnagyobb érdemének. A rádiócsillagászat, a koincidenciamérések kevesek tudománya. De azt a kérdést minden földi embernek meg tudni válaszolnia, hogy mekkora egy méter. „A Föld délkörének negyvenmilliomod része.” – hangzott egykoron a választ. *Rögzítették* is ezt az értéket a platina-irídium ösméterrel Sèvres-ben (1799).

Az újabb definíciók nem az adott hosszúság nagyságán, hanem csak a reprodukálás módján változtattak. 1983-ig azt mondtuk, „A méter olyan hosszúság, amely a 86-os tömegszámú kriptonatom 2  $p_{10}$  és 5  $d_5$  szintjei közötti átmenetnek megfelelő sugárzás vákuumban mért hullámhosszának 1 650 763,73-szorosával egyenlő” (1987-61 számú 1960. évi magyar kormányrendelet).

Bármennyire pontosak voltak is a hullámhosszmérések, mégis három nagyságrenddel elmaradtak az időmérés pontossága mögött. Bay Zoltánnak az az ötlete támadt: definiáljuk a métert az *állandónak vett fénysebesség* és az igen pontos időmérés alapján.

Ekkor a méter definíciójának pontossága mindig megegyezik majd az időmérés pontosságával.

Azt a gondolatot, hogy a mértékegységeket természeti egységekre alapítsuk, először Max Planck vetette fel 1906-ban. *Christiaan Huygens* gondolt először arra, hogy a *távolságot, az inga hosszát a lengés ideje alapján határozza meg* (1673).

A méter esetében a gyakorlati megvalósításhoz nagyon sok kísérleti feladatot kellett megoldani.

1. Bay Zoltán igazolta, hogy a fény sebessége  $10^{-14}$  hibahatáron belül független a laboratórium mozgásától.

2. Azt is megmutatta, hogy a fénysebesség az infravörös, a látható és az ultraibolya tartományokban  $10^{-20}$  hibahatáron belül független a fény rezgésszámától. Ez a pontosság akkora, mint a hidrogénatom átmérője a Föld-Nap távolsághoz képest.

3. Ki kellett mutatni, hogy a fénysebességet az egyirányban haladó fénysugarak is állandónak adják. Ez is sikerült Bay Zoltánnak 1981-ben.

4. El kellett érni, hogy fényrezgésszámot közvetlenül atomórával lehessen mérni, ugyanúgy, ahogyan az a mikrohullámú technikában már megvalósult. Bay Zoltánnak e területen az az ötlete támadt, hogy a lézertényt elektrooptikailag modulálta, azaz összekapcsolta a lézer- és a mikrohullámú technikát. A hanglebegésnél az iskolában is tanított rezgőösszetevést ő a lézertényre alkalmazta. Ezzel elérte, hogy – az egyébként közvetlenül nem mérhető – optikai rezgésszám a mérhető mikrohullámú rezgésszám többszöröseként adódott. A  $4,73 \times 10^{14}$  Hz vörös lézertény a  $10^{10}$  Hz mikrohullámú rezgésszám 47300-szorosa. Ezzel a „frekvenciaáthelyezési” módszerrel ötszörösen csökkentették az akkori hibahatárt. E mérésről a *Physikalische Blätter* (1972, 12. sz. 569. o.) azt írta, hogy az „kiemelkedő teljesítmény a kísérletezés művészete és az emberi gondolkodás terén”.

A kitzűzött kísérleti feladatok megoldása után következett a legnehezebb feladat. Az iskolások által is megérthető, de a hagyományokkal ellenkező, új gondolatot el kellett fogadtatni a tudományos és a hivatalnok-világgal. Meghatározták a fény sebességét a hullámhossz standard pontosságán belül *távolság- és időmérés* segítségével, és most a távolságot ezzel a fénysebességgel akarták definiálni. Ez valóban ellentmondó feladat lenne, ha nem figyelünk arra a tényre, hogy a fénysebességmérésnél a bizonytalan utolsó számjegy értékében *megállapodtak*, majd kijelentették, hogy minden ezután következő tizedesjegy nulla. Rögzítették, állandónak vették tehát – a természet után – most már hivatalosan, szabványszerűen is a fény sebességét. És ekkor az időt egy *állandó* értékkel szorozva valóban lehet definiálni a távolságot. Ez mindenkor az időmérés pontosságával történhet, ami jelenleg  $10^{-13}$ . „1 méter a fénymásodperc 299 792 458-ad része, az a távolság, amelyet a fény vákuumban egy másodperc 299 792 458-ad része alatt megtesz.” (Nemzetközi Mértékügyi Konferencia, 1983. október 6.)

