

A MAGYAR BIOFIZIKA OKTATÁS HELYZETE KEREKASZTAL KONFERENCIA

(Pécs, 1995, április 22.)

A Magyar Biofizikai Társaság Pécsi Területi Csoportja, (*Niedetzky Antal* professzor vezetésével) és a POTE Biofizikai Intézete, a MBFT, a MTA Pécsi Akadémiai Bizottsága, a POTE, valamint az Ernst Jenő Alapítvány támogatásával 1995 tavaszán, Ernst Jenő professzor születésének 100. évfordulóján, kétnapos közös Emlékülést rendezett a MTA Pécsi Akadémiai Bizottság Székházában. Az esemény első napi tudományos előadásainak címei ezen Értesítő 13. fejezetében találhatóak meg. A második nap programjaként egy, a biofizika oktatás helyzetét diszkutáló, igen aktív kerekasztal konferencia adott alkalmat a kérdéskör sokoldalú áttekintésére.

A kerekasztal konferencia elnöke *Tarján Imre* professzor volt, az alábbi felkért előadók pedig a következő részterületekről referáltak:

Patkós András: A fizika felsőfokú oktatásának helyzete hazánkban;

Maróti Péter: A biofizika oktatása a tanárképzésben;

Lakatos Tibor: A mai magyar biofizika oktatás helyzete az orvosegyetemeken.



dr. Patkós András egyet. tanár

A hozzászólások sorában *Rontó Györgyi* professzorasszony mutatta be a biofizika mai konkrét oktatási gyakorlatát az orvosképzésben a Semmelweis Orvostudományi Egyetemen. A kerekasztal konferenciáról *Maróti Péter* professzor tollából részletes áttekintés jelent meg a Fizikai Szemle 1996/6. számának 214–215. oldalain.

Az itt következő oldalon – e rendezvényhez kapcsolódóan – *Tarján Imre* inspiráló bevezető szavai, *Lakatos Tibor* referátuma és a SOTE-n folyó biofizika oktatás áttekintése olvasható.



dr. Maróti Péter egyet. tanár



A hallgatóság sorai

(dr. Györgyi S., dr. Damjanovich S., dr. Rontó Gy., dr. Keszthelyi L., dr. Tarján I.)

NÉHÁNY SZÓ A BIOFIZIKA MÚLTJÁRÓL

BEVEZETŐ AZ ERNST JENŐ EMLÉKÜLÉS OKTATÁSSAL FOGLALKOZÓ PROGRAMJÁHOZ

Két körülmény is fennforog, amivel programunk Ernst Jenő emlékét szolgálja. Az egyik, hogy egész életében szívén viselte a biofizika oktatásának ügyét, a másik az Eötvös Loránd Fizikai Társulattal való együttműködés, amire ugyancsak nagy súlyt helyezett. Ennek eklatáns példája, hogy számos alkalommal együtt rendezte vándorgyűléseit a Magyar Biofizikusok Társasága és az Eötvös Társulat. Ez utóbbi körülmény a napirend ismertetéséből első pillanatban nem derül ki, de már a Bevezetőben megemlítem, hogy programunk egyik szereplője, *Patkós András* kollegánk, az ELTE Fizikai Tanszékcsoportjának professzora, egyben az Eötvös Társulat vezető funkcionáriusa is. Nemrégiben az Eötvös Társulat egy munkabizottságot hozott létre, amely „A fizika felsőfokú oktatása Magyarországon” (1995. február) címmel helyzetfelmérő, távlatokat és javaslatokat tartalmazó tanulmányt készített. Ennek a bizottságnak a vezetője *Patkós András* volt.

Még továbbra is magamnál tartom a szót. Egy-két érdekességet szeretnék elmondani, ami jelen rendezvényünk helyével, Pécs egyetemi várossal kapcsolatos.

Az egyik megjegyzés megtételére *Tigyi* professzor tegnapi Megnyitója „ihletett meg”, amikor a Pécsi Biofizikai Intézet történetéről beszélt. Ezt szeretném kiegészíteni a hazai tudományegyetemek történetével, amelyben Pécs kiemelkedő szerepet játszott. Itt alapította ui. Nagy Lajos királyunk Magyarország első egyetemét 1367-ben. Sajnos, a török hódítás következtében az egyetem csak a 15. század elejéig működött. A második az obudai egyetem volt: 1395-ben létesült, élete rövid ideig tartott. A harmadik volt a Vitéz



*Tarján Imre akadémikus
bevezető előadását tartja*

János által alapított Academia Istropolitana, vagyis a pozsonyi egyetem, ami 1467-től kb. 1490-ig működött (orvosi fakultása nem volt). Ismertebb a Pázmány Péter által szervezett nagyszombati jezsuita egyetem, amely 1635-ben kezdte el működését (az orvosi fakultás 1769-ben létesült). 1777-ben Budára, 1872-ben Pestre helyezték. 1872-ben létesült a kolozsvári, 1912-ben a debreceni és Pozsonyban a Magyar Királyi Erzsébet Tudományegyetem. A trianoni békeszerződés után, pontosabban 1920-ban a kolozsvári egyetem Szegeden, a pozsonyi Pécssett folytatta működését. És most itt vagyunk az egykori Erzsébet Egyetem orvosi karából önállósult Pécsi Orvostudományi Egyetemen.

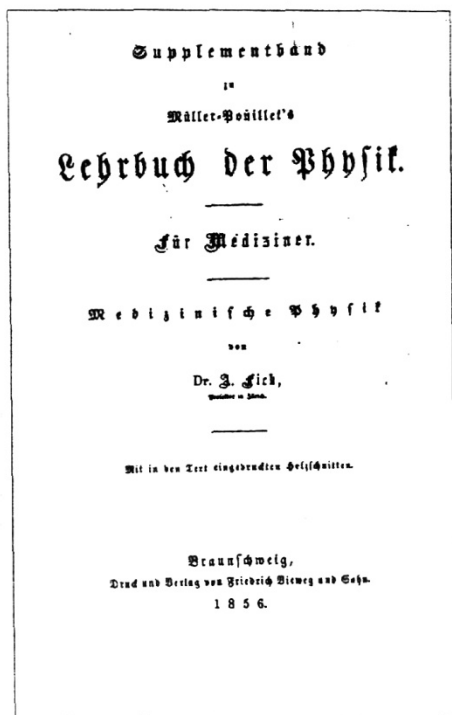
A biofizika oktatásának szép hagyományai vannak a hazai orvosképzésben. *Tigyi* professzortól hallottuk, hogy Ernst Jenő már 1945-től – valószínűleg elsőként a világon – biofizikát oktatott Pécssett medikusoknak. Ezt megelőzően is történt azonban már valami: Rohrer László 1920-tól orvo-

si orientációjú fizikát adott elő, ami ugyancsak ritkaságnak számított. Rohrer professzor alapképzettségét illetően fizikus volt (röntgensugárással foglalkozott), a Budapesti Állatorvosi Főiskoláról került a pécsi katedrára. *Physica* című könyve (1914) rendkívül gondos munka, igen sok orvosi vonatkozással. Korának orvosi vonatkozásait szinte maradéktalanul feldolgozza.

Egy másik hazai kezdeményezés a Debreceni Tudományegyetem Orvostudományi Intézetéhez kapcsolódik, ahol már 1938-ban *Gyulai Zoltán* professzor kezdeményezésére laboratóriumi gyakorlatokat tartottunk fizikából medikusok számára. (A gyakorlatok vezetésében magam is részt vettem.) Nem tudok arról, hogy ezt megelőzően bárhol is a világon laboratóriumi foglalkozást tartottak volna fizikából medikusoknak.

Visszatérek a Pécsi Orvostudományi Egyetemre, és egy másik érdekességet említek. Magyarországon egyedül ennek a könyvtárában található a világ egyik első, talán a legelső Orvosi Fizika, pontosabban *Medizinische Physik* tárgyú, illetve című könyve. Több mint 500 oldalas könyv, Braunschweig-ben jelent meg 1856-ban. Szerzője: Adolf Fick. Arról a Fick-ről van szó, aki a diffúzióval foglalkozott, és megalkotta a róla elnevezett törvényeket. Fiziológus, fizikus, matematikus volt egyszemélyben. Fick könyve Müller–Pouillet *Lehrbuch der Physik* c. hatalmas munkájának kiegészítő köteteként látott napvilágot. A címlapon kívül a tartalomjegyzéket is bemutatom.

A Szerző, könyvének előszavában Immanuel Kant-ot, a königsbergi bölcset idézi, aki szerint minden természettudományban csak annyi az igazi tudomány, amennyi a matematika.



Adolf Fick könyvének címlapja (Braunschweig, 1856)

Még egy „mazzola” található ugyanebben az előszóban. Fick érthetetlen „culturhistoriai curiosum”-nak mondja, hogy az orvosi pályára készülők előképzettségénél a főszólyt a latin és görög nyelvben való jártasságra fektetik, s nem a matematikára. Sapienti sat – ezt már én fűzöm hozzá.

TARJÁN IMRE

Sznbalisverzeichniss.

