

Az Elnökség kezdeményezésére 1964. március 20-án Budapesten munkaértekezletet tartottunk a biofizika oktatásáról. Szigeti György elnök bevezető szavai után került sor az előadásokra (az előadások teljes szövegét közöljük).

Szigeti György; elnök: Üdvözlöm a megjelent elvtársakat és az ankéthoz sok sikert és eredményt kívánok.

Az oktatás kérdése meglehetősen nehéz és ezt a tényt magam is több alkalommal tapasztaltam, mint fizikus, amikor a fizikaoktatás problémáiról tartottunk hosszabb megbeszéléseket és folytattunk harcokat az illetékes hatóságokkal. Különösen a Műszaki Egyetemen volt nehéz a fizikaoktatást úgy megszervezni, ahogy azt a fizikusok szeretnék volna és ez még mindig nincs megoldva. Remélem azt, hogy a biofizikusok több sikerrel járnak és gyorsabban fognak eredményt elérni. Ennek jegyében kívánok a mai megbeszéléshez sok sikert, és megkérem Ernst professzort, hogy legyen szíves bevezetőjét megtartani.

BEVEZETŐ

ERNST JENŐ

(Biofizikai Intézet, Pécs)

A Magyar Biofizikai Társaság Elnökségének határozata értelmében tartjuk ezt a munkaértekezletet a biofizika egyetemi oktatásáról. Azt nem kell igazolnom, hogy nagyon aktuális kérdésről fogunk beszélni. Amikor 1961-ben Stockholmban az első nemzetközi kongresszust tartotta a Nemzetközi Biofizika Organizáció és a szervezőbizottság ülésén mint sürgős programpontra javasoltam a biofizika oktatásának a megbeszélését, akkor még volt olyan vélemény, hogy ez nem is olyan sürgős. Jellemző, hogy a most júniusban tartandó második nemzetközi biofizikai kongresszuson egy egész délután a biofizika oktatásának megtárgyalására van szánva. Szóval, hogy a kérdés aktuális, az nem kérdéses. Hogy nem egyszerű, az nagyon valószínű, mert ha az lenne, akkor nem kellene róla sokat tárgyalni. Szándékosan nem fogtuk össze szigorúan, hogy ez a mai első megbeszélésünk valami határozott programot tükrözzön. Azt sem beszél-tük meg, hogy mi legyen az egyes referátumok fő zöngéje. Mindenki, a referálók is vállalták a referátumot, vállalták, hogy referátumaikat a saját elgondolásuk alapján tartják meg. Az egyik kolléga például a *biofizikus oktatás* szempontjából vizsgálja a biofizika egyetemi oktatásának kérdését, viszont, más szempontból egészen különleges a orvosok biofizika-oktatásának kérdése. Megint más szempontok merülnek fel, ha az összes biológusok és nem a szak-biofizikusok oktatásának kérdéséről lesz szó. Azt kérném, hogy hallgassuk meg a négy referátumot. Ezek egyáltalán nem merítik ki a kérdést, hanem a jelenlévők szíves hozzászólásától függ majd az, hogy ez az első összejövetelünk mennyi eredménnyel zárul, de semmiképp sem tartom valószínűnek, hogy mai megbeszélésünk már lehetővé fogja tenni számunkra a végleges forma kialakítását. Ehhez kívánok minden jót és kérném a felkért elnök elvtársat, hogy szíveskedjék felkérni a referálókat referátumaik megtartására.

Elnök: Köszönöm a megtisztelő felkérést és ennek megfelelően felkérem Tarján professzor urat, hogy legyen szíves az első referátumot megtartani, utána pedig a többieket.

A kvantum ill. elektronbiológia oktatása.

TARJÁN IMRE

(*BOTE, Orvosfizikai Intézet*)

Természettudományi karon tervezett biofizikusképzéssel kívánok foglalkozni, egy-két gondolatot szeretnék felvetni a kvantumbiológia szerepét és jelentőségét illetően.

A biofizikusképzés — mint általában minden képzés — a múltra, az ismertre építve, a *jövőbe* tekint. A szóbanforgó tudományterület, jelen esetben tehát a biofizika aktuális, nagy feladatait kell látnunk, és ezek ismeretében kell az új nemzedéknek a jövő feladataira felkészíteni. A biofizika területén az alapvető fontosságú és időszerű feladatok közé tartozik az életfolyamatok szempontjából fontos struktúrák és ezekben végbemenő folyamatok egyre mélyebb feltárása, megismerése — egészen a molekuláris és atomáris szintig. Más megfogalmazásban: az aktuális feladat a molekula- és atomfolyamatok, valamint a biológiai folyamatok összefüggésének feltárása. Az atom- és molekula-folyamatok jelenlegi tudásunk szerint legpontosabban a kvantumfizika (kvantummechanika) segítségével tárhatók fel és értelmezhetők, ezért azt a területet, amely a biológiai folyamatok megismerését a kvantumfizika oldaláról közelíti meg, gyakran kvantumbiológiának nevezik.

A *kvantumbiológia tárgykörét* illetően a különböző szerzőknél különböző kérdések állnak előtérben. Egyesek a kvantumbiológia keretében a sugárzások és a biológiai rendszerek kölcsönhatásával foglalkoznak, konkrétan pl. a következő kérdéseket tárgyalják:

- a) ionizáló sugárzás és az élő anyag kölcsönhatása izolált enzimeken (in vitro), és élő organizmusokban működő enzimeken,
- b) bakteriális, növényi, állati vírusokon,
- c) baktériumokon;
- d) az ionizáló sugárzások mutációt okozó hatása baktériumokon és magasabbrendű élőlényeken (drosophila, bab stb.),
- e) többsejtű organizmusokon (a helyreállító folyamatok vizsgálata is;
- f) a fotoszintézis kutatása (pl. a foton és klorofill molekula kölcsönhatása);
- g) a szürkületi látás és színlátás vizsgálata stb.

Az említett területeken már viszonylag sok érdekes eredményre lehet hivatkozni, és éppen ezért szűkítik le egyesek a kvantumbiológiát a felsorolt témakörre. Éles határvonal az említett kérdések és a sugárbiológia megfelelő területei közé nem húzható, ezért ezeket a *sugárbiológia* egy részének is tekinthetjük.

Amikor azonban kvantumbiológiáról beszélünk, sok más kérdéstről is szó van. Sommermeyer, Dessauer is ide sorolják pl. egyes molekuláknak (mutagénmolekuláknak) egyszerűbb biológiai objektumokra kifejtett hatásait, vagy a szagérzetet előidéző molekuláris folyamatokat stb. Véleményem szerint, elfogadva a kvantumbiológia tárgykörére vonatkozó fenti meghatározást, ide tar-

tozik a biológiai szempontból fontos molekulák szerkezetének, a molekulákon belüli folyamatoknak vizsgálata, a molekulák optikai, elektromos stb. tulajdonságainak feltárása, a legkülönbözőbb kölcsönhatások kutatása, a π -elektronok szerepének vizsgálata biológiailag fontos molekulák felépítésében, a bennük végbemenő folyamatokban stb. Az utóbbi területet azonban *kvantumbiokémiának* is nevezhetjük. Az utóbbi években számos elnevezés született, mind-egyik azonban a már említett közös célra utal; feltárni a biológiai folyamatok mélyén lejátszódó atom- és molekula-folyamatokat.

Nézzük közelebbről a *kvantumbiológia kutatási módszereit*. Nyilván egymáshoz kapcsolódó, egymást kiegészítő kísérleti és elméleti módszerekről van szó. A fizikában hosszú ideig különbséget tettünk kísérleti és elméleti fizika között aszerint, hogy egy probléma megoldásához milyen módszerrel nyúlunk. A kutatási tevékenység ennek megfelelően szeparálódott, ami maga után vonta a kutatóknak két táborba való csoportosulását, akik szélső esetekben gyakran két különböző nyelven beszéltek és szemléletük is különböző volt. Kétségtelen, hogy különbségek a kutatási módszerekben ma is vannak, és az egyik munka inkább kísérleti, a másik elméleti jellegű. Helytelen azonban, ha a két tevékenység egymástól független, és a módszerek uralkodnak a problémák felett. Vítan felül áll, hogy eredményes munkát akkor végezhetünk, ha mindenkor a megoldásra váró *problémát* tartjuk szem előtt. A kísérleti kutatóknak azonban ismernie kell az elméleti eredményeket és állandó kölcsönhatásban kell a problémák megoldása felé haladni. Mindezt azért említettem, mert hasonló kérdéseket a kvantumbiológia fejlődése is felvet. A biológia eddig döntő módon kísérleti tudomány volt, látnunk kell azonban, hogy egyre nagyobb jelentőségre tesz szert benne a széles matematikai alapokra épülő elméleti tevékenység. Az utóbbival kapcsolatban egyelőre helyenként bizonyos idegenkedés tapasztalható, amit azonban fel kell oldanunk, mert a fejlődés fékezője lehet. Mindezzel nem azt akarom mondani, hogy a kísérleti biológus olymértékben mélyedjen el pl. elméleti fizikai kérdésekben, hogy a kvantummechanikát a biológiában alkotó módon művelhesse, de arra szükség van, hogy a kísérleti és elméleti kutatók kölcsönösen megismerjék egymás módszerét, azok lehetőségeit, az általuk elért és várható eredményeket. Lassanként ugyanis ott tartunk, a fizikában ezt már el is értük, hogy kísérleti jellegű munkát sem végezhetünk alapos elméleti felkészültség nélkül. Gondolok pl. a modern szerkezetkutatási módszerek (elektronspin-, magspinrezonancia-, neutrondiffrakció stb.) alkalmazására, amelyek a biológiai kutatásokban sem nélkülözhetők. Régi meggyőződéseim, hogy a jövőben (talán már a közeljövőben) nagy felfedezések várhatók éppen a kvantumbiológia területén, de eredményre csakis komplex együttműködés vezethet. A jövő biofizikusait fel kell készíteni az együttműködésre és szemléletüket is a fejlődés irányának ismeretében kell kialakítani.

