

### ÁTTEKINTÉS

A Magyar Biofizikai Társaság megalakulása óta hangsúlyozottan és folyamatosan foglalkozik különböző fórumain a biofizika oktatásának kérdéskörével. E témakörben az egyes Értesítőkből eddig megjelent anyagok:

Tarján Imre: A biofizika időszerű kérdései. (1963. 11–19. o.)

Munkaértekezlet a biofizika oktatásáról. (1966. 48–74. o.)

A biofizika tárgya és oktatása. (1969. 41–43. o.)

Tigyi József: Jelentés az IUPAB Biophysics teaching Committee üléséről. (1969. 107. o.)

A biofizika oktatásáról – elnökségi ülés. (1978. 75–80. o.)

Tarján Imre: A biofizika oktatásáról és rokon kérdésekről. (1985. 45–49. o.)

A biofizika oktatása az orvosegyetemeken – áttekintés. (1985. 50. o.)

A jelen kötetben:

Bánfalvi József: Kísérleti biofizikaoktatás középiskolában. (1989.)

Rontó Györgyi: A biofizika mint modell – az oktatás korszerűsítése az orvosegyetemeken. (1989.)

A biofizika törzsanyaga az orvostudományi egyetemeken. (1989.)

Inspirációként és a jobb áttekinthetőség kedvéért indokoltnak tűnik a témáról egy új, elkülönített fejezet szerepeltetése az Értesítőkből.

KUTAS LÁSZLÓ

## KÍSÉRLETI BIOFIZIKA OKTATÁS KÖZÉPISKOLÁBAN

A Művelődési Minisztérium a 26 051/85. IX. szám alatt az 1985/86. tanévtől engedélyezte a szegedi Radnóti Miklós Gimnázium számára – kísérleti jelleggel – a speciális biofizika tagozat megnyitását.

### 1.

A speciális biofizika tantárgy bevezetését *szakköri jellegű munka* előzte meg.

Az Oktatási Minisztérium 1978. év novemberében kelt engedélye alapján a gimnáziumban „a különösen kiemelkedő képességű tanulók számára” az 1979/80. tanévtől speciális természettudományos ismereteket nyújtó, fél osztály biológia, fél osztály kémia, speciális tantervű osztály működik. Azóta minden évben 36–38 fővel egy osztályt iskolázunk be a biológia, illetve a kémia iránt tehetséget mutató, érdeklődő tanulókból. A tagozat országos beiskolázású, s felvételi vizsga előzi meg. Népszerűsége az elmúlt négy év alatt hihetetlenül megnőtt, melyet az is bizonyít, hogy az ország minden részéből vannak jelentkezők, s számuk egy-egy tanévben 180–200 között váltakozik. A speciális tagozatok megnyitását a szegedi felsőfokú intézmények is nagy figyelemmel kísérték, s ennek köszönhető, hogy a biológia tagozatot a Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Biológiai Központja, a kémia tagozatot pedig a JATE Alkalmazott Kémia Tanszéke patronálja.

A minisztérium feltehetően azért választotta a Radnóti Miklós Gimnáziumot, egyrészt, mert: e két tantárgy oktatásában közel két évtized óta jó eredményeket ér el, s a biológia és a kémia szakirányban továbbtanulók sikeresen szerepelnek a felsőfokú felvételi vizsgákon, másrészt, ami különösen lényeges: Szeged város a speciális tagozatú osztály igényes működtetéséhez a tudományos intézetei és felsőfokú intézményei révén kitűnő bázissal rendelkezik.

E lehetőségek és kapcsolatok, valamint a speciális osztályok munkájának tapasztalatai alapján vetődött fel *a biofizikai ismeretek oktatásának szükségessége*.

Ekkor kerestük meg Török Attilát, a SZOTE Biokémiai Intézete c. docensét és Guba Ferenc professzort, hogy nyújtsanak szakmai segítséget a speciális osztályban indítandó biofizikai szakkör megszervezéséhez. A gimnázium vezetősége azután – az iskola e tantárgyakban érintett szaktanáraival történt megbeszélések alapján –, 1981-ben meghívta Tigyi József akadémikust, hogy mint a Magyar Tudományos Akadémia Biológiai Osztályának elnökével, és Biofizikai Szakbizottságának vezetőjével – aki egyben a Magyar Biofizikai Társaság elnöke is –, megbeszélje, illetve ismertesse az elképzeléseit. Tigyi akadémikus megtisztelt bennünket látogatásával, terveinket reálisnak és hasznosnak ítélte, és a Magyar Biofizikai Társaság nevében nagy örömmel és elismeréssel üdvözölte a biofizika középiskolai oktatásának kezdeményezését, s megígérte a kísérlet további támogatását. A tőle kapott tematikai tervek lehetőségeinkhez adaptált formája alapján, 1981 őszen önkéntes alapon, a speciális biológia–kémia tagozat II. osztályában szakköri formában elkezdtük a munkát. A szakkör vezetését Török Attila vállalta. Ebben a tanévben átlagosan 17 tanuló vett részt a szakköri órákon, amelyeken akkor még jobbára előadások voltak a biofizika fontosabb, és a tanulók tudásszintjén is elérhető fejezeteiről.

Alapkoncepciónk az volt, hogy a tudományos-technikai forradalom évtizedeiben, megfelelő matematikai és fizikai ismeretekkel lássuk el azokat a jövőendő biológusokat és kémikusokat, akiknek majd 10–15 év múlva alkotó módon kell részt venniük a biológia tudományos művelésében, oktatásában és fejlesztésében.

A szakköri munka tartalmát illetően: a foglalkozások első hónapjaiban a szabályozáselmélettel, annak matematikai és elektrofiziológiai kérdéseivel foglalkoztunk.

A II. évfolyam 2. felében került sor az ingerület biofizikára. Az ideg- és izomingerület elektromos és mechanikai jelenségeinek tárgyalása után a kísérleti módszereket ismertettük, majd a nyert adatok feldolgozásának és szemléltetésének szokásos technikáját beszéltük meg.

1982. őszétől a II. osztályban – a tanulók kérésére – új csoportot szerveztünk, amelyet Gál Béla irányított. A III. osztályosok pedig olyan biomechanikai mérésekben kezdtek, amelyek során a saját magukon mért kísérleti eredményeket maguk értékelték ki, táblázatokat, grafikonokat készítettek és közös megbeszélés alapján értelmezték a kapott eredményeket.

A mérési kísérletekkel párhuzamosan meghívott előadók is közreműködtek a képzésben. Név szerint is megérdemlik a felsorolást, mert minden honorárium nélkül, pusztán az ügy iránti lelkesedésből és a személyes kapcsolatokra való tekintettel vállalták a közreműködést. Így: Somogyi István docens, Járdánházy Tamás adjunktus és Dibó György tanársegéd a SZOTE Idegklinikai Agykutató Intézetéből, Erdélyi Lajos adjunktus a JATE Állatleptani Intézetéből. Ezek a kollégák előadásaik mellett saját intézetükben mérési bemutatókat is tartottak EEG, EMG és mikroelektrofiziológiai módszerekből.

A tanév végén a III. osztályosok három csoportra váltak szét a célból, hogy mindenki az érdeklődési körének megfelelő helyen, a legkiválóbb egyetemi oktató irányításával készíthesse el az Országos Középiskolai Tanulmányi Versenyre benyújtandó dolgozatát. Így az osztály egyik része a SZOTE Biokémiai Intézetének biofizikai laboratóriumában dolgozott a pályamunka beadásáig, másik része Somogyi és Dibó kollégáknál. Lehoczky Endre tudományos főmunkatárs (JATE Biofizikai Intézet) pedig 2 tanuló patronálását vállalta a növénybiofizika területén. A tehetséges tanulók között mindig akadt egy-két olyan „megszállott”, akinek nem jelent áldozatot a nyaralás egy részének munkában töltése, ha olyannal foglalkozhat, ami érdekli és a fejlődését szolgálja.

A gimnáziumban folyik egy újonnan kialakított biológiai laboratórium berendezése, amelyben biofizikai mérésekre is mód lesz. Úgy tervezzük, hogy ingerület biofizikai mérési gyakorlatot iktatunk be, melyhez a műszereket is biztosítani kívánjuk. Ezen törekvésünkben számítunk a SZOTE, az SZBK és az MTA Biológiai Osztályának megértő, szíves támogatására. Tigyi József akadémikus közbenjárására Gál Béla tanárunk egyéves akadémiai támogatásban részesült, hogy tudományos pályáján elindulhasson. Ezt az egy évet a SZOTE Biokémiai Intézetében Török Attila mellett töltötte el.

Ismert dolog, hogy az 1982/83. tanévtől a gimnáziumokban országos jelleggel bevezették a fakultatív oktatást, mely szerint a III. osztálytól kezdődően a tanulók az általuk – tehetségüknek és pályairányulásuknak megfelelően – választott tantárgycsoportban (blokkban) magasabb szintű képzést kapnak. Kísérleti munkánk egyik távolabbi célja volt tanulmányozni, hogy miként lehetne a biofizika oktatását a fakultációs rendszerben megvalósítani.