<p style="text-align: center;">Geher Abschnitt.</p> <p style="text-align: center;">Molekularphysik.</p> <p>Erstes Capitel. Atomität. 1</p> <p>Zweites Capitel. Gesetze der Diffusionen. 19</p> <p style="text-align: center;">Zweiter Abschnitt.</p> <p>Erstes Capitel. Geometrie der Oberflächen. 53</p> <p>Zweites Capitel. Fluidität. 63</p> <p>Drittes Capitel. Physik der Fluidelementen. 81</p> <p>Viertes Capitel. Festen und Gasen. 90</p> <p style="text-align: center;">Dritter Abschnitt.</p> <p style="text-align: center;">Hydroynamik.</p> <p>Erstes Capitel. Stromlauf in Röhren. 97</p> <p>Zweites Capitel. Wellenbewegung in elastischen Röhren. 120</p> <p>Anhang: Ueber die Mittel des Messens. 138</p> <p style="text-align: center;">Vierter Abschnitt.</p> <p style="text-align: center;">Sonomologie.</p> <p>Erstes Capitel. Wissen der Töne. 148</p> <p>Zweites Capitel. Von der Erzeugung des Schalles. A. Von der Stimme. 153</p> <p>B. Von den Geräuschen in den Hörsphärendingen und Musikinstrumenten. 155</p> <p>Drittes Capitel. Von der Fortpflanzung des Schalles. 158</p> <p style="text-align: center;">Fünftes Abschnitt.</p> <p style="text-align: center;">Optik.</p> <p>Erstes Capitel. Lichtbewegung durch ätherischen Körper. 162</p> <p>Zweites Capitel. Refractionen der Töne. 175</p> <p>Drittes Capitel. Temperaturtopographie der Thiere. 192</p> <p>Viertes Capitel. Thierische Wärme in fränkischen Thieren. 205</p> <p style="text-align: center;">Sechster Abschnitt.</p> <p style="text-align: center;">Dynamik.</p> <p>Erstes Capitel. Von der Berechnung an röhrenförmigen Trennungsgliedern. 219</p> <p>Zweites Capitel. Von der Berechnung an röhrenförmigen Trennungsgliedern. 220</p>	<p style="text-align: center;">Sznbalisverzeichniss.</p> <p>Erstes Capitel. Das isometrische Gesetz. 238</p> <p>Zweites Capitel. Von der Stromablenkung. 233</p> <p>Anhang: Ueber Fort- und Grenzgeschwindigkeit. 301</p> <p>Drittes Capitel. Von den Abweichungen des isometrischen Gesetzes. 310</p> <p>Viertes Capitel. Abweichungen des normalen Gesetzes vom isometrischen Gesetz. 325</p> <p>A. Von einer Symmetrie der benachbarten Röhren. 331</p> <p>B. Von Nichtgleichheit mit einem Auge. 340</p> <p>Erstes Capitel. Von den entoptischen Erscheinungen. 340</p> <p>Zweites Capitel. Von den Farben. 340</p> <p style="text-align: center;">Sechster Abschnitt.</p> <p style="text-align: center;">Electricitätstheorie.</p> <p>Erstes Capitel. Elektrische Stromungsverhältnisse in nicht prismatischen Leitern. 371</p> <p>Zweites Capitel. Vom Wechsel- und Permanentstrom. A. Ausgehen des elektrischen Stromes an isometrische Leiter. 406</p> <p>B. Gesetz des Wechsel- und Permanentstromes. 411</p> <p>C. Berechnungen in der electromagnetischen Wirksamkeit des Wechsel- und Permanentstromes. 420</p> <p>Drittes Capitel. Einwirkung der Electricität auf isometrische Leiter. 430</p> <p>A. Von der Wirkung entfernter Ströme. 437</p> <p>B. Von der Wirkung der Stromablenkungsverhältnisse. 445</p> <p>Anhang: Ueber Electrotopographie. 454</p> <p style="text-align: center;">Achter Abschnitt.</p> <p style="text-align: center;">Von einigen instrumentalen Hilfsmitteln.</p> <p>Erstes Capitel. 463</p> <p>I. Elektrische Instrumente. Das Voltmeter. 464</p> <p>Galvanometer. 468</p> <p>Der Sublimationsapparat. 475</p> <p>Das Thermometer. 479</p> <p>Der Augenspiegel. 497</p> <p>Stereoskop. 509</p> <p>Der Multiplikator. 513</p> <p>Elektrische Ohmmeter. 521</p> <p>Substitutionsapparat. 525</p>
--	--

A MAI MAGYAR BIOFIZIKA OKTATÁS HELYZETE

A mai magyar biofizika oktatás jelentős részben az orvostudományi egyetemeken elsőéves hallgatóira koncentrálódik. A más egyetemeken sporadikusan megjelenő biofizika oktatás kisszámú hallgatót érint. Bár jelentős kérdés az, hogy miként lehetne ezen a helyzeten változtatni, itt és most azonban elsősorban az orvostudományi egyetemeken történő biofizika oktatás kérdéseivel kívánok foglalkozni és amikor a továbbiakban a rövidség kedvéért „a biofizika oktatását” említem, a biofizika *orvosegyetemi* oktatására gondolok.

1. TÉZIS

A hazai biofizika oktatás lényeges átalakításra szorul.

A fellelhető okok közül kettőt szeretnék megemlíteni és megbeszélni:

I. A magyarországi biofizika oktatás szerkezete valamiféle *általános biofizika* oktatásához próbál alkalmazkodni. Az ilyenfajta megközelítés azonban eleve kudarcra van ítélve és csak rossz eredményhez vezethet egyszerűen azért, mert *általános nem létezik*.

II. Várható, hogy a közoktatás finanszírozására fordítható támogatás értéke csökken. Ez minden tiltakozásunk ellenére a hivatásos *oktatói létszám csökkenéséhez* vezethet.

Vizsgáljuk meg részletesen ezen indokokat és következményeiket.

ad I.

A nemzetközi könyvpiacra található „*általános*” *biofizika könyvek* (Foundation of Biophysics, An Introduction to Biophysics with Medical Orientation, Physics for the Biological Sciences: A topical approach to Biophysical Concepts, stb.) tartalmának összehasonlításából kiderül, hogy ezen könyvek egyenként korántsem fedik le mindazt amit az „*általános biofizika*” oktatása szempontjából fontosnak tarthatnánk. Az ilyen könyvek többé-kevésbé leplezetten, de tükrözik íróik tudományos érdeklődési körét és éppen ezért nem válnak általánosan elfogadottá.

Más könyvek a *klasszikus fizika fejezetei köré csoportosítják* azokat az ismereteket, amelyeknek több-kevesebb köze van a biológiához, vagy éppen az orvostudományhoz – ezeket azonban a „*fizika biológusoknak*” vagy a „*fizika orvosoknak*” csoportba sorolják és soha nem ismerték el igazi biofizika curriculumnak. Azon – rendszerint *többszerzős* – *könyvek*, amelyek megkísérelnek valóban átfogó képet adni a biofizikusok által művelt kutatási területekről, oly nagy terjedelműek, hogy szóba sem kerülhet egyetemi tankönyvként való alkalmazásuk – bár ezek a művek a biofizika oktatóinak jól felhasználható kézikönyvei.

Hasonlóképp zsákutcának tűnik az a kísérlet, hogy a *biofizika vizsgáló módszereivel* töltsük fel a biofizika egyetemi tankönyveit. Akármilyen körülmények között történik is a válogatás, az természetesen a szerző – vagy szerkesztő – egyéni ízlését fogja tükrözni és a mindenkorai recenzens szerint bizonyosan több *felesleges* fejezetet tartalmaz, míg más fontos tárgykörök *sajnálatosan* kimaradtak belőle. Korlátozza a módszerek ismertetését

az is, hogy megértésükhöz olyan fizikai alapismeretek szükségesek, amelyekkel az elsőéves orvostanhallgató bizonyosan nem rendelkezik. ezek ismertetéséhez újabb terjedelembővítésre van szükség – az alkalmazott matematikai apparátust pedig az appendixben tárgyaljuk, ami további terjedelembővítést eredményez.

Azt hiszem felesleges tovább bizonygatni, hogy az „általános biofizika” oktatásának létrehozásával valami olyan feladatot kísérelünk meg megoldani, mintha az állatkerti elefántot az oroszlán barlangjába akarnánk bekényszeríteni. *Ennek a problémának valós megoldása nem létezik.* A világon kevés olyan egyetem van, ahol a biofizikai intézet (tanszék vagy kutatócsoport) általános biofizikát tanít (az ilyesfajta oktatási gyakorlat leginkább a volt KGST országok egyetemein terjedt el, de ott sem kizárólagosan). Ahol mégis ezzel kísérleteznek, ott természetesen a szóbanforgó intézet kutatási profiljához alkalmazkodnak.

Évekkel ezelőtt a biofizikai intézetek egyetértésével elkészült a hazai orvosegyetemi biofizika oktatás *egységes* programja, tanulságos összehasonlítani az ennek alapján valóban tanított curriculumokat, vagy méginkább az egyes azonos fejezetcímek alatt tárgyaltakat. A tapasztaltak meggyőznek arról, hogy semmi módon sem várható, hogy az egységes, „homogenizált” biofizika oktatás egy ilyesfajta megállapodás nyomán megvalósul.

ad II

Ez a pont természetesen az egy oktatóra jutó hallgatói létszám kérdéséhez kapcsolódik.

A hivatalos oktatói létszám várható csökkenése a jelenlegi módon folyó egyetemi (biofizika) oktatás ellenhetetlenüléséhez vezethet. Az oktatási terhelés növelése öngyilkos technika: az oktatásra fordított idő növelése látszik szükségesnek ahhoz, hogy ne csökkenjenek az oktatói státusok számát, ez azonban azt eredményezi, hogy a túlterhelt oktatók mind nagyobb arányban vonulnak ki a kutatásból, ami viszont az intézmény tudományos produktóját csökkenti, ennek következménye, hogy az egyetemi vezetés az intézet kvalitását vonja kétségbe és az intézet, valamint az általa oktatott tárgy súlyának csökkentését kezdeményezi: világosan felismerhető az öngerjesztett összeomlás folyamata; előbb-utóbb felmerül a tárgy szükségességének kérdése és ezután a fennmaradás csak attól függ, hogy az intézet vezetőjének milyen erős a helyzete az adott egyetemen. Nyilvánvaló, hogy nem ennek kell eldöntenie valamely curriculum tanításának szükségességét.

A megoldás keresése

2. TÉZIS

Csökkenteni kell az oktatók terhelését, ennek érdekében „bővíteni” kell a biofizika oktatását.

