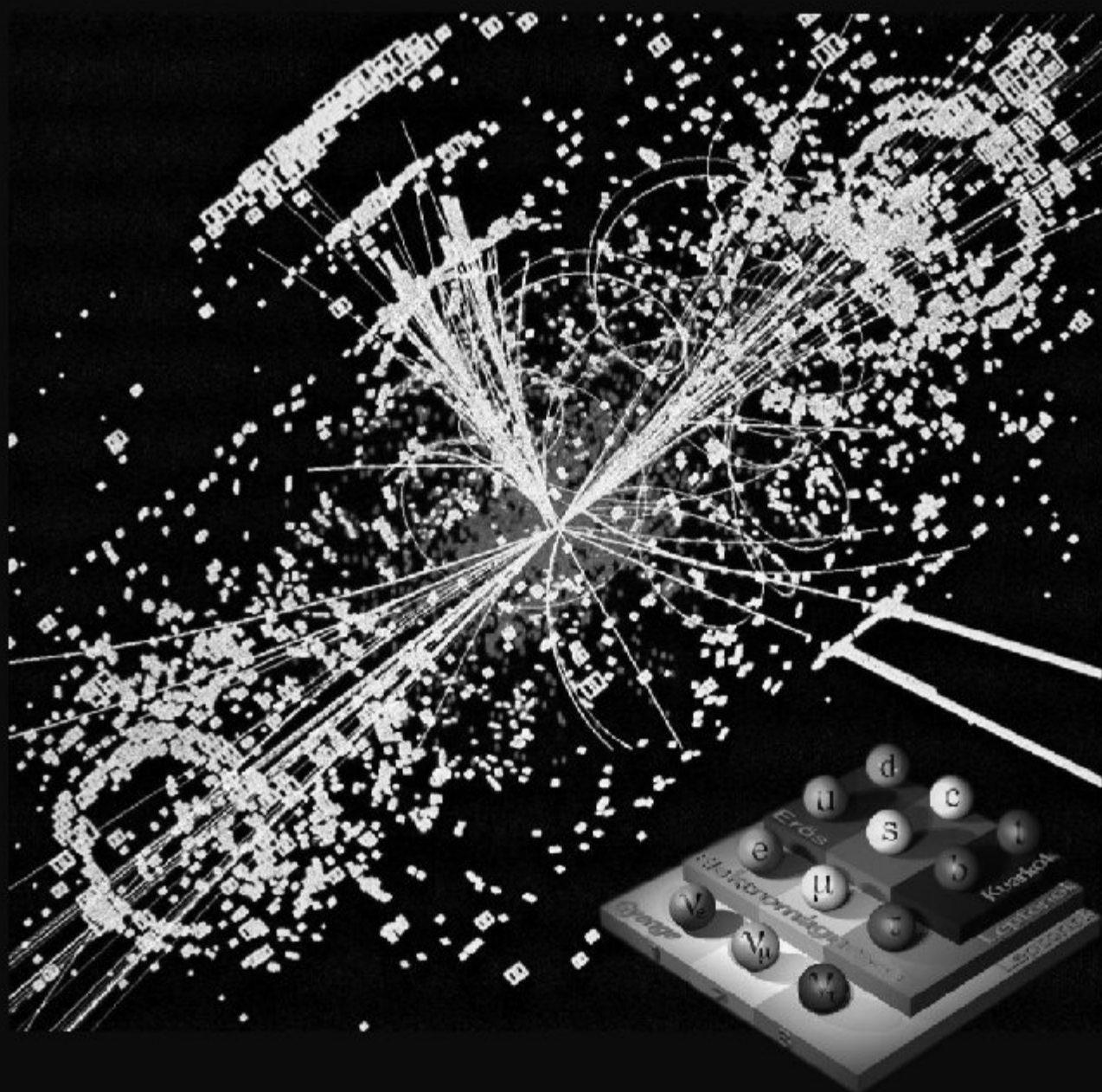


# fizikai szemle



2005/8

# EMLÉKTÁBLÁT AVATTUNK

Varga Károly fizikus sok alkalommal dolgozott erőművünkben. Szakterülete a csak víz alatt kezelhető, erősen sugárzó anyagok (döntően a besugárzott fűtőelemkötegek) vizuális megfigyelése és értékelése volt. Az általa kidolgozott eszköz a periszkóp elvét alkalmazta a speciális körülményekre. A szakmai zsargonban „kukucska” névre hallgató eszközével NAÜ-szakértőként dolgozott például Egyiptomban, közreműködött a greifswaldi enyhén kiégett kazeták átvétel előtti vizsgálatában.

Varga Károly a munkáját nagyon komolyan vette, de az élet többi területén szerette a viccelődést, derűs egyénisége a többieket is gyakran jókedvre bírta. A fiatalabak Charlie bácsinak, mi régebbiek csak Charlie-nak szólítottuk. 78 éves korában, 2002-ben hunyt el.

Varga Károly a kiskunhalasi Szilády Áron Református Gimnáziumban érettségizett. Osztálytársaival nem szakadt meg a kapcsolata, tagja volt a Gimnázium Öregdiákjai Baráti Körének. Az öregdiákok, bírva a család és a gimnázium egyetértését, elhatározták, hogy emléktáblával örökítik meg Varga Károly emlékét. Ehhez a PA Rt. anyagi és erkölcsi támogatását is kérték.