1983. augusztus 24-én a Magyar Biofizikai Társaság XII. Vándorgyűlésén Bánfalvi József igazgató beszámolt a Radnóti Miklós Gimnáziumban indított biofizika szakkörök munkájának tapasztalatairól és a biofizikai oktatás megvalósításának középiskolai lehetőségéről. Tekintettel a beszámolót követő elismerő szakmai visszhangra, az iskola célul tűzte ki a biofizika oktatásának tantárgyjellegű megvalósítását a gimnázium délelőtti tagozatán. A beszámolót követő egy esztendő alatt – Tigyi József akadémikusnak, a Nemzetközi Biofizikai Társaság főtitkárának, Keszthelyi Lajos akadémikusnak, az MTA Szegedi Biológiai Központ Biofizikai Intézete igazgatójának támogatásával – Török Attila, a JATE Biofizikai Intézete címzetes docense, Ormos Pál tudományos főmunkatárs, valamint az iskola két tanára, Gál Béla és Németh Gábor, a biológia tudományok kandidátusa, elkészítette a biofizika tantervét. Az elképzeléseket a Művelődési Minisztérium jóváhagyta, s az elkövetkező 1985/86. tanévben a Radnóti gimnáziumban megkezdődött a biofizika oktatása.

A biofizika tagozat beindulásával ismét új színfolttal gazdagodott oktatásügyünk. Bevezetése azért is figyelemre méltó, mert a biofizika a következő évtizedek fontos, új termelési ágazatának, a biotechnikának alapvető tudománya. Indokolttá teszi még a bevezetését, hogy a tudományos intézetek is folyamatosan igényelnek alapos biológiai, biofizikai felkészültségű fiatalokat.

A tanterv alapján az első osztály tankönyvét Németh Gábor írta meg, a második osztályét Gál Béla. Az elkészült tanterveket és a tanterv alapján megírt, a stencilezett formában kiadott I. osztályos tankönyvet Tigyi József akadémikus, Keszthelyi Lajos akadémikus és Török Attila c. egyetemi docens nézte át, s csak így került végleges bevezetésre.

A biofizika mint tantárgy szervesen beépül az iskola óratervébe, a tanulók heti 2 órában tanulják, s minden évben – országos beiskolázással, felvételi vizsgával – 18 tanuló nyer felvételt e tagozatra.

## 2.

A tantárgy megindulásakor beígért segítség és támogatás nem maradt el. A szegedi intézetek szívesen bocsátották rendelkezésünkre eszközeiket és a laboratóriumokat a gyakorlati munka elvégzése céljából és messzemenően segítséget nyújtottak az egyes eszközök beszerzésében, ill. elkészítésében, ugyanakkor ígéreteket kaptunk elfekvő készletek átadására, amelyeknek a középfokú oktatásban még hasznát lehet venni. A szükséges taneszközök beszerzésében kiemelkedően segített Szeged MV Tanácsa VB Művelődésügyi Osztálya.

Ami egyben azt is jelentette, hogy a munka *a biofizikai tagozatban igényesen, jó tárgyi és személyi feltételek között folyt, a patronáló intézetek és munkatársaik szívügyüknek tekintették a gimnáziumi biofizikai oktatás hazai meghonosodását.* A patronálásban az 1986/87. tanévben a SZOTE Oktatástechnikai és Technológiai Központ is bekapcsolódott Zoltán Örs Tamás professzor irányításával és sok hasznos diaanyagot bocsátott rendelkezésünkre.

A tagozat benépesítésével kapcsolatosan: A Művelődési Minisztérium engedélye 1985. január 16-i keltezéssel jelent meg s mikorra az iskolához megérkezett, már lényegében előrehaladott volt az általános iskolákban a pályaválasztás ügye.

A kísérlet 18 tanulóval indult, az elkövetkező tanévben azonban már 52 főre emelkedett a jelentkezők száma, s az ország minden részéből – Mosonmagyaróvár, Nyíregyháza, Tolna, Tamási stb. – érkeztek felvételi kérelmek. Az 1987/88. tanévre való jelentkezés is hasonló volt ehhez, ami egyben azt is jelenti, hogy a közvélemény elfogadta és hasznosnak tartja a biofizika tagozatot.

A tanulók év végi tanulmányi eredményei arról tanúskodnak, hogy szorgalmas és tehetséges tanulók nyertek felvételt a biofizika tagozatba. Annak ellenére, hogy speciális osztályról van szó, a tanulók nem hanyagolták el a humán tárgyakat sem, amit az is bizonyít, hogy átlaguk a 4,60–4,70 század között váltakozik.

A magatartásukat illetően a jó eredmények ellenére sem tapasztaltuk az elbizakodottság, a „zseni gög” jeleit. Az iskolát érintő munkába bekapcsolódtak, s mindvégig értékes tagjai voltak az iskola közösségének. Az elbizakodottságra különben sem lehetett nagy ok, mert az osztályoknak másik fele matematika–fizika előrehozott vizsgájú csoport volt, akik ugyancsak szép tanulmányi átlaggal fejezték be az első osztályt. S a heti 2 óra többlet sem okozott problémát. Az eddigi tapasztalatok alapján meggyőződésünk, hogy *a biofizika oktatása híven szolgálja a tehetséggondozást és az iskolai munka önkifejlesztő elvének érvényesítését.*

### 3.

A következőkben a biofizika tartalmi munkájáról számolunk be.

A biofizika – röviden – az élő szervezetek és életfolyamatainak a fizikája. Más megfogalmazásban: a biológiai jelenségeknek a fizika nyelvén való tárgyalása.

Az első évfolyam anyaga például a következő témákat öleli fel:

1. *Optikai eszközök, nagyítóberendezések, valamint használatuk a biológiában.*

a) Optikai lencsék, egyszerű és összetett nagyító. A nagyítók illetve lencsék képalkotása. A képalkotás törvényei.

b) A fénymikroszkóp. A fénymikroszkóp felépítése és működési elve. A fénymikroszkóp teljesítőképessége, a feloldóképesség. Mikroszkóptípusok és mikroszkóvizsgálási eljárások. Az elektronmikroszkóp.

c) A fotométer és működési elve, mérési tartományok és a hullámhossz. Az extinkció, az optikai denzitás fogalma. Az extinkció és az oldat koncentrációja. Az oldat hígítása és kalibrációs görbék készítése.

2. *Sejtek alkotórészeinek elválasztása (szeparálása) bio-makro molekulák vizsgálata és vizsgálatuk módszerei.*

a) A DNS fizikai és kémiai tulajdonságai. DNS-típusok. A DNS kimutatása. A DNS elektronmikroszkópos kimutatása.

b) Sejt és szövetek alkotórészeinek szétválasztása, fizikai úton. A sejt fel-tárása és frakcionálás. A homogenizálás módszere.

c) Centrifugálás módszere sejt-szövetfrakcionálásban. Centrifugák és működési elvük. Ultracentrifuga. A sűrűséggradiens-centrifugálás elve.

d) Gélkromatográfiai módszerek a biológiában. A gél-sűrítési technika. A gélkromatográfia alkalmazási területei.

e) Izotópok felhasználása a biológiában. Az izotópok felhasználási területei, izotópos jelölés. Izotópos mérési technikák. Autoradiográfia. Fény- és elektronmikroszkópos autoradiográfiai kép értékelése.

### 3. Mérési gyakorlatok.

a) Mérések mikroszkóp segítségével. Okulár- és objektív mikrométer használata. Buerker-kamra használata kalibráláshoz. Biológiai objektumok, sejtek mérése. A mérés pontossága és a nagyítás összefüggése.

b) Elektronmikroszkópos képek elemzése. Sejtalkotók nagyságának megállapítása a nagyítás ismeretében. Atszámítások árnyékolt preparátumok nagyságának megállapítása az árnyék hosszából szögfüggvény segítségével.

c) Sejtmag izolálása májszövetből. Az izolálás módszere.

d) DNS kivonása izolált sejtmagból (májszövet). A DNS mennyiségének meghatározása.

e) Sűrűséggradiens készítése szaharózból. A linearitás vizsgálata fotometriás módszerrel.

f) Sómentesítés gélkromatográfiával.

Az I. osztályban a tanulók tehát szervrendszerek biofizikájával, a II. osztályban túlnyomó többségben molekuláris biológiával és a kapcsolódó módszerekkel, a III. osztályban az érzékszervek biofizikájával, a IV. osztályban pedig a bioenergetikával ismerkednek meg. *S mindezeket természetesen alapos biológiai és fizika tantárgyi képzés is kiegészíti.* A négy év tematikájának az összeállítása olyan, hogy nagymértékben elősegíti a pályamunkák, versenydolgozatok előkészítését, valamint a felsőfokú intézményekbe való felvételi felkészülést.

Tekintettel arra, hogy a Radnóti gimnáziumban az 1985/86-os tanévtől „Előrehozott vizsgájú osztályok” is nyílnak, *az előrehozott vizsgák lehetőségével a biofizika tagozatos osztály tanulói is élhetnek.* Azaz a III. osztályban félévkor az általuk választott tárgyból (tárgyakból) a III. osztály egész évi anyagából, valamint III. osztály végén a IV. osztály anyagából letehetik a vizsgát. A sikeres vizsga letétele után a felszabadult óraszámnak megfelelően külön csoportban végzik a munkát, vagy a felszabadult órákat más tantárgy tanulására fordítják.