Nem eléggé tisztázott a mai biofizikai oktatás célja, pontosabban szólva, kimondva vagy kimondatlanul azt várjuk, hogy a modern biofizikai kutatás módszereinek és eredményeinek tanítása a hallgatók egy részében felkelti a biofizika iránti érdeklődést és így az intézetek fiatal kutatói utánpótláshoz jutnak. Még ha ez a várakozás teljesül is, nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy *egy-egy évfolyam túlnyomó többségét a biofizikától csak elriasztja a számára túl nehéz, érthetetlen és az orvosi hivatástól idegennek tűnő stúdium.*

Az orvosképzésnek azonban nem kizárólagos célja a kutatói gárda kiegészítése. Azt hiszem, hogy az elfogulatlan szemlélőnek nem alaptalan az az érzése, hogy *nem teszünk meg mindent azért, hogy az elsőséves hallgatókat megtanítsuk arra, hogy az élő szervezet működését milyen fizikai törvények irányítják, másszóval elmulasztjuk a klasszikus orvosi biofizika oktatását, vagy legalábbis a szükségesnél kisebb hangsúlyt helyezünk rá.* Az orvosegyetemeken a biofizika elsőséves orvostanhallgatóknak oktatott alaptárgy, és az oktatás strukturáját ennek megfelelően kell kialakítanunk.

Olyan megoldást kell keresnünk, amely két alapkövetelményt elégít ki:

- megadja a klasszikus alapképzést *minden elsőséves orvostanhallgató* számára,
- bevezetést ad a modern biofizikai kutatás világába azok számára, *akik erre fogékonyak.*



dr. Lakatos Tibor egyet. docens

Ezen célok megvalósítására olyan oktatási szerkezet kínálkozik, amelyben négy „szinten” tanítanánk a biofizikát:

1. A gyakorlatok hallgatói laboratóriumi (csoportos) oktatása heti két órában.
2. A klasszikus orvosi (bio)fizika (csoportos, tutoriális jellegű szemináriumi) oktatása heti két órában.
3. Évfolyamszintű előadás válogatott biofizikai problémákról heti egy órában.
4. Kreditpontos kurzusok (speciálkollégiumok).

ad 1.

A heti két órában végzett hallgatói laboratóriumi gyakorlatok célja az lehet, hogy bemutassuk *egy-egy elméleti és gyakorlati problémák kvantitatív megközelíthetőségét*; hogy demonstráljuk néhány *alapvető orvosi technika fizikai-biofizikai alapjait*. A hazai orvosegyetemeken meghonosodott hallgatói laboratóriumi gyakorlatok ennek a követelménynek nagyjából megfelelnek, és nincs nagy eltérés a négy orvosegyetem felfogásában. Lényeges változtatást nem látok szükségesnek, és bár a használt eszközöknek a szükséges mértékben korszerűeknek kell lenniök nem értek egyet azzal a törekvéssel, hogy a hallgatói laboratóriumokat a legmodernebb automatizált, on line adatfeldolgozású készülékek beszerzésével „modernizáljuk”. Természetes, hogy az ilyen eszközök bemutatása és használatának tanítása is szükséges, mint arra rövidesen visszatérek, de nem az általános hallgatói laboratóriumban. *A hallgatói gyakorlatok vezetését elsősorban diákkörösökre és PhD hallgatókra kellene bízni. Ez nemcsak a korábban sikeresen alkalmazott hazai gyakorlatot frissítené fel, de megfelelné a nemzetközi szokásoknak is.*

ad 2.

A *klasszikus orvosi (bio)fizika* eredményes, egységes oktatását jól szerkesztett jegyzet (könyv) segítségével lehet megoldani, *szemináriumi* keretek között (*heti két óra*). Nem ennek a diszkusszióknak a tárgya ezen tanítási forma részletes tematikájának kialakítása és csupán példaképpen mutatom be az alábbi táblázatban, hogy milyen tárgykörök feldolgozására gondolok.

PÉLDÁK AZ ORVOSI BIOFIZIKA TÉMÁIRA

1. Biomechanika:

Végtagok működése, a mozgás elemei

Erő és forgatónyomaték, az ízületek terhelése.

Szilárdság és rugalmasság szerepe.

Az élőlények méretének korlátai.

A szív mechanikai működése.

Áramlás rugalmas csőrendszerben: az érrendszer áramlástanai sajátosságai. Aneurizma.

A légzés biofizikája: alveoláris jelenségek, felületaktív anyagok szerepe a tüdő működésében. Oxigéncsere.

2. Transzportjelenségek:

Diffúzió, ozmózis – kapilláris anyagcsere.

A szervezet elektrolit- és vízháztartása.

A szervezet hőháztartása (a termodinamika alapjai).

3. A szervezet és a környezet informatikai kapcsolata:

Érzékszervek, szenzoros receptorok működése.

Az érzékelés alapfolyamatai.

Idegi vezetés, szinapszisok működése és szerepe.

4. Biokibernetika:

Szabályozás és vezérlés élő szervezetekben, homeosztázis, steady state.

5. Egyes diagnosztikai és terápiás eljárások fizikai alapjai:

Radiológia: röntgen és nukleáris sugárzások

Képalkotó rendszerek: mikroszkóp, elektronmikroszkóp, MRI, CT, PET, ultrahang, holográfia.

Fizikoterápia, stb., stb.

Mindenesetre olyan jegyzetet (könyvet) kell írni, amelyet a négy orvosegyetem oktatógárdája egyaránt elfogad és használ. Ezen témák rutin szerű feldolgozása a *gyakorlatvezetők* segítségével szemináriumokon történhetnék.

Ez az oktatási szint képviselhetné a biofizika azon szeletét, amelynek oktatását viszonylag egységes program szerint végezhetné a négy egyetem.

ad 3.

Az évfolyamszintű előadások *hetenként egyszer egy órában* egy-egy biofizikai kutatási problémát mutatnának be, nem annyira a módszer, mint a probléma oldaláról megközelítve a kérdést. Ezen előadások tematikája meglehetősen szabadon választható lenne, alkalmazkodva egy-egy intézet kutatási profiljához, illetve vezető oktatóinak speciális érdeklődési köréhez (előadóik az intézet igazgatója és a vezető oktatók). Ezek a témák alkalmasak lehetnek arra, hogy az érdeklődő hallgatók figyelmét felkeltsék és további biofizikai tanulmányokra ösztönözzék.

Látható tehát, hogy a „bővítés” nem jelent óraszám növelést – jelenleg is ugyanilyen óraszámban oktatjuk a biofizikát – pusztán az oktatási szerkezet szélesítéséről van szó. Ennek eredményeképp nemcsak az oktatók, de a hallgatók terhelése is csökkenhet, ha a speciális problémákat tárgyaló előadásokon elhangzottakat csak a legjobb osztályzatra aspirálóktól követeljük meg.

ad 4.

A biofizikai intézetek hirdessenek meg vonzó kreditpontos kurzusokat, féléves, vagy akár rövidebb 6–10 órás tartamokra. A kurzusok témájának megválasztásával többek között egy-egy, az intézetben használt metodika fizikai-matematikai háttérét és technikai részleteit mutathatjuk be a hallgatók közül azoknak (nemcsak az elsőéveseknek!), akik erre érdeklődést mutatnak, és megkaphatják azt a motivációt, ami a kutatómunkában való részvételhez szükséges, ezáltal újabb diákkörösökkel gyarapíthatjuk az intézetet.

Befejezésül két megjegyzést szeretnék tenni.

1. Az itt felvázolt oktatási szerkezet természetesen csak azáltal tudja csökkenteni a hivatásos oktatók terhelését (óraszámát), hogy a rutin oktatási terhet a fiatal munkatársak vállára rakja. Ráadásul az egész beindításához bizonyos „aktivációs energia” szükséges, azonban az egyszer már működésbe hozott mechanizmus automatikusan önfenntartóvá válik.

2. Tisztában vagyok azzal, hogy az itt javasolt oktatási forma nem új. Eredményes oktatási formákat már korábban is kitaláltak, csak éppen be kell látni a használhatóságukat és alkalmazni kell őket. Akik Ernst Jenőnek a biofizika tanításáról vallott elveit és gyakorlatát ismerték, tudják hogy a most elhangzott javaslatok magukba foglalják azt a tanítási módszert is, amelynek segítségével Ernst professzor sok fiatal nyert meg a kutatómunka ügyének.

LAKATOS TIBOR

A BIOFIZIKA TANTÁRGY OKTATÁSA

(Simmelweis OTE, 1995)

Tantermi előadások

az I. félévben heti 2,5 óra

a II. félévben heti 2 óra

összesen: 67,5 óra

Gyakorlatok csoportonként mindkét félévben heti 2,5 óra

összesen: 75 óra

Speciálkollégium I. évesek számára (mindkét félévben) heti 1 óra

Klinikai fakultáció IV.–V. évesek számára (mindkét félévre meghirdetve) heti 2 óra

(A speciálkollégiumok és a klinikai fakultációk egyaránt bejegyzésre kerülnek a hallgatók indexébe.)

Képzési cél

A biofizika az orvosképzésben *alapo*zó szerepet játszik. A tárgy tematikája a fizika/biofizika rohamos fejlődésének megfelelően permanens korszerűsítésen ment és meg keresztül a kitűzött képzési cél optimális elérése érdekében. A kialakított tematika – miként tankönyvünk német, illetve angol nyelvű kiadásainak alcíme is jelzi – „orvosi orientálságú”.