Mindezek előrebocsátása után a kvantumbiológiát illetően, tekintetbe véve az említett két kérdéscsoportot, tehát a sugárzások és a biológiai objektumok kölcsönhatását, valamint a kvantumbiokémiát, a képzést kétirányúnak képzelem el. Az egyik alapos biológiai, a másik alapos fizikai képzésre épül. A biológusok képzése fizikai, a fizikusoké biológiai képzéssel egészül ki. Az egyik ismerete a biológiában, a másiké a fizikában mély, és pedig olymértékben, hogy mindegyik alapokat szerez a megfelelő terület alkotó művelésére. Egy példát említek: a biológus ismerje meg az atom- és molekula-fizika lényeges eredményeit (beleértve a kvantummechanika alapjait is), fő vonásokban a kutatási módszereit, teljesítőképeségét, az általa nyújtható lehetőségeket, de nem mélyül el pl. a kvantummechanikai közelítő módszerek megismerésében, azoknak

konkrét esetekre való alkalmazásában. A fizikus viszont éppen ezeket tanulja meg, kiegészítve ismereteit a modern szilárdtest-fizikai ismeretekkel, amelyek a kvantumbiológia szempontjából igen értékeseknek és sokat ígérőnek látszanak. Szerezzen azonban tájékozódást a fizikus a biológiai kutatások helyzetéről, és pedig inkább a mikro-, mint a makrobiológia területén.

Amit az előzőekben említettem, természetesen a képzés magasabb szintjére vonatkozik, hiszen a kvantumbiológiáról csakis a felsőbb években lehet szó. A kvantumbiológia kiemelt két területe tehát a következő módon épülne be egy öt évre terjedő biológus (biofizikus), illetőleg fizikus-képzésbe.

Biológus (biofizikus) képzés

I	} Biológiai stúdiumok	mat., fiz.,
II		kémiai alapképzés
III		atom- és molekulaszertk.
IV		sugárbiológia + kvan-
V		tumbiológia (koordináltan)

Fizikus (biofizikus) képzés

I	} Fizikai stúdiumok	mat., kémiai alapképzés
II		a) kvantumkémia (megfelelő kvantummech. alapokra építve),
III		b) válogatott fejezetek a biológiából.*
IV		
V		

Elképzelésem bizonyára egyoldalúnak látszik, amikor a hazai biofizikus-képzésben az egyszerűbb biológiai struktúrák és folyamatok tanulmányozását szorgalmazom, meggyőződésem azonban, hogy ez a fejlődés iránya.

Ezzel egy újabb problémához jutunk. A biológiai tudományok köre hatalmas, de az egész biofizikát sem fedhetjük le. Mindenekelőtt tehát arról kellene beszélnünk, hogy milyen célt és feladatokat tűzünk a jövőben magunk elé, azaz milyen irányban kívánjuk a hazai biofizikát fejleszteni. Az elmúlt hónapokban a Biofizikai Társaság Elnökségének kezdeményezésére sokféle kérdés került napirendre, amelyek mindegyike a biofizika egy-egy időszakú és sokat ígérő területe. Ha közülük csak egyet emelünk ki, már az is teljes mértékben lekötne a hazai erőket. A kérdés, tehát az, hogy milyen területre összpontosítsuk erőinket (és ez fogja megszabni a biofizikus képzés irányát is), összefügg a hazai biológiai, fizikai és biokémiai kutatási területekkel. Úgy vélem, hogy eredményesen, mindenkor korszerű szinten csak akkor tudunk dolgozni, ha elképzeléseinket a biológiai, fizikai és biokémiai kutatásokkal koordináljuk. Talán nem is túl nehéz probléma. A sugárbiológiával érintkező területen biológus, fizikus és kémikus partnerek egyaránt vannak, és a műszerezettség tekintetében sem kergetünk álmokképet. A kvantumbiokémia pedig jól kapcsolódhatna a hazai biokémiai kutatásokhoz annál is inkább, hiszen hazánkban a kvantummechanikának, ezen belül a kvantumkémianak is, számos kiváló képviselője van.

* Külön megfontolás tárgyát kell képeznie annak, hogy mit ölelnek fel a kötelező kollégiumok, és milyen kérdések kerülnek tárgyalásra nem kötelező kollégiumok keretében. További egyeztetést kíván mindkét irányú biofizikus-képzés a biokémikus-képzéssel is.

A radiobiológia oktatásáról.

VÁRTERÉSZ VILMOS

(Országos „J. Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Intézet.)

Előrebocsátom, hogy hozzászólásomban a biofizika egyetemi oktatását csak érintem és inkább a szakbiofizikus képzésről kívánok néhány gondolatot felvetni.

Mindenekelőtt tisztázni szeretném a biofizika és a sugárbiológia egymáshoz való viszonyát. Ez feltétlenül szükségesnek látszik, mivel meglehetősen sok hibás nézettel és félreértéssel találkozunk. Azt nem kell itt bizonyítanom, hogy nem lehet egyenlőség jelet tenni a biofizika és sugárbiológia közé. Egy másik hibás nézet szerint a sugárbiológia a biofizika része. Ennek a felfogásnak a hibás volta már nem magától érthető, hiszen a sugárbiológia egy fizikai ágensnek a biológiai objektumra gyakorolt hatásával foglalkozik. Ilyen alapon azonban a gyógyszertant, vagy a toxikológiát esetleg a biokémiához kellene sorolnunk, mivel kémiai ágensek biológiai hatásaival foglalkoznak. Nyilvánvaló, hogy ez nem lenne helyes, valószínűleg a biokémikusok tiltakoznának leginkább ellene. A biofizikát, biokémiát elsősorban nem a külső fizikai, illetve kémiai ágensek biológiai hatásai, hanem az életjelenségek fizikai és kémiai folyamatai foglalkoztatják. Ez nyilvánvaló. Talán szokatlan, ha azt mondom, hogy a sugárbiológia vertikális jellegű tudomány, szemben a biofizikával. Bizonyos vonatkozásban alkalmazott tudomány, felhasználja a biofizika, biokémia, fiziológia, morfológia, genetika stb. alapvető megállapításait és módszereit. Másrészt saját területén alapvető általános biológiai ismeretek feltárására is képes. Az életfolyamatok egységes egészet alkotnak és az említett tudományágak módszertani okokból és a fokozódó specializálódás miatt alakultak ki és az életfolyamatok többé-kevésbé körülhatárolt szintjével foglalkoznak. A sugárzások biológiai hatásainak tanulmányozása kapcsán felmerülnek biofizikai, biokémiai, fiziológiai stb problémák, amelyeknek együttes kutatása eredményeképpen remélhető a sugárártalom kialakulási mechanizmusának megismerése. Természetesen ez túlterjed a biofizika keretein és ezért a radiobiológia egészének oktatásáról sem lehet szó a biofizika keretében, a radiobiofizikának azonban megfelelő teret kell szentelni.

A munkaértekezlet tárgyát képező problémát legalább két részre kell bontani. Egyik része a biofizika egyetemi oktatása a különböző egyetemeken olyan hallgatók részére, akik nem szakbiofizikusoknak készülnek, a probléma másik része a szakbiofizikus képzés.

A kérdés első részével, az egyetemi általános biofizikai oktatással meglehetősen röviden végzek. Célja az, hogy a biológusok, orvosok, biofizikai ismereteket is szerezzenek az egyetemen éppen úgy, ahogyan biokémiát is tanulnak. Ennek a keretei között a lehetőségeknek megfelelő arányos hely kell, hogy megillesse a radiobiológiát is. Hangsúlyozom, hogy én csak az ionizáló sugárzásokra gondolok — hiszen a sugárbiológián belül is végbement egy specializálódási folyamat —, de természetesen ettől függetlenül talán még jelentősebb helynek kell megilletnie a fotobiológiát is, mivel általános biológiai jelentősége is nagyobb. A tananyagban tartalmaznia kell elsősorban az ionizáló sugárzások hatásának elsődleges folyamataira vonatkozó ismereteket, hipotéziseket, a dózis és hatás között megállapítható kvantitatív összefüggéseket, az oxigén-effektust,

a sugárhatásra fellépő biofizikai változásokat. Ezeknek az ismertetésével lényegében a biofizikai egyetemi kollégium meg is felel feladatának.

Égészen más a helyzet a biofizikusok szakképzése terén. A szakbiofizikusok között bizonyára többen lesznek olyanok, akik tanulmányaik befejezése után a radiobiológia területén fognak dolgozni. A kiképzésnek tehát olyannak kell lennie, hogy munkábaállásuk után minél rövidebb idő alatt teljesértékű munkaerőkké válhassanak. A szakirányú képzés éve alatt ezért feltétlenül szükség van speciális sugárbiológiai kollégiumra, vagy kollégiumokra is, ami lehetővé teszi, hogy a hallgatók a radiobi fizika problémáival behatóbban megismerkedjenek, kirajzolódjanak előttük azok a kutatási irányok, amelyeknek művelése az adott időpontban leginkább szükséges és reményteljes. Nem érzem feladatomnak, hogy ezen a helyen tanterv-szerű javaslattal álljak elő, vagy akár olyannal, amire tantervet lehetne felépíteni, hanem csak gondolatokat kívánok felvetni, amelyeket a biofizika oktatásának kidolgozása során talán érdemes figyelembevenni.

A sugárbiológia biofizikai alapjainak lerakásában a szakképzés során különös súlyt kell helyezni a sugárzás elsődleges aktusaira, arra, hogy mi történik a sugárenergia-kvantumok fizikai értelemben vett abszorpciójakor, illetve közvetlenül utána. A lehetőségek határai között rendkívül részletesen kellene tárgyalni a céltábla-elméletet, amelyik az első kísérletet jelentette annak érdekében, hogy az ionizáló sugárzások hatásainak tanulmányozását kvantitatív alapokra helyezték. Különösen világosan rá kellene mutatni az elmélet hiányosságaira, gyengéire is. Részletesen foglalkozni kellene a szabad gyököknek a sugárhatásban játszott szerepével, továbbá a két elmélet egységesítésére irányuló törekvésekkel.

Említettem, hogy a radiobiológia módszerei lehetővé tehetik alapvető biológiai folyamatok megismerését is a radiobiológia saját problémáinak tisztázása mellett. A biológiai információ tárolásának és átvitelének sugárhatásra történő változása a sugárbiológia egyik központi kérdése. A sugárzások alkalmazása másrészt értékes segítséget nyújthat az információval kapcsolatos fundamentális törvényszerűségek kutatásában. Ezért szükségesnek látszik, hogy a biofizikus szakképzésben behatóan foglalkozzanak a biológiai információra gyakorolt sugárhatás eddigi ismeretanyagával. Különösen alkalmasnak látszanak erre a fágok, vírusok, baktériumok sugárgenetikájának biofizikai vonatkozásai, a nukleinsavak, nukleoproteidek és egyéb makromolekulák radiobiológiai változásai és az ezekkel kapcsolatos energetikai viszonyok.