Az emléktábla avatására 2005. május 7-én került sor. Az összegyűltek (családtagok, diáktársak, kollégák és tisztelők) előtt négy emlékbeszéd hangzott el, köztük a



család felkérése alapján *Németh Gábertől*, aki a PA Rt. karbantartási igazgatójaként dolgozott együtt néhány évig Varga Károllyal. A gimnázium igazgatónöje fogadalmat tett, hogy a táblát meg fogják őrizni. A kis ünnepség végén a jelenlévők a Szózatot énekelték el.

Charlie! Emlékedet immár márványba vésve is őrizzük.

*Rósa Géza*

## INTÉZETEINK – TANSZÉKEINK

# BEMUTATKOZIK AZ ELTE BIOLÓGIAI FIZIKA TANSZÉKE

A Biológiai Fizika Tanszék viszonylag új oktatási és kutatási egység, ezért ismertetésének elején röviden áttekintjük, hogy miért és milyen körülmények között alakult meg. Ebből a célból először is azt tisztázzuk, hogy milyen célkitűzéseket tükröz a tanszék elnevezése.

Mi is az a *biológiai fizika*, és miben más, mint a *biofizika*? A választ azzal kell kezdenünk, hogy a biológia terén napjainkban születő és rendkívüli távlatokat sejtető felfedezések egyre nagyobb érdeklődést váltanak ki az élő rendszerek viselkedésének kutatása iránt. Ezzel egyidejűleg a biológustársadalomban egyre inkább fellepett az igény tudományterületük kvantitatívabbá tételére, azaz arra, hogy az élő rendszerek tulajdonságait lehetőség szerint egzakt, számokban is jól kifejezhető módon írják le, vizsgálják. Erre jó lehetőséget nyújtanak a fizikusok által kifejlesztett mérési technikák, berendezések, számítógépes programok.

A biofizika hagyományos témái és módszerei mellett megjelentek frissebb fizikai eszköztáru megközelítések. A biológiai jelenségeket ilyen új fizikai módszerek segítsé-

gével vizsgáló tudományterület a *biológiai fizika*. Témáiból – a teljesség igénye nélkül – felsorolunk néhányat az általunk legfontosabbnak tekintettek közül. Néhány alkalmazást is megemlítünk zárójelben: káosz, önszervező kritikusság,  $1/f$ -zaj (szívritmusban, tüdő működésében, általában kváziperiodikus jelenségekben stb.); komplex mintázatok képződése (fraktálnövekedés, sejtautomaták); ideghálózatok (tanulás, memória); DNS-szekvenciák analízise; fehérjék felcsavarodása; az evolúció új modelljei (molekuláris szintű, globális); kollektív jelenségek (mozgás, önszervezés, szinkronizáció), molekuláris motorok, biológiai membránok dinamikája.

## A Biológiai Fizika Tanszék története

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán a társ-tudományterületek felé nyitás szellemében, az akkori dékán, *Kiss Ádám* professzor kezdeményezését követően született meg 1997-ben a Fizikus

Tanszékcsoport döntése, hogy Biológiai Fizika Tanszékét hozzanak létre, és ezáltal a biológia és a fizika határterületén folyó kutatásoknak és a hozzájuk kapcsolódó oktatásnak önálló profilú egységet teremtsenek. A döntést támogatta *Marx György* professzor is, annak az Atomfizikai Tanszéknek több évtizeden átívelő sikeres, nagyhatású vezetője, amely az alakuló tanszék tagjait adta. A Tanszék alapítója és mindmáig vezetője *Vicsek Tamás* akadémikus. Az új tanszék szakmai feltételeit az ELTE Atomfizikai Tanszék keretei között a biológiához csatlakozó területeken hosszú évek óta folytatott színvonalas, sokrétű oktatás és kutatás biztosította. A tudományos világban akkortájt többek között az USA-ban (a Rockefeller Intézetben), és Németországban (Drezdában, Jülichben) alakult hasonló csoport, és több amerikai egyetemen is tervezték ilyen jellegű egységek létrehozását. Az új tanszéken egymást kiegészítve találhatók meg a hagyományosabb biofizikai és az újabb irányzatokhoz tartozó témák.

A biofizikával kapcsolatos tevékenység a Marx György akadémikus által vezetett Atomfizikai Tanszéken kezdődött a hetvenes évek végén. A Fizikus Tanszékcsoport akkoriban több speciális oktatás bevezetését határozta el. Ezek közül elsőként a biofizika szakirányt sikerült létrehozni, amely azóta is folyamatosan része a fizikusképzésnek, néhány éve az új specializációs képzés keretében. A nyolcvanas évek elején a tanszék keretein belül önállóan működő Biofizikai Kutatócsoport is létrejött *Papp Elemér* vezetésével. Bár ezen a területen semmilyen múlttal, tapasztalattal, hagyományokkal nem rendelkeztek, mégis hamarosan sikerült érdekes eredményeket elérniük először a fotoszintézis, majd a bakteriorodopszin kutatásában.