A tantárgy színvonalas oktatását elősegítette, hogy munkájába már az első évektől kezdődően olyan szakemberek kapcsolódtak be, akik maguk is évek óta ezen a területen végeznek oktató és kutató munkát.

Munkánkban nagy segítséget jelentettek iskolánkban az 1982/83. tanévben megindított *biofizika szakkörben szerzett tapasztalatok, mert lényegében annak a tartalmi anyagát fejlesztettük tovább speciális biofizika osztállyá.*

A tantervekből részletesen csak az I. osztály anyagát ismeretettük, a II–IV. osztály tanterve az iskolában az érdeklődők rendelkezésére áll.

A tantervi anyaghoz szükséges taneszközök egyrészt a már felsorolt intézetekben, másrészt iskolánkban is megvannak.

A speciális biofizika tagozat az 1987/88. tanévben befejezte a III. osztályt, 4,60, százados átlaggal. Létszámuk 16 főre csökkent, ugyanis 2 tanuló átment az előrehozott vizsgájú fakultatív rendszerű matematika tagozatba. Az 1988/89. tanévben a csoport létszámában már nem történt változás. Tanulmányi átlagukat is tartották 4,63 százados átlaggal.

A biofizika oktatása iránt – megjelent cikkeink nyomán, országos szinten is érdeklődés mutatkozott. Számos levél érkezett címünkre és sokan kerestek fel bennünket tapasztalatszerzés céljából.

### Összegezés, értékelés

A biofizika tagozat létrehozásának célja elsősorban a *tehetséges középiskolás tanulók tudományos érdeklődésének felkarolása és továbbfejlesztése*, s egyben a tudományos intézetek számára alapos biológiai és biofizikai ismeretekkel rendelkező szakemberek biztosítása volt.

Az 1985/86. tanévben indított osztály számára a tananyagot Gál Béla és Németh Gábor tanárok készítették, s egyben tanították. Minden osztályban a tantervnek megfelelően az adott anyagról házi használatú és sokszorosítású jegyzet készült, mely az alapfonalát képezi az osztályos anyagnak. Ezt egészíti ki egyes esetekben javasolt irodalom.

A tananyagot igen alapos biológia és fizika tantárgyi képzés is segíti, valamint kiegészíti. A négy év tematikája olyan volt, hogy nagymértékben elősegítette a pályamunkák, versenydolgozatok előkészítését, valamint a felsőfokú intézményekbe való felvételi felkészülést.

A tanulók eredményes felvételi vizsgával nyertek felvételt a speciális biofizika tagozatba. A megindulás alkalmával az 1985/86. tanévben 18 tanuló nyert felvételt. A jelenlegi létszámuk 16, tehát mindössze 2 tanuló távozott el a tagozatból.

#### Tartalmi munka:

A biofizika tantervét illetően az I. osztályban molekuláris biológiával, módszertani gyakorlatokkal foglalkoztak a tanulók. A fizika tárgyból kevésbé ismert optikával, a mikroszkóppal ismerkedtek meg. Molekuláris biológiában színtelt az az anyagrészt, melyben a tanuló gyakorlat kapcsán maga állít elő sejtmagból DNS-t, örökítő anyagot, melynek fizikai-kémiai tulajdonságát is vizsgálja. (Igen fontos, hogy a DNS – mely valami elvont megfoghatatlan dolog a tanuló számára – kézzelfoghatóvá váljék a diák előtt. Fontosak azok a látogatások is az intézményekben, ahol a tanulók elektronmikroszkópizálhatnak, látnak ultracentrifugát vagy spektrofotométert.)

A II. osztályban a szervrendszerek biofizikájával foglalkoztak. Az izomműködéstől az ingerület vezetéséig, a lamináris és turbulens áramlásig kísérleteket végeztek, mérhettek és regisztrálhattak.

A III. osztályban az érzékszervek biofizikáját tanulták meg. Ezzel kapcsolatban igen sok kísérletet végeztek, általában a fizikai oldaláról megvilágítva az érzékelés jelenségeit.

A IV. osztályban a tagozat tanulói a bioenergiával ismerkedtek meg, azokkal a jelenségekkel, melyek energiaátalakulással, az átalakulások irányával foglalkoztak, vagyis hogyan valósultak meg a termodinamika törvényei az élőben.

A tanulók kreativitása igen jó. A biofizika tagozaton végző diákokból ötletekben gazdag, olyan értelmiség alakítható ki, mely igen jól megállja helyét az adott pályán.

A biofizikai tagozatba járó tanulókra nagyobb teher hárul, mint az általános tagozatok tanulóira. Nagyobb az óraszámuk, s több a tanulnivalójuk is. Igaz azonban, hogy tudásuk is szélesebb és problémátöbb is. S mégis, a nagyobb leterhelés ellenére a tagozat a tanulmányi munka motorja volt, mert tanulmányi átlaguk általában 4,5–4,6 között mozgott, ami egyben azt is jelenti, hogy a többi tantárgyat sem hanyagolták el.

Fontosnak látszik megemlíteni, hogy a kísérletezési és kutatási szellem is kialakult a tanulóiban a negyedik évfolyam végére. Ez a távlati perspektívát tekintve kedvező a kutatóorvosok vagy biológusok utánpótlása szempontjából.

*Az is kifejezésre jutott, hogy szívesen látnának több hozzáértő vendég-előadót.*

Eredetileg a II. osztály anyagát elsősöknek, illetve az elsős biofizikát második osztály számára terveztük. Helyesebb lett volna ennél az elképzelésnél maradni, mert csaknem valamennyien úgy érezték, hogy az első év anyaga igen nehéz, és azt voltaképpen csak második osztályban, a tanév vége felé értették meg igazában.

Ide kívánczik az a megjegyzés is, hogy szakirányban nagyon sokat kaptak, ezt meg is tanulták, de más tárgyakból lényegesen jobban kellett iparkodni, mert a célirányú tárgyakra (biológia, fizika, biofizika) való készülés több időt vett igénybe, mint más osztályokban. Így a nyelvtanulásra ezen osztály kb. 50 százalékának csak annyi ideje maradt, hogy a tudását szinten tudja tartani, vagy kissé előre tudjon lépni.

– Érdeklődésük nagyobb volt az átlagos szintnél. A jól irányított óra-vezetés mellett igen érdekes problémákat lehetett megbeszélni. Ezen a területen a természettudományos szemléletük dicséretes volt. Kialakult az összefüggést meglátó és elemző, logikus gondolkodási, értékelő és elemző készségük. A kis létszámú tanulócsoporthoz sokkal folyamatosabb felkészülésre ösztönözte a diákokat, ugyanis a csoport tagjai elméletileg és gyakorlatilag minden órán *sokszíniúen ellenőrizhetők* voltak. Ez pedig *javította*, szilárdította *munkaerőkölsüket*. A csoport- és az egyéni érdeklődés *jóval több önálló* (órán kívüli) *munkára* is ösztönöz. *Természetesnek* tartották tehát a *többletfeladatokat*. Érettebb volt a viszonyuk általában minden munkához, minden önként vállalt feladathoz.

Lényegében tehát mi a tanulóink eredményével, neveltségi szintjével elégedettek vagyunk. Megkérdeztük azonban a tanulókat is. Először a tagozat hasznosságáról érdeklődtünk. Véleményüket a következőkben összegezzük:

A biofizika tagozat létrehozását nagyon jó kezdeményezésnek, jól sikerült kísérletnek tartjuk. Olyan tananyaggal lehet megismerkedni, amelyet csak tankönyvből nehéz lenne megtanulni. Plusz ismereteket nyújt. Felkelti a szakirodalom iránti érdeklődést. A biológia mélyebb és szélesebb körű megértését jelenti. Segíti a biológia és a fizika jobb megértését. Segíti a pályaválasztást. Eredményesebbé teszi a felvételre való felkészülést. Nagyobb az esély az orvosegyetemi felvételre stb.

Két tanulótól olyan véleményt hallottunk, hogy „leszűkíti a továbbtanulási lehetőséget”. (Ezzel azért nem lehet egyetérteni, mert a biológia és a fizika tantárgyakat kivéve, minden tantárgyat az általános tagozat óraszámának megfelelően tanulnak, s lényegében ez a felvételi vizsgák követelményanyaga.)

Elmondják azonban azt is, hogy a kis csoport lehetővé tette számukra a baráti kapcsolatok elmélyülését, a tanároknak könnyebb volt észrevenni a hibáinkat és azt kijavítani. Megtanítottak bennünket dolgozni, a munkát pontosan elvégezni. Végül: a négy év alatt megtanultuk az iskolát és tanárainkat becsülni és az iskola hagyományait tisztelni és becsülni s az intézetünkre büszke lenni.



A tartalmi munka terén azonban – sajnos – voltak problémák is, amelyek elsősorban a kísérleti munka újszerűségéből adódtak, s amelyet diákjaink is nagyon jól felismertek. Ezek a következők:

Kevés volt a kísérlet. Több gyakorlati alkalmazást szerettünk volna látni. Még jobban össze kellene hangolni a biológia és a biofizika órák anyagát. Mivel a kísérletben mi voltunk az elsők, a tanároknak is új volt ez a tagozat. Volt olyan anyagrész, amelyhez nem volt elég (megfelelő) alap. Az első évfolyam anyaga nehéz. Több külső előadó kellene s még több látogatás a kutatóintézetbe, s kirándulás a vidéki intézetekbe. Nagyobb műszerezettséget a munkához.