A tárgy általános képzési célja kétirányú: egyrészt hozzájárul az orvostársadalom számára is nélkülözhetetlen, minden értelmiségitől elvárható, *általános természettudományos műveltség* kialakításához, másrészt – tekintetbe véve a fizikai elvek, módszerek egyre növekvő mértékű elterjedését az orvostudománynak szinte minden területén – e *fizikai elvek, módszerek* alkalmazásához kíván *elméleti és gyakorlati alapokat* nyújtani. Az előző iránnyal függ össze az a képzési törekvésünk, ami az egzakt gondolkodásmód, problémafelismerő és -megoldó, lényegmeglátó és rendszerező készség fejlesztésére irányul. Ehhez szorosan csatlakozik a kísérlet-elmélet kölcsönhatásának, a *biológiai modellezés* lehetőségeinek bemutatása, illetve elsajátíttatása. Az utóbbi irány a különböző szervezettségű *élő rendszereken belüli*, valamint e rendszerek és *környezetük közötti kölcsönhatások* tanulmányozásán keresztül kíván horizontális és vertikális irányú kapcsolatot teremteni a medicina más alapozó tárgyaival (biológia, biokémia, élettan stb.), míg a *diagnosztikai és terápiás eljárások/berendezések működésének fizikai alapjait* tárgyalva a klinikumhoz való kapcsolatot kívánjuk megerősíteni. E törekvések megerősítését célozza a IV–V. évfolyamok számára meghirdetett fakultációk tematikája is.

Laboratóriumi gyakorlati tematikánkat is a képzési célnak megfelelően alakítottuk. Az intézet több évtizedes, összehangolt fejlesztési programja révén műszerparkunk lehetőséget nyújt arra, hogy a hallgatóság önálló mérések segítségével egyéni tapasztalatra

tegyen szert mérőműszerek megismerésének metodikájában, mérési adatok dokumentálásában, eredmények statisztikai kiértékelésében, illetve számítógépes feldolgozásában. Gyakorlati tematikánk, műszerezettségünk nemzetközi viszonylatban is unikális.

A BIOFIZIKA TANTÁRGY PROGRAMJA (I. ÉS II. FÉLÉV ANYAGA)

I. Az előadások anyaga

1. Az élő anyag molekuláris szerkezete, a szerkezet és funkció kapcsolata

Általános tendenciák az anyagi rendszerek felépítésében rend-rendezetlenség; hibák rendezett rendszerekben, makromolekulákban, dinamikus tulajdonságok
Részből rendezett rendszerek, folyadékkristályok (mezomorf állapotok); termotrop és liotrop rendszerek; liposzómák, modellmembránok
Biológiai makromolekuláris rendszerek (fehérjék, nukleinsavak, membránok) folyadékkristályos tulajdonságai; konformációváltozások; denaturáció
Biológiai makromolekuláris rendszerek elektromos és optikai tulajdonságai; kémiai szennyezések szerepe

2. Ionizáló és nemionizáló sugárzások biológiai hatásainak és orvosi alkalmazásainak fizikai alapjai

Sugárzások (általános áttekintés)

radioaktivitás, mag-sugárzások

Nemionizáló sugárzások

hőmérsékleti sugárzás, lumineszcencia;

speciális fényforrások, lézerek, a fény (UV, VIS, IR), valamint

a mikrohullámok biológiai hatásai

Ionizáló sugárzások

röntgen- és gamma-sugárzás (keletkezése és spektruma; anyaggal való kölcsönhatás, az elnyelődés törvényszerűségei);

röntgendiagnosztika fizikai alapjai, hagyományos, számítógépes rétegvizsgálat (CT), speciális eljárások; mag- és röntgen-sugárzás mérése;

a radioaktív izotópok mint nyomjelzők, izotópdiagnosztikai módszerek

(gamma-kamera, SPECT, PET, RIA); sugárterápiás eljárások;

dozimetria; környezeti ártalmak (fizikai és biológiai dozimetria)

környezeti ártalmak forrásai, prevenció, cost-benefit mérlegelés (ALARA-elv)

3. Biológiai struktúrák vizsgálatának módszerei

Optikai mikroszkópia, elektronmikroszkópia (TEM, SEM)

pásztázó mikroszkópiai eljárások (scanning probe microscopy)

emissziós és abszorpciós spektrometria, diffrakciós módszerek

mikrokalorimetriás módszerek (DSC)

4. Transzportfolyamatok, az életfolyamatok termodinamikai alapjai

Alapfogalmak, extenzív és intenzív mennyiségek, lineáris transzportegyenlet, térfogattranszport, anyagtranszport, diffúzió, membrántranszport, membránpotenciál

5. Főbb diagnosztikai és terápiás módszerek fizikai-méréstechnikai alapjai

A szervek működését kísérő elektromos és nemelektromos jelek feldolgozása (jelérzékelők, erősítők, regisztrálók, digitális jelfeldolgozás)

Objektív és szubjektív audiometriai eljárások

Az ultrahang-diagnosztika és terápia, echográfiás eljárások, mozgó struktúrák vizsgálata Doppler elv segítségével, az ultrahang hatásai

Nagyfrekvenciás hőterápia és sebészet

Elektromos impulzusok orvosi alkalmazásai: diagnosztikai és terápiás impulzusgenerátorok (pacemaker, defibrillátor stb.)

Orvosi képalkotó eljárások áttekintése (orvosi ikonográfia): endoszkópia, termovízió, röntgensugárzást, illetve radioizotópokat alkalmazó eljárások, mágneses rezonanciás módszer (MRI), ultrahangos képalkotás

6. Az ingerületi folyamatok biofizikai alapjai

A nyugvó és ingerületben lévő sejt elektromos tulajdonságai, értelmezésük elektrodifúziós és folyadékkristályos modellek alapján

A test felületén regisztrálható feszültségek: EKG, EEG, ERG, EMG méréstechnikai alapjai, felületi potenciál-térképezés

A szenzoros működések biofizikai vonatkozásai (általános jellemzés és modellezés) példák a szenzoros működésre (hallás, látás)

7. A biokibernetika alapjai

Az információ és mérése, makromolekulák információtartalma, egyszerű szabályozó rendszer felépítése és működése, a visszacsatolás szerepe, számítógépek alkalmazási lehetőségei a medicinában

8. Orvosi adatfeldolgozás

Adatgyűjtés, gyakorisági eloszlás (hisztogram), statisztikai jellemzők-paraméterek, a várható érték becslése, grafikus adatfeldolgozás, statisztikai döntés, hipotézisvizsgálat (egymintás-, kétmintás-, korrelációs t-próba, χ^2 -próba)

II. Laboratóriumi gyakorlatok

Biztonsági szabályok

Az elektromos áram hatásai, veszélyei (érintésvédelem), sugárvédelem, tűzvédelem

Optikai szerkezetvizsgáló módszerek

*Fénymikroszkóp, mérés mikroszkóppal
speciális mikroszkópok, biológiai struktúrák vizsgálata*

*emissziós spektrometria, fényforrások vizsgálata
abszorpciós spektrometria, a fotometriás diagnosztika alapjai, refraktometria*

Sugárzások, dozimetria

*Gamma-sugárzás abszorpciójának mérése, gamma-sugárvédelem
Gamma-energiameghatározás, mint a kettős izotópjelzés alapja
Röntgensugárzás előállítása, a röntgencső sugárteljesítményének mérése
Ionizáló sugárzások dózisének és dózisteljesítményének mérése
Biológiailag hatásos UV dózis mérése*

Orvosi képalkotó eljárások

*A számítógépes röntgen tomográfia (CT) elve, mérés modellen,
a digitalizált kép számítógépes kezelése
Az izotópdiaagnosztika mérés technikai kérdései,
mérés emissziós tomográf-modellen
UH diagnosztika kísérleti alapjai
(távolságmérés ultrahanggal, Doppler eltolódás bemutatása)*

Bioelektronika

*Erősítők szerepe a biológiai jelek feldolgozásában, erősítés mérése
jelalakvizsgálat és feszültségmérés oszcilloszkóppal
Elektronikus alakos elem számlálás (picoscale, haematológiai analízátor)
az elektrokardiográfia fizikai alapjai, mérés EKG berendezéssel
Elektromos impulzusok előállítása, számlálása, az ingerterápia alapjai
Nagyfrekvenciás hőterápiás készülékek, a hőfejlődés fizikai alapjai
UH terápia fizikai alapjai, az UH hatásainak bemutatása
A bőrimpedancia, mint pszichofizikai jellemző, mérése
Az audiometria fizikai alapjai, saját audiogram felvétele*

Biológiai folyamatok tanulmányozása modellen

*Mérés fényérzékelő rendszer modelljén
Mérés érhálózat elektromos modelljén
Anyagtranszport vizsgálata, a diffúziós együttható meghatározása*

III. Választható kollégiumok

A kötelezően választandó kollégium anyaga (Az I. évesek számára kiválasztunk tanévenként 3–4 témát, amit egy gyakorlatnak megfelelő időben [2,5 óra] tárgyalunk).

*Lézerek orvosi alkalmazásának fizikai alapjai
A fény biológiai hatásai
A látás biofizikája
Kémiai dozimetria
Liposzómák és orvosi alkalmazásai
Az ultrahang biológiai hatásai
A rugalmasság szerepe az élő szervezetben*

Speciálkollégium:

Biofizika haladóknak

Klinikai fakultáció keretében meghirdetett előadások:

Környezetünk problémái, hatása a bioszférára

Diagnosztikai és terápiás eljárások fizikai alapjai

Modellmembránok alkalmazása a medicinában

Követelményrendszer

Tantárgyunk oktatásában hallgatóink tudásalapjaként a fizika felvételi vizsga anyagát tekintjük ismertnek.

A félévi aláírás megszerzéséhez megköveteljük a félévenként két-két alkalommal – az előadások és gyakorlatok anyagából – tartott tanulmányi ellenőrzéseken legalább elégséges szint elérését.

Vizsgák: az I. félév végén kollokvium
a II. félév végén szigorlat

Vizsgakövetelmény: az előadásokon, illetve gyakorlatokon feldolgozott anyag

Tankönyv és gyakorlati jegyzet segíti a hallgatóságot a felkészülésben.