1990-ben először mint egyetemi tanár, majd 1992-től mint tanszékvezető, *Vicsek Tamás* bekapcsolódott az Atomfizikai Tanszék munkájába. Akkoriban fraktálnövekedési jelenségekkel foglalkozott, majd tanítványaival az évek során a fraktálképződési morfológiai kutatásokból

kiindulva a statisztikus fizika eszközeivel kezdték el vizsgálni az élő rendszerek viselkedését a baktériumoktól az emberig. Az ezeken a területeken folytatott kísérletek, elméleti számítások, illetve számítógépes szimulációs megközelítések jól kiegészítették a korábbi biofizikai témákat, és tekintettel a fenti kutatások jelentős nemzetközi visszhangjára, együttesen megalapozták az önálló Biológiai Fizika Tanszék (továbbiakban Tanszék) 1997-es létrejöttét. Az új oktatási és kutatási profil kialakításában tevékeny szerepet játszott *Rozlosnik Noémi* egyetemi docens, aki időközben egy nagy külföldi kutatócentrum gárdájához csatlakozott.

A Tanszék 1998 őszén az ELTE többi fizikai tanszékéhez hasonlóan az Eötvös korabeli, belvárosi Puskin utcai épületből az egyetem új, lágymányosi tömbjébe költözött át, ahol modern laboratóriumok (a biooptika, a számítógép-vezérelt videomikroszkópia, biotechnológia, fotoszintézis) segítik munkájukat.

## A Biológiai Fizika Tanszék ma

A Tanszék dolgozóinak száma változó, jelenleg, doktoranduszokkal együtt 28 fő. A tanszékvezető-helyettes feladatokrét *Kürti Jenő* látja el. Az MTA kutatóhálózatának részeként, a Tanszéken 2003 óta négy főből álló ELTE-MTA Biológiai Fizika Kutatócsoport is működik *Vicsek Tamás* vezetésével.

A Tanszék oktatói a következők: *Czirók András*, PhD, egyetemi adjunktus; *Derényi Imre*, PhD, egyetemi adjunktus; *Fricsovszky György*, CSc, ny. egyetemi docens; *Fogl László*, tanszéki mérnök; *Haiman Ottó*, tudományos tanácsadó; *Horváth Gábor*, CSc, habilitált egyetemi docens; *Horváth Viktor*, CSc, egyetemi docens; *Koltai János*, egyetemi tanársegéd; *Kürti Jenő*, DSc, tanszékvezető-helyettes, egyetemi tanár; *Meszéna Géza*, CSc, egyetemi docens; *Ormos Pál*, az MTA rendes tagja, részfoglalkozású egyetemi tanár; *Papp Elemér*, CSc, ny. egyetemi docens; *Szabó*

*Bálint*, PhD, egyetemi adjunktus; *Vicsek Tamás*, az MTA rendes tagja, tanszékvezető egyetemi tanár, az ELTE Fizikus Doktori Iskola „Statisztikus fizika, biológiai fizika és kvantumrendszerek fizikája” programjának vezetője; *Závodszy Péter*; az MTA levelező tagja, részfoglalkozású egyetemi tanár.

A Kutatócsoport tagjai: *Farkas Illés*, PhD, tudományos munkatárs, *Palla Gergely*, PhD, tudományos munkatárs, *Botos Krisztina*, részfoglalkozású asszisztens.

Büszkék vagyunk arra, hogy a tanszékünkön végzett fizikusgeneráció nemzetközileg elismert képviselői közül többen is tanszékünk munkatársai (Cz. A., D. I, Sz. B.), illetve kutatócsoportjának tagjai lettek (F. I.).

A kép a 2004 tavaszi tanszéki „parti” előtt készült.



## Oktatási tevékenység

A Tanszék elsősorban a szakirányú (Atomok és molekulák fizikája/héjfizika és a Biofizika), valamint a doktori képzésben vesz részt, és jelentős munkát végez a modern fizikai laboratórium működtetésében.

Tanszékünk munkatársai fizikus, biofizikus, biológus, meteorológus, geológus, vegyész, fizikatanár, kiegészítő fizika tanár szakos hallgatóknak tartanak elméleti és kísérleti előadásokat, szemináriumokat és laboratóriumi gyakorlatokat. Az előadásokból és laboratóriumokból néhány a teljesség igénye nélkül. Előadások: biofizika, biológiai rendszerek statisztikus fizikája, fejezetek a biológiai fizikából, makromolekulák, optika, termodinamika, növekedési jelenségek, bevezető előadások fizika területén (nem fizikusoknak), laboratóriumi gyakorlatok: atomok és molekulák fizikája (emelt szintű), modern fizika, molekula- és biofizika.

A fentiek mellett speciális előadásokat és szemináriumokat tartunk főként biológiai fizika témakörben. A tananyagaink nagy része a hallgatók számára elérhető az Interneten is.

Fontos szerepet játszik a Tanszék a *tudományos elitképzésben* is. Átlagosan 6–8 állami ösztöndíjas doktorandusz végzi tanulmányait oktatóink vezetésével, és az *ELTE Fizikus Doktori Iskola „Statisztikus fizika, biológiai fizika és kvantumrendszerek fizikája” programjának* működtetése (adminisztráció, vezetés) is tanszéki feladat.