A felsorolt problémák helytállóak, s ezeknél a részünkről való kijavítása már nagyon sokat javíthat a biofizika tagozat eredményességén. Azonban maguk a tanulók is tesznek néhány javaslatot, amelynek különösen azért örülünk, mert ebből is látni, hogy a tanulók mennyire benne éltek a biofizika tantárgyban, ismerve annak minden területét. A javaslatok – a már felsorolt problémákon kívül:

- az első évben el kellene hagyni a biofizika tantárgyat és csak a második évben kezdeni (reális gondolat);

- engedélyezni kell a III. osztálytól a biofizika tagozatosoknak a kémia-fakultációt;

- több pályamunkát kellene íratni;

- túl nagy a tananyag, a kevesebbet jobban meg lehetne tanulni.

A felvetett problémák ellenére is elmondhatjuk azonban, hogy a biofizika tagozat munkája eredményes volt, mert arra a kérdésre, hogy „Ha újra kezdené a gimnáziumot, beiratkozna-e ismét a biofizika tagozatra?” 16 tanuló *igennel* felelt, mindössze 2 tanuló mondott *nemet*, azzal az indokkal, hogy „a biofizika tagozatra csak nagyon jól felkészült tanulók jöjjenek, mert nagyon sokat kell dolgozni”.

#### *A tanítás módszere:*

A kis csoportos oktatásban számtalan lehetőség kínálkozott a tanári módszerek skáláján, így többek között a tanári előadás mellett a tananyag közös feldolgozása.

A tananyag feldolgozásán kívül igen nagy szerepet játszott a biofizika tanításában a gyakorlati munka, melyet a tanári bemutatás után a tanulók maguk végeztek el. Különösen vonzotta a tanulókat a műszeres kísérletek kivitelezése, melyek módszertani alapelveit órán megtanulták és másutt vagy az iskolában rendelkezésre álló eszközökkel tapasztalatilag is kipróbálhatták. Röviden: szerették a mérési gyakorlatokat. Lehetőség szerint, minden témakörhöz módszertani mérési elveket kapcsolunk, hogy később felhasználandó ismereteikben, esetleg versenyeken, ezeket tudják elviekben és a gyakorlatban.

Többször történt látogatás olyan intézményekben, ahol a diákok megismerhették azokat a műszereket, amelyek használatosak biofizikai vizsgálatokhoz. A látogatást követő értékelések jól szolgálták az elméleti anyag megerősítését. S még egy dolog a kiscsoportos oktatás előnyéből: a kis létszám lehetővé tette a tanulók *beszédkultúrájának fejlődését*.

### Továbbtanulás:

Mint azt általában a speciális tagozatos tanulóknál tapasztaltuk, a „szakma” itt is rányomta bélyegét a továbbtanulásra, ill. a pályaválasztásra. A 16 tanuló közül 13 tanuló olyan pályát választott, ahol az egyik vagy mind a két tantárgy felvételi tárgya, mindössze 3 tanuló kíván a „szakmai körből” kitörni. A pályaválasztás részleteiben – az 1989. évi február hó 1-i állapot alapján – a következő:

A választott felsőoktatási intézmény	A jelentkezők száma
SZOTE	8
Kertészeti Egyetem	2
Szakbiológia	1
TTK biológia–kémia tanári szak	1
Egészségügyi Főiskola	1
JATE Jogtudományi Kar	1
Külker. Főiskola	1
JATE, programozó matematikus	1

A felvételi eredmények várhatóan ugyancsak visszaigazolják a gondos tanári munkát és tanulói szorgalmat. *S egyben igazolja azt is, hogy a biofizika tagozat megszervezésével – célkitűzésünknek megfelelően – ismét elősegítettük a tehetséges tanulók képességeinek a kibontakozását.*

A jövő iskolájának tehát – s ez kísérletünk egyik vezérlő gondolata – az egyes tanulók egyéni adottságait, hajlamait, képességeit nem szabad figyelmen kívül hagyni. Illúzió volna egy határon túl elérni, hogy minden gyerek ugyanarra a szintre jusson. Az által legyenek egyenlők, hogy más-más területen érnek el kiváló eredményeket.

### Értékelés, javaslat:

A tanulók által felsorolt problémákat, valamint a szaktanárokkal történt beszélgetést is figyelembe véve a következők megoldása látszik szükségesnek:

1. A tananyag még szilárdabb elsajátítása érdekében mind a négyéves anyagot figyelembe véve (minden évfolyamra vonatkozóan) *a tananyagot csökkenteni kellene.*

Az anyag csökkentését az is indokolja – a tanulók véleménye szerint is –, hogy a többi tantárgy tanulására több időt tudjanak fordítani.

2. Az anyagot is – feltehetően – át kellene csoportosítani oly módon –, ami különben már a kezdet kezdetén a vita tárgyát képezte –, hogy az első osztály biológiáját a második osztályba kezdeni. Azaz: *a biofizika oktatása csak a II. osztályban kezdődjék.* Felvetődik: vajon nem kellene az első osztályban egy megalapozó tárgyat tanítani?

3. Különösen fontosak a műszeres gyakorlatok. A műszerezettség terén is szeretnénk teljességre törekedni, azaz a szükséges műszereket megvásárolni. Pénzünk van, a szükséges műszereket meg is rendeltük – azonban a leszállítás már egy éve késik.

4. Különösen fájó pontja a tagozatnak, hogy nincs idő az idegen nyelvnek olyan szintű megtanulására, hogy középfokú nyelvvizsgát tudjanak tenni.

Ennek a helyzetnek a megoldása érdekében javasoljuk a minisztériumnak: engedélyezze, hogy a *speciális tagozatokban csupán egy nyelv legyen a kötelező*, de azt a két idegen nyelv óraszámának összességében tanulják. (Természetesen fakultative bárki választhat második idegen nyelvet is.) Csakis ez a megoldás látszik megfelelőnek ahhoz, hogy a tanulók még az érettségi előtt nyelvvizsgát tegyenek.

5. Az életpálya-választás és sikeresebb felvételi vizsga érdekében engedélyezni kell a kémia tantárgyi fakultáción való részvételt, mert ezzel a pályaválasztás köre (lehetősége) a mezőgazdasági jellegű pályák felé is kitérül.

6. Engedélyezni kellene, hogy a biofizika tantárgy jegyét a felvételire, választott tantárgyként vihesse. Ezenkívül: biztosítani kellene, hogy azok a tanulók, akik a speciális tagozatokon jó eredményt érnek el, plusz pontban részesüljenek a felsőoktatási felvételi alkalmával.

7. Azoknak a tanároknak, akik kísérleti munkában a speciális tagozatokon a speciális tárgyat tanítják, *órakedvezményt kellene biztosítani*.

*Összegezve:* az új Oktatási Törvény sok új lehetőséget biztosít az iskolák számára, s a lehetőséghez mértén élni is kell a lehetőséggel. A biofizika tagozat iskolánk egyik kedves színfoltja lett, mely a tehetség- és képességfejlesztést szolgálja. A kísérlet eredményei azt is bizonyítják, hogy a biofizika tagozat elsősorban ott valósulhat meg, ahol egyetemi város van, ill. olyan egyetemi kar, amelyik a biofizika tagozat munkáját segíteni tudja. Ennek ellenére a szegedi biofizika tagozat megszüntetését nem javasoljuk. Az új Oktatási Törvény alapelveiből következik, hogy a teljesítmény és a minőség elvét kell előtérbe helyezni, melyben a magasabb igényszint és a képességek differenciált fejlesztése követelményének az elve érvényesül. A biofizika tagozat ilyen értelemben az új Oktatási Törvény egyik megvalósult elgondolása.

*Utóirat:* Az 1988/89. tanévben a tagozat 4 tanulója került be az Országos Tanulmányi Verseny (OKTV) országos döntőjébe, ketten a legjobb 10 között végeztek. Az első biofizika tagozatos osztály 1989. június 5–6-án igen jó eredménnyel tette le szóbeli érettségi vizsgáit. Az érettségi elnök tisztét Tigyi József akadémikus volt szíves ellátni, amit itt is köszönünk.

BÁNFALVI JÓZSEF–GÁL BÉLA–NÉMETH GÁBOR

## A BIOFIZIKA MINT MODELL\*

(Az oktatás korszerűsítése az orvosegyetemeken)

1. Napjainkban a műszaki és a természettudományok robbanásszerű fejlődésének lehetünk tanúi. Ez a fejlődés nemcsak a mindennapi élet, hanem pl. a medicina területén is mélyreható változásokat hozott. E változások egyrészt az elméleti és klinikai orvostudomány elvi alapjainak szupramolekulá-

\* Megjelent az Egészségügyi Dolgozó XXXII. 6. számában (1988.), majd átdolgozott – jelen – formájában a Felsőoktatási Szemle 37. (1988.) 427–435. oldalain.

ris-molekuláris szintig hatoló mélyülését jelentik, másrészt pedig jelentik az egyre fejlettebb technika és informatika eredményeinek térhódítását az orvosi diagnosztikai és terápiás módszerekben.