RONTÓ GYÖRGYI

IAEA	International Atomic Energy Agency
IARR	International Association for Radiation Research
IBN	International Biosciences Network
IBRO	International Brain Research Organisation
ICNIRP	International Commission on Non-Ionising Radiation Protection
ICRO	International Cell Research Organisation
ICRP	International Council of Radiation Protection

(Tájékoztató a 81. oldalon!)

BIOFIZIKA OKTATÁS AZ ÁLLATORVOSTUDOMÁNYI EGYETEMEN

Az elsőséves állatorvostanhallgatók tanrendjében évtizedek óta szerepel a fizika, mint kötelező alaptantárgy, de egészen a legutóbbi időig csupán egy félévre terjedt ki oktatása. 1993-ban megnövelték az óraszámot, a tantárgy két félévessé vált és az elnevezést az oktatás céljait jobban kifejező biofizika elnevezésre változtatták. Az egyetemen önálló biofizika tanszék nincs, a tantárgyat a Kémia Tanszék gondozza, a tematika ma is *dr. Scheiber Pál* professzor több kiadást megért Fizika című jegyzetére alapszik. Magát az oktatást hosszú ideig a tanszék munkatársai végezték, 1994-től viszont külső előadókat kérnek fel erre a feladatra. Ezek a terjedelmi, illetve személyi változások természetesen tükröződnek a tantárgy tematikájának folyamatos változásában is. A biofizika oktatásának fő célja megadni azokat az alapvető fizikai, biofizikai ismereteket, melyeket az állatorvosi alap és speciális tantárgyak igényelhetnek. Így az állatorvos, és újabban a zoológus hallgatók egyrészt mélyebben megérthetik azokat az alapvető természeti törvényeket, melyek világunk működését irányítják, másrészt olyan tudásra tesznek szert, melyet jól felhasználhatnak későbbi tanulmányaik, illetve munkájuk során.

Jelenleg az első félévben 18 óra előadás és 30 óra szemináriumi gyakorlat, a második félévben 30 óra előadás szerepel a tanrendben. A szemináriumok feladata az, hogy számítási feladatok megoldásával, a fizikai alapismeretek felfrissítésével segítse az előadásokon elhagzottak alaposabb megértését. Laboratóriumi gyakorlatok végzésére egyelőre sajnos nincs lehetőség. A hallgatók az első félév végén gyakorlati jegyet kapnak, majd az év végén szigorlati vizsgát tesznek az egész év anyagából.

Az előadások tematikájának összeállítása ezen az egyetemen sem könnyebb feladat, mint más orvostudományi egyetemen. Az első félévben döntően a makro- és mikrotranszport folyamatokról és a fénytán elemeiről esik szó. A második félév fizikai optikával, fotometriával, spektroszkópiai alapismeretekkel folytatódik, majd előadás foglalkozik a röntgensugárással. Az elektromos jelenségek összefoglaló elnevezés keretében a hallgatók megismerkednek az élő anyag passzív és aktív elektromos tulajdonságaival, a membránpotenciál keletkezésével és terjedésével, a testfelszíni potenciálokkal és az elektromosság bizonyos orvosi alkalmazásaival. Ezt követi az atommagfizika alapjairól és a magsugárzások orvosi alkalmazásairól szóló néhány előadás, az ultrahang diagnosztika lényegét is magában foglaló hangtan, két órás előadás ismerteti meg a hallgatókat a modern orvosi képalkotó módszerekkel, majd a félév hőtaninak nevezhető ismeretek (termográfia, hővesztéségi formák, hőszabályozás) előadásával zárul. A tananyagot teljes egészében tartalmazó könyv, vagy jegyzet egyelőre nem áll rendelkezésre, a hallgatók e sorok írójának magyar és angol nyelvű „kéziratok előadási jegyzetéből”, azaz az előadási fóliák sokszorosított példányaiból készülhetnek fel a szigorlatra. Ezek a „jegyzetek” Scheiber Pál már említett egyetemi jegyzete mellett sokat merítenek a zárójelben felsorolt könyvekből, jegyzetekből. (Morton M. Sternheim and Joseph W. Kane: General Physics, John R. Cameron, Jams G. Skofronick: Medical Physics, G. Rontó and I. Tarján: An introduction to biophysics with medical orientation, Tarján I. (szerk.): Biofizika, Maróti Péter–Laczkó Gábor: Bevezetés a biofizikába, Damjanovich Sándor és munkatársai: Bevezetés a biofizikába I–II., Jean A. Pope: Medical Physics)

Tekintettel arra, hogy az utóbbi években az Állatorvostudományi Egyetem is bekapcsolódott külföldi diákok képzésébe, az előadások és szemináriumi gyakorlatok a magyar mellett angolul és németül is folynak. Ez a rövid összefoglalás a magyar és angol nyelven folyó oktatás tematikájára vonatkozik, a német nyelvű oktatás bizonyos hagyományokat követve ettől kissé eltér.

SZŐKEFALVI-NAGY ZOLTÁN

A BIOFIZIKAI PHD OKTATÁS HELYZETE MAGYARORSZÁGON

A PhD képzés az 1993/94-es tanévben indult be a graduális képzést folytató egyetemeken, a kutató intézetek a megfelelő egyetemekkel szorosan együttműködve csatlakoztak az akkreditált programokhoz. Az alábbiakban szeretném összefoglalni milyen általános vonásokkal rendelkezik a posztgraduális biofizikai oktatás, milyen programok közül választhatnak a hallgatók, mik a velük szemben támasztott követelmények a felvételin, illetve a PhD fokozat odaítélésénél, milyen problémák és javaslatok merültek fel az elmúlt másfél év során a PhD oktatással kapcsolatban. Ez az összesítés a beküldött anyagok alapján készült, amelyeket a különböző biofizikai programokban részt vevő oktatók, kutatók készítettek, így a felmérés teljességét a saját korlátaimon túl a rendelkezésre álló információ minősége is befolyásolta.

Az itt összegzett eredmények vitaanyagként szolgálnak az MTA Biofizikai Bizottságának ülésén, ahol egy napirendi pontként megvitatásra kerül a biofizikai PhD képzés helyzete az egyes egyetemeken és kutatóintézetekben.

Akkreditált programok:

Az Országos Akkreditációs Bizottság az ország egyetemlein és kutató intézeteiben az alábbi önálló biofizikai programokat, illetve egyéb programok biofizikai alprogramjait hagyta jóvá:

DOTE	„Membránbiofizikai kérdések és vizsgálómódszerek” önálló főprogram
ELTE	„Szerkezeti biokémia” főprogramon belül: „Fehérjék, fehérje-fehérje és fehérje-membrán komplexek szerkezetkutatása hagyományos és energiaszelektív lumineszcencia spektroszkópia módszerekkel” című téma. SOTE-ra akkreditált programhoz csatlakozva „Ionizáló és nem ionizáló sugárzások biológiai hatása” főprogramon belül: „Környezetbiofizika, környezetfizika” alprogram.
JATE	„Fizika” főprogramon belül: „Biofizika” alprogram

POTE	„Biokémia és molekuláris biológia” főprogramon belül: „Funkcionális fehérjedinamika vizsgálat biofizikai módszerekkel” alprogram.
SOTE	„Ionizáló és nem ionizáló sugárzások biológiai hatása” főprogramon belül: „Környezetbiofizika, környezetfizika” alprogram.
SzAOTE	„Biokémia-biofizika-sejtbiológia” főprogramon belül: „Biofizika” alprogram

Az ország kutató intézetei közül, az SZBK az, amely úgy csatlakozott az egyetemekhez akkreditált programokhoz – a JATE és a SzAOTE programjaihoz, hogy biofizikai orientáltságú PhD hallgatókkal is rendelkeznek. Ezekén kívül biofizikai oktatással és kutatással foglalkozó oktatók gyakran szerepelnek egyéb akkreditált programok témavezetőiként. A fentiekből látszik, hogy az országban csak egy helyen sikerült önálló biofizika programot akkreditáltatni, valószínűleg a „biofizika” határterületi jellege miatt. Ugyanakkor biztató az, hogy a biofizika hacsak alprogramokban is, de jelen van az ország valamennyi orvostudományi egyetemén, illetve az azokkal szorosan együttműködő egyéb egyetemeken és kutatóintézetekben.

PhD hallgatók száma és összetétele:

DOTE	4 ösztöndíjas hallgató, 3 levelező hallgató. Végzettségük: orvos, biológus, fizikus, vegyész.
ELTE	2 ösztöndíjas hallgató, 1 levelező hallgató. Végzettségük: fizikus, matematika-kémia tanár.
JATE	4 ösztöndíjas hallgató és 3 levelező hallgató. végzettségük: fizikus, biológus.
POTE	2 ösztöndíjas hallgató és 3 levelező hallgató. Végzettségük: orvos, fizikus, vegyész.
SOTE	7 ösztöndíjas hallgató, 5 levelező hallgató. Végzettségük: orvos, gyógyszerész, fizikus, elektromérnök, fizika-kémia tanár.
SzAOTE	2 ösztöndíjas hallgató. Végzettségük: biológus, fizikus.

Ezek a számok két évfolyam hallgatói létszámát foglalják magukban, és így országos szinten 19 ösztöndíjas és 15 levelező hallgatóval számolhatunk. A felvett PhD hallgatók az adott egyetem össz-doktoranduszainak 2–10%-át teszik ki. A hallgatók összetételéből ismét csak a biofizika határterületi jellege ütöközik ki, teljesen változatos háttérképzéssel rendelkező emberek jelentkeztek a biofizikai PhD programokra. A PhD tanfolyamra elsősorban azok a hallgatók jelentkeznek, akik tudományos diákköri munkájukat, diplomadolgozatukat az adott egyetemen, kutató intézetben készítették. Ezekhez csatlakoztak határainkról túlról, elsősorban Romániából jött magyar anyanyelvű hallgatók. Sok esetben az adott intézetben üres állás hiányában kerül sor a PhD programra történő jelentkezésre, így

inkább egy már megkezdett kutatómunka folytatására, mint a kurzusok keretében folyó posztgraduális képzésre történik a jelentkezés. Az orvosi (gyógyszerész) diplomával rendelkező hallgatóknak választaniuk kell a szakvizsga, illetve PhD megszerzése között. Kérdés, hogy ez a PhD ún. „karrier PhD”, vagy szisztematikus felkészülés a kutatói pályára? A PhD hallgatónak a képzés minimum 3 év idő- és anyagi veszteség, ugyanakkor a későbbi vezető beosztáshoz a jelenlegi gyakorlat alapján lényeges előny, esetenként elengedhetetlen feltétel a tudományos fokozat megszerzése.