A Tanszéken az elmúlt évek során számos sikeres (országos szinten nyertes) *TDK-dolgozat* is készült. Kivételes elismerésben részesült Czirók András és Farkas Illés, mert az országos szinten kétszer is elért első helyezésükért elnyerték a nagy presztízsű (az MTA elnöke által ünnepélyesen átadott) *Pro Scientia* díjat. Irányításunkkal közel 40 diplomamunka és 13 PhD doktori értekezés született csak az elmúlt 5 évben.

## Tudományos kutatások a Biológiai Fizika Tanszéken

A Tanszék kutatási tevékenysége központi jelentőségű egyfelől a doktoranduszok képzése, másfelől az elnyerhető pályázati források szempontjából. Kutatásokat folytatunk a klasszikus biofizika és a biológiai fizika területén egyaránt, munkánkban ötvözve a kísérleti és elméleti megközelítést, valamint a számítógépes modellezést. A Tanszéken rendszeresen tartunk kutatószemináriumokat, amelyeken külső előadók és tanszéki munkatársak számolnak be legfrissebb témáikról. A főbb, közelmúltban elért kutatási eredmények összefoglalása:

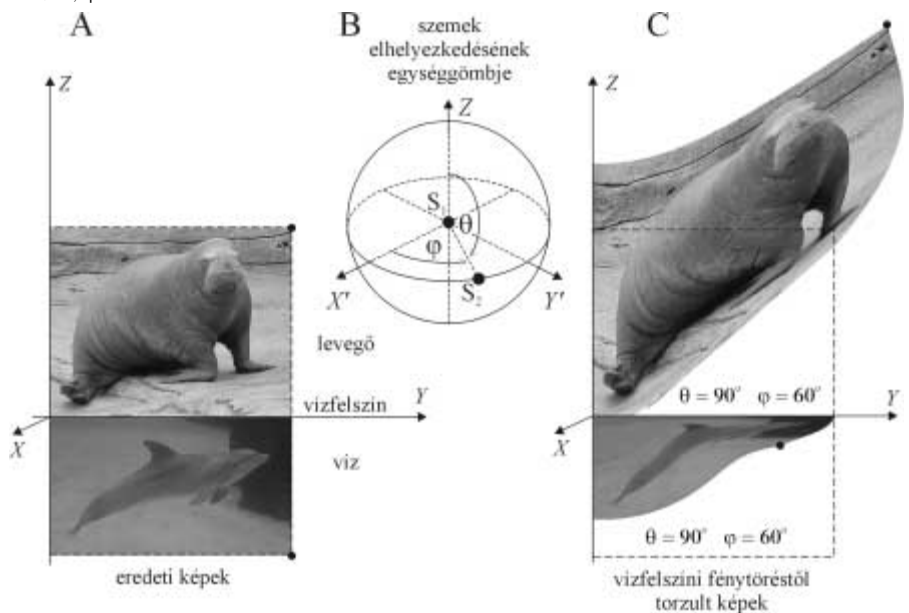
### Bioenergetika

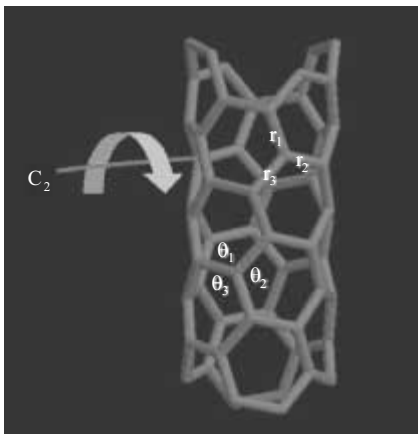
Klasszikus biofizikai kutatásokat tanszékünkön a *bioenergetika* – fényenergiát átalakító biológiai rendszerek vizsgálata – témában folytat Meszéna Géza és Papp Elemér. Többek között új modellt alkottak a bakteriorodopszin fotociklusának kinetikájára a maximum entrópia módszer (MEM) speciális alkalmazása segítségével. A bakteriorodopszin egy érdekes fehérje, amely fény hatására protont tud pumpálni a sejt belsejéből a sejt külső felületére.

### Biooptika és biomechanika

A Horváth Gábor vezette csoport fő kutatási területe *az állatok szemének, látásának és optikai környezetének, valamint a természet polarizációs mintázatainak vizsgálata*, továbbá a képalkotó polarimetria légköri optikai és biológiai alkalmazásait, valamint a mechanika különféle biológiai alkalmazásait foglalja magába. Legfontosabb kutatási eredményeik: 1) Fényt derítettek a kuvaiti kőolajtavak és a budapesti pakurató (valamint más természetes, illetve mesterséges olajkiömlések) azon optikai (fénypolarizációs) sajátosságaira, amelyek magyarázatot adnak arra a furcsa biológiai jelenségre, hogy ezen olajfelületek mágnesként vonzzák magukhoz és pusztítják el a vízirovarokat. 2) Az 1999. augusztus 11-i teljes napfogyatkozásakor az egész égbolt polarizációs mintázatának időbeli változását sikerült mérniük több szintartományban. Ezáltal elsőnek tudtak bepillantást nyerni abba, hogy miként alakul az égboltfény polarizációfokának és polarizációs irányának eloszlása térben és időben a teljes napfogyatkozás néhány perce alatt uralkodó szokatlan megvilágítási viszonyok eredményeként. A napfogyatkozás egén több új, polarizálatlan (neutrális) pontot is megfigyeltek, amellyel egyben igazoltak egy korábbi elméleti jóslatot is. 3) Hőlégballonról