1.1. A forradalmi változásokkal együttjár az, hogy a mindennapi életben való eligazodáshoz (pl. a programozható mosóautomata, a tv-készülék, a digitális óra kezelése), a rutinmunka végzéséhez (pl. programozható mérőműszerek, ipari robotok) óriási mennyiségű, nemcsak egyszerűen új, hanem új típusú ismeretanyagra van szükség. Ezeknek az ismereteknek a hiánya, ill. hiányossága időnként bizonyos társadalmi feszültségek kialakulásához vezet, és e feszültségek az alsó-, a közép- és a felsőfokú oktatásra egyaránt nagy nyomást gyakorolnak a kor követelményeinek megfelelő oktatási tematika és oktatási formák kialakítása érdekében. Nyilván ezzel függnek össze a napjainkban is megjelenő oktatási reform-törekvések, ill. reform-kísérletek.

Ha a kérdést az orvosképzés szempontjából tesszük fel, nem hagyhatjuk figyelmen kívül azt, hogy a mai első éves hallgató 10–15 év múlva szakmailag érett orvos, tehát a jövő orvosait nemcsak a jelen szorításának megfelelően, hanem a várható fejlődési irányokat is figyelembe véve kell oktatnunk. A továbbhaladás érdekében kötelességünk, hogy önmagunkkal számvetést készítsünk, és az 1979-ben bevezetett orvosoktatási reform tapasztalatait összegezzük: felmérjük erőnyeit és hiányosságait, és megvizsgáljuk, hogy az időnként és helyenként felmelegített, esetleg csak „mindenáron változtatni” akaró reform-kampányok szülte látszatzmegoldás, vagy pedig a jelen követelményeit, és a jövő tendenciáit figyelő, permanens korszerűsítés szolgálja-e jobban a modern, szakmailag és pedagógiailag egyaránt megalapozott képzést.

1.2. A felvetett kérdésre adandó válasz előtt tekintsük át azokat a „mellékesnek” tűnő körülményeket és tényezőket is, amik az említett világtenenciák mellett az egyetemi oktatás tematikájára, módszerére ugyancsak jelentős befolyást gyakorolnak, mert reformot, vagy korszerűsítést tervezni csak ezek ismeretében szabad.

a) Elsőként az egyetemre kerülő hallgatók közép-, sőt általános iskolából hozott ismereteinek általános színvonalát említjük. A magunk részéről természetesen elsősorban a fizika-matematikai ismeretekre, azok stabilitására, mélységére hivatkozunk, hiszen ezekről szerzünk közvetlen tapasztalatokat, és a biofizika tárgyalását az első évfolyamon főként ezekre alapozzuk, de ugyanez vonatkozik az általános ismeretekre (pl. nyelvhelyesség, helyesírás, idegen nyelvtudás) is. E tekintetben, sajnos azt kell megállapítanunk, hogy az utóbbi 8–10 évben hallgatóink felhasználható ismeretanyaga mind fizikából, mind pedig matematikából csökkent: bizonyos területek (pl. geometriai optika, klasszikus hőtan, differenciálszámítás) teljesen kimaradtak a középfokú oktatásból. További nehézséget jelent hallgatóink számára még a rendelkezésükre álló ismeretek esetében is azok alkalmazása és az adekvát szakmai nyelven való közlése. Ez a körülmény a készségi szintek kialakításának hiányosságait tükrözi.

b) Az egyetemi felvételi vizsgáknak a szelekción kívül (amire túlságosan is gyakran hivatkozunk) biztosítaniuk kellene a felvételi tárgyak anyagának egy bizonyos ismeretszintjét is, ami lehetővé tenné a megfelelő szaktárgyak számára azt, hogy e szint ismeretéből kiindulva építsék fel mondanivalójukat. Ezt a koncepciót tükrözik az orvosegyetemek első évfolyamain a korábbi években kialakított szaktárgyi óraszámok. Mint ismeretes, a felvételi vizsgatárgyak a fizika és a biológia. Ennek megfelelően jelenleg pl. a SOTE-n

a biofizika oktatására az első két félév alatt 142 óra, biológiára 135 óra, míg a középiskolai előzménnyel nem, vagy csak alig rendelkező anatómia, ill. orvosi vegytan oktatására két féléven át 240 óra, ill. 218 óra fordítható. (A teljesség kedvéért megemlítjük, hogy a harmadik és a negyedik félévekben a hallgatók még 225 óra anatómia, ill. 180 óra biokémia oktatásban részesülnek.)

A felvételi vizsga említett funkciói közül a szelekció eredményessége korántsem egyértelmű, a homogenizálással kapcsolatban pedig annak szintje vált az utóbbi időben egyre kevésbé kielégítővé.

c) Az egyetemi oktatást befolyásoló „mellékes” tényezők közül megemlítjük még a hallgatók készségét nagyobb volumenű ismeretanyag gyors és hatékony elsajátítására és (a vizsgán annak) reprodukálására. (A vizsgára való felkészülés eredményességét természetesen csupán az oktatás egyik céljának tekintjük, és ennél nem tartjuk kevésbé fontosnak a szintetizálás, az alkalmazhatóság jelentőségét.) – Korábban a hat-hét tantárgy több éves gimnáziumi anyagát magában foglaló írás- és szóbeli érettségi vizsgára való készülés ehhez jó tréning volt, és letétele valóban bizonyítéka volt az egyetemi tanulmányok végzésére való „érettségnek”. Az utóbbi évtizedek érettségi követelményeinek redukciója miatt az egyetemi tanulmányok kezdetén a hallgatók többsége számára komoly megpróbáltatást jelent a szokatlan mennyiségű tananyag már a lexikális elsajátítása is. Az anyag további feldolgozása, „érelése”, esetleges súlyozása, s akárcsak egyetlen diszciplínán belüli összefüggések feltárása pedig már olyan szellemi teljesítményt követel a hallgatóktól, ameddig önállóan – legalábbis a képzés kezdetén – csupán a legkiválóbbak jutnak el.

d) A fejlesztés további tényezőiként jelennek meg az egyes diszciplínák közti horizontális, ill. vertikális kapcsolódások, a tárgyak egymásra épülése, ill. az építkezés lehetősége. Csak korszerű alapismeretekre építhetők újabb korszerű ismeretek; a korszerű alapismeretek azonban feledésbe merülnek, frusztrációt váltanak ki, ha a későbbi tanulmányok során nem építenek rájuk, nem használják ki azokat. Ma, mikor a kiemelkedő eredmények interdiszciplínárisan születnek, egyértelmű, hogy csak a nyitott, a másokkal kölcsönös információcserét folytató diszciplínák fejlődnek, ellenben az elszigetelődés lemaradáshoz vezet.

1.3. Az eddigiekből kitűnik, hogy eredményes és pedagógiailag is helyes korszerűsítés vagy reform, sokkomponensű folyamat, amihez tekintetbe veendők a külvilág tendenciái, másrészt pedig az oktatásban részt vevő diszciplínák, továbbá az alsó- és középfokú oktatás jegyeit magán viselő hallgatók adottságai. A tudomány és a technika fejlődése általában fokozatos, és legfeljebb a tendenciák felismerése szakad ránk hirtelen, az ugrásszerű változás benyomását keltve bennünk. A hallgatók ismereteit, készségeit illetően pedig – már csak az orvospépzésben részt vevők nagy számából következően is – ugyancsak a fokozatos váltás a jellemző. Mindebből az következik, hogy az orvospépzésben semmiképpen sem az ugrásszerű váltásra, hanem a fokozatos korszerűsítésre kell törekedni. Minthogy ilyen értelemben mind a tartalmi, mind a formai korszerűsítésnek a hallgatóssággal, ill. a tudomány és a társdiszciplínák fejlődésével való állandó kölcsönhatásban kell végbemennie, ezért egy-egy tárgy tematikáját, pedagógiai fegyvertárát sohasem szabad befejezettnek tekinteni, hanem a folyamatos megújulásra kell minden tekintetben törekedni.

2. A SOTE Biofizikai Intézetének oktatói kollektívája több évtizede valla az összes kölcsönhatást tekintetbe vevő, permanens oktatáskorszerűsítés szükségességét, és ennek a koncepciónak megfelelően alakította és alakítja a biofizika tantárgy oktatását [1 2]. Ennek eredménye a jelenlegi, orvosképzésre orientált biofizika tantárgyi tematika, amit természetesen mai alakjában csupán a fejlődés egy állomásának tekintünk.

