

Komplex rendszerek fizikája

Hétfő 16:00 Marx-terem

- 1. Bíró István (BBTE)**
- 2. Dorogi Márta (SZTE TTK)**
- 3. Hettinger Tamás (ELTE TTK)**
- 4. Máté György (ELTE TTK)**
- 5. Nagy Dávid – Tibély Gergely (BME TTK)**
- 6. Nagy Gergely – Jurányi Zsófia (ELTE TTK)**
- 7. Szabényi Kornélia (SZTE TTK)**
- 8. Tóth Bence (BME TTK)**

Csatolt és mágneses ingák kísérleti tanulmányozása

BIRÓ ISTVÁN, fizika-informatika szakos hallgató, (2003 ősz)
Babes-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár

Témavezetők: TÉL TAMÁS, egyetemi tanár,
ELTE Elméleti Fizika Tanszék

MÁTHÉ MÁRTA, tanárnő,
Bolyai Farkas Elméleti Liceum, Marosvásárhely

Dolgozatom első felében két egyforma hosszúságú kötéllal felkötött, rugóval csatolt diszkosz rezgéseit tanulmányoztam, két esetben: mikor nem lép fel energiacsere a testek között (sajátrezgések esete) és mikor fellép energiacsere a testek között. Megmértem a lebegés frekvenciáját, amely létrejött, ha csak egyik ingát térítettem ki, és ez a rugó közvetítésével energiát adott át a másiknak. Méréseim is igazolták, hogy a lebegés frekvenciája megegyezik a sajátrezgések frekvenciáinak különbségével.

Ezután a mágneses kaotikus inga mozgását tanulmányoztam. Lézerdiódára vasgyűrűt húztam és ezt cérnával felkötöttem két mágnes fölé. A mágnesekre fényképpapírt helyezve, közvetlenül rögzítettem az inga által befutott pályát. A lézer és a mágnesek síkja által meghatározott távolságot csökkentve az inga mozgása (pályája) kváziperiodikussá, majd teljesen kaotikussá válik a mágnesek és a vasgyűrű közt ható erő nemlineáris volta és az inga térbeli mozgása miatt. A mágneses kaotikus inga viselkedését minőségileg igen jól leírhatjuk ezen új módszerrel.

A kaotikus ingával készített képeket számítógéppel feldolgoztam. Egyes jellegzetes pontok feketedéséből az adott pontokhoz tartozó impulzusra következtetve fázisdiagramot, Poincaré-diagramot készítettem, hisz az inga kaotikus mozgása csak fázistérben írható jól le geometriai bonyolultsága miatt.

Eredményeimet számítógépes szimulációval is ellenőriztem és szimulációim eredményei igen jól egyeztek a valósággal.

Dolgozatom során sikerült belátni, hogy a kaotikus mozgás igen érzékeny a kezdőfeltételekre, és ennek megfelelően igen kis kezdőfeltétel-változtatás a mozgás végkimenetét teljesen megváltoztathatja.

A mágneses inga vizsgálata azt is jól mutatja, hogy csupán a rendszer szabadsági fokai számának növelése is a káosz megjelenéséhez vezethet, minden más paraméter állandón tartása mellett is.

A foszfatidilglicerol szerepe a fotoszintetikus reakciócentrum töltésstabilizáló működésében

DOROGI MÁRTA, biológia-fizika szakos hallgató (2004 tavasz)
Szegedi Tudományegyetem, Szeged