1. ábra. Ahogyan egy rozmár lát a partról egy vízbéli delfint, illetve ahogyan őt látja a delfin a vízfelszíni fénytörés következtében. (A) A víz alatti tárgytér egy delfint ábrázoló függőleges kép, míg a levegőbeli tárgytér egy rozmárt mutató függőleges kép. (B) A rozmár, illetve delfin S2 szemének az egységgömbön elfoglalt helye. A delfin, illetve rozmár víz alatt, illetve fölött az egységgömb középpontjában rögzített S1 szemének koordinátái  $X = 0, Y = 0, Z = -2$ , illetve  $Z = +2$ . (C) Az A ábrán látható rozmár és delfin binokuláris képe, mikor a rozmár és a delfin S2 szemének egységgömbön elfoglalt helye  $\theta = 90^\circ, \varphi = 60^\circ$ .





2. ábra. Az utóbbi időben foglalkoztunk úgynevezett kis átmérőjű szén nanocsövek spektroszkópiái és egyéb tulajdonságainak kvantitatív leírásával. Egy ilyen cső sematikus képe látható az ábrán.

4000 m maximális magasságból napkeltekor végzett 180° látószögű képképző polarimetriai mérésekkel elsőnek sikerült megfigyelniük a légkör negyedik polarizálatlan (neutrális) pontját a spektrum vörös, zöld és kék tartományában. 4) Rekonstruálták a több száz millió évvel ezelőtt kihalt háromkaréjos ősrákak (trilobiták) szemének optikáját, és az egyik trilobitafaj szemében az állatvilágban egyedülállónak számító kétfókuszú (bifokális) lencsét fedeztek föl. 5) Kísérletileg vizsgálták a vadon élő állatok és az ember csöves végtagsontjainak szerkezetének a biomechanikai optimumtól való eltérését. 6) Feloldották az állatok polarizációlátásának ultraibolya (UV) paradoxonát, vagyis megmagyarázták, hogy miért az UV-tartományban detektálható leghatékonyabban az égbolt polarizációs mintázata, amivel egyben lezártak egy régóta húzódo vitát.

### Biotechnológia

Különböző biotechnológiai megoldások adaptációja, illetve fejlesztése terén is vannak eredményeink. Ezt a tevékenységet Szabó Bálint koordinálja, valamint ide tartozik Ormos Pál és Vicsek Tamás egy nagy NKFP (Nemzeti Kutatási Fejlesztési Pályázat) projektje a nano-biotechnológia témakörében. Sikerült a sejtmagok mozgásának monitorozására alkalmas biochip megvalósítása. A pályázat keretében egy mini-inkubátorcsalád előállítására is sikeresen halad. Kifejlesztett a csoport egy élő sejtek hosszú távú megfigyelését lehetővé tevő fluoreszcens mikroszkópot is, melynek segítségével, sejtbiológusokkal és biokémikusokkal együttműködve sejt szintű kutatásokat végzünk a neurobiológia területén.

### Elméleti evolúciobiológia

Meszéna Géza és csoportja az adaptív dinamika segítségével a *genetikai és ökológiai viszonyok szerepét tanulmányozza a fajképződés menetében*. Ezen a területen alapvető eredményeket értek el. Az elmélet lényege a biológiai evolúció és az általa okozott környezeti változás együttes dinamikájának fixpont-analízissel való kézben tartása. Legfontosabb biológiai alkalmazása a fajkeletkezés elmélete. Munkájuk alapvető iránya a térben, heterogén környezetben zajló evolúciós folyamatok modellezése és a többdimenziós evolúciós állapotter hatásvonal

vizsgálata. Legfrissebb eredményük *az ökológiai niche fogalmának általános matematikai megalapozásához kapcsolódik*, amelyet Mats Gyllenberggel és Hans Metzcel együttműködve értek el. A téma fundamentális jellege, valamint a kvantitatív tárgyalásmód lehetősége miatt sikerrel motiválja az ELTE biológus- és fizikushallgatóit doktori tanulmányok végzése irányába.

### Kollektív viselkedés

A tanszéken Vicsek Tamás vezetésével kutatások folynak *kollektív mozgások modellezése és elméleti vizsgálata terén*. Ez a tevékenység határozza meg a tanszéki MTA Kutatócsoport témáit is. A munka doktoranduszok és egyetemi hallgatók bevonásával, valamint számos nemzetközi együttműködés keretében folyik. A kutatások célja olyan jelenségek megértése, amelyek sok, közel hasonló egyed kölcsönhatása során figyelhetők meg. Az egyedek lehetnek élőlények egy ökológiai rendszerben, járművek a közlekedésben, illetve emberek tömegben. Társadalmi és műszaki fejlesztési vonatkozásai szertekezten ez utóbbi területnek kiemelt hangsúlyt szentelnek. Sikerült számítógépes modellezés útján megmagyarázni néhány ismert jelenséget (sorba rendeződés, örvénylés, torlódások és hullámok kialakulása). Céljaik közé tartozik ezen jelenségek részletesebb megértése és az eredmények gyakorlatba való átültetésének elősegítése (például épületek, stadionok, úthálózatok tervezésében). Többek között vizsgálták a vastaps keletkezését, a futballstadionokban jellemző mexikói hullám kialakulását, a tömeg pánik esetén történő viselkedését. Eddigi eredményeik a legrangosabb nemzetközi folyóiratokban (többek között a *Nature*-ben) jelentek meg, és nagy visszhangot kaptak a magyar és nemzetközi médiákban (CNN, BBC, MTV, lásd az alábbi weblapokon). A nagyobb nyilvánosság érdekében interaktív szimulációkat lehetővé tevő weboldalakot hoztak létre a Tanszék szerverén (<http://angel.elte.hu/wave/>, <http://angel.elte.hu/panic/>).