A következőkben olyan konkrét példákat hozunk fel saját tárgyunkból a tudatos fejlesztésre, amiket a nyolcvanas években vezettünk be, és már kipróbáltunk, ill. amikkel kapcsolatban jelenleg próbálkozunk. Az előbbieket – legalábbis fejlődésük meghatározott fázisában rögzítve – a jelenlegi biofizika-tankönyv [3] megfelelő részletei, ill. a gyakorlati foglalkozásainkat irányító jegyzet [4] tükrözi. Az utóbbiak, a kezdeményezések, még csupán tantermeinkben, gyakorlatainkban vannak jelen, és kimunkálásuk érdekében intenzív műhelymunka folyik.

a) Biofizika tematikánkban a hatvanas évek óta fontos helyet foglal el az ionizáló sugárzások dozimetriája, és ehhez kapcsolódóan a sugárártalom, sugárvédelem problematikája. Ez a kör a nyolcvanas évekre a kémiai ártalom, kémiai dozimetria tárgyalásával bővült, és a környezetvédelem biofizikai vonatkozásainak komplex problémájává fejlődött.

b) A bioelektronika témakör súlyának, ismeretanyagának fejlődését az orvosi technika lehetőségeinek óriási fejlődése indukálja. A félvezető áramkörök egyre fokozódó integráltsága képezi ma a modern mérés technika és adatfeldolgozás alapját. Ezek révén válik lehetővé az elektronikus orvosi műszerek méretének csökkenése, az egyre közvetlenebb ember-gép kapcsolat. A bioelektronika oktatásában – miként korábban is – a funkcionális egységek, a funkciók oktatását tartjuk fontosnak. A tematikai fejlődés ebben az esetben a háttérként megjelenő, a funkciót realizáló eszköz tulajdonságainak, lehetőségeinek az ismertetéséhez kapcsolódik [3].

c) A fizikai szerkezetvizsgáló módszerekből nőttek és nőnek ki fokozatosan a különféle noninvazív diagnosztikai eljárások. Pl. a röntgensugárzás elnyelődése képezi az alapját a röntgentomográfiás (CT)-, a pozitron-szétsugárzás, ill. gamma-foton emisszió pedig az emissziós tomográfiás (PET, ill. SPECT)-, a mágneses rezonancia-jelenségek pedig az NMR-tomográfiás (MRI) eljárásoknak. Az orvos számára a gyakorlati felhasználást a számítógépes képalkotás (orvosi ikonográfia) létrejötte teszi hozzáférhetővé. E nagy diagnosztikai lehetőségek elvi megalapozása, lehetőségeinek bemutatása ma már biofizika-tematikánk szerves részét képezi, és a jövőt formálja, bár jelenleg e nagy berendezésekből hazánkban kevés, vagy egy sem áll még a betegellátás rendelkezésére.

d) A mezomorf, a folyadékkristályos állapot felfedezésétől csaknem egy évszázad telt el a technikai, sőt orvostechikai alkalmazásig, de napjainkban már a folyadékkristályok a digitális, ill. analóg kijelzés egyik nagy lehetőségét jelentik. – Az orvostechikai vonatkozásokon túl azonban egyre nagyobb jelentőséget kell tulajdonítanunk a biológiai struktúrák liotrop folyadékkristályos rendszerekként való kezelésének is. Ma még ugyan úttörő gondolatnak számít, hogy a sejteket alkotó membránokon kívül a magasabbrendű struktúrákba rendezett nukleinsavak, fehérjék (pl. vírus-nukleinsav, izomfehérje) is folyadékkristályos tulajdonságokat mutatnak [5, 6], de nem nehéz belátni, hogy – a mezőgazdasági gyakorlathoz hasonlóan – ennek a ténynek a konzekvenciái a gyakorlati medicinában is már a közeljövőben jelentkezni fog-

nak. Ennek a prognózisnak az előfutáraként jelent meg, és kap az idők során egyre növekvő súlyt nemcsak oktatási tematikánkban, hanem tankönyvünkben is az anyag speciális szerkezete, és ezzel összefüggő folyadékkristályos tulajdonsága (vö. „A biofizika alapjai”, Medicina, 4–5–6. kiadásokat).

e) Példáink sorából nem hagyhatjuk ki az orvosi informatika oktatását, ill. az e területtel kapcsolatos szakmai-pedagógiai fejlesztő munkát sem. A személyi/professzionális számítógépek megjelenése a 70-es évek végén–80-as évek elején teremtette meg azt a sürgető szükségszerűséget, hogy az orvos-tanhallgatók e területen is szerezzenek ismereteket [7]. Az orvosi informatika erősen interdiszciplináris témakör, amelyben természet- és orvostudományi, valamint műszaki ismeretek egyaránt bennfoglaltatnak. Igen széles területet ölel át: az egészségügyi adminisztrációs tevékenység korszerű lebonyolításától kezdve a diagnosztikai és terápiás berendezések irányításán, a mérések kivitelezésének, valamint a mérési adatok feldolgozásának automatizálásán keresztül az orvosi szakértői rendszerek kifejlesztéséig minden kérdésre kiterjed. A dolog természetéből adódóan olyan ismeretanyagot kell a hallgatóknak nyújtani, aminek egy része szorosan kapcsolódik a szakmához, ill. a szakmai tárgyakhoz, másik része viszont készségi szintű tudást igényel. A biofizika tantárgy tematikájában már a 70-es évektől kezdve megjelentek az információ- és szabályozásmélet alapjait taglaló részek (Biofizika alapjai. Medicina, 4. és 5. kiadások), amik a személyi számítógépek által az orvos számára nyújtott lehetőségek ismertetésével bővültek, ill. alakultak át a legutóbbi, a 6. kiadásban [3].

f) Mindehhez az 1984/85-ös tanévtől kezdve olyan – kezdetben Sinclair, újabban IBM-PC-re készített – programpark csatlakozik, amit hallgatóink hétről hétre használhatnak a biofizika laboratóriumi gyakorlati foglalkozásainkon. E programok szakmai háttérét a biofizika tényanyaga képezi, amennyiben egy-egy a biofizikában oktatott jelenség, vagy berendezés elvi alapjait tisztázzák, ill. teszik szemléletessé a hallgatók számára. A programok sokrétűségét, az oktatott tantárgyi tematikához illeszkedő mondanivalóját az 1. táblázat mutatja be. A felsorolt programok közül például külön kiemelem a CT (komputeres tomográfia) programokat. Ezekből több variáns is készült. A legújabb változat egy-egy metszet olyan képi megjelenítését valósítja meg, amilyen az „igazi” CT esetében jön létre, de hasonló elven keletkeznek más orvosi ikonokgráfiai (MRI, PET stb.) eljárás során is a metszeti képek. – Az EKG-program az Einthoven-, valamint a Goldberger-féle elvezetésekben az EKG-jelek keletkezésének, továbbá a szívtengely változása által okozott EKG-jelváltozásoknak a tanulmányozását teszi lehetővé.

g) A személyi számítógép használatához szükséges készségi szint elérését az a körülmény biztosítja, hogy – miként ez a táblázatból is kitűnik – szinte minden gyakorlati foglalkozásunkhoz nemcsak demonstrációs, hanem olyan adatfeldolgozó programrész is csatlakozik, amivel a hallgatók a gyakorlaton nyert saját mérési eredményeik kiegészítését is el tudják végezni. Ennek a felhasználási módnak igen fontos pedagógiai-szemléletformáló jelentőséget tulajdonítunk, mivel a hallgató ily módon a „saját bőrén” érzi, hogy a számítástechnika lehetőségeinek kihasználása csakugyan könnyítést, sőt minőségben is magasabbrendű feladat-megoldást jelent.

A vázolt orvosi informatikai oktatásfejlesztéseinkkel kapcsolatban, ismételtelen szeretném hangsúlyozni egyrészt azt a gondolatot, hogy a táblázatban foglalt 20–25 program fokozatos, tudatos fejlesztés eredményeként ke-

letkezett, másrészt pedig azt, hogy természetesen ezt a programkészletet sem tartjuk véglegesnek, hanem jelenleg is dolgozunk továbbfejlesztésén.

3. Az eddigiekben a folyamatos tematikai fejlesztésre hoztunk néhány példát, a következőkben pedig az oktatási formák korszerűsítésével kapcsolatban is szeretnék – ugyancsak a biofizika tantárgyhoz fűzve – néhány kezdeményezést bemutatni. Ezek természetesen – mutatis mutandis – más tárgyak fejlesztésében is szerephez juthatnak.

A tantermi előadások, amik egy-egy évfolyamnak szólnak, nemcsak szakmai, hanem pedagógiai-nevelési szempontból is feltétlenül szükségesek. Ezek keretében nyílik ugyanis alkalom arra, hogy a tanszék rögzítse azt a színvonalat, aminek elérését az adott évfolyam esetében (a körülmények mérlegelésével) szükségesnek tart.

3.1. Az természetesen nem várható el, hogy az átlagos színvonal akceptálása mellett megtartott előadást a hallgatóság egyöntetűen elismeréssel fogadja. Mindig lesznek – ugyan nem nagy számban – az átlagosnál jobb képességű/képzettségű, és ezzel együtt kiemelkedően érdeklődő hallgatók, akik elégedetlenek, mivel egy-egy részproblémában szeretnének elmélyedni. Ezek számára hirdettünk, ill. hirdetünk meg a tantermi előadáskon túl, alkalmanként olyan „rendkívüli” (nem kötelező) biofizika-órát, ami egy-egy adott témához csatlakozik. Itt a résztvevő hallgatóság kis létszáma (5–10 hallgató) miatt közvetlen és azonnali visszajelzés alakulhat ki a hallgató és az oktató között, és ily módon éppen a legjobb képességű hallgatókkal egyéni foglalkozás valósulhat meg.