Témavezetők: NAGY LÁSZLÓ, egyetemi docens,
SZTE Biofizikai Tanszék

GÖRGÉNYI MIKLÓSNÉ DR. TARI IRMA, egyetemi docens,
SZTE Növényélettani Tanszék

A baktériumok fotoszintetikus reakciócentruma (RC) a fotoszintézis kutatásában részt vevő kutatók kedvelt kísérleti eszköze lett az elmúlt egy - másfél évtizedben, és biztosan állíthatjuk, hogy az érdeklődés máig nem csökkent iránta. Az első kristályszerkezet leírása és a Nobel díjak kiosztása óta (annak köszönhetően is, természetesen) a tisztított, izolált RC-ban fény hatására végbemenő folyamatok, azok szerkezeti hátterei, alapvető lényegüket tekintve ismertté váltak. Ezzel nemcsak az alapkutatás jutott kiváló modell-fehérjéhez, hanem újabban az alkalmazott kutatásban résztvevők is figyelnek a RC-okon kapott eredményekre. A kutatások jelenlegi fő irányai közé tartozik többek között az, hogy hogyan viselkedik a RC az *in vivo* membránban, illetve milyen biológiai következményei lehetnek az igen nagy (egyhez közeli) kvantumhatásfokkal történő fényindukált töltésszétválasztásnak.

Mi a *Rhodobacter sphaeroides* bíborbaktériumból tisztított RC-ot vizsgáltuk mesterséges, az *in vivo* membránt jól modellező lipidmembránban. Arra voltunk kíváncsiak, hogy az *in vivo* membránjellemező foszfolipid-komponensei, a foszfatidilkolin (PC) és a foszfatidilglicerol (PG) hogyan módosítják a töltésstabilizálásnak a detergensben már jól ismert kinetikáját, energetikáját, illetve melyek a szerkezeti következmények.

Méréseink szerint mindkét lipid specifikusan kötődik a RC-hoz, és a fehérje működését is specifikusan befolyásolják. Mind a PG, mind a PC az *in vivo* rendszerben mért irányba tolja el a fényel kiváltott töltéspár stabilizációs energiáját, a PC és a PG együtt pedig gyakorlatilag ezt az értéket adja. A primer (Q_A) és a szekunder kinon (Q_B) közötti stabilizációs energia rendre -60.2 meV, -76.9 meV és -88.5 meV a detergens, PC és PG rendszerben (*in vivo* rendszerben -95 meV körüli értéket mértek). Ezek a lipidek a kinonok közötti elektrontranszport sebességét is jellemző módon befolyásolják.

Programok és hálózatok

HETTINGER TAMÁS, fizikus-informatikus szakos hallgató (2004 ősz)
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Témavezetők: VATTAY GÁBOR, tanszékvezető docens,
ELTE Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék

POLLNER PÉTER, tudományos munkatárs,
MTA-TKI Biológiai Fizika Kutatócsoport

A dolgozat a leggyakrabban használt gráf vizsgálati módszereket, valamint a módszerek alkalmazásait tárgyalja számítógépes programok forrásaiból generált gráfokra, részletesen a Linux kernel forrásokra. A hálózatot egy meglévő C fordító módosított változata állítja elő. Csomópontok a forráskódban szereplő változó és szubrutin nevek, kapcsolatot pedig az jelentet, ha kettő vagy több név egy kifejezésen (matematikai, szubrutin hívási, hivatkozási stb.) belül szerepel. Ilyen módon a kapott gráf a programforrásban használt változók interakciós hálózata.

A foksám eloszlás vizsgálatánál, illetve a hálózat darabolásánál derült ki, hogy legtöbb pont kevés másik ponthoz csatlakozik, a hálózatot kevés pont tartja össze, melyek azonban az összes csomópontnak csak a kis százalékát teszik ki. A magas fokszámmal rendelkező csomópontok rövidítéseket jelentenek a gráf bejárása során, alacsony átlagos úthosszat, azaz kisvilág effektust okoznak. Az alkalmazott eljárással felépített kernel gráf statisztikai szempontból a véletlen gráfok tulajdonságaival rendelkezik, eltér a korábban más módszerekkel készült program gráfoktól. A foksám sűrűségfüggvény eleje Gauss, ettől jobbra lognormális görbére illeszkedik. Azonban további vizsgálatokat végezve kiderült, hogy a kezdetben véletlengráfnek látszó hálózatot egy hierarchikus gerinchálózat tartja össze. A gerinchálózatot a programban előforduló globális változók alkotják, mire önálló csoportokba tömörülve csatlakoznak a lokális változók gráfjai.