### Nanocsövek

Kürti Jenő és Zólyomi Viktor nemzetközileg elismert eredményeket értek el a *szén nanocsövek elméleti vizsgálata* terén. A kutatás a Georgetown Egyetem (Washington DC) és a Bécsi Tudományegyetem munkatársaival együttműködésben történik. Sűrűségfüggő módszerrel tanulmányozták, hogy a görbületi hatások mennyiben módosítják a kis átmérőjű nanocsövek tulajdonságait a szokásos, 1–1,5 nm átmérőjű csövekkel összehasonlítva. A spektroszkópikus számára fontos eredményeket értek el a szén nanocsövek Raman-spektrumában megfigyelhető, rendezetlenség által indukált, úgynevezett D-sáv pozíciójának a gerjesztő lézer hullámhosszától való függésére, valamint a D-sáv finomszerkezetére vonatkozó számításaikkal. Talán legfontosabb eredményeiket a C<sub>60</sub>-nal töltött egyfalú szén nanocsövek („borsók”) megfelelő hőkezelésével előállított, kettősfalú nanocsöveken végzett Raman-mérések értelmezését segítő számításaikkal érték el. A kombinált kísérleti/elméleti munka eredményeképpen megállapították, hogy a szén nanocső belseje nagymértékben hibamentes, perturbálatlan „reakcióterem” tekinthető. Az úgynevezett lélegző módus (RBM) gondos kísérleti és elméleti analízissel le-

hetővé vált a szén nanocsövek úgynevezett kiralitási vektorának a meghatározása, ami jelentős lépés lehet a nanocsövek jövőbeli, tudatosan célzott előállítására és az alkalmazások szempontjából. Kürti Jenő ezenkívül sűrűségfunkcionál módszerrel végzett számításokkal vizsgálta a szén nanocsövek geometriájában a töltésátvitel miatt bekövetkező változásokat. A munka kapcsolódik az amerikai kollégák „mesterséges izom” programjához.

### *Sejtmembránok, molekuláris motorok*

A molekuláris biológia gyors fejlődése egyre több olyan kérdést vet fel, amelyek túlmutatnak a biológián, és amelyek megválaszolásához a statisztikus fizikának és a lágy anyagok fizikájának az eszköztárára van szükség. Számos ilyen témával foglalkozik Derényi Imre. Ezek között érdemes megemlíteni a molekuláris motorfehérjék modellezését és kollektív viselkedésük tanulmányozását. A modellek alapjául szolgáló „kilincskerék” mechanizmust átültetve a gyakorlatba egy újfajta szeparációs eljárás kifejlesztésén is dolgozik Vicsek Tamással és Ormos Pállal (SZBK) közösen. Különböző fehérjék egymáshoz való adhéziójának és szilárd felületeken történő adszorpciójának kinetikáját modellezve próbálja a fehérjeszerkezet és dinamika közötti összefüggéseket feltárni. Részletes leírását adta a sejteken belüli, sőt úgy tűnik, hogy a sejtek közötti transzportfolyamatokban is fontos szerepet játszó membrán nanocsövek kialakulásának, és tanulmányozza ezek dinamikáját, valamint a fehérjeszegregációban betöltött szerepét.

### *Turbulencia*

Horváth Viktor az elmúlt 5 évben egy új kutatási területet honosított meg Tanszékünkön, a *kétdimenziós turbulencia kísérleti vizsgálatát*. A kétdimenziós turbulencia több szempontból is jelentős, segítségével nemcsak alapvető fontosságú információkhoz lehet jutni a turbulencia régóta megoldatlan problémája kapcsán, hanem modellezni is lehet olyan a fundamentális természeti jelenségeket, mint például a nagyskálájú légköri turbulencia. A kísérletezés eszközeül szappanfilmben keltett áramlási képek vizualizálása és kvalitatív tanulmányozása szolgálhat.