Az említetteknek van elsősorban alapvető jelentőségük, megítélésem szerint a biofizikus szakképzés számára. Ezenkívül azonban még számos olyan terület van a radiobiológiában, amelynek helyet kellene adni a biofizikusok kiképzésében. Az egyetemi általános oktatással kapcsolatban már szóba került az oxigén-effektus, amelyik a sugárbiológiai egyik legáltalánosabb jelensége, aminek a pontos mechanizmusa még ma sem tisztázott teljesen, az oxigénnek a szabad gyökök képződésében játszott szerepével nem magyarázható kielégítően. Az ionizáló sugárzásoknak a permeabilitásra gyakorolt hatása ugyancsak felvet biofizikai kérdéseket is. Az idegrendszer, elsősorban a központi idegrendszer meglehetősen érzékeny és gyors funkcionális sugárreakciójának mechanizmusa jórészt biofizikai változásokon alapszik. Sorolhatnék még további példákat is, de mondtam, hogy csak néhány gondolatot kívánok felvetni. A biofizikus képzés részletes tervének kidolgozása sokkal alaposabb munkát, bizonyos szempontok ismeretét és alapos megvitátást igényel. Azt hiszem, ez a megbeszélés

különben is csak azt a célt szolgálja, hogy a tervezés megindulása előtt lássuk azt, hogy egyáltalában mire kell gondolni.

Meg kell jegyezni, hogy a radiobiofizikai kutatásoknak a sugárhatás mechanizmusának megismerésében hallatlan jelentőségük van és ezért feltétlenül szükséges, hogy azt itthon is szélesebb alapokra fektessük. Ehhez azonban a radiobiológia területén dolgozó biofizikusokra van szükség.

Egy nagyon lényeges kérdésre kell azonban még kitérni, amit a szakbiofizikus képzéssel kapcsolatosan a radiobiológia szempontjából is nagyon gondosan meg kell vizsgálni. A kérdés az, hogy milyen alapképzettsége legyen a szakbiofizikusnak. Hangsúlyozni szeretném, hogy a radiobiológia területén a biofizikai problémák kutatói csaknem kivétel nélkül fizikusok voltak, sőt a találat-elmélet megfogalmazásában nagyon jelentős részt matematikusok vállaltak. Fizikus volt *Lee*, fizikus *Gray*, *Rajewsky*, hogy csak néhány nagyobb nevet említsek. Meggyőződésem, hogy ez nem véletlen. A biofizikai problémák tanulmányozásához olyan alapos fizikai, sőt matematikai felkészültség szükséges, amivel egy biológus ma már nemigen rendelkezhet. Viszont az is igaz, hogy alapos biológiai ismeretekre is szükség van. Mi legyen tehát? Tudunk olyan biofizikusokat képezni, akik egyszemélyben kitűnő fizikusok és biológusok? Elméletileg természetesen elképzelhető, de nem valószínű, hogy a gyakorlatban rendszeresen megvalósítható, hiszen mindkét tudománynak egy-egy szűkebb területe is ma már teljes embert kíván. A biofizika tudományának tehát fizikusokra, biológusokra, egyaránt szüksége van. A jól-képzett fizikusnak azonban kielégítő biológiai, a biológusnak pedig megfelelő fizikai és matematikai ismereteket is nyújtani kell, hogy bele tudjanak illeszkedni egymás szemléletébe. A felmerülő kutatási problémák megoldásán ugyanis együttesen kell munkálkodniuk, annak természetétől függően egyszer a fizikusnak, máskor a biológusnak kell nagyobb részt vállalnia. Ha ez nem így történik, akkor ritka kivételtől eltekintve, a jelenségek és kísérleti eredmények hibás értelmezései és téves következtetések születnek. Erre sok példát lehet találni az irodalomban. Természetesen így is felmerül az a gond, hogyan lehet egységes biofizikusképzést kialakítani, ha a résztvevők különböző alapképzettséggel rendelkeznek. Ez a kérdés azonban már a részletekhez vezetne, és így nem akarok rá bővebben kitérni. Speciális kollégiumok rendszerével sokat lehet tenni ennek érdekében már az egyetemi képzés során is, de feltétlenül felmerül az a gondolat, hogy az alaposabb szakképzés csak az egyetem elvégzése után lehetséges. A kiképzés részleteinek kialakítása azonban további beható vizsgálatot igényel.

Növényi funkciók és a biofizika.

FRENYÓ VILMOS:

(EL/TE, Növényélettani Intézet)

A növényélettannak úgyszólván minden területén erőltetés nélkül kiemelhető számos részletkérdés, amely a biofizika megvilágításában az eddiginél nagyobb egzaktásra emelhető és természetes kapcsolatot létesít a két tudományág között. A következőkben sorravett pontok korántsem terjes sorozatai a logikusan összefüggő növényélettani—biofizikai részproblémáknak.

A hézagos felsorolás logikai sorrendje sem egymásból következő. Nagy vonásokkal felvázolt problémaköröket érintünk, pusztán a tárgyalási alap próbájaként.

A fotoszintézises gázcsere biofizikai problémái.

1. *A gázfilm-kérdés.* Jóllehet a didaktikai sorrendben ez a problémakör sokkal hátrább tartozik, mégis itt előre hozzuk, mert teljesen új és váratlan tényeket tár elénk.

Mindenki úgy vélné, hogy élénk fotoszintézis közben a levelek intercelluláris járatai többé-kevésbé megtelnek oxigénnel. Gázanalitikai vizsgálataink viszont azt bizonyították, hogy az intercelluláris atmoszférában csak kevésbé fokozódik az O_2 koncentrációja fotoszintézis közben, sőt ilyenkor is rendszerint még mindig kisebb, mint a levegőt körülvevő külső légkör O_2 koncentrációja.

Ezt mi úgy magyarázzuk, hogy fotoszintéziskor a chlorenchyma intercelluláris határain felszabaduló O_2 abszorbeálva marad a sejtfalakon, tehát nemigen jut be szabad O_2 -ként az intercelluláris térbe. Az intercelluláris járatokat határoló sejtfalak hovatovább telítődnek adszorbeált oxigénnel. Az újabb O_2 molekulák nem tudják leszorítani a régieket a sejtfalról, mert az adszorpció ereje nagyságrendekkel nagyobb, mint a fotoszintéziskor felszabaduló O_2 gáznyomása. Az új gázmolekulák tehát mintegy intususceptioval a régiek közé ékelődnek és megindul egy monomolekuláris gázréteg migrációja a sejtfalakon a kisebb ellenállás felé, azaz a levél sejtközötti járatainak nyílásai, a sztómák irányába.

Helyenként megtorlódnak, és egymásra csúsznak ezek a rétegek, tehát az adszorbeáló felülettől távolodnak, ezzel lazulnak és itt-ott felgyűrődve leválnak. Ez a folyamat már jórészt a sztómanyílások táján megy végbe.

Az egész koncepció alapjelenségét „ad oculus” igazolja a vízbe merített leveleken látható „gázfilm”, valószínűségét pedig megerősíti az a tény, hogy speciális mikro-gázanalízissel sikerült a külső gáziflrmról helyenként leváló buborékokban megtalálnunk azt a magas koncentrációjú O_2 gázt, amely a fotoszintézisből származik.

A biofizikára tartozik ennek az egész koncepciónak a kritikai tárgyalása annál is inkább, mert a növényélettan — legalábbis a budapesti egyetemen — már így tárgyal bizonyos részleteket.

2. *A CO_2 -felvétel.* Ugyancsak teljesen új és a biofizikára tartozó megállapítást tettünk a fotoszintézis keretében a CO_2 -felvétel iniciális lépésére vonatkozóan. Köztudomású, hogy a növényi sejtekben a savanyú kémhatás az uralkodó. Részben ez lehet az oka, hogy a növényfiziológusok a gyenge anhidrosavként szereplő CO_2 felvételének tényleges iniciális részét nemigen tárgyalják, hanem mindjárt a CO_2 -akceptor kérdésénél kezdik a tárgyalást. Ugyanis az az elemi

tény, hogy csaknem minden sav képes CO_2 -t felszabadítani karbonátokból, nehézzé teszi az elképzelést, hogy savas közeg képes legyen CO_2 -t oldani.

Kimutattuk azonban, hogy a CO_2 -felvétel iniciális lépése mégiscsak oldódás, mert még 10⁰/₀-os H_2SO_4 oldattal is bőven felvétettünk CO_2 -gázt. — A biofizikára tartozik a látszólagos ellentmondás tisztázása. Nyilván arról lehet szó, hogy a savas folyadék molekulái közt elég nagy tér van arra, hogy a CO_2 tekintélyes része is elférjen. Ezt az egész kérdést meglehetősen sürgősen kellene tisztázni, mert a biológiai metodikákban nagyon elterjedt az a fogás, hogy meg-savanyítással kívánjuk megakadályozni egy közeg CO_2 abszorpcióját. Ez most már nem bizonyul egészen helytállóknak.

3. CO_2 -molekulák áthatolása a sztóma-nyílásokon.

A levél összes felületének csak kicsiny töredékét képviselik a sztóma-nyílások, mégis annyi CO_2 hatol be a levélbe, mintha nem is lenne kutikulával borítva ($3-6 \times 10^{-6}$ mol/cm²/óra). A diffúzió tehát nagyságrendekkel gyorsabb a sztómákon át, mint egyebütt; egyetlen sztómanyíláson át 1 mp alatt kb. 60—80 milliárd CO_2 molekula fut keresztül. Ez azért lehetséges, mert szűk réseken át a diffúzió meggyorsul. *Verduin* (1949) számításai szerint a pórusok hatása fordítva arányos távolságuk négyzetével, mégpedig:

$$\log Q/Q_1 = -k/d^2$$

ahol d = a pórusok távolsága; Q = a diffúzió sebessége; Q_1 = ugyanaz, de végtelen d -nél; k = arányossági tényező.

Ezt a speciális sebességű és irányított gázdifúziót nagyon világosan kell megmagyaráznunk, hogy érthetővé váljék a fotoszintézis teljesítménye a 0,03⁰/₀ CO_2 koncentráció terhére.

A fényenergia átalakítása

A fotoszintézis problémakörének egyik legérdekesebb biofizikai-energetikai részlete a fényenergia transzformálódása potenciális kémiai energiává. Elsősorban a molekulák gerjesztődésével kellene foglalkozni; azaz milyen változást okoznak a fotonok, s az hogyan indítja el a tulajdonképpeni fotokémiai részletet. Itt lehetne foglalkozni a klorofill jellegzetes fluoreszcenciájával is, tehát a fotoszintézis elmaradása esetén jelentkező tűneménnyel.

A biofizika oktatása keretében megfelelő koncepciót kellene kialakítani az energia megkötésre. Lehetőleg olyat, amely vagy egyeztetni tudja a különböző nézeteket, vagy pedig egyértelműen cáfolni és kirekeszteni képes a helytelent.