Összességében elmondható, hogy egy nagyobb program -előre megtervezett- moduláris szerkezete az ilyen módon létrehozott hálózat statisztikai tulajdonságain is megmutatkozik. Így gráfelméleti megközelítések, hálózati dinamikai vizsgálatok, lehet, hogy segítséget tudnának nyújtani jobb szoftverarchitektúrák létrehozásában.

Rekurrens és feed–forward típusú neuronhálózatok alkalmazása függvények értékeinek előrejelzésére

MÁTÉ GYÖRGY, fizikushallgató (2004 ősz)
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Témavezető: CSABAI ISTVÁN, egyetemi docens
ELTE Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék

A mesterséges neuronhálózatok alkalmazhatósága központi kérdés. Ilyen hálózatok alkalmasak információ tárolására és előhívására (memória), a szervezetünkben lévő folyamatok modellezésére, egyes jelek szekvenciáinak megtanulására stb. Továbbra is tisztázandó, hogy ezek a hálózatok milyen konkrét feladatok megoldására alkalmasak. Ebben a munkában a szekvenciák megtanulásáról lesz szó. A szekvencia megtanulás jelentheti egy jel reprodukálását vagy egy adott időpillanattól történő folytatását. Ebben a munkában rövid elméleti összefoglalás mellett néhány függvény – mint jel – rekurrens és feed-forward típusú neuronhálózatok segítségével történő folytatásának lehetőségeire térünk ki. A hálózatok tanításához különféle online tanulási algoritmusokat használunk. Különösen ezek az online algoritmusok azok, amelyek alkalmazásáról kevés dokumentáció van. Vizsgálni fogjuk egyes módszerek hatékonyságát és alkalmazhatóságát „mesterséges” függvények és realiztikus adatsorok esetében. Az eredmények már közel visznek ahhoz, hogy a bemutatott modellek segítségével megfelelő beállítások mellett lehetőség nyíljon arra, hogy egyes, a gyakorlatban felmerülő, itt nem tárgyalt problémák is megoldhatók legyenek.

A rendezetlenség hatása skálamentes fürtök jellemzőire

NAGY DÁVID és TIBÉLY GERGELY, mérnök-fizikus szakos hallgatók (2004 ősz)
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest

Témavezető: KERTÉSZ JÁNOS, akadémikus, egyetemi tanár
BME Fizika Intézet, Elméleti Fizika Tanszék

Kevéssel a harmadik évezredbe lépésünk előtt, 1998-ban a hálózatok tudományában robbanásszerű fejlődés kezdődött. Ebben nagy szerepe volt Barabási Albert-Lászlónak és csoportjának (Notre Dame Univ., USA) akik sikeres magyarázatot adtak számos, világszerte fellelhető hálózat struktúrájára¹. A korábbi matematikai modellekkel (pl. Erdős-Rényi véletlen gráf elmélet) ellentétben a valós hálózatok szerveződésének közös elemeit vizsgálva alkottak újszerű modelleket. A legtöbb jelentős hálózaton (pl. biológiai, közlekedési és ismeretségi hálózatok, Internet) végzett mérésekből kiderült ugyanis², hogy ezek szerkezete több dologban nagyon hasonló. A fenti szerzők által publikált modellek nemcsak rendelkeznek ezekkel a tulajdonságokkal, de nagyban hozzájárulnak a valós hálózatok felépülésének megértéséhez is. Kutatásaik során nagyrészt számítógépes szimulációval dolgoztak. TDK dolgozatunk során magunk is a számítógépes szimuláció eszközét használva vizsgáltunk hierarchikus hálózatokat. Munkánk fő kérdésköre a hierarchikus modularitás³ változása a rendezetlenség növekedésével. Vajon a valóságban megfigyelt hálózatok a modularitásuk folytán mutatják-e a megfigyelt $c(k) \sim 1/k$ függést, vagy alkotható-e olyan nem hierarchikusan moduláris hálózat, mely megtartja ezt a sajátosságát? A fenti kérdés megválaszolása céljából egy folytonosan változtatható p paraméterrel jellemezve tettünk skálamentes, hierarchikus rendszereket (fraktálokat, majd hálózatokat) egyre rendezetlenebbekké, és közben vizsgáltuk ezen átrendezés hatását a rend-szer globális struktúrájára. Elsőként szabályos fraktálokat (kétdimenziós, négyzetes Sierpinsky-szönyegeket) rendeztünk át a hierarchia megőrzésével, és megállapítottuk, hogy a rendezetlenség hatására hogyan csökkenek a modularitás mértékének tekinthető Fourier komponensek a tömeg felületfüggésében. Ezután erősen moduláris, determinisztikus hierarchikus hálózatot alapul véve – a hierarchikus modularitást elrontva – vezettünk be rendezetlenséget, ügyelve arra, hogy a hálózatok fokszámeloszlására és csoportosodási együtthatójára ismert függések továbbra is fennálljanak. Tapasztalataink szerint a rendezetlenség növelése a modularitás elkenődéséhez vezet.