### *Videomikroszkópia*

A Tanszék 1996-ban alapított *Számítógép-vezérelt mikroszkópia* laboratóriuma, amelyet Vicsek Tamás kezdeményezésére és részvételével Czirik András hozott létre, sejtkultúrák hosszú távú megfigyelését és a sejtmozgás statisztikai elemzését teszi lehetővé. Ez az infrastruktúra számos interdiszciplináris kutatási programot eredményezett, többek között az idegsejtek differenciálódásának nyomon követését vagy a sugárkezelés és kemoterápia agytumorsejtekre gyakorolt hatásának elemzését (az MTA KOKI-val együttműködve). A biológiai hatások értékelésénél figyelembe kell vennünk, hogy a sejtek általában szuperdiffúzív, egymással is kölcsönható, véletlenszerű mozgást végeznek. Aktívan tanulmányozzuk, hogyan hat a sejtek viselkedésére a környezetükben lévő fehérjék összetétele vagy térbeli eloszlása. Érdekes módon például geometriai kényszerek oszcilláló sejtmagmozgást eredményezhetnek. Vizsgálatainkat nemrég kiterjesztettük az élő embriókban történő folyamatok és egyszerűbb anatómiai



3. ábra. Élő sejtek vizsgálatára alkalmas videomikroszkópiai laboratórium egy automatizált fluoreszcens és egy fáziskontraszt-mikroszkóppal. A Tanszéken fejlesztett szoftver és hardver vezérli a mikroszkópok asztalának nagypontosságú mozgását, a látómezők élesre állítását, az exponálást és a digitális képek letöltését. Az élő sejteknek megfelelő hőmérsékletet saját fejlesztésű mini inkubátorokban állítjuk elő, melyek a mikroszkópok asztalára illeszthetők.

struktúrák, például az érhálózat kialakulásának vizsgálatára is. Ezek önszervező mintázatok, amelyeket számos sejt kölcsönhatása eredményez. Czirik András a kansasi Orvostudományi Egyetem *Charles Little* professzor által vezetett csoportjával együttműködésben egyedülálló háromdimenziós filmfelvételeket készített fűr embriók genézisének kulcsfontosságú óráiról. A videomikroszkópiai, képalakító polarimetriai és biotechnológiai fejlesztésekben nagyon sok segítséget nyújtott Haiman Ottó.

*Tanszékünk másodállású egyetemi tanárai* akadémikusként, természetesen rendkívül kiterjedt és eredményes kutatásokat végeznek, amelyeket itt nincs is lehetőség ismertetni. Mindketten igen aktív kapcsolatban állnak a Tanszékkel. Ormos Pál az MTA SZBK Biofizikai Intézetének igazgatója, kutatási területe a biológiai energiaátalakulások és fehérjedinamika. Legújabbban a sejtleptékű szerkezetek megvalósítása terén elért eredményei következtében a hazai nanobiotechnológia legjelentősebb hazai képviselőjévé vált. Závodszy Péter az MTA SZBK Enzimológiai Kutatóintézetében vezet egy nagyon sikeres csoportot, amely többek között az immunválaszok molekuláris alapját kutatja. Ezen belül az egyik fontos terület, ahol jelentős sikereket értek el, a flexibilitás hatása a fehérjék stabilitására és működésére.

### MTA Biológiai Fizika Kutatócsoport

A csoport főbb kutatási területei a kollektív viselkedés és az ezzel kapcsolatos hálózatok valamint bioinformatikai témák vizsgálata. A csoport kutatói minden témában együttműködnek, de Palla Gergely elsősorban a hálózatok, Farkas Illés elsősorban az embertömegek viselkedésének kvantitatív leírására irányuló tevékenységet végzi.

### *Hálózatok*

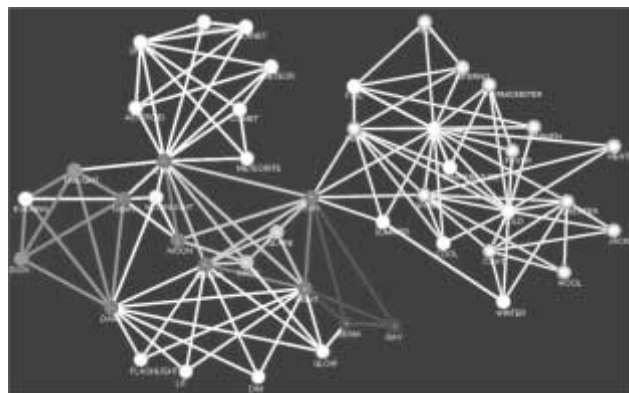
Komplex rendszerek kutatásának új és egyre népszerűbbé váló módszere a rendszert meghatározó *kölcsönhatások/kapcsolatok hálózati struktúrájának elemzése*. A

rendszer alkotórészeinek és a köztük lévő kapcsolatoknak természetes modellje egy gráf: a részeket csúcspontok jelölik, a kapcsolatokat élek. Jó példát nyújt ilyen rendszerre az Internet, vagy az élő sejtekben lezajló biokémiai folyamatok rendszere. Az idevágó kutatások célja a hálózatok elméletét még szorosabban összekapcsolni a statisztikus fizikával azáltal, hogy hálózatok átrendeződési folyamatait egy statisztikus fizikai formalizmus keretein belül vizsgáljuk. Megfelelő energiafüggvény mellett a hőmérsékletet változtatva topologikus fázisátalakulások lépnek fel, melyek során a hálózat struktúrája alapvető változáson megy keresztül. A hálózatok dinamikájának és szerkezetének vizsgálatában – az USA-beli Notre Dame-i egyetemen dolgozó *Barabási László* professzorral (az MTA külső tagja) együttműködve – szintén fontos eredmények születtek, amelyek 2004 tavaszán a *Nature* címlapjára is kerültek. A biológiai hálózatok topológiáját, illetve a sejt-anyagcsere folyamán az egyes biokémiai reakciók sebességének változását sikerült a komplex hálózati megközelítés segítségével leírni.