1. *Rezonancia-elmélet.* — Elindítója elsősorban Rabinowitch. Szerinte a fényenergia rezonanciát kelt a klorofill-molekulák közt, így terjed át az energia a granum egyik pontjáról a másikra. Ez a rezonancia a bevezetője annak a folyamatnak, amely a fényenergiát átalakítja.

2. *Elektronmigráció-elmélet és változatai.* Ennek értelmezése szerint a pigmentrendszerben a fény hatására elektronmigráció indul meg. E nézet változatai:

a) *Félvezető-változat.* Terenin és többek felismerése alapján a pigmentrendszer a félvezetők sajátossága jellemzi. Száraz kloroplasztiszok tömegéből alkotott filmek rétegében gyökök fellépése fény hatására.

A fotoszintetizáló pigmentrendszer az ún. p-típusú félvezetők közé tartozik, melyben látszólag a pozitív töltés migrál.

b) *Exciton-elmélet.* Frankel a gerjesztett elektron és a nyomában keletkező pozitív tölfést tartalmazó „lyuk” együttesének jelzésére az exciton elnevezést alkalmazza.

A gerjesztett elektron és a hozzá tartozó lyuk megmaradhat ugyanabban a molekulában (intramolekuláris exciton). Az energiavándorlás ilyenkor az összetartozó részecskék végleges szeparálódása nélkül, rezonancia útján történik.

Az exciton komponensei át is léphetnek más helyekre (intermolekuláris exciton), és egymástól távol vehetnek részt a redukciós, illetve oxidációs folyamatokban.

c) *Donor-akceptor változat.* Feltehető, hogy a klorofill egy ponton elektron-donorral, más ponton elektron-akceptorral asszociálódhat és az egyidejű elektromos közben a molekula gyakorlatilag változatlan marad.

3. *Rezonancia-egység, vagy váltakozó molekulák.* A problémát a világos és a sötét levelű változatok fotoszintetizálása okozza. Minkét változatba tartozó azonos fajtájú növények (pl. *Acer negundo*) egyforma intenzíven fotoszintetizálhatnak.

A rezonancia-elmélet szerint több száz, vagy több ezer klorofill-molekula alkot egy olyan egységet, amely a fotokémiai folyamatokat együttesen támogatja. Ennélfogva a világos levelű növényekben kisebb számú molekulából áll a „rezonancia-egység”. Ezzel szemben más nézet szerint nincs mindig minden klorofill-molekula „üzemben”. A világos levelekben gyakrabban kerül sor egy klorofill-molekulára, mint a sötét levelekben.

4. *Kémiai elmélet.* A kifejezetten biofizikai szemlélet mellett változatlanul fennáll a biokémiai szemlélet is, melynek értelmében a klorofill kémiailag is bekapcsolódik a fotoszintézisbe.

Mindezeket a nézeteket valószínűleg a biofizika lesz hivatva főként energetikai szemszögből megvizsgálni és az oktatás számára valamiféle egységbe ötvözni.

A fényintenzitás és a kvantumhasznosítás.

Meglehetősen ellentmondásosnak látszó terület ez; konkrét fogalmazásban így hangzik a probléma: egyforma fényintenzitással alkalmazott narancsvörös és kékesibolya sugarakban a fotoszintézis intenzitása nem egyenlő. A magyarázat a fénykvantumok különbözőségében rejlik; a kvantum oszthatatlan és csak egy molekulát gerjeszthet. A nagyobb kvantumú kékesibolya sugarak kvantum-energiájának egy része a fotoszintézisre nézve kárbevész.

A kloroplasztisz mint mikroheterogén rendszer.

A fotoszintetizáló apparátus olyan egységekből áll, amelyekben ellentétesen futó és különböző redoxpotencialokon lehetséges folyamatrészletek elkülönítetten mehetnek végbe. Nyilván a kloroplasztiszt kell egységnek tekintenünk morfológiai alapon. Funkció tekintetében már másként alakul a kép. Pl. a spenót leveléből ultrahanggal előállították a kloroplasztiszok fragmentumait; ezek bizonyos alsó mérethatárig működésre képesek. Tehát a kloroplasztiszon belül tulajdonképpen még ilyen működésre képes *kvantoszómák* tekintendők-e végső egységekné?

A biofizika van hivatva arra is, hogy a sztróma+grána rendszerben meghatározza a helyét a szigorún vett fotokémiai folyamatok mellett az egyes afotikus részleteknek. Ez ugyan topokémiai probléma, de talán csak azért, mert még nem foglalmaztuk meg a molekuláris biofizika nézőpontjából.

Hasonlóképpen tisztázni kellene a gránumokban a klorofill-molekulák elhelyezkedése körül fennálló nézeteket. Magam részéről még mindig Hubert (1935) koncepcióját tartom leginkább szemléletesnek, amelyet Frey-Wyssling vitt át a köztudatba. Ennek az a lényege több más elképzeléssel szemben, hogy két fehérjeréteg között tükörképszerűen állanak a klorofill-molekulák, fitol részükkel irányulva egymás felé, miközben porfirin gyűrűjük laposan belefekszik a megfelelő oldalon lévő fehérje rétegbe. A fitol láncok egy-egy lecitin molekula hangvillaszerű zsírsav láncjai közé illeszkednek, míg a lecitinek foszforsavas kollin ága (a „hangvilla nyele”) ugyancsak egymás felé fordul.

Foglalkozhatna a biofizika azzal a szereppel is, amelyet a Mg betölt a klorofill-molekulában. Ma úgy látjuk, hogy a porfirin gyűrűben a konjugált kettős-kötés-rendszer valamiféle stabilizálását biztosítja a Mg, mert ha kioldjuk, megváltozik a klorofill színe. Rézzel ismét zölddé tehetjük a magnéziumtól megfosztott klorofillt.

Hova kapcsolódik a Mg a porfirin gyűrűben? Azt mondjuk, hogy 2 fővegyértékkel a négy pírrol közül kettőnek a nitrogénjéhez; a másik két nitrogénhez pedig 2 mellékvegyértékkel kapcsolódik. Ahány helyen közlik a szerkezeti képletet, annyiféleképpen. Csak véletlenül fordul elő, hogy egyformán rendezik el a Mg fő- és mellékvegyértékeit.

Nyilvánvalóan hamis az efféle statikus kép. Bizonyára állandóan átrendeződő, talán egyenesen rezgő rendszerrel lehet dolgunk. A dimenziók ezt lehetővé is teszik.

A négy pírrol nitrogénje közötti tér átmérője 2,5 Å, a magnézium atomé 2,4 Å; könnyen alakulhat tehát kapcsolat, de át is rendeződhet. A magnézium majdnem úgy illik a porfirin gyűrűbe, mint tengely a csapágyba.

Ezt a durva képet a biofizika kellően átrajzolhatja a tudományos igényeknek megfelelően.

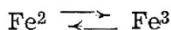
Foglalkozhatna a biofizika az oktatás keretében a klorofill-molekula gerjesztési szintjeivel is, természetesen beleállítva a problémát a mikroheterogén rendszer adottságai közé. Két gerjesztési szint nevezetes: az alacsonyabb energiatartalmú állapotot a vörös fény, a magasabb energiaszintet a kék fény képes létrehozni. Ide tartoznék a kvantumhasznosítás kérdése is.

Nem lényegtelen a megzöldülés és a redoxpotenciál összefüggésének kérdése. A protoklorofill redukcióval alakul át zöld pigmentté. Zárwatermóknél ehhez fény adja az energiát. A nyitwatermók azonban sötétben is megzöldülnek, mert szöveteik rH értéke 17-nél kisebb.

A légzés mint biofizikai téma

keretében foglalkozni kellene a lépcsőzetes energiafelszabadítással. Viszonylag jól ismerjük a növényi és állati sejt légzésének biokémiai részleteit. Tanítjuk is, de csak ritka esetben tárgyaljuk energetikai nézőpontból, miért lehetséges az a sorrend, ahogyan egymáshoz kapcsolódnak a részfolyamatok. Nem szükséges hangsúlyozni, hogy milyen egzakt vonásokkal gazdagodik így az a kép, amit a légzésről alkotunk. Ezeket az energetikai részleteket nemcsak a terminális oxidáció redoxláncolatával kapcsolatban kívánatos tárgyalni, hanem az anaerob fázist érintően is, noha ott jóval kisebb energiatermelés folyik. Viszont energetikai aspektus nélkül nem megnyugtató a részfolyamatok sorrendjének tárgyalása. (Az élettanok és a biokémia törekszenek ugyan energetikai szemlélet kialakítására, de ha a biofizika már kidifferenciálódott ezekből a tudományokból, akkor elsősorban ő válik illetékesé.)

Feltétlenül a biofizika feladata a terminális oxidáció keretében annak a ténynek szemléletes megmagyarázása, hogy a savciklusból kihasított és carrierekben át a citókrómokhoz szállított hidrogének miként egyesülnek a levegő oxigénjével, jóllehet a



redox láncolaton tulajdonképpen nem H-vándorlás, hanem elektronvándorlás történik.

Az energiatranszmisszió egyéb területe.

Egyes növények biolumineszcenciája. — A mitogenetikus és a nekrotikus sugárzások problémája. —

Az anabiózis kapcsán a szövetek redoxpotenciáljának változásai, mint az élet fokozatos kialakulásának kísérőjelensége.

Az anabiózis tartóssága a hőmérsékleti minimum és a hőmérsékleti maximum pontokon túl; a különbségek biofizikai okai (Brown-féle mozgás stb.).

A növényi sejtek biofizikai problémái.

A plazmastruktúrát összetartó erők kérdése. Töltésmintázat a citoplazmában, mint az enzimműködések, anyagfelvétel stb. meghatározói. Az áttöltődés jelensége. A plazma finomszerkezetének fizikai bizonyítékai (szerkezeti viszkozitás, rugalmasság, fénypolarizációra való képesség stb.). Ionrádiuszok és vegyértékek hatása a plazma diszperzitására. A plazmahisztéris, mint a sejttöredés egyik tényezője. A plazma rugalmassága és viszkozitása, mint a hő-, fagy- és szárazságtűrés egyik alapja. A sejtnekrotikus biofizikai részletei (a száradással kapcsolatos roncsolódások; a hó, a nehézfémek és egyéb tényezők okozta koaguláció; a fagy okozta közvetlen és közvetett elváltozások a sejtben: az intercellulárisokban képződő jégkristályok vízelvonó hatása). Diffúziós és ozmózis jelenségek. Folyadékhatárnyelvények sajátosságai a plazma határnyelvényének tanulmányozásában. A lipoidok felszíni elhelyezkedésének biofizikai magyarázata. A koacervátumok, mint a citoplazma tanulmányozásának lehetséges modelljei.