Munkánk során több algoritmust fejlesztettünk az említett fraktálok és hálózatok generálására és mérésére, valamint egy meglévő publikus forráskódot is felhasználtunk.

Irodalom:

- [1] Barabási Albert-László: Behálózza: A hálózatok új tudománya (Magyar Könyvklub, 2003)
- [2] Albert Réka, Barabási Albert-László: Statistical Mechanics of Complex Networks, *Rev. Mod. Phys.* **74**, 47 (2002)
- [3] Ravasz E., A.L. Somera, D.A. Mongru, Oltvai N. Z., Barabási A.-L.: Hierarchical Organization of Modularity in Metabolic Networks, *Science* **297**, 1551 (2002)

Sejtosztódás és oszcilláló magmozgás mikromintázatokon

JURÁNYI ZSÓFIA ÉS NAGY GERGELY, fizikus szakos hallgató (2003 ősz)

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Témavezetők: CZIRÓK ANDRÁS, egyetemi adjunktus,
VICSEK TAMÁS, egyetemi tanár,
ELTE Biológiai Fizika Tanszék

Munkánk során speciális mintázatra kitapadt emlőssejtek viselkedését tanulmányoztuk videomikroszkóp segítségével. A mintázat 10-30 mikron széles csíkokból áll, melyeket felváltva borít sejtkitapadást lehetővé tevő, illetve meggátoló fehérje. Ezen a speciális geometrián a sejtek elnyúlt alakot vesznek fel. Ezzel az eljárással radikálisan csökkentettük a sejtek átlagos mozgékonyágát, ellenben növekedett a sejten belül a mag motilitása. Mivel a sejtmozgás vizsgálatával már sokan foglalkoztak, mi a magmozgás és a sejtosztódás megfigyelésére helyeztük a hangsúlyt.

Legmeglepőbb a sejtmag viselkedése volt, az elnyúlt sejtek többségében a mag oszcillálni kezdett. A sejtmag elindul a sejt egyik végének irányába, majd amikor eléri a végét, visszafordul. Ez a mozgás több perióduson keresztül megfigyelhető, amit még nem írtak le sejtbiológiai irodalomban. A dolgozatban tárgyaljuk a jelenség egy, a kísérleteken valamint biofizikai megfontolásokon alapuló mechanizmusát. A sejtosztódásnál a ciklusidőt és a sejtszám időbeli változását vizsgáltuk a csík szélességének függvényében.

Csak egy példát említenénk meg a sok lehetséges felhasználási terület közül: tudjuk, hogy a vérér külső falán lévő izomsejtek elnyúlt alakban veszik körül az eret. Mesterséges ér előállításához ilyen alak felvételére kell kényszeríteni a sejtet, és természetesen ismerni kell a megnyúlt sejtek főbb tulajdonságait.