Felvételi követelmények:

A különböző egyetemeken hasonló elvek alapján történik a jelentkezők elbírálása, bár ennek adminisztratív lebonyolítása elég változó. Van ahol pontoznak minden egyes szempontot, van ahol a felvételi bizottság tagjai szavaznak a hallgató összmínősítéséről. A négy szempont amit általában figyelembe vesznek, *i.)* a szakmai intelligencia, *ii.)* a diploma minősítése, *iii.)* eddigi tudományos tevékenység és *iv.)* nyelvtudás. Már a fentiekből kitűnik, hogy a hallgatóknak a kisebb hányadát teszik ki az olyan jelentkezők akiknek korábban semmilyen kapcsolata nem volt a fogadó intézettel. A sikeres felvételihez a nyelvtudás, előzetes TDK munka, megjelent publikációk kifejezetten előnyt jelentenek.

A PhD fokozat odaítélésének követelményei:

Az elvek ebben az esetben is hasonlóak, a doktorandusznak eleget kell tennie tanulmányi és vizsgakövetelményeknek (kredit), angol nyelvből C típusú nyelvvizsgálóval, egy másik nyelvből A típusú nyelvvizsgálóval kell rendelkeznie, megfelelő tudományos teljesítményt kell teljesítenie (általában 2–5 már megjelent vagy megjelenés alatt álló cikket kell felmutatnia), doktori értekezést kell írnia, ami lehet az ún. klasszikus formájú, illetve tézis jellegű, és ezt az értekezést nyilvános vitában kell megvédenie. A kredit pontok számítása eléggé eltér az egyes egyetemeken, bár az eltérő pontszámok gyakran azonos tartalmat hordoznak. A levelező hallgatóknak doktori szigorlatot kell tenniük. A tudományos teljesítmény megítélését is kissé eltérő módon szabályozzák az egyes intézményekben. A POTE-n például egy elég bonyolult képlet alapján számítják ki a doktorandusz hallgató produktumának impakt faktorát, ami figyelembe veszi hallgató helyét a szerzők sorrendjében, illetve a társszerzők számát is. Az országban írásban lefektetve csak itt kötik bizonyos impakt faktor eléréséhez a PhD fokozat odaítélését. Megjegyezném azért, hogy a POTE Doktori Tanácsa hagyott egy kiskaput, mert a Tanácsnak joga van bizonyos könyvfejezetekre impakt faktort adni. A JATE programjához csatlakozó SZBK-ban, bár ez nincs írásban lefektetve, 3–5 cikk megírásához kötik a PhD fokozat odaítéléséhez szükséges tudományos teljesítményt. A doktori tézisek formátumát egyes helyeken alig (DOTE), más helyeken igen részletesen szabályozzák (SOTE). Az ELTE-én például a 150 oldalnál hosszabb értekezést benyújtó hallgatónak magasabb eljárási díjat kell fizetnie. Minden helyen lehetőség van arra, hogy korábban szerzett kandidátusi fokozatot átminősítsenek PhD fokozattá, az egyedül hivatalos tudományos fokozattá. Egyetemi doktori fokozatot is át lehet minősíteni PhD fokozattá, de ebben az esetben szigorú követelményeket állítanak fel arra vonatkozóan, hogy mely dolgozatok érdemesek az átminősítésre.

Problémák:

A levelező státuszú doktoranduszok helyzete nem teljesen tisztázott, bár előadásokon és gyakorlatokon részt vesznek ezért kredit pontokat nem kapnak, hiszen leckeökönyvük sincs amiben ezeket dokumentálni lehetne.

A PhD hallgató havi ösztöndíja jóval alacsonyabb mint a velük egykorú kutatók fizetése, ugyanis a doktoranduszok nem kapnak sem veszélyességi sem nyelvpótlékot ezért gyakran kénytelenek a munka mellett más, a megélhetést biztosító tevékenységet folytatni, s ez az előrehaladást nem segíti. Egyik megoldás lehet az, hogy az ösztöndíjakat a kutatásra odaítélt pénzekből (OTKA, ETT) kiegészítik, de ezzel a kutatási feladatok megoldására szánt, amúgy is szűkös források csökkenek.

A felvételi megmérettetés követelményei nem egységesek az egyes egyetemekenél, ami ugyanazon város két egyetemén (JATE és SzAOTE) azonos témában (biofizika) futó programok esetén igazán zavaró lehet.

Hasonlóképpen vannak eltérések a PhD fokozat odaítélésnek követelményeiben. Ezekről még nem lehet érdemben beszélni, hiszen még legalább egy év kell a fokozatok odaítélésének megkezdéséhez. A gyakorlat fogja eldönteni, hogy az egyes helyeken szerzett PhD fokozatok végül is milyen minőségű munkát takarnak.

A hallgatóktól azt kívánják, hogy 3 év alatt 3–5 cikk megírásához szükséges kutatómunkát végezzenek mialatt jelentős oktatási programot is teljesíteniük kell. Ugyanakkor a cikkeket meg kell írni, és el kell érni megjelentetésüket. Ezek a feladatok a három év során nagyon sűrű programot jelentenek.

Végzés után mi lesz a hallgatók sorsa? Amennyiben nem jelentek még meg cikkei, várnia kell, időt kell fordítania a disszertáció befejezésére. Ugyanakkor az ösztöndíj csak három évig jár. Amennyiben sikerül a három év alatt olyan minőségi munkát produkálnia, hogy a fokozatot meg is kapja, akkor is problémát jelent, hogy hol is tud elhelyezkedni. Magyarországon még nincsenek olyan vállalatok (biotechnológiai), amelyek biofizikai vagy azzal kapcsolatos PhD fokozattal rendelkező munkatársakat keresnének.

Javaslatok:

Hasznos lenne ha a különböző helyeken meghirdetett kurzusok átjárhatók lennének. Ezek lehetnének gyakorlati kurzusok, két hét időtartamba besűrítve, hogy más városokból származó doktoranduszok is részt vehessenek.

Külföldi kurzusokon (pl. EMBO Courses) való résztvételt támogatni, és annak elvégzését megfelelő kredit pontokkal jutalmazni kellene.

Gyakrabban kellene szerepeltetni a meghirdetett előadás sorozatokon belül meghívott előadókat, nemcsak külföldieket, hanem magyarokat is. Ebben a Biofizikai Bizottság úgy segíthetne, hogy összeállítana egy színvonalas kurzust a hazai kutató gárda igénybevételével. A legnagyobb akadályt itt az „Utazó kurzus” anyagi fedezetének megteremtése jelentené.

Célszerű lenne, ha a disszertációk alapján magyar (angol) összefoglalók készülnének legalább 50 példányban és ehhez a Biofizikai Bizottság, vagy a Biofizikai Társaság támogatást adna. Ugyanakkor a legjobb disszertációkat a Biofizikai Társaság kitüntetésben részesíthetné.

Post doc pozíciók létesítése, ha ideiglenesen is, részben enyhítené a frissen végzett PhD hallgatók elhelyezkedési gondjait. Ezzel részben a problémát a jövőbe tolnánk ki, ugyanakkor a kutatómunka hatékonyságát emelhetnénk, hiszen egy friss PhD diplomával rendelkező, önálló kísérleti munkára is alkalmas, életének termékeny korszakában lévő kutató magas szintű tudományos munkát tudna végezni. Az adott témában hasznosabb munkát végezhet mint a PhD előtt, hiszen az oktatási feladatokkal, kurzusokkal nem lenne leterhelve, s mind a kísérleti rendszerben, mind a kísérleti technikában nagyobb tapasztalatokkal rendelkezne. Itt felmerülhet az OTKA pályázatok (Ifjúsági OTKA), vagy egyéb pénzforrások (pl. OMFB, EERTT) ilyen irányú felhasználásának lehetősége.

SZÖLLŐSI JÁNOS

TÍZÉVES A BIOFIZIKA TANÍTÁSA A RADNÓTI MIKLÓS KÍSÉRLETI GIMNÁZIUMBAN SZEGEDEN

Gimnáziumban a biofizika oktatása tízéves múltra tekint vissza. A kezdeti – szak-körben történő – oktatás az 1982/83-as évben indult. A szakköri foglalkozás tárgya az izomműködés biofizikájára szorítkozott. A stúdiumot *Gál Béla* biológia-kémia szakos tanár tartotta III. osztályos diákoknak.

Az 1985/86-os tanévben kísérleti jelleggel, 18 tanulóval indult meg a biofizika oktatása, a többi tantárgyhoz hasonlóan órarendi keretek között, heti két órában. Ez évtől kezdődően a mai napig országos beiskolázással minden évben felvételi vizsgát tett tanulókkal biofizika tagozatos osztály indult 10–16 fő tanulóval. 1990-es tanévben a korábbi tapasztalatok azt mutatták, hogy az elsős és másodikos biofizika anyagot összevonva, a tárgy tanítását második osztályban érdemes elkezdni, mert az elsősökre túlzott megterhelést jelentett a tárgy tanítása közben jelentkező sok új információ. Ezeket a párhuzamosan tanított biológia tanításával sem lehetett kiküszöbölni. A tananyagot a diákok házilag összeállított jegyzetekből tanulták, amelyeket *Gál Béla* és dr. *Németh Gábor* állítottak össze egyetemi jegyzeteket és könyveket felhasználva.