A vízforgalom és vízgazdálkodás köréből.

Magvak hidratációjakor a víztérfogat kimutatható csökkenése, mint a vízmolekulák rendeződésének következménye. Transpiráció a pórusokon át (eltérés Dalton törvényétől, Stefan törvényének érvényesülése). A szívóerők alakulásának tényezői ($S = P - A - T$). Szívóerők érvényesülése 10 méternél magasabb fák leveleiben. A vízkohézió jelentősége a növények vízforgalmában. A gyökér szívó-nyomó működésének biofizikai magyarázata.

A zárnyelvény táplálkozás köréből. Adszorpciós jelenségek a gyökér anyagfelvételénél. Donnan-jelenségek az anyagfelvétel kapcsán. Csereionok szerepe az elektromos feltöltődés megakadályozásában.

A növekedés—fejlődés köréből. A légzés és a növekedés energetikai kapcsolata. Növekedésszabályzó anyagok közvetett hatása a sejtfal-micellumokat összetartó erőkre. A turgornyomás feszítő erejének szerepe a micellumok kapcsolatának megváltoztatásában. Sugárfajták, illetve a hullámhossz hatása a növekedésre.

A mozgásjelenségek köréből. A geoelektromos és a fotoelektromos impulzus a görbüléssel mozgások kiváltásában. A turgorváltozások, mint egyes nasziák mozgatói. A permeabilitás hirtelen változása, mint a turgorváltozás közvetlen oka. Mechanikai és egyéb hatások, mint a labilis plazmaszerkezetet megváltoztató tényezők. Az akciós áram. A refrakter periódus. — Az élethez nem kötött hajító, kohéziós, torziós stb. mozgások létrejötte és biofizikai részletezése.

A fizika és a matematika szerepe a biofizika egyetemi oktatásában.

LAKATOS TIBOR
(Biofizikai Intézet, Pécs)

Szeretném hangsúlyozni, hogy amikor azt a kérdést vizsgáljuk, hogy milyen szerepet töltsön be a fizika és a matematika a biofizika egyetemi oktatásában, akkor nemcsak az orvostanhallgatók, hanem rajtuk kívül minden biológushallgató biofizika-oktatására is gondolunk. Nem kétséges, hogy a modern orvos- és biológusképzésben egyaránt egyre sürgetőbbé válik a biofizika-oktatás bevezetése, nem utolsósorban azért is, hogy könnyebbé váljék a biofizikus kutatóutánpótlás nevelése.

Biofizikát kívánunk tanítani. A biofizikai problémák kellő mélységű megértéséhez pedig több-kevesebb fizika-ismeretanyag szükséges, és a matematika sem nélkülözhető. A fizika és matematika szerepét az egyetemi biofizika-oktatásban egyaránt három szempontból vizsgálhatjuk: 1. Mindkettő hozzájárul a logikus *természettudományos gondolkodásmód kialakításához*.

2. Mindkettő *alapvetésül* szolgál: a fizikai ismeretek elengedhetetlenek a biofizika megértéséhez; másrészt számos fizikai ismeret kellő színvonalú megértése lehetetlen megfelelő matematikai alap nélkül, sőt egyes biofizikai problémák tárgyalásához is számos matematikai ismeret szükséges.

3. A fizika és a matematika egyaránt képes a biológus számára olyan *gyakorlati ismereteket* nyújtani, amelyek a kutatómunka során nélkülözhetetlenek. A fizika részéről megfelelő kísérleti technikára, a matematika részéről pedig a biometria néven összefoglalható studiumra gondolok.

Vegyük sorra ezt a három szempontot és vizsgáljuk meg részletesebben.

I. A gondolkodásmód alakítása.

A fizika és a biofizika egymással szoros kapcsolatban és kölcsönhatásban kell legyen. Az újkori fizika csaknem fél évezrede, valamennyi tudomány között elsőként vált egzakt természettudománnyá. Azóta is az egyéb tudományzajok a fizikát hívják segítségül a természet megismeréséhez vezető úton. Elsajátítják módszereit, természetszemléletét, amely mintája lehet minden természettudomány módszerének és természetszemléletének. A fizika által elsősorban képviselt természettudományos gondolkodásmód elsajátítása megtermékenyítheti a biológiai-biofizikai tudományokat és meggyorsíthatja fejlődésüket. Nem akarom ezzel azt mondani, hogy a fizika ma megoldhatja a biológia ill. a biofizika minden problémáját. Ezt kézenfekvőnek találjuk, ha figyelembe vesszük, hogy gyakran a biofizika a fizikának olyan fejezeteit kívánja felhasználni, amelyek még a fizikában is csak részben feltört területek, és sok felderítetlen problémát

tartalmaznak (pl. irreverzibilis termodinamika, szilárdtest-fizika, kolloid-fizika stb.). Valószínűnek kell tartanunk, hogy amikor a modern fizika ilyen, még nem egészen feltárt területeit alkalmazzák a biofizikában, olyan kérdések fogynak felmerülni — már volt ilyen —, amelyeknek megválaszolása a fizika számára is új törvényszerűségek megismerését jelenti. Ezen kérdéseket a jövőben biológus-biofizikusoknak kell feltenniük. Erre pedig úgy lesznek csak képesek, ha otthonosakká válnak a fizika gondolatvilágában. Mi jellemző erre a gondolatvilágra? Elsősorban az, hogy a fizika fogalmi mennyiségi, a köztük fennálló összefüggések pedig matematikai jellegűek. Ezt a példát kell szem előtt tartania minden más tudománynak, amely az egzakt természettudomány rangjára akar emelkedni. Másrészt jellemzi a fizika gondolatvilágát természetmegismerési módszere. Ha pl. valamilyen kísérlet eredményeképp grafikon (vagy táblázat) formájában függvényt kapunk, azt kétféle módon önthetjük matematikai formába: vagy polinommal közelítjük meg (ez elegendő számú tag esetén tetszés szerinti pontossággal írja le a két összefüggő adatsort), vagy valamilyen határozott, a jelenség természetére vonatkozó elképzelésből kiindulva írjuk fel a kísérletet leíró matematikai összefüggést. Ez az utóbbi a fizika módszere, ennek segítségével tehetünk egy-egy lépést előre a megismerés útján.

Úgy is fogalmazhatjuk ezt a módszert, hogy a kísérletek alapján elméletet állíthatunk fel, amelynek segítségével az eredmények matematikai fogalmazását is megadhatjuk. Az elmélet akkor jó, ha emellett új kísérletek tervezésére is lehetőséget ad, hiszen akkor máris a megismerés következő lépcsőjére léptünk. Egészen bizonyos ugyanis, hogy az újabb kísérletek eredményei között előbb-utóbb lesz olyan, amely nem fér a régi elmélet keretei közé. És ekkor új elméletet kell konstruálni. Ezzel a szemlélettel az elmélet a természettudományok élő eszköze, iránymutató a kutatás számára, de mindig kiegészítendő az új kísérleti eredményekkel. A helyes módszer tehát, amelyet minden tudománynak követnie kell: nem „magyarázatát” adni a kísérleteknek, hanem olyan teóriát alkotni, amely a kísérletes kutatást és ezzel a megismerést segíti. Összefoglalva: röviden azt mondhatjuk, hogy a fizika szerepe elsősorban abban áll, hogy módot ad a helyes természettudományos gondolkodásmód és módszer kialakítására.

Galilei szavaival szólva: „A természet könyve a matematika nyelvén van írva”. Ez a megállapítás, nemcsak a fizikusok számára szól, hanem mindenki számára, aki természettudománnyal foglalkozik. A biofizika sem nélkülözheti a matematika segítségét. A matematika a logika kötött formája. Mint ilyennek, a matematika rendszerének tanulmányozása hozzájárul a szigorú logikus gondolkodásmód kialakításához. Logikai gondolatmenetek nélkül a kísérleti eredmények nem értékelhetők. Nem szabad azonban elfeledkeznünk arról sem, hogy rámutassunk a logikai gondolatsorokkal kapott eredmények ésszerű korlátaira; tudniillik arra, hogy a legszigorúbb logikával végigvezetett gondolatmenetek eredménye is lehet hamis, ha nem vesszük figyelembe a határfeltételeket, ha meg nem engedhetjük az extrapolációt alkalmazunk. Ez utóbbi megjegyzést soha figyelmen kívül nem hagyva kell törekednünk arra, hogy lehetőleg minél jobban bevezessük a matematikai formanyelv használatát a biofizikába is. Röviden szólva: a matematika szerepe elsősorban az, hogy hozzájáruljon olyan gondolkodásmód és módszer kialakításához, amely az egzakt természettudományok rangját biztosítja a biofizika számára.

II. A fizika és a matematika szerepének második aspektusa: alapismereteket nyújtanak a biofizika tanulásához.

A biofizika számára a fizika eszköz. A biofizikai kérdések tárgyalásának megértéséhez elkerülhetetlenül fizikai ismeretekre van szükség, és pedig olyan fizikai ismeretekre, amelyeket mélyreható, mindent átszövő mikrofizikai szemlélet jellemez. Világosan kell látni azt, hogy minden makroszkóposan mérhető fizikai paraméter mögött valamilyen mikrofizikai funkció rejlik. A biofizika számára pedig ez a fontos. Például az akcióspotenciál egyaránt érdekli a gyakorló orvost és a biofizikust. Míg azonban a gyakorló orvos — ma még — beérheti azzal, hogy ismeri az akcióspotenciál szokásos nagyságát, alakját, terjedési sebességét, ritmusát; és ezek megváltozásából tapasztalati alapon következtetni tud bizonyos patológiás változásokra, addig a biofizikust az akcióspotenciál mikrofizikai vonatkozásai érdeklik, és az akcióspotenciál természetét vizsgálva az elektrolitok, kolloidok, szilárd testek számos atomi, molekuláris méreteken lejátszódo jelenségét kell ismernie és felhasználnia.

A mozgási folyamatok tárgyalása nem lehetséges kinematikai és dinamikai alapismeretek nélkül, ugyanígy nélkülözhetetlen a mechanikai mozgások ismerete a hallási folyamat megismeréséhez. Az ingerületi jelenségek vizsgálata pl. elektromosságtani; az anyagcsere-folyamatok, az izomműködés, a hőháztartás tanulmányozása többek között termodinamikai ismereteket követel; a vérkeringés problémáinak egy része a hidrodinamika, a rugalmasságtan körébe; a gázcsere és légzés kérdéseinek egy része pedig a molekuláris fizika körébe tartozik. A radiobiológia problémái az elektronháj és az atommag fizikájához vezetnek el. Ez a néhány példa is világosan mutatja a fizika szerepének a bevezetésében másodíknak felsorolt aspektusát: a fizika alaptudomány a biofizika számára. És alig lehet a biofizikában olyan kérdést találni, amelyre ez ne lenne igaz.