A 2. táblázat mutatja azokat a változatos témákat, amikre a biofizika kiegészítéseként az 1987/88-as tanévben gondoltunk. Azonban mind a tematika, mind pedig a tárgyalás mélysége, terjedelme igen flexibilis – éppen az új oktatási forma természetéből adódóan. Úgy vélem, hogy ezek a „külön-órák”, amik a tantermi előadások ismeretanyagát kibővítik, elmélyítik, sőt irányt mutatnak a hallgató további egyéni bűvárkodásához is, egyfajta megoldását jelenthetik annak a feszültségnek, ami egyrészt a tömeges képzés (100–400 fős évfolyamokon) szükségességéből, másrészt az egyéni foglalkozás igényének felmerüléséből származik.

Szeretném hangsúlyozni, hogy ez az oktatási forma más, mint a speciálkollégium, inkább annak a „fordítottja”: nem az oktató (a kutató) kínálja fel kutatott témáját bemutatásra, hanem a hallgató érdeklődése szerint merül fel és alakul ki a tematika. Ez a foglalkozási forma – legalábbis bizonyos hallgatói réteg számára – egyébként előfutára lehet a tutor-rendszerű képzési formának, ill. fokozatos átmenetet képezhet felé.

3.2. A hallgató – mint egyéniség – érdeklődését, kezdeményezését tekintetbe vévő szinten újnak nevezhető oktatási forma van kialakulóban, ill. elterjedőben, ami ugyancsak a tutor-rendszer csírájaként fogható fel. E formát a következők jellemzik: egy-egy hallgató és oktató között kialakuló olyan időleges munkakapcsolat, amely bizonyos konkrét, célra irányuló ismeretanyag elsajátítása (elmélyítése), valamint az ismeretek célzott felhasználása érdekében jön létre. Ilyen jellegű pl. a diplomamunka készítése során kialakuló diplomamunkás–konzulensi kooperáció, ami – bár minden hallgató számára kötelező – a feldolgozandó téma, a konzulens kiválasztása tekintetében bizonyos szabadságot tesz lehetővé.

A kapcsolat időlegességét, valamint célirányultságát tekintve az előbbihez hasonló forma az az együttműködés is, amiben az utóbbi 3–4 évben nem-



csak legjobb hallgatóink, de oktatóink is nagy lelkesedéssel vesznek részt. Ilyen irányú tapasztalataink a Biofizikai Intézet ama hallgatói pályázati felhívásaihoz kapcsolódnak, amelyeket az intézet az 1984/85. tanévtől kezdve évenként hirdet. A hallgató feladata lehet bármely szabadon választott biofizikai téma, esetleg egy-egy hozzá kapcsolódó laboratóriumi gyakorlat elvének szemléltetése, modellezése, ill. a gyakorlaton nyert mérési adatok feldolgozása a számítástechnika segítségével. Az oktató szerepe ebben a munkában mind a szakmai korrektség, mind pedig a pedagógiai szempontok biztosítása, továbbá az esetleges programozási problémák megoldásának elősegítése. Az elkészült és díjazott munkák színvonala alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy ez az oktatási forma, amiben a közös munka „végterméke” a cél, éppen a legkiválóbb hallgatók számára igen vonzó, és nagyon eredményes is. Míg egyrészt az oktató helyes keretek között tartja, szelektálja, rangsorolja a hallgató ötleteit, addig a hallgató megismeri konzulense munkastílusát, megtanulja a lényeges–lényegtelen szétválasztását, és ezáltal ismeretei nemcsak bővülnek, de csiszolódnak, alaposabbá, elmélyültebbé válnak.

Ez az oktatási forma hasonlít ugyan a tudományos diákkörhöz, de számos tekintetben el is tér attól. Mindkét esetben a kooperáció témáját az intézet oktatási/kutatási tematikájához való kapcsolódás képezi. A legfontosabb eltérés abban áll, hogy ez a tutori munkakapcsolat informális és időleges jellegű, továbbá abban, hogy ez egy konkrétan megfogalmazott cél (jelen esetben a számítógépes program) elérésére jön létre.

4. Az előbbi példák bemutatásával egyetlen gondolatot kívántam szolgálni, amire egyébként írásom elején is már utaltam: az eredményes alapképzéshez tartalmi és módszerbeli kérdéseket illetően egyaránt folyamatos figyelemmel kísérés, állandó korszerűsítés, gondos előrelátás, az egyes stúdiumok között ugyancsak állandó kölcsönhatás szükségése.

RONTÓ GYÖRGYI  
egyetemi tanár

#### IRODALOM

1. *Tarján I.* (1975): A biofizika oktatásának problémái. Felsőokt. Szle, 24, 333–342.
2. *Rontó Gy.* (1983): A biofizika oktatása és szerepe az orvostechnikai képzés meg-alapozásában. Felsőokt. Szle, 32, 432–438.
3. *Tarján I., Rontó Gy.* (szerk.): A biofizika alapjai. Medicina, 6. kiadás, 1987. Buda-pest.
4. Biofizikai gyakorlatok. Egyetemi jegyzet, Budapest, 1987.
5. *Rontó Gy.* (1984): Biológiai makromolekulák – folyadék-kristályok. Fizikai Szle. 34, 216–220.
6. *T. E. Strzelecka, M. W. Davidson, R. L. Rill* (1988): Multiple liquid crystal phases of DNA at high concentrations, *Nature*, 331, 457–460.
7. *Rontó Gy., Gróf P.* (1985): Számítástechnika és orvosképzés. Felsőokt. Szle. 34, 227–233.

## A BIOFIZIKAI INTÉZET OKTATÁSÁT SEGÍTŐ MIKROSZÁMÍTÓGÉPES PROGRAMOK

### ADATFELDOLGOZÁS

#### *Statisztikai programcsomag*

A program menüvel jelentkezik be. Választási lehetőségek: átlag- és szórászsámítás, statisztikai próbák (egy- és kétmintás t-próba, khi négyzetpróba), lineáris regresszió, az eloszlás oszlopdiagramja, a skála logratimikus transzformációja.

#### *Eloszlások*

Hallgatói csoport testmagasság (testsúly) szerinti gyakorisági eloszlásának meghatározása, ábrázolása. A Gauss-eloszlás (mint „végtelen sok fős csoport”) bemutatása. Az eloszlás paraméterei és a görbe jellemzőinek kapcsolata.

#### *Görbe-illesztés*

A programmal mérési pontokra lehet egyenest, exponenciális görbét, vagy hatványfüggvény görbét illeszteni, esetleges változó-transzformációval a lineáris regresszió alapján. A kiértékelő üzemmód mellett három bemutató adatsor segíti a módszer megértését.

#### *Fej vagy írás*

Egyforma valószínűségű egyszerű alternatíva, mint például a pénzfeldobás esetén a relatív gyakoriságok alakulása, kb. 120 esemény alapján számszerűen és grafikonon ábrázolva.

#### *Hallgatói nyilvántartás*

A hallgatók adatainak, gyakorlatokon való részvételének, és az esetleges értékeléseknek nyilvántartása. (Illetéktelen beírások ellen védve.)

### NUKLEÁRIS MEDICINA

#### *Integrál- és differenciál-diszkriminátor I., II.*

Az integrál- és differenciál-diszkriminátor működési elvének bemutatása az elsősorban nukleáris méréseknél használatos energiaszelektív impulzusszámlálón. A program I. változatához kiértékelő rész is kapcsolódik, amely a mért adatok alapján meghatározza és grafikusán is láthatóvá teszi a jel/zaj arányt.

#### *Compton- és foto-effektus*

A program a foto-, ill. a Compton-effektust szemlélteti a klasszikus elképzelés szerinti módon.

#### *Radioaktív bomlás*

A  $Pb \rightarrow Bi \rightarrow Po$  bomlási sor háromrekeszes modelljét felhasználva a program véletlen ingadozásokat is tartalmazó „valódi” bomlást szimulál.

#### *Jódforgalom*

A pajzsmirigy jódfelvételi és -leadási folyamatának modellezése háromrekeszes (vér-pajzsmirigy-vizelet) modell alapján. Tetszőlegesen megadott sebességi állandókkal kiszámolja és ábrázolja az egyes szervek jódtartalmának változását az idő függvényében. A program segítségével lehetőség nyílik a pajzsmirigy hipo-, normo- és hiperfunkciójára jellemző tárolási görbék tanulmányozására.

#### *CT-modell*

*I. változat:* A computeres tomográfia (CT) bemutatása egy nyolc mezőből álló modellen keresztül. A denzitásokat egzaktul kiszámítja a három különböző irányból nyert beütésszámok alapján. A bemutató és kiértékelő üzemmód előre választható.

*II. változat:* Egy konkrét méréshez kapcsolódó kiértékelő program.

*III. változat:* Az igazi CT szimulációja.

## OPTIKAI MÓDSZEREK

### *Emissziós spektroszkópia*

A spektrométerek általános felépítésének elmagyarázása után konkrét elemek (Ba, Na, Sr stb.), ill. ezek keverékeinek emissziós spektruma jelenik meg, rámutatva ezzel az emissziós spektroszkópia egyik fontos alkalmazására, a minőségi analízis módszerére.

### *Spektrofotometria*

Különböző oldatok abszorpciós spektrumának felvételére alkalmas eszköz bemutatása. Interaktív demonstrációs program. Bevezetett fontosabb fogalmak: spektrum, extinkció (OD), Lambert–Beer-törvény.