Hangsúlyozom: 1983-tól nem tudományos feladat többé a fénysebességmérés. A fénysebesség – a megállapodás miatt – mindörökké teljesen pontosan ismert érték: 299 792 458 m/s. Csupán iskolai feladat lehet már a fénysebesség meghatározása: hogyan is csinálták ezt régen?

Gyulaváriban, Bay szülőháza előtt a Bay Zoltán-emlékköbe vésve ez áll: *SIC ITUR AD ASTRA*. Az emlékkő alján: *AZ ÉLET ERŐSEBB*. Jellemző, szép szavak. Arkhimédész sírján – még ha csak a monda szerint is – ott áll: *1 : 2 : 3* utalván az általa kiszámított térfogatarányokra. El kellene érni, hogy Bay Zoltán sírkövén álljon ott ez a kilenc számjegy: *299 792 458*.

Bay Zoltán saját sorsának bemutatásával már 1950-ben és 1951-ben megírta „a magyarság küzdelmét; előbb a hitlerizmus idején a háború alatt, majd a törekvést, mely egy tiszta demokratikus állam megvalósítását célozta, de mely Moszkva nyomása és kényszere folytán végül kommunista diktatúrává fajult” (*Az élet erősebb; Csokonai-Püski, 1990*). Nagyszerű regény, tanulságos, élvezetes olvasmány. A címet adó gondolat 1945 tavaszán fogalmazódott meg a szerzőjében. A háború rombolásai, a dunai árvíz szennye, a Tungsram gyár barbár leszerelése után minden reménytelennek tűnt. Azonban a

gyárudvaron álló fa ügvet sem vetett minderre, tavasz volt, ezért kivirágzott: az élet erősebb, ezért reménykedhetünk, hogy ma is legyőz minden aljasságot és barbárságot.

*IRODALOM:*

- 1 *Stephen Sisa: America's Amazing Hungarians*, published by the author, Huddleston, 1987.
- 2 *Z. Bay, W. Steiner* 1929, Über den aktiven Stickstoff, Zeitschrift für elektrochemie, 35, 733
- 3 *Z. Bay* 1938a, Electron-Multiplier as an Electron-Counting Device, Nature, 141, 284, 1938. febr. 12.
- 4 *Z. Bay* 1938b, Electron-Multiplier as an Electron-Counting Device, Nature, 141, 1011, 1938. jún. 4.
- 5 *Bay Zoltán: Hazai mikrohullám-kísérletek*, Különlenyomat az Elektrotechnika 1–5. és 6–8. számaiból
- 6 *Z. Bay, V.P. Henri, F. McLernon* 1955, Simultaneity int he Compton Effect, Physical Review, 97/6, 1710
- 7 Part A: Precision Measurement of the Speed of Light, Part B: Proposal for a New Length Standard, in Internal NBS Report [by *Z. Bay*]; A Nemzeti Szabványügyi Hivatal (National Bureau of Standards) 58 oldalas kiadatlan belső beszámolója 1965 januárjában
- 8 *Gnädig Péter* 1979, Az első elektronsokszorozó – Beszélgetés Bay Zoltánnal, Természet Világa, 110, 374
- 9 *Kovács László* 1995, Bay Zoltán, a kísérleti fizikus; Dissertationes Savarienses 8, Szombathely. (Itt megtalálhatók azok a forráshelyek is, amelyeket néhány idézetnél és cikknél nem adtam meg a szövegben.)

## *Tihanyi Katalin*

# A televízió nagy magyar úttörője

„A tudomány haladása néhány építőmesteren áll vagy bukik, néhány vezérlő szellemen, akik képesek évtizedekre feladatot adni a szorgos seregeknek.”

*Friedrich Schiller*

*A történetírás a 20. század egyik nagy találmányaként tartja számon azt a televíziórendszert, amely – Tihanyi Kálmán hetven éve publikált angol és francia szabadalmi nyomán – új irányt szabott az akkor már ötven éve vajdó kísérleteknek. Ez a találmány, a távolbalátás fejlesztésénél világosan kivehető három „evolúciós ugrás” közül az utolsó tette lehetővé a televíziós technika kivirágzását.*