A biofizika tanításának a célját első osztályban abban határoztuk meg, hogy a tanulók ismerjék meg az élő rendszerekben folyó fizikai jelenségeket, tudjanak alkalmazni fizikai vizsgáló módszereket (szeparáció, centrifugálás stb.), valamint tudjanak dolgozni fizikai jelenségeken alapuló műszerekkel (fotóméter, mikroszkóp, vérnyomásmérő, oszcilloszkóp stb.). A másodikos anyagban sajátítják el az emberi légzés mechanikáját, ismerjék meg a légzésfunkciós vizsgálatokat, azok jelentőségét, ezek mellett a szív és keringés biofizikáját, a humán vázizmok mechanikáját és működésük vizsgálati módszereit. Az első és második osztályban tanított anyag rövidítésével és összevonásával a biofizika tárgyat második évben kezdtük a tagozaton tanítani. A harmadik osztályban tanított biofizika anyagában célként azt tűztük ki, hogy a diákok elsajátítsák és megismerjék az élő szervezetben végbemenő bioelektromos jelenségeket, a receptorokat és azok működési mechanizmusát. Ezen kívül ismerjék meg az ezekkel kapcsolatos vizsgálati módszereket és a kapott eredmények értékelését. A negyedikben tanított biofizika anyagban célként az fogalmazódott meg, hogy a tanulók megismerjék a bioenergetika alapelveit, a fotoszintézis

folyamatát, mint fő energiaforrást minden élőlény számára, a mitokondrium energiaház-tartását, valamint speciális esetként – a Halobakterium energiaforgalmát.

A célként megfogalmazott elképzelések nagyon alapos követelményrendszert céloz-tak meg a tanulók tudásával kapcsolatban. Különösen nehéznek tűnt az elméleti alapok tudatosítása, tanítása, számonkérése, gondolva a DNS finomabb szerkezetére, makromo-lekulák érési folyamataira, energia-konverziókra, az entrópiára, a másod- és harmadlagos messengerek szerepére és több más elvi vonatkozású biofizikai problémára.

A gyakorlati órák tapasztalatai azt mutatták, hogy a tanulók nagyon szívesen végzik el a feladatokat (pl.: vérnyomásmérés, DNS preparálása, membránokon történő transzport folyamatok vizsgálata stb.). Ezeket alapjaiban is tudják és értik is. Műszerezettség hiányá-ban viszont a gyakorlati feladatok száma lényegesen kevesebb a tervezettnél. A Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium tantervében (hozzáférhető: Pedagógus Szakma Megújítása Projekt Programirodája. 1055 Budapest, Szent István krt. 1. IV/B.) hangsúlyo-san kiemelődött az, hogy szükséges egy jól felszerelt biológiai-biofizikai laboratórium. Ennek a kialakítása napjainkban nagyon sok akadály miatt lehetetlennek tűnik.

A biofizika tagozat tanításával kapcsolatban több tapasztalatot lesűrhetünk vissza-tekintve az elmúlt tíz évre. A tagozatról elsősorban orvosi-egészségügyi pályára készülnek a diákok. A felvételi vizsgát sikerrel leteszik, az egyetemen is eleget tesznek a követel-ményeknek. Köszönhető ez azoknak a modern, tudományos ismereteknek, amelyeket ezen a tagozaton kapnak mind biológiából, mind biofizikából. A kémiával együtt ezek a tárgyak megalapozzák az egyetemi ismereteiket. Különösen vonatkozott ez a molekuláris bioló-giára, melynek alapvető ismeretében nem jelent gondot az életfolyamatok, a membránfo-lyamatok, a molekuláris genetika és sok más jelenség értelmezése.

Sokat segít egyes intézmények látogatása, ahol a diákok a legkorszerűbb műszerek-vel (izotópszámláló, elektronmikroszkóp, ultracentrifuga, csont-denzitometer stb.) ismer-kednek meg, melyekkel később ismételtlen találkoznak. Nagyon hasznosnak tűnt és meleg-en üdvözlöttük *dr. Ringler András* (JATE Biofizikai Intézet, Szeged) segítségét, aki az elmúlt tanévben 10–12 órás műszeres biofizika gyakorlatra biztosított lehetőséget egye-temi keretek között.

Nagyon fontos a biofizika oktatásában, hogy a valóságnak megfelelő adatokat és törvényeket taníthatunk, nem úgy mint a biológia esetében, ahol a rengeteg szakmai hiba, logikai ellentmondás, anyagrészek logikai rendszerének összekeverése, a régi adatok leg-korszerűbbekkel való elegyedése zavart kelt, melyet tovább fokoz a megjelent sokféle teszt-anyagot tartalmazó segédkönyv, a különböző elképzelésekkel. Biológiából inkább adatkérdésre van lehetőség, biofizika tanításában sokat alapozni rá nem lehet, a biofi-zikában a szemléletmód kialakítása könnyen megvalósítható.

A biofizika átlagon felüli terhet ró a tanulókra. Így egyes osztályokban a heti óra-szám 36 is lehet. Orvosegyetemen első évben heti 30 óra vagy ennél kevesebb van. A sok elfoglaltság vagy külön vállalt nyelvtanulás (napjainkban ez szinte kötelező jellegű) a tanuló minden idejét leköti. Meg kell jegyezni, hogy ezt általában szívesen vállalják.

Komoly gondot jelent napjainkban alapvető vegyszerek beszerzése. Intézményektől erre csak ígéretek vannak, konkrét esetekben saját pénzügyi forrásokra lehet csak támasz-kodni. Ilyen gyakorlatilag nincs.

Nagyon hiányos az iskola műszerparkja. A mikroszkópok gyorsan tönkremennek, pótlásukra lehetőség nincs. Meglévő műszerek avultak, vagy működésképtelenek. Javításukra anyagiak hiányában szintén nem lehet számítani.

Korábbiakban egyes intézetek ígért szellemi, anyagi és eszközi támogatása is megszűnt, még kiselejtezett műszerekre sincs kilátás, függetlenül attól, hogy elfekvő műszerek minden intézménynél akadnak, sőt bemutatás céljára felhasználható selejt műszerek is léteznek.

Többször felmerült az a kérdés, hogy a biofizika miért nem számít be az átlageredménybe és esetleg a felvételi vizsgán is figyelembe lehetne venni. Ennek különösen most volna jelentősége, mikor a felvételi vizsgák megszűnőben vannak és egy ilyen speciális tagozaton elért eredmény pontot jelenthetne az egyetemre történő bekerüléskor.

A felsorolt negatív tényezők ellenére a biofizika középiskolai oktatásában óriási lehetőség van a tudományos ismeretek elmélyítésében, és meggyőződésünk az, hogy minimális támogatással, kevés odafigyeléssel az eddig elért jó eredményeket a továbbiakban meg lehetne sokszorozni és a biofizika oktatásában még alaposabb, szélesebb tudományos képzést adni.

NÉMETH GÁBOR
tanár

HOZZÁSZÓLÁS A BIOFIZIKAI TUDOMÁNYHOZ

Jelen sorok írója nem biofizikus, hanem olyan személy, aki harminc esztendeje kizárólag biokémiával foglalkozik, szellemét és érdeklődését azonban mélyen befolyásolják azok a jelenségek, melyek az élő rendszerekben a fizikai jeleknek kémiai nyelvre való lefordítását jelentik. Mi is tulajdonképpen a biofizika? Ha a megfelelő címszót megkeresünk egy tudományos értelmező szótárban (pl. Butterworths, Medical Dictionary), akkor az alábbi definíciót találjuk: „A fizika törvényeinek alkalmazása a szervezet életfolyamataira és ezek megnyilvánulásai”. Ez értelemszerűen megfelel Ernst Jenőnek, a magyarországi biofizikai tudomány megteremtője véleményének, mely szerint ebben a tudomány az élőben megnyilvánuló fizikai jelenségek tanulmányozása (lásd pl. Ernst Jenő „Bevezetés a biofizikába” előszavát). A hetvenes években a Nemzetközi Biofizikai Társaság elnöke egy Nobel-díjas biokémikus volt: Feodor Lynen. Ő saját szerepét az egyesület élén azzal magyarázta, hogy vannak ugyan az élőben fizikai jelenségek (pl. mozgás, ozmótikus munka, fénykibocsátás stb.), mindezeknek azonban kémiai alapjuk van.

Tanulságos átgondolni, hogy miként lehet csoportosítani az élő jelenségekben észlelhető fizikai tudományt. Nagyjából három kategóriát lehet elkülöníteni.

1. Az élő rendszerek tökéletes *fizikai alkalmazkodása* a környezetükhöz.

Föltűnő például, hogy úgy a növény-, mint az állatvilágban a csöves szerkezetek predominánsak a tömör, rúdszerű képletekkel szemben. Egy egyszerű laboratóriumi kísérlet meggyőz bennünket arról, hogy azonos hossz- és anyagmennyiség esetén a csöves struktúrának lényegesen nagyobb a hajlítószilárdsága. Kínálkozó alkalom egy biofizika tárgy oktatásán belül gyakorlati demonstrációra.