### *Polariméter*

A programban a síkban, ill. cirkulárisan poláros fény alapvető sajátosságainak bemutatását az optikailag aktív anyagok forgatásának értelmezése követi. Az optikailag aktív oldat típusának, ill. koncentrációjának meghatározását a program kiértékelő része végzi el.

## JELANALÍZIS

### *Erősítő I., II.*

A program az erősítő jellemzői közül az átviteli karakterisztika jelentőségét emeli ki. Ennek kapcsán az átviteli sáv, ill. a levágás tetszés szerinti megválasztása esetén különböző bemenő jelek (háromszög, négyszög, EKG) erősítés utáni torzulását mutatja be.

*A II. változat* a visszacsatolt erősítők átviteli karakterisztikáját számolja és ábrázolja az előre megadott visszacsatolási tényező szerint.

### *EKG*

*I. változat:* A különböző elvezetésekben megjelenő EKG-jelek összehasonlítására nyílik mód úgy, hogy közben a szív dipolmomentumának iránya tetszés szerint változtatható. A program az akciós potenciál létrejöttét is elmagyarázza.

*II. változat:* Az EKG-görbéket az élettani háttér szempontjából mutatja be.

### *Fourier felbontás*

Különböző periodikus jelek előállítását az első néhány harmonikusából. A menüből háromszög-, négyszög-, vagy fűrészjel választható.

## EGYEBEK

### *Picoscale*

A vér alakos elemeinek számlálására használható berendezés elvi működését szemlélteti a program első része. A diszkriminációs szint tetszés szerinti beállításával a különböző részecskék méret szerint is szétválaszthatók. A program második része egy konkrét mérés kiértékelését segíti elő.

### *Áramlási modell*

A program a vérkeringést modellezi egy elektromos hálózat segítségével. Az erek áramlási ellenállásának ohmikus ellenállást, rugalmasságuknak kondenzátort feleltet meg. A hálózatra felírt differenciál-egyenletrendszer megoldásával különböző paraméterválasztás mellett megkapjuk az egészséges, ill. kóros esetekben a keringésre jellemző adatokat (áram, nyomás, átáramlott térfogat) a nagy artériáktól a kapillárisokig.

### *Audiometria I., II.*

Kilenc különböző frekvencián (50 Hz és 16 kHz között) mért hallásküszöb-höz tartozó feszültségérték alapján a hallásküszöb-görbe és az átlagos hallásküszöb-görbétől való eltérés görbe (audiogram) ábrázolását végzi el a program.

A II. változatban a hangok előállítását is a számítógép végzi el úgy, hogy a hangintenzitások a mérés közben folyamatosan változtathatók.

#### *Diffúzió*

A konkrét méréshez kapcsolódó program, agar-agar gélhengerben a – diffúzió során kialakuló – KCl-koncentráció-eloszlást, ill. annak időbeli változását szemlélteti.

#### *Membrán*

A program az ingerületi folyamatok biofizikája fejezet keretében szerzett ismereteket dolgozza fel tanulási célból. A bejelentkezés után menüből választhatunk témaköröket (nyugalmi potenciál, hiperpolarizáció stb.).

#### *Ingerkarakterisztika*

A program a változtatható paraméterekkel előállított ingerlő impulzus függvényében vizsgálja az ingerület létrejöttét.

2. sz. táblázat

## RENDKÍVÜLI BIOFIZIKA-ELŐADÁSOK TEMATIKÁJA

Matematikai alapismeretek (biomatematika).

A kísérlettervezés statisztikai problémái.

A termodinamika állapotfüggvényekről részletesebben.

A radioaktív izotópok orvosi alkalmazásai – Csernobil tanulságai.

Kémiai ártalom mérése, környezetvédelem.

Rekeszmodellek alkalmazása különböző biológiai és fizikai folyamatokra.

A látással kapcsolatos biofizikai problémák elemzése.

A hallással kapcsolatos biofizikai problémák elemzése.

A szóráselmélet háttere – a molekuláris-szupramolekuláris szerkezetkutatás módszerei.

Analóg jelek számítógépes feldolgozása.

## A BIOFIZIKA TÖRZSANYAGA AZ ORVOSTUDOMÁNYI EGYETEMEKEN\*

1. *Biometria, biomatematika.*  
Valószínűségszámítás alapfogalmai.  
Adatok numerikus, grafikus és statisztikai feldolgoása.  
Eloszlásfüggvény, sűrűségfüggvény, hisztogram.  
Nevezetes eloszlások (normál, binomiális, Poisson, exponenciális).  
Statisztikai adatok kiértékelése, hipotézisvizsgálatok gondolatmenete.  
Student-féle t-próbák.  
 $\chi^2$  próba.  
Összefüggések vizsgálatára szolgáló eljárások (korreláció, lineáris regresszió).
2. *Biokibernetika.*  
Az információ fogalma, egysége.  
Kódolás-elmélet, redundancia, hírközlő rendszerek.  
A szabályozás és vezérlés jelensége és alapfogalmai.  
A számítógépek felépítése, működési elve és orvostudományi alkalmazásuk.
3. *Az anyag szerkezete és tulajdonságai.*  
A kvantumelmélet és kísérletes háttere (hőmérsékleti sugárzás, fény-elektromos jelenség).  
A fény kettős természete, anyaghullámok.  
Az atom felépítése.  
Spontán és indukált emisszió.  
A lézersugárzás keletkezése, tulajdonságai és alkalmazása.  
Molekulák és makromolekulák tér- és elektronszerkezete.  
A molekulák elektromos és mágneses tulajdonságai.  
Szilárd testek szerkezete.  
Folyadékkristályok.  
Szervetlen és szerves félvezetők.
4. *Anyagszerkezet vizsgálatának módszerei.*  
Az elektromágneses spektrum.  
A spektroszkópia alapjai.  
Vonalas és folytonos spektrumok.  
Emissziós és abszorpciós spektrometria.  
Molekulaszínképek és vizsgálati módszereik.  
ESR és NMR spektroszkópia, MRI.  
Röntgendiffrakciós szerkezetvizsgáló módszer.  
Fény- és elektronmikroszkópia.
5. *Röntgensugárzás*  
Rtg-sugárzás keletkezése és energiaspektruma.  
Rtg-sugárzás tulajdonságai és kölcsönhatása az anyagokkal.  
Elhajlás és interferencia.  
Rtg-sugárzás abszorpciójának törvénye.  
Rtg-sugárzás orvosi alkalmazásának elvei.  
Computer tomográfia (CT).

\* Készült a SZEM II. Főosztályának felkérésére 1989 márciusában. Koordinálta Tigyi József egyetemi tanár.

6. *Radioaktivitás*  
 Az atommag szerkezete, kötési energia, magerők.  
 Izotóp fogalma, radioaktív izotópok.  
 A radioaktív sugárzás fajtái.  
 A radioaktív bomlás törvénye (bomlási állandó, felezési idő, átlagos élettartam).  
 Az aktivitás fogalma, egységei, mérése.  
 A sugárelnyelődés törvénye.  
 Az alfa-sugárzás és kölcsönhatásai az anyaggal.  
 A béta-sugárzás és kölcsönhatásai az anyaggal.  
 A gamma-sugárzás és kölcsönhatásai az anyaggal.  
 Sugárdózis-fogalmak, egységeik és mérésük.  
 A radioaktív sugárzások detektálási és mérési módszerei.  
 Az ionizáló sugárzások biológiai hatásai.  
 Sugárbiológiai alapfogalmak.  
 A sugárhatás elméletei.  
 A radioaktív izotópok felhasználási módszerei (nyomjelző módszer, RIA, autoradiográfia, izotóp generátorok).  
 A radioaktív izotópok orvosi alkalmazásai (diagnosztika, terápia).
7. *Termodinamika*  
 Klasszikus termodinamika alapfogalmai.  
 A termodinamika fő tételei.  
 Az irreverzibilis termodinamika alapjai.
8. *Anyagcsere és anyagforgalom*  
 A víz és az oldatok tulajdonságai és szerepük a biológiai rendszerekben.  
 A diffúzió és törvényszerűségei.  
 Biológiai és mesterséges membránok, permeabilitás.  
 Az ozmózis jelensége.  
 A folyadékáramlás törvényei (Bernoulli, Hagen–Poiseuille).  
 A vér áramlástan tulajdonságai, belső súrlódás.  
 A szív működése és szerepe a keringésben.  
 Kapilláris keringés és szerepe a transzportban.
9. *Ingerületi jelenségek*  
 Az ingerület fogalma és alapjelenségei.  
 Az ingerületet kísérő fizikai jelenségek.  
 Nyugalmi és akciós potenciál.  
 Ingerületi jelenségek kísérletes vizsgálata.  
 Receptor és szinapszisok fogalma, fajtái és működésük.  
 Az ingerület-keletkezés és terjedés elméleti leírása.  
 Elektrokardiográfia, elektroencefalográfia, elektromiográfia, elektroretinográfia alapjai.  
 A fül szerkezete és a hallás elméleti leírása.  
 Audiometria.  
 A látás biofizikája.
10. *Fizikai módszerek alkalmazása az orvostudományban*  
 Ultrahang előállítása és fizikai tulajdonságai.  
 Ultrahang biológiai hatásai.  
 Ultrahang felhasználása a diagnosztikában és a terápiaiban.  
 A fizioterápia elvei és módszerei.