Legalább néhány példán szeretnék rámutatni, hogy a matematika fogalmainak és módszereinek ismerete ugyanilyen nélkülözhetetlen a biofizikában. Így pl. a szaporodás, növekedés, kvantitatív viszonyainak tanulmányozásakor függvénytani ismeretekre, függvénytranszformációra van szükség; az izomműködés elemzése a differenciálhányados, az izom munkavégzésének kiszámítása az integrálás ismeretét követeli. Permeabilitási kérdések vizsgálatánál differenciálegyenlettel kerülünk szembe; a koordináta-geometria alkalmazásával pedig lépten nyomon találkozhatunk. Ha pedig figyelembe vesszük azt is, hogy a biofizikában felhasznált fizikai ismereteken keresztül közvetve is sok matematikával találkozunk, akkor tovább szaporíthatnánk a példák számát. Azonban ez felesleges, mert egyrészt közismert, hogy a fizika mennyi matematikát használ, másrészt az eddigiek is rávilágítanak arra, hogy az *elemi* ismereteken túlmenő matematikai alapokra van szükség. Az újdonságot itt főképpen az *infinitézimális számítások* és biológiai alkalmazásuk jelenti. Nemcsak arról van szó, hogy bizonyos biofizikai problémák megoldásánál fel kell használni a differenciálás vagy integrálás műveletét, hanem a probléma megértéséhez és a műveletek eredményének értékeléséhez egyaránt nagyon világosan tisztában kell lenni a differenciálhányados, az integrál fogalmával.

Mindezek alapján jogosan mondhatjuk, hogy a biofizikában a matematika nélkülözhetetlen szerepet játszik, és várható, hogy szerepe még növekedni fog.

III. A fizika és a matematika gyakorlati ismereteket is nyújt.

A fizika szerepe nem merül ki az eddig elmondottakban. A biofizika egyetemi oktatása során be kell vezetni a hallgatókat a kísérletezés módszereibe. Ezen a területen a fizikai mérés módszerek olyan sokaságával találkozunk, hogy szinte felsorolni is nehéz; a dinamométertől a mechano-elektromos transducer-ig, a galvanométertől a Wheatstone-hídon keresztül a mikrohullámú berendezésekig, a binokuláris lupétól a különböző fajta mikroszkópokon át az elektronmikroszkópig, a spektrofotométerek, elektronikus ingerlők és erősítők, oszcilloszkópoktól a radiobiológiai mérőeszközökig csak kis hányadát soroltam fel azoknak a fizikai készülékeknek és módszereknek, amelyek a biofizika számára nélkülözhetetlenek, de talán ennyi is elegendő ahhoz, hogy bárkit meggyőzzön a kérdés jelentőségéről. Nem akarom azt mondani, hogy mindezen készülékek használatát az egyetemi oktatásban meg kell tanítani, csak hangsúlyozni kívántam a fizikai mérési módszerek szerepének fontosságát.

Végül a biofizika egyetemi oktatásával kapcsolatban meg kell említenünk, hogy a biológusjelöltek számára a matematika olyan praktikus ismereteket nyújt a *biometria* néven összefoglalható studiumban, amelyek későbbi gyakorlati munkájukban nélkülözhetetlenek. Ezt olyannyira fontosnak kell tartanunk, hogy a biofizika keretében a biometriának külön helyet kell kapnia. Ezért nagy vonalakban szeretném vázolni a biometria programját:

1. Bevezetésül meg kell ismerkedniök a hallgatóknak a kombinatorikával és a valószínűségelmélet alapjaival, az eloszlásfüggvényekkel.

2. Erre építve gyakorlatilag jól hasznosítható praktikus biometria ismeretekre tehetnek szert:

a) Statisztikai sokaságok jellemzése — középérték, szórás, mintavétel.

b) Statisztikai próbák: U-, t-, χ_2 -próba, koreláció és regresszió-számítás, illeszkedés vizsgálata.

c) Kísérlettervezés.

3. Végül számolástechnikai ismereteket sajátíthatnak el, beleértve a gépi számolással való megismerkedést is.

A statisztikai értékelés alkalmazásával kapcsolatban fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a statisztikai próbák lényegének világos, szemléletes megértése nélkül a számítási módszerek ismerete haszontalan, a számítási eredmények értékelése illuzorikus. Inkább kevesebbet tanítsunk, de azt alaposan; a hiányzó módszerek később önálló munkával, könyvekből elsajátíthatók.

Vita (rövidített gyorsírási jegyzőkönyv)

Elnök: Tisztelt munkaértekezlet! Hálásan köszönöm Ernst professzornak, hogy erre az ankétra meghívott és mint a témától távol állót, megtisztelt azzal, hogy elnököljek is. Pillanatra azt hittem, hogy mindez nagyon távol áll tőlem és ez a megtiszteltetés talán azért ért, mivel nem értek egyikhez sem, s így könnyű lesz pártatlannak lenni. (Derűltég). Az elhangzottak során azonban nagyon egyetértetek Tarján professzorral abban, hogy itt most a biofizika és a szilárd testek fizikájának problémái nagyon közel kerültek egymáshoz. Tehát az életelen kristályokban lejátszódó jelenségek nagyon egyeznek, hasonlítanak ahhoz, amit a biofizikusok az élő szervezet fizikájában próbálnak az utóbbi időben

megoldani. Azok a problémák, amelyekről itt most említés történik, kiadják a biofizika területét.

Felvetették a referálók — nagyon helyesen — azt a kérdést, hogy mi az, amit ebből az egyetemi oktatás során a hallgatók számára elő kell adni. Viszont nekem szerencsém, hogy nagyon sok téma, sok probléma vetődik fel és ezek nem előadási, hanem kutatási problémák is; a biofizika vitatott kérdései közé kell, hogy tartozzanak.

A másik probléma — amiről a vita során majd szó lesz — az, hogy az orvosoknak, akik például biofizikát hallgatnak, tulajdonképpen mennyire kell eltolni az előadott anyag súlypontját éppen a biofizika irányába és mennyire szükséges nekik általános, alapvető fizikát hallgatni.

Azt hiszem, mindkettőre szükség lesz és ez indokolja azt, hogy az orvosi egyetemeken, eltérőleg az 50 évvel ezelőtti helyzettől, most más fizikát tanítanak, mint amit a középiskolai tanárok, vagy fizikusok. Tehát ez indokolja azt, hogy az orvosoknál külön fizikát tanítsanak és talán éppen ennek az ankétnak kell fényt derítenie arra, hogy ez a fizika mit tartalmazzon és milyen irányban menjen.

(Szünet után)

Tóth Lajos elnök: Kedves Elvtársak! A mai napra előírt programunk első része lezajlott: meghallgattuk a szép referátumokat. Óriási anyag került össze, amely között most már lehet egy kicsit válogatni, és ez a hozzászólók feladata lesz. *Juvancz Iréneusz:* Tarján professzor azt mondotta, hogy a múlt alapján, de a jövőnek tanítani. Azt hiszem, nem volt igaza Tarján professzornak, amikor azt hitte, hogy elég ezt ilyen röviden megemlíteni, mindenki ért belőle. Sajnos, nem úgy van, mert éppen az említett orvosi, biológiai és matematikai tanterviviták során eléggé élesen kiderült, hogy nem veszik tekintetbe azt, hogy egy diploma 15 év alatt elévül.

Amikor kiképezünk egy diplomás embert, arra számítunk, hogy az 30—40, esetleg 50 évig fog dolgozni, tehát éppen arra elég ez az idő, hogy diplomája háromszor-négyszer elévüljön. (Derültség.)

Nem azt kell elérnünk, hogy az a frissen végzett egyetemista kellőképpen tisztában legyen a tudomány jelenlegi állásával, hanem képessé kell őt tenni arra, hogy követni tudja a tudomány haladását.

Ehhez kapcsolódva rögtön arra szeretnék kitérni, hogy azzal, hogy az orvosi karon félévre szállították le a fizika oktatását, elvágta az alapját annak, hogy az orvostanhallgatók kellő fizikai kiképzést kapjanak.

Azt gondolom, hogy a Biofizikai Társaságnak többek között az is feladata, hogy amit elvettek fizika címén, azt legalább biofizika címén visszacsempésszük — ha szabad ezt a kifejezést használnom.

Egy ilyen komplex kérdésnél, mint a biofizikai képzés, valahogy az a fontos, hogy mit tudjon a segédtudományokból a kutató. Az első dolog az, amit többen is hangoztattak, hogy megértsék egymás nyelvét.

Teljesen egyetérték a referenssel: a legegyszerűbb módszerek alkalmazásának a feltételeit kell megtanulni. Tudni kell továbbá az alkalmazott módszernek a korlátait, vagyis azt, hogy mi az, amit remélhetünk a módszertől. Azt is tudni kell, hogy az adott módszeren kívül az illető szaktudomány ismer-e precízebb, pontosabb, megbízhatóbb eljárásokat.

Az oktatással kapcsolatban felmerült a kötelező és a nem kötelező kollégiumok kérdése is. Ehhez annyit szeretnék hozzátenni, hogy a külföldi egyete-

meken ezeken a bizonyos speciál kollégiumokon a hallgatóknak néha több, néha kevesebb mint a fele, diplomás ember, aki munkája során utólag rájött, hogy ezt a területet meg kell tanulnia.

A statisztika oktatására térnék rá. A matematika oktatásával kapcsolatban lényegében egyetértek a referálóval, de hangsúlyozni szeretném, hogy mindezekhez az analízis tanítása fontos. Nem értheti valaki eléggé a differenciál egyenleteket, sem a statisztikai elemző eljárásokat, ha előbb nem tanítjuk az analízist. Én a javaslatához annyit tennék hozzá, hogy kezdjék az analízissel, az analitikai alapokkal. Az általános biológusoktatásnál is ebből indultunk ki és a matematikai tervet az előzetes analízistanításra alapoztuk. A statisztika tanításánál nem az a fontos, hogy minél több képletet tanuljanak meg, hanem hogy az egész eljárás mire felel meg, mit várhatok tőle, milyen legyen az a modell, mennyire szabad nekem a modellt és a valóságot azonosítanom és ez a kérdés hogyan jelentkezik az interpretációnál. A matematika oktatásában nagyon nagy hangsúlyt kell helyezni a modellezésre és az interpretációra.