Protein/lipid kölcsönhatás a bakteriális fotoszintetikus reakciócentrumban

SZEBÉNYI KORNÉLIA, biofizikus (2004 ősz)
Szegedi Tudományegyetem, Szeged

Témavezető: NAGY LÁSZLÓ egyetemi docens,
SZTE Biofizikai Tanszék

Nem kétséges, hogy a fotoelektromos energiaátalakítás a fotoszintetikus rendszerekben napjaink egyik legfontosabb kutatási területe, több szempontból is; pl. 1) technika – napenergia-hasznosítás hatásfokának növelése; 2) élelmiszertermelés – mezőgazdasági növények fotoszintetikus produktivitásának növelése; 3) ökológia – ökológiai rendszerek (bioszféra) energiaháztartásának egyensúlyban tartása a primer produkció révén.

A fényenergia kémiai energiává alakításának legelső lépései az ún. fotoszintetikus reakciócentrum fehérjében (RC) történnek. Az eddig vizsgálatok molekuláris szinten leginkább modellrendszereken (detergensmicellába ágyazott RC fehérjéken), valamint klasszikusan *in vivo* intakt növényeken történtek. Nagyon kevés adat áll rendelkezésünkre, amely megmagyarázná, hogy melyek azok a hatások, amelyek a molekuláris és a szervezetszintű funkciók közötti különbséget okozzák. Dolgozatomban azt mutatom be, hogy a biológiai membránt alkotó lipidek közül az anionos foszfatidilglicerol és a kardiolipin specifikusan kötődik a RC fehérjéhez, és a fény által kiváltott elektrontranszport kinetikáját és energetikáját specifikusan befolyásolja.

Eredményeink szerint a RC kinontípusú primer elektronakceptorának középponti potenciálját mindegyik lipid az *in vivo* rendszerben mért irányba tolja el. Az elektrontranszport sebességének hőmérsékletfüggése azt mutatja, hogy a töltésszétválasztás mind detergensben, mind pedig a membrán főkomponensét adó foszfatidilkolinban elsősorban az entalpia által vezérelt folyamat, míg foszfatidilglicerolban részben az entalpia, részben az entrópia által meghatározott.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az általunk vizsgált lipidek fontos szerepet játszanak a fotoszintetikus energiaátalakítás *in vivo* paramétereinek (kinetika, energetika, hatékonyság, fiziológiai alkalmazkodóképesség) meghatározásában.

Időfüggő korrelációk pénzügyi adatsorokban

TÓTH BENCE, mérnök-fizikus szak (2004 ősz)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest

Témavezető: KERTÉSZ JÁNOS, egyetemi tanár,
BME Fizikai Intézet, Elméleti Fizika Tanszék

A gazdaságfizika a fizikának egy viszonylag új ága, mely a pénzügyi folyamatokat, a piaci struktúrát elemzi a statisztikus fizika eszközeivel.

A dolgozatban egy korábban elkezdett kutatást folytatunk, melynek során az egyik amerikai értéktőzsde (NYSE) részvényárfolyamai közötti időfüggő keresztkorrelációkat vizsgáljuk. Két cég részvényei közötti erős, nem azonos idejű korreláció egyik cégnek a másikkra hatását jelzi. Ezeknek a keresztkorrelációknak a megismerése a piac mélyebb összefüggéseire világíthat rá. Segítségükkel elkészíthető a piaci szereplők egymásra hatása alapján egy, a cégeket tartalmazó irányított hálózat.

A mérésekhez az amerikai Trade and Quote (TAQ) adatbázis nagyfrekvenciás (minden egyes üzletkötést tartalmazó, ún. tick-by-tick) adatait használtuk, amely az összes, az NYSE-n kereskedett papír adatait (kereskedett mennyiség, árfolyam, osztaléktáblázatok...) tartalmazza az 1993 januártól 2003 decemberig tartó időszakra.

Leírjuk megfigyelésünket, miszerint a korrelációs függvények jellege (maximumának helye, erőssége) az évek során erősen változik. A változások egyik oka az információáramlás sebességének és az információ mennyiségének rohamos növekedése. A változások a piaci mechanizmusok átalakulását jelzik és az ún. „hatékony piaci hipotézis” feltételeinek teljesülése irányába mutatnak.