Ma már sok klinikus foglalkozik rheológiával, és vizsgálataik tárgya a vér mint folyékony szövet. A gerincesek vérében a gázok szállítására specializált hemoglobin egy degenerált sejtbe, a vörösvértestbe van bezárva. Ez a szeparáltság nyilvánvaló fizikai előnnyel jár a szív működés szempontjából. Rheológiai mérések demonstrálják, hogy a hemolizált vér sokkal nagyobb viszkozitást mutat, mint a természetes, ahol a hemoglobin kompartmentalizálva van egy rendkívül flexibilis sejtfeleségbe, amely nagy mértékben megkönnyíti a kapillárisokon való átpréselődését. A fizika és a kémia egységét bizonyítja, hogy ugyanez az elrekeszelés a hemoglobin molekula folyamatos karbantartása szempontjából is óriási előnyöket jelent. Ez a molekula csak úgy működőképes, ha a benne lévő vas kétvegyértékű. Ez állandó redukív tevékenységet igényel, hogy biztosítani lehessen az egészségesnek mondható 1% alatti methemoglobin-tartalmat. Biokémiai szempontból ugyanis óriási pozitívum, hogy a regeneráció teljes enzimmészlete ugyanabban a sejtben van lokalizálva, mint maga a hemoglobin. Így a methemoglobin reduktáz számára a magas „szubsztrát”-koncentráció nyilvánvaló kinetikai előnnyel jár.

Alacsonyabb rendű állatokban (pl. gyűrűs férgekben) már nem találjuk meg ezt a hasznosnak látszó elkülönítést. Ezek az élőlények extracelluláris hemoglobinnal rendelkeznek, melynek molekulásúlya és alegység-szerkezete lényegesen különbözik a madarak és emlősök négy alegységből álló hemoglobinjaitól. Ezeknek a gerincteleneknek ún. „óriás” hemoglobinjuk van, melynek molekulásúlya két-három millió, tehát egy bakteriális riboszóma méretével egyezik. Úgy látszik, hogy a kevésbé bonyolult keringési rendszer nem igényli azokat az előnyöket, melyek a magasabb rendűeknél már kialakultak.

2. Teljes joggal a biofizika területére sorolhatók azok a biológiai folyamatok, ahol *fizikai jelek kémiai eseménysorozatokká alakulnak át.*

Ezen a területen igen nagy fejlődés történt az utóbbi évtizedekben. Elsősorban persze azokat a folyamatokat sikerült csak megérteni, ahol a fizikai hatás és ennek kémiai következményei között viszonylag rövid idő telik el. Ez vonatkozik a fotoreceptorok működésére és a fotoszintézis jelenségeire.

Selig Hecht 1938-ban pszichofizikai kísérletekkel bebizonyította, hogy egyetlen-egy foton képes a vizuális élmény kiváltására. A hihetetlen érzékenységgel működő felerősítő rendszert érzékeltessék a következő számok. Egy embernek van kb. százmillió pálcika sejtje. Ezek mindegyikének külső szegmentumában meg lehet számolni ezer db, korongot (disc). A korongok mindegyikében több ezer molekula rhodopszin található. Ha a csillagászati számú rhodopszin molekulák közül csak egyetlen-egyben bekövetkezik egyetlen foton abszorpciója, az fényjelenség érzékeléséhez vezet. Itt a fényelnyelést követő kémiai események hézag nélkül ismeretesek addig a pontig, ahol a pálcikasejt a szinapszisan keresztül továbbítja a jelet egy bipolaris neuronnak. Ugyancsak sok részletet tudunk a fényenergiának kémiai energiába történő átalakulásáról. Ennek a transzformációnak legáltalánosabb formája a fotoszintetikus elektron-transzport, és a halobaktériumok membránjában működő gépezet. Ez utóbbi a fotoreceptorokhoz hasonlóan szintén rhodopszint használ fényelnyelésre, különbség mindössze annyi, hogy a fény a receptorokban idegingerületté alakul, a sókedvelő baktériumok membránjában pedig kémiai energiává. Ez az ATP-termelésnek egyébként kizárólag az archaebaktériumokban látható módja.

Legizgalmasabbak azonban azok a biofizikai események, ahol a fizikai behatásnak molekuláris következményei igen lassan jönnek létre, évek sőt évmilliók kellene hozzá. Ezek a folyamatok sajnos laboratóriumi körülmények között nem modellezhetők, vonz-

erejük viszont azért nagy, mert ezekben a jelenleg megközelíthetetlen eseményekben rejlenek az evolúció molekuláris mechanizmusai.

Nyilvánvaló például, hogy a képalkotásra is alkalmas legbonyolultabb vizuális rendszerek egyszerűen a fény tartós hatására alakultak ki. A folyamatnak a fordítottja már közvetlenül is megfigyelhető, amikor egy faj egyedeinek látószerve tartós fényhiány következtében elpusztul. Mindenki ismeri a bányalovak vakságát. *Darwin* a fajok eredetéről szóló könyvében igen érzékletesen írja le barlangokban élő patkányok megvakulásának folyamatát.

Sebészorvosok jól tudják, hogy ha csonttörés esetén a szakszerű reponálásra nem kerülhet sor, akkor az eltört csont a természetes orientációtól eltérő módon forr össze. Ilyenkor az új terhelési irányoknak megfelelően a csont bordázata teljesen átrendeződik. Azok a sejtek melyek a csontszövet alakját és méretét változtatni tudják, válaszolni képesek a terhelés változásaira. Jelenleg megválaszolhatatlan kérdés, hogy az oszteoklasztok és oszteoblasztok milyen mechanizmussal tudják lefordítani a fizikai nyelvet saját anyagcsere tevékenységük nyelvére.

3. Harmadik csoportba sorolhatjuk azokat az élőben megnyilatkozó fizikai jelenségeket, melyek *teljesen új szempontokkal gazdagítják* magát a fizikai alaptudományt. A biológiai tudománynak ez a fajta aspektusa legfeltűnőbbben a biokémia fejlődésében volt észlelhető.

Melyik kémikus álmodott volna valaha arról, hogy végre lehessen hajtani tökéletesen sztereospecifikus reakciót. És íme az élő sejt ezrével mutat ilyen jelenségeket, hiszen más sincs az anyagcserében, mint tökéletesen sztereoszelektív reakció. Melyik preparatív szerves vegyész, mert volna arra gondolni, hogy létezhet százszázalékos határfokú, melléktermék nélküli szintetikus lépés? Az élő rendszerek anabolikus aktivitásában mást sem látunk mint ilyent, mert a kémiai evolúció itt is a maximumot nyújtja.

Látunk-e az élő rendszerekben fizikailag teljesen új alapjelenséget? Az utóbbi évtizedben intenzív tanulmányozás tárgyát képezték a hideg tengerekben élő halak. A déli sarkvidék jégtakarója alatt él az a néhány halfaj, amely különleges fiziológiai specifikumok hordozója. Ennek a tengervíznek a hőmérséklete az év minden napján változatlanul $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. A geológusok becslése szerint ez így tart kb. negyvenmillió év óta, ami némiképp termosztátszerű állapot. Mivel az oxigén és általában a gázok oldékonysága a hőfok csökkenésével emelkedik, így ez az a tengervíz, ahol legmagasabb az oldott oxigén koncentrációja. Teljesen érthető, hogy a szövetek oxigénnel való ellátása itt jelenti a legkisebb problémát. Ezért a déli sarkon élő hét halfaj közül háromnak nincs is hemoglobinja, vagyis fehérvérűek. Négy másik fajban van ugyan hemoglobin, de lényegesen kevesebb mint melegtengeri rokonaikban. Legnagyobb problémát azonban annak a megértése okozott, hogy miért nem fagynak meg ezek az állatok. Más halfajokat ugyanis ilyen környezetbe helyezve azonnali fagyhalál következik be.

Kiderült, hogy a túlélés lehetőségét két fehérje-családnak a vérben való jelenléte okozza. Családról azért beszélhetünk, mert két különféle típusú és molekulásúlyban is lényegesen különböző fehérjéről van szó. A tudományos irodalom ezeket „antifreeze protein” néven tartja számon. Most ne törődjünk azzal a nehézséggel, hogy miként lehet ezt magyar nyelvre lefordítani. Elég nehézséget okoz ugyanis annak a megértése, hogy mi a jelenség fizikai mechanizmusa. Mivel a fagyponctscsökkentő effektus (a forrponctemelkedéshez és ozmózis-nyomáshoz hasonlóan) az oldott részecskék számával arányos, itt

nyilvánvalóan nem erről van szó. Ezek a fehérjék ugyanis makromolekulák. Egyenlőre csak neve van a jelenségnek: nem kolligatív effektus. Jó lenne megtanulni ennek a lényegét, mert az egész civilizált világban alkalmazott „járdasózás” elég jelentős környezeti károkat okoz.

E rövid bevezetőből is látható, hogy van a biofizikában bőségesen munkaterület. Mégis mi az oka annak, hogy a biokémiai tárgyú publikációk száma nagyságrendekkel meghaladja az azonos periódusban megjelenő biofizikai témájú dolgozatok mennyiségét?

Ennek egyik háttere lehet a biokémia könnyebb művelhetősége és a rendelkezésre álló kísérleti módszerek nagy arzenálja. Kétségtelen az is, hogy a már megismert életjelenségek közül sokkal több az olyan, aminek domináns vonása kémiaiilag könnyen leírható. Hiszen a légzés és az energiatermelés jelenségei elsősorban enzimológiai módszerekkel voltak kutathatók. Az is igaz, hogy a biokémiai kutatások iránti társadalmi elvárás jelenleg nagyobb, és az ilyen kutatási témákat könnyebb „eladni”. Ez részben a gyógyszerkutatással és gyógyszergyártással való közelebbi kapcsolat eredménye.

Mégis úgy érzem, hogy a biofizikának az oktatásból való részleges „kivonulása” és bizonyos társadalmi mellőzöttsége ellenére perspektívája óriási, és felvirágzását a fiatalabb generáció meg is fogja élni.

ALKONYI ISTVÁN
egyetemi tanár (POTE)

ICSU	International Council of Scientific Unions
IGBP	International Geosphere-Biosphere Programme
IOBB	International Organisation for Biotechnology and Bioengineering
IOMP	International Organisation for Medical Physics
IRC	International Research Council
IRPA	International Radiation Protection Association
ISAC	International Society for Analytical Cytology
ISF	International Science Foundation
ISFP	International Society of Food Physicists

(Tájékoztató a 81. oldalon!)