#### *Embertömegek dinamikája*

Kutatásaink célja emberek csoportos mozgásának vizsgálata. Közismert, hogy az orvostudomány, a természettudományok, vagy akár a pszichológia szempontjából nézve minden ember igen bonyolult egység. Sok ember együttes mozgása viszont jól vizsgálható a statisztikus fizika eszközeivel. A vizsgált példák egyike gyalogosok szobából való pánikszerű menekülése volt. Az ismert paramétereket (emberek mérete, átlagos haladási sebessége, fulladás kritikus nyomóereje) használva számítógépes szimulációk segítségével meghatároztuk a pánikszerű menekülés során az ajtó közelében megsérülő gyalogosok számát. A szimulációk szerint a sérülések száma jelentősen csökkenthető egy, a kijárat elé helyezett széles, kerek oszlop segítségével. Az oszlop felfogja a szobában lévő hatalmas tömeg nyomását, és szabad mozgást biztosít a mögötte lévő kijáratnál az azon át menekülő embereknek. A statisztikus fizika ugyancsak eredetinek számító alkalmazásaként kvantitatív modell alkotható a stadionokban előforduló, úgynevezett mexikói hullám jelenségének értelmezése céljából.

4. ábra. Hálózatokkal kapcsolatos kutatásaink során arra a kérdésre is választ keresünk, hogy a megfelelő gráfokon belül milyen, egymással szorosabban összekötött csoportosulások találhatóak. Az ábrán egy kognitív hálózaton belül, a „bright” angol szóhoz kapcsolódó csoportosulások egy része látható. Az eredeti gráfban két szó akkor van egy éllel összekötve, ha a megkérdezettek az egyiket a másikkal szabad asszociáció formájában kapcsolatba hozták.



#### Publikációk, pályázatok, külföldi együttműködések

A Tanszék oktatóinak aktív kutatási-oktatási tevékenységét jól mutatja az a nagyszámú könyv, jegyzet és folyóiratcikk, amelyet oktatóink publikáltak. Az elmúlt 5 évre vetítve:

#### *Könyvek, jegyzetek*

- H. KUZMANY, M. HULMAN, J. KÜRTI: *Solid State Spectroscopy, Problems and Problem Solutions*, (angol nyelvű példatár) – Eötvös University, Budapest, 161 o., 1999  
 ROZLOSNIK NOEMI: *Modern fizikai mérések a biológiában* – laboratóriumi jegyzet és CD, interneten, 1999  
 HORVÁTH GÁBOR: *A mechanika biológiai alkalmazása: biomechanika* – Egyetemi tankönyv, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 262 o., 2001  
 T. VICSEK, szerk.: *Fluctuations and Scaling in Biology* – Oxford Univ. Press, Oxford, 2001  
 T. SKJELTORP, T. VICSEK, ed.: *Complexity from Microscopic to Macroscopic Scales: Coherence and Large Deviations* – NATO Science Series, Kluwer, Dordrecht, 2002  
 HORVÁTH G., VARIJÚ D.: *Polarized Light in Animal Vision – Polarization Patterns in Nature* – Springer-Verlag, Heidelberg–Berlin–New York, 2003  
 HORVÁTH G.: *Gometriai optika biológiai alkalmazása: biooptika* – Egyetemi tankönyv, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2004

*Nemzetközi folyóiratokban több, mint 150 cikket publikáltak a tanszék dolgozói az elmúlt 5 évben.*

#### *Pályázatok, külföldi együttműködések*

Egy tanszék fontos paramétere, hogy milyen pályázatokban vesznek részt a tagjai. Kutatómunkánk elősegítésére számos hazai és nemzetközi pályázati forrást nyertek el oktatóink. A pályázatok terén mutatott aktivitásunkat jellemzi, hogy például 2000 után 8 OTKA és 4 OM bázisú pályázati forrást nyertek el munkatársaink. Nemzetközi szinten is sikerrel pályáztak a tanszék dolgozói, két USA vonatkozású, és 3 EU által finanszírozott pályázaton nyertek. *A világ számos kutatási centrumával sikerült rendszeres kapcsolatot létesítenünk.* Ezen közös kutatások és együttműködő partnerek felsorolása helyhiány miatt nem lehetséges. Számokban összefoglalva: 23 európai, 6 USA-beli, és 3 távol-keleti kutatócsoporttal van a tanszéknek együttműködése.



Összefoglalva, a Biológiai Fizika Tanszék, a megalakulása óta eltelt 6 évben olyan oktatási és kutatási profilt alakított ki, amellyel sikeresen vesz részt a hazai felsőoktatásban és tudományos elitképzésben, valamint a témakörében folyó nemzetközi kutatások terén is jelentős eredményeket ért el. Tevékenységünkről sok további részlet található a tanszéki honlapon: <http://angel.elte.hu>.

A Tanszék a napjainkban zajló biológiai forradalomhoz csatlakozva, komoly perspektívát nyújt azon fiatalok számára, akik az élő anyag megismerésében a jelenségek egzaktabb, számszerű leírását tűzik ki célul. Ebben a Tanszék baráti közössége nekik mindig maximális segítséget fog nyújtani.