Amikor kvantitativ akarunk vizsgálni, nagyon precízen meg kell gondolni, hogy mi az egység. Tehát kénytelenek vagyunk a témát precízebben megfogalmazni. Továbbá kvantitativ nem tudunk valamennyi tulajdonságot vizsgálni. Ki kell választanunk azt az egyet, vagy kettőt, amit a legrelevánsabbnak tartunk. Tehát nagyon élesen, kritikusan, megfontoltan kell nézni, hogy melyek a legrelevánsabbak. Igaz, hogy a végén próbáljuk — ahogy a meteorológusok mondják, — szinoptikusan szemlélni a kérdést. De azért mégis azon dől el, hogy valóban helyesen választottam-e ki a releváns tulajdonságokat. Továbbá fontos a kísérleti terv. Ennek összeállításánál is a statisztikának az a fejezete érvényesül, amit úgy hívnak, hogy a kísérletezés ökonómiai efficienciája. A kísérletezés ökonómiai efficienciája foglalkozik azzal, hogyan lehet minél kisebb befektetéssel minél több eredményt kihozni. Persze, hogy mi a befektetés, az eléggé problematikus dolog, az sok minden lehet. Pl. kevés a kísérleti állat. Hogyan lehet ezzel minél több információt szerezni? Avagy kevés a devizaforintom. Akkor devizaforintra irányítani. Természetesen az összes kísérleti kellékek között legértékesebb a kutató kortexe.

Itt még rá szeretnék mutatni valamire a biometria oktatásával kapcsolatban: arra, hogy egyes dolgokban a szemlélet mennyivel más kell, hogy legyen. Amikor például a fizikában mérem egy test súlyát, ismételten megmérem. Miért? Mert a mérés hibákkal dolgozik, és ezeknek a középértékét veszem. Ugyanezt a koncepciót egyesek átviszik a biológiába. Pedig ott nem úgy van. Azért van az, hogy különböző adatokat találunk különböző egyéneknél, mert azok valóban különbözőek.

Biológiai szempontból nem hiba az, hogy az emberek, sőt általában az élőlények nem egyformák, hanem éppen ez a fejlődés alapja.

Ami a tanítási metodológiát illeti, nem szabad a matematikát úgy tanítani a biológusoknak, mint ahogyan a matematikusoknak tanítani kell. Egy biológusnak vagy egy orvosnak elmagyarázunk egy matematikai tételt, azt azzal kell kezdeni, hogy előbb szemléletesen le kell vezetni és azután követni a matematikai bizonyítással.

Szó volt a maximalizmusról. A tervünk legyen maximalista, de reményeinkben legyünk minimalisták. Az általam ismert tantervekre sajnos az igénytelenség jellemző:

Ernst Jenő: Engedjék meg, hogy néhány szót szóljak. Mi a legfontosabb a tanácskozáiban? A biofizika jövője. Ha biofizikát nem tanítunk, akkor a biofizikus utánpótlást nem tudjuk biztosítani. Ezért tárgyalunk annak egyetemi oktatásáról. Véleményem szerint tehát emögött az a cél áll, hogy a biofizika oktatási programjáról való tárgyalás perspektívájában az lebeg szemünk előtt, hogy minden biológiai tanuló számára legyen biofizika tanszék, annak állásai pedig biztosítják a biofizikus utánpótlást. Ha minden biológiai fakultáson minden biológiai hallgató számára biofizikai tanszéket akarunk, akkor ebből máris következik az, amivel Juvancz kolléga előadását befejezte és pedig az, hogy bizonyos mértékű differenciálást feltétlenül javasolnunk kell. Ha az egyetemi biofizikai oktatást nem lehet közös nevezőre hozni az egyes ágazatok között, akkor baj van, mert matematikai képzettségük jelenleg a középiskolai matematikánál áll meg. Tehát differenciál–integrálszámítás már nincs. Számomra szinte elképzelhetetlen, hogy hogyan lehetne kierőszakolni azt, hogy akár már a középiskolában is tanítsanak differenciál–integrál számítást, hogy a orvosok számára beiktassunk egy matematikai fél- vagy egész évet. Egészen más a helyzet a biológus egyetemi hallgatóknál, akiknek a tantervében bent van a fizika és matematika, felső mennyiségű. Ezért azt kérni, hogy a következő hozzászólók most már differenciáltabb feladatokkal is foglalkozzanak, lényeges, beleértve még azt is, ami feltétlen kívánatos a biofizika fejlődése szempontjából, hogy a szakfizikus hallgatók számára milyen kollégiumok legyenek, de legyenek a biofizika kérdéséről. Ezért kérném, szíveskedjenek ilyen értelemben is hozzászólni.

Nagy János: Az előadásokban és az eddigi hozzászólásokban is szó esett a szak-biofizikusok, szakbiológusok, illetve a matematika terén működő biofizika-képzésről és így különbség jelentkezett a hozzászólások alapján a kettő között, ami természetes. Szabad legyen most a medikusok képzésében szerepet játszó biofizikai képzés matematikai oldaláról néhány szót ejtenem, mivel erre vonatkozólag az elmúlt évekből és jelenleg is személyes tapasztalataim vannak.

Már körülbelül két évvel ezelőtt bevezettük és ebben az évben megisméltük a matematikának, mint nem kötelező kollégiumnak a megindítását, amelyre várakozáson felül mind két évvel ezelőtt, mind pedig ebben a tanévben, meglehetősen sokan jelentkeztek. Ez minden bizonnyal arra vezethető vissza, hogy a hallgatóság értelmesebb része maga belátja azt, hogy a biológiai, biokémiai, fizikai jelenségek megértéséhez feltétlenül szükségük van bizonyos matematikai apparátusra. Ezeket a nem kötelező előadásokon — és ezt szeretném Juvancz kollégának örömmel elmondani, — nem csupán a hallgatóság vesz részt, hanem járnak ide idegen tanszékekről is tanársegédek. Az elmúlt évben külön ilyen kurzus volt, amelyen szóba kerültek azok a matematikai dolgok, amelyekre szükségük volt. A differenciál–integrálszámítás, a differenciál egyenlet és azon felül pedig a biometria bizonyos részei. Külön nagyon érdekes problémákat jelentettek a különböző függvénykapcsolatok ábrázolásával kapcsolatos dolgok, amelyek valamely biológiai kísérlet befejezésével rendkívül érdekesek és izgalmasak. Nagy súlyt fektetünk például a szuperponált exponenciális görbék értékelésével kapcsolatos dolgokra.

Egy másik probléma: az izotóp tanfolyamokon szerzett tapasztalatok. Az elmúlt években jó néhány, több mint tíz ilyen tanfolyamot bonyolítottunk le végzett orvosok, vegyészek, biológusok, fizikusok részére a különböző szervek megbízásából és ezeken a tanfolyamokon természetesen nem csupán a legszükségesebb izotóp mérés technikai dolgok kerültek elő, hanem az atomfizikai,

atommagfizikai fogalmak stb. Valahogy egységesen mindegyik tanfolyamon elhangzott a végén tartott kiértékelésnél olyan értelmű kívánság, megjegyzés: „Ez nagyon jó, csak azt mondjátok meg, hogy miért nem oktatják ezt minden medikus számára, hiszen ezeken tulajdonképpen minden leendő orvosnak át kellene mennie. Akkor azt mondtuk — mert mást nem mondhattunk rá —, hogy bizonyos mértékben megkapnak az orvostanhallgatók ebből bizonyos anyagot, erre azonban nincs idő: akkor két féléves volt, egy egész éves, a fizikaoktatás az orvosi egyetemen. Nem tudom, hogy milyen választ adjunk most, amikor egy félévre lecsökkent a fizika oktatása.

Hoffmann Tibor: Nagyon röviden szeretnék csatlakozni az előbb elhangzottakhoz, mégpedig elsősorban azzal kapcsolatban, hogy kategorizáljuk: kiket érint a biofizikai, vagy biofizikai irányú oktatás. Elsősorban az orvosok, a biológusok, a biofizikusok és a fizikusok jönnek-e szóba? Itt a fizikusok általában nincsenek érdekelve, de azért szeretnék felvetni egy pár dolgot, hogy esetleg a III. osztályhoz, vagy pedig megfelelő helyen az egyetemekhez, stb. tudjunk fordulni. Az oktatásnak mivel ennyi oldalról kell megindulnia, természetesen különbözőnek kell lennie. Én azt tapasztaltam, ahogy beszéltem külföldön fizikusokkal és másutt is szélesebb körökben, hogy egyre nagyobb az érdeklődés a biofizika és általában a biológia iránt a fizikusok részéről is. Ez olyan mértékű, hogy szinte azt lehet mondani, hogy az elkövetkezendő 10 éven belül a fizikai problémák nagy része közvetlenül vagy közvetve biofizikai jellegű. Ez annyit jelent, hogy mi sem maradhatunk el, és fel kell keltenünk az érdeklődést a fizikusok körében. Ez a propaganda részben társulati előadások formájában történik meg, a fizikusoknak szóló olyan előadások formájában, amelyek egy kis biológiát csempésznek be a fizikusok számára, de ne olyan előadásokon, amelyekről a fizikusok esetleg megijednek. Másrészt ugyanilyen előadásokat kell adni a fizikushallgatóknak is. Nagyon sok múlik azon, hogy hogyan hirdetik meg az előadásokat. Ha sikerül az egyetemen olyan fizikai jellegű előadást bevezetni a biológusoknak, amely általános érdeklődésre tarthat számot, akkor ezt is hirdessük meg azokban a biológiai tárgyakkal foglalkozó intézetekben, amelyekről várhatjuk, hogy emberek jönnek el oda. Helyes lenne ha e téren összekapcsolnánk a társulati tevékenységet az egyetemi oktatással: ez volna a javaslatom.

Ladik János: A kvantumbiokémia, illetve más néven elektronbiokémia oktatásával kapcsolatban szeretnék egy pár megjegyzést tenni. Azt gondolom, hogy elméleti tárgyról lévén szó, élesen különbséget kell tenni a medikusok, a biológusok és fizikus-vegyészek oktatása között.

A medikusoknál, ahol — ahogyan az előttem szólók is mondták — a középiskola matematikai apparátusára lehet támaszkodni, talán valamiféle leíró jellegű ismeretközlésre lehet szorítkozni, azt is csak fakultatíve.

Más a helyzet a biológusoknál; itt már egy kicsit részletesebb lehetne az oktatás, némi matematikai apparátussal, talán a legegyszerűbb közelítő módszerek ismertetésével is, olyan értelemben, hogy arra építve később majd effektív kutatómunkát végezessen az illető, legalábbis a pillanatnyi matematikai apparátus birtokában.

Viszont egészen más a helyzet a fizikusoknál. A külföldi országokkal ellentétben nálunk a fizikaoktatás egy kicsit eltolódott a térelmélet és az elemi részek felé, ugyanakkor a fizika más fontos fejezetei: a molekula-fizika és a szilárd testek fizikája — nem biológiai szempontból, de általában is, — egy kicsit mostohagyerekek.

Tehát elsősorban ez kellene a fizikusoknak: molekula-fizika vagy más néven kvantumfizika oktatása és erősebb szilárd testek fizikája oktatás. Ebbe bele lehetne építeni a bonyolultabb szerves molekulák, biológiailag aktív molekulák és a biológiailag aktív makromolekulák számítását, ami a következő lépés az egyszerű molekulák vagy egyszerű kristályok számításához. A módszerek tökéletesen ugyanazok, csak a biológiai objektumok bonyolultabbak, tehát még nagyobb elméleti felkészültséget igényelnek.

Azután részletesebben ismertetni kellene a közelítő módszereket, de nem az úgynevezett ab initio közelítő számítást, hanem az úgynevezett szemiempirikus módszereket, amelyeket manapság sikerrel használnak széles körben a kémiában, illetve a kvantumbiokémiában.

Probléma a fizikusoknál, hogy azok rendszerint semmi szerves kémiai vagy biokémiai ismerettel nem rendelkeznek, úgyhogy azoknak, akik erre szánják magukat, a kutatással párhuzamosan fel kellene venni speciálkollégiumként szerves kémiát és biokémiát. Szólni kell a vegyészetről is. Amint tapasztaltuk, itt szintén eléggé megvolna az érdeklődés. Legalábbis fakultatív jelleggel be kellene vezetni minden vegyészeti karon a kvantumkémia oktatását, hogy aki akarja, annak meglegyen a lehetősége kvantumkémiát és ezzel együtt szilárd testek fizikáját tanulni, és abba megint bele lehetne építeni biológiai rendszereket is. Hangsúlyozom, elvileg semmi különbség nincs, csak ott azért nem lehet olyan mélyen belemenni a módszerekbe, mint a fizikusoknál, mert a matematikai és a fizikai előismeretek gyengébbek.

Még egy megjegyzésem volna az elektronbiokémia oktatásával kapcsolatban: a sugárbiológiával kapcsolatos problémákat, tehát a fotonok és általában a makromolekulák kölcsönhatásainak számítását szintén ki lehetne építeni az oktatásban a fizikusoknál; másutt nem, mert ezek azután még bonyolultabb dolgok. Az életfolyamatok dinamikus változásai vizsgálatában szükség volna még az irreverzibilis termodinamikára és az irreverzibilis kinetikára. Ezt megint a fizikusoknak kellene speciális tárgyként oktatni, akiket érdekelnek a biológiai problémák, mert ez egyre erősödő dolog —, másrészt részletesebben kellene tanítani az információ-elméletet is a matematikai oktatás keretében a valószínűségszámítással együtt, mert a biológiai területen szintén információátadási problémákról van szó.

Tarján Imre: Megpróbálok most egy olyan javaslattal jönni, amely talán a jövő tennivalóit lenne hivatott bizonyos mértékben vázolni.

Hat olyan témakört említenék, amelyekkel a későbbiek során foglalkoznunk kell, és pedig talán munkabizottságok formájában. Jelen megbeszéléseink tulajdonképpen gondolatokat ébresztenek és gondolatokat adnak e bizottságok munkájához.

Mint említettem, hat ilyen munkabizottságra gondolnék a felmerült feladatok tekintetbevételével. Egy ilyen lenne a fizika és biofizika célja és programja a medikusképzésben. Egy másik a fizika és biofizika célja és programja a biológusképzésben, perspektívkusan a biofizikusok képzésében. Harmadik: a matematika szerepe az orvosképzésben, hiszen ez is már olyan kérdés, amivel foglalkoznunk kell, mert hiszen a kapukat döngetik. Ezt el kell ismernünk, látnunk kell. Negyedik: a matematika szerepe a biológusképzésben. Úgy vélem, hogy most, amikor az oktatás reformjáról beszélünk, már évek óta ez is olyan kérdés, amivel talán nekünk is, tehát a Biofizikai Társaságnak is, foglalkoznia kell. Ötödik: módszertani és didaktikai problémák az összes eddig említett te-

riületen. Hiszen éppen Juvancz kollégánk vetett fel sok olyan lényeges kérdést, amivel érdemes foglalkozni, mert hiszen a matematikát, de a fizikát is nem úgy kell oktatni az orvosok, vagy biológusok számára, mint ahogy azt a matematikusok, vagy fizikusok számára oktatjuk. Sok, nemzetközileg sem tisztázott, kérdés van itt. Hatodik probléma pedig a fizikusok bevonása, a fizikus érdeklődésének felkeltése a biológiai kérdések irányába, amelyeket a hozzászólók szintén említettek. És most az első kérdésre szeretnék visszatérni, tehát a fizika és biofizika célja és programja a medikusképzésben. Nem egyszerű az egész kérdés, amit nagyon jól mutat az a most már 2—3 éves vita, amely nincs is lezárva, sőt a közeljövőben igen intenzív módon folytatódni fog, az orvosképzés reformja során.

Az orvosképzés célja olyan általános orvosok képzése, akik rendelkeznek azzal a szükséges ismeretanyaggal és készséggel, amely lehetővé teszi számukra azt, hogy a diploma megszerzése után, elindulva pályájukon, hivatásukat társadalmunkban teljesíteni képesek legyenek, de ugyanakkor rendelkezzenek azokkal a képességekkel, alapismeretekkel is, amelyek lehetővé teszik azt, hogy továbbfejlődjenek és pedig oly módon, hogy azokat mindennapi munkájukba be tudják építeni. Célunk természetesen egy erősen gyakorlati jellegű célkitűzés, hiszen nem is lehet más. Nekünk társadalmunk számára orvosokat kell adnunk. Az erősen gyakorlati jellegű célkitűzés mellett azonban van egy másik célkitűzés is, és pedig olyan orvosok képzése, akik majd gyakorlati úton fogják tudni az orvostudományt művelni. Röviden a kutatóorvosok képzése. A kettő egyelőre együtt folyik az egyetemeken. Én a következő módon képzelem el magamnak azt az alap gondolatot, ami a későbbiek során a medikusképzés-reform ténykedéseit irányítaná.

Ami a gyakorlati célkitűzést illeti, az én elképzelésemben kb. hasonló keretek között; mint ahogy jelenleg, folyhatna, de a kötelező kollégiumokkal egyidőben, azokhoz szorosan kapcsolva, jól átgondolt, nem kötelező kollégiumok rendszerének bevezetése biztosítaná az érdeklődő hallgatók számára azt, hogy továbbfejlődjenek, most már a kutatóorvos irányában és alkalmat adna arra is, hogy ne csak a jó képességű és érdeklődő hallgatók nyerjenek kielégülést, de az előadók is

A fizika szerepe az orvosképzésben véleményem szerint kettős: egyrészt biztosítani kell azokat az alapvető elméleti és laboratóriumi ismereteket, — amelyek a további tanulmányok, tehát biokémia, élettan, radiológia, belgyógyászat, közegészségtan stb. folytatásához szükségesek, másrészt pedig — és ezt nagyon szeretném hangsúlyozni, — alapot kell hogy nyújtson egy egységes természettudományos világnézet és gondolkodásmód kialakításához. E kettős feladatnak megfelelően kell hogy a tárgy tartalmazzon válogatott fejezeteket a fizikából, a biofizikából és az alkalmazott fizika területéről.

Egyelőre nem gondolnék többre, mint arra, hogy az előbbi célkitűzésnek megfelelően alakuljon az első évben a program, de a későbbi évek során legyen lehetőség arra, hogy egy szintetizáló biofizika kerüljön beiktatásra. Amikor a medikus már megfelelő fiziológiai stb. képzettséggel, alapokkal rendelkezik, akkor lényegesen komolyabb biofizikai oktatásra kerülhetne sor, mint amire az első évben sor kerül. Ez egyelőre talán csak nem kötelező kollégiumok formájában valósulhatna meg, de én nagyon szeretném, ha nemsokára megvalósulna kötelező kollégiumok formájában is.

Nagy János kollégám említette az előbb a matematikai speciálkollégiumokat, amelyeket meghirdettünk. Ezt kiegészítem azzal, hogy meghirdetésre került egy „Válogatott fejezetek a biofizikából” című kollégium és egy „Sugárzások fi-

zikája” című kollégium is. Van azután egy dozimetriai kollégium is, tehát a dozimetriai kérdésnek lényegesen részletesebb tárgyalása, mint amire egyébként lehetőség nyílik az első év során.

Boros László: Az előzőekben vázolták azt, hogy milyen szinteken, kiknek a számára kell oktatni a biofizikát. Nyilvánvaló, hogy a orvosok számára való oktatás, a szakbiológusok számára való oktatás eléggé nyitott kérdés. Az, hogy a biokémikusok számára is szükséges biofizika oktatása, már hangot kapott ugyan, de kevésbé világosan merült fel. Szerintem ez egy külön szint lenne. A biokémikusok számára többet lehet nyújtani az elméleti fizikából, mint általában a fizikusok számára, mert a biológiai folyamatokkal kapcsolatban sokkal több fizikára, kémiára és biofizikára van szükség, többek között például a nukleáris problémák előtérbe jutása miatt is. Véleményem szerint tehát ki kellene bővíteni a programot, hogy a biokémikusok számára is többet nyújtsunk a biofizika oktatásban.

A biofizika képzésben valószínűleg az lesz a fejlődés iránya, hogy a jövő században nem lesz általános biofizikus, hanem azon belül sugárbiológus stb., vagy még speciálisabban csak kvantumkémikus vagy növénybiofizikus stb. Ma viszont — azt hiszem — tényleg az kellene, hogy a tanterv összeállításánál egy ilyen általános biofizikai ismereteket nyújtó tervet kellene készíteni, amin belül az alapvető fogalmak természetesen egy rendes kollégiumban, rendes előadásban szerepelnének, viszont volnának egyes speciális területek nem kötelező jelleggel mások számára. Én is azt hiszem, jelenleg az volna a megoldás útja, hogy a fizikusképzésen belül a most végző fizikusokból lehetne speciálkollégiumokkal egy kis táborot gyűjteni, akik érdeklődnek a biofizika, illetve annak egyes ágai iránt.

Még egy kérdést említek meg: a szakbiofizikusok oktatását. Mindenesetre szükség van ott is a biokémia oktatására, éspedig nem úgy, hogy azt hallgassák, amit azok hallgatnak az egyetemen, akik biokémikusok lesznek, hanem megint más szinten kellene előