

VI. Fizika a társadalomban: egészségügy, kultúra, technológia

Számtalan olyan területen nyilvánul meg a társadalomnak a tudománnyal szembeni pozitív várakozása, ahol egy-egy konkrét gyakorlati kérdésre igényelnek megoldást. E fejezetben néhány példát mutatunk be, amelyekben a fizika tudományának vívmányait hazai fizikusok közvetlen gazdasági/társadalmi hasznot hozó feladatok megoldására fordítják. Ezek a kihívások gyakran a fizikától igen távoli területekre vezetnek.

Elsőként a reaktorfizika területéről említünk néhány példát. Az ott elért eredmények alapvető fontosságúak hazánk biztonságos energiaellátása szempontjából. Ezután a környezetünk védelmét elősegítő kutatásokat mutatunk be. A következő részben a lézerek különböző alkalmazásaira szakosodott, fizikusok által életre hívott néhány kisvállalkozást mutatunk be. Majd a lézeres szemműtékek magyar vonatkozásait foglaljuk össze. Az utóbbi három téma hatása elsősorban az egészségügyre és az orvostudományra gyakorolt jelentős hatást. Végül a kulturális örökség vizsgálatára fizikusok által kifejlesztett módszereket mutatunk be. Ezek az eredmények a társadalomtudományok fejlődésére vannak nagy hatással.

VI.1. Reaktorfizika és nukleáris adatok

A hazai reaktorfizikai kutatások célja a működő Paksi Atomerőmű és kutató-oktató reaktorok biztonságos üzemeltetése során felmerülő kérdések és fejlesztések tudományos megoldása és egyes új típusú, ún. negyedik generációs reaktorok (GEN IV) kutatása és fejlesztése (K+F). A hazai K+F-intézetek az MTA EK, a BME NTI és a NUBIKI több tucat nagy hazai támogató, az EU, a NAÜ és a NEA által meghirdetett pályázatban vettek és vesznek részt. A projektek lényeges része számítógépi kódok fejlesztése és ezek kísérleti igazolása. Nemzetgazdasági szempontból legfontosabb eredményeik a Paksi Atomerőmű négy reaktorblokkjának üzemidő-hosszabbítása és teljesítményük növelése [CS1], valamint teljes léptékű és alapelvi oktató-szimulátor berendezések létrehozása [CS2]. Ezek mellett kiemelkedő eredményeket értek el a baleseti körülmények következményeinek kutatásában is [CS3].

A GEN IV reaktorok, elsősorban a héliumhűtéses ALLEGRO reaktor, K+F-ében is részt vesznek egy a visegrádi-négyekkel kialakított együttműködés keretében. Ezt egészíti ki a Budapesti Kutatóreaktor neutronyalábján EU-s projektek támogatásával biztosított nyílt hozzáférési rendszerben végzett nukleárisadat-mérések és a NAÜ által koordinált kutatások végzése [CS4], melyek hozzájárulnak a reaktorszimulációs és atommagreakció-kódok jóslatainak a pontosításával az új reaktorok biztonságos és költségtakarékos üzemeltetésének megtervezéséhez. E kutatások segítik a nukleáris hulladék veszélyességi időtartamának századrészére (kb. 1000 év) csökkentését és a meglévő uránkészlet kiegészítését új hasadóanyag előállításával, miközben hasznos elektromos vagy hőenergia is képződik.

VI.2. Környezet és sugárfizika

Az emberre ható környezeti ártalmak számottevő része aeroszokok belégzéséből származik.

Az aeroszokok koncentrációjának mérésére hazánkban az utóbbi 30 évben számos új, sőt egyedülálló csúcstechnológia alakult ki. Ilyen a gyorsítós analitikai technika [E1] (Atomki), a távméréses lézeres technika (MTA Wigner FK), az ultrafinom részecskék detektálása (ELTE), és kémiai analízisük (Veszprémi Egyetem). Létrejött egy három évtizedre visszatekintő adatbázis a régió aeroszol-szennyezettségéről (Atomki), amely egyedülálló Európában, és számos érdekes aeroszolfajta fizikai, kémiai és biológiai paramétereit felmérték és leírták,

például a Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérét (MTA EK és MTA Wigner FK), a dohányfüstét, pollenekét, a vörösiszapét [E2] és gyógyszereket (MTA Wigner FK).

Az egészségre gyakorolt hatás jellemzésére nemzetközi együttműködés keretében (MTA EK és a Salzburgi Egyetem) az elmúlt 30 év során kifejlesztettek egy flexibilis és precíz, Monte-Carlo-módszeren alapuló flexibilis és precíz aeroszol-kiülepedési és -tisztulási modellt [E3, E4]. Ez az emberi légzőrendszerbe került aeroszokok légúti kiülepedésének eloszlását, tisztulását, valamint ha radioaktív, akkor dóziseloszlását írja le mind egészséges ember, mind számos jellemző légzőrendszeri betegség esetére. A lokális, akár sejtszintű, légúti terheléseloszlást a világon először hazánkban számították ki (MTA EK), numerikus áramlástan 3D légúti modell segítségével.

VI.3. Lézeralkalmazások

A lézerek hazai alkalmazása a 60-as években, az első magyar lézer megépítése után kezdődött a KFKI-ban (1963). Mára a hazai lézerfejlesztéseket sikeresen hasznosítják az orvostudományban, a környezetvédelemben, valamint az ipar számos területén. Az MTA kutatóintézeteiben és az egyetemeken született eredmények alapján számos olyan kis- és közép vállalkozás jött létre, amelyek több tucat országba exportálnak élvonalbeli lézeres berendezéseket. Ilyen pl. a LASRAM – ipari és orvosi lézerberendezések fejlesztése és gyártása, az OPTILAB – csörpölt lézertükrök és különleges optikai bevonatok fejlesztése és gyártása, a SEMILAB – élvonalbeli félvezető-technológiai alkalmazások fejlesztése és gyártása, a Technoorg-Linda – holografikus lézerberendezések fejlesztése a geofizikai és geológiai alkalmazásokra, az Envi-Tech – környezetvédelmi és optikai mérés-technikai műszerek és technológiák fejlesztése és hasznosítása, a HILASE – fotoakusztikus berendezések fejlesztése. A FEMTONICS a femtoszekundumos lézertechnológiára és a BME Atomfizika Tanszékének akusztóoptikai kutatásaira alapozva világelső nagysebességű kétfotonos pásztázó mikroszkópokat fejleszt és gyárt agykutatási célokra [L6]. Hazai lézeres mérőberendezést alkalmaztak pl. a vörösiszap-katasztrófa következményeinek felmérésénél, amelyben a Wigner FK SZFI vett részt. Ugyanitt fejlesztettek olyan rugalmas, biokompatibilis és kémiaiilag semleges amorf szén védőbevonatot [L7], amely fémháló implantátumok (sztentek) felületére deponálva meggátolja a fém vérrel és érfallal való érintkezését, és így csökkenti a mellékhatások kialakulását. A hasonló eljárással készített amorf szén nanorészecskék adalékanyagként többszörösére növelték a szuperkondenzátorok kapacitását, amelyek az energiatárolásban játszanak fontos szerepet.

A lézeres technológiákat alkalmazó vállalkozások évente több milliárdos forgalmat bonyolítanak le, nagyban hozzájárulva a magyar technológiai szektor növekedéséhez.

VI.4. Lézeres szemműtétek

A látásjavító femtoszekundumos műtéti eljárások tudományos alapja az a Szegeden 1992-től végzett kutatás, amelyben a szaruhártya-lézer kölcsönhatást fizikusok és szemorvosok közösen tanulmányozták. A szemészeti lézerek és a műtéti technikák kifejlesztésében is ennek a bővülő lézerfizikus és orvos csapatnak volt meghatározó szerepe.

Az egyik ilyen eljárás az „fs LASIK” (Laser Assisted In Situ Keratomileusis), melynek során femtoszekundumos lézerimpulzusok sorozatával a szaruhártyán egy fölhajtható lebenyt alakítanak ki. A lebeny fölhajtása után a szaruhártya felszínét már excimer lézerrel alakítják át a kívánt alakra, végül a lebeny visszahajtása történik meg. A páciensnek ezután nem lesz

szüksége szemüvegre. A világon az első néhány száz fs LASIK műtétet Budapesten a Focus Medical magánklinikán végezték 1997-ben [L8].

Egy másik eljárás, a FLACS (Femtosecond Laser Assisted Cataract Surgery) műtét a szürkehályog-eltávolítás új módszere, ahol a lézer a hályog roncsolását végzi. FLACS műtétet világelsőként 2008-ban a SOTE szemklinikáján Nagy Zoltán hajtott végre [L9].

Az elmúlt évtizedben volt olyan év, amikor fs LASIK eljárással 1 millió műtétet végeztek a világ különböző országaiban, ami ekvivalens 500 műtét munkaóránkénti elvégzésével. A világban évi 30 millió szürkehályogműtétet végeznek, azaz munkanaponként 120 ezret. A FLACS lézer igen drága, így elterjedése (az USA-ban) egyelőre csak 15%. A lézeres szemműtétek pontosabbak és biztonságosabbak, mint a kézzel végzettek.

A femtoszekundumos szemműtétek kifejlesztése Magyarország számára sok nemzetközi elismerést hozott, amint azt a Nobel-díjas Gerard Mourou előadásaiban többször is kifejtette. Az emberiség számára valószínűleg ez a femtoszekundumos lézertechnológia eddigi legnagyobb jótéteménye.

VI.5. Kulturális örökség

Az Atomki atom- és magfizikai módszereket alkalmaz régészeti leletek és műtárgyak anyagösszetételének vizsgálatára és kormeghatározásra. Analizálták pl. a Seuso-kincset, a váci Fehérek templomából származó múmiacsontokat, honfoglalás kori ezüstvereteket és számos bronzkori leletanyagot. A vizsgálatok eredményei történeti jelentőségű információhoz juttatják a szakértőket, utalva technológiára, a nyersanyagok eredetére, korabeli kapcsolatrendszerre, ami az ismeretanyagon túl segíti a restaurátorok munkáját.

Radiokarbon-mérésekkel azonosítani lehetett a Szent Koronát I. István királynak hozó Asztrik kalocsai érsek relikviáit.

A BME Nukleáris Technikai Intézetében neutronaktivációval főleg régészeti kerámiák és történelmi relikviák elemvizsgálatát végzik. A Holt-tengeri tekercsek tárolóedényeinek eredetmeghatározásával kapcsolatot találtak az agyagedények és Qumran település között, és ez új megvilágításba helyezte a tekercsek származását is. Vizsgálták a koronázási palástot, és jelentős szerepük volt a Seuso-kincs magyarországi származási helyének bizonyítását célzó anyagvizsgálatokban is.

A Budapesti Neutroncentrum kutatói neutronbefogási és -szórási vizsgálatokkal pl. kőeszközök nyersanyagának eredetét [CH1], továbbá kerámia [CH2], üveg [CH3], fém [CH4] régészeti tárgyak előállítási technikáját határozták meg. Neutron- és protonnyalábbal vizsgáltak Kr. e. 3200-ból származó egyiptomi vasgyöngyöket [CH5]. Megállapították, hogy a gyöngyök vékonyra kalapált és hengeresen feltekert, meteorit eredetű vasból készültek. Ezzel igazoltak egy kb. 100 évvel korábbi feltevést.

A VI. fejezet hivatkozásai*

VI.1 fejezet

[CS1] A teljesítménynövelés éves szinten kb. 17 Mrd Ft nettó árbevétel-növekedést jelent, míg az üzemidő-hosszabbítás éves szinten kb. 170 Mrd Ft nettó árbevételt hoz a nemzetgazdaságnak, továbbá nem volt szükség új energiatermelő egységek felépítésére.

[CS2] Operátorok és szakemberek biztonságos oktatását, valamint nem szokványos atomerőművi tevékenységek biztonságos begyakorlását teszi lehetővé.

[CS3] **G. Házi, A. Márkus,**

On the bubble departure diameter and release frequency based on numerical simulation results,

International J. of Heat and Mass Transfer **52**, 1472 (2009)

[CS4] R. Capote, M. Herman, P. Oblozinsky, PC. Young, S. Goriely, T. **Belgya** , AV. Ignatyuk, AJ. Koning, S. Hilaire, VA. Plujko, M. Avrigeanu, O. Bersillon, MB. Chadwick , T. Fukahori , ZG. Ge, YL. Han, S. Kailas, J. Kopecky, VM. Maslov, G. Reffo, M. Sin, ES. Soukhovitskii, P. Talou

RIPL - Reference Input Parameter Library for Calculation of Nuclear Reactions and Nuclear Data Evaluations

Nuclear Data Sheet, **110**, 3107 (2009)

VI.2 fejezet

[E1] **I. Borbély-Kiss, E. Koltay, Gy. Szabó, L. Bozó, K. Tar**

Composition and sources of urban and rural atmospheric aerosol in eastern Hungary

Journal of Aerosol Science **30**, 369 (1999)

[E2] **A. Gelencsér, N. Kováts, B. Turóczy, A. Rostási, A. Hoffer, K. Imre, I. Nyirő-Kósa, D. Csákberényi-Malasics, A. Toth, A. Czitrovsky, A,** (+ 6 további szerző).

The red mud accident in Ajka (Hungary): characterization and potential health effects of fugitive dust

Environmental Science & Technology **45**, 1608 (2011)

[E3] **L. Koblinger,** W. Hofmann

Monte-Carlo modeling of aerosol deposition in human lungs. 1. Simulation of particle transport in a stochastic lung structure.

Journal of Aerosol Science **21**, 661 (1990)

[E4] **I. Balásházy,** W. Hofmann, T. Heistracher,

Local particle deposition patterns may play a key role in the development of lung cancer.

Journal of Applied Physiology **94**, 1719 (2003)

* *a magyar szerzők neve vastagon szedve (dőlt betűvel szerepelnek azok a magyar szerzők, akik az adott publikációban külföldi affiliációval szerepelnek)*

VI.3-VI.4 fejezetek

[L6] **G. Katona, G. Szalay, P. Maak, A. Kaszas, M. Veress, D. Hillier; B. Chiovini; E.S. Vizi; B. Roska; B. Rozsa,**

Fast two-photon in vivo imaging with three-dimensional random-access scanning in large tissue volumes,

Nature Methods **9**, 201 (2012)

[L7] **M. Veres, M. Koós, I. Pócsik,**

IR study of the formation process of hydrogenated amorphous carbon film,

Diamond and Related Materials, **11**, 1110 (2002).

[L8] **T. Juhasz, H. Frieder, R.M. Kurtz, C. Horvath, J.F. Bille, G. Mourou,**

Corneal refractive surgery with femtosecond lasers,

IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics **5**, 902, (1999),

[L9] **Z.Z. Nagy, A. Takacs, T. Filkorn, M. Sarayba,**

Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery,

Journal of Refractive Surgery **25**, 1053 (2009)

VI.5 fejezet

[CH1] **Zs. Kasztovszky, K. T. Biró, I. Nagy-Korodi, S. J. Sztáncsuj, A. Hágó, V. Szilágyi, B. Maróti, B. Constantinescu, S. Berecki, P. Mirea,**

Provenance study on prehistoric obsidian objects found in Romania (Eastern Carpathian Basin and its neighbouring regions) using Prompt Gamma Activation Analysis,

Quaternary International **510**, 76 (2019)

[CH2] **V. Szilágyi, J. Gyarmati, M. Tóth, H. Taubald, M. Balla, Zs. Kasztovszky, Gy. Szakmány,**

Petro-mineralogy and geochemistry as tools of provenance analysis on archaeological pottery: Study of Inka Period ceramics from Paria, Bolivia,

Journal of South American Earth Sciences **36**, 1 (2012)

[CH3] **A. Moropoulou, N. Zacharias, ET. Delegou, B. Maróti, Zs. Kasztovszky**

Analytical and technological examination of glass tesserae from Hagia Sophia

Microchemical Journal **125**, 170 (2016)

[CH4] **V. Kiss, K.P. Fischl, E. Horváth, G. Káli, Zs. Kasztovszky, Z. Kis, B. Maróti, G. Szabó,**

Non-destructive analyses of bronze artefacts from Bronze Age Hungary using neutron-based methods,

Journal of Analytical Atomic Spectrometry **30**, 685 (2015)

[CH5] **T. Rehren, T. Belgya, A. Jambon, Gy. Káli, Zs. Kasztovszky, Z. Kis, I. Kovács, B. Maróti, M. Martínón-Torres, G. Miniaci, V.C. Pigott, M. Radivojevic, L. Rosta, L. Szentmiklósi, Z. Szókefalvi-Nagy,**

5,000 years old Egyptian iron beads made from hammered meteoritic iron,

J Arch Sci **40**, 4785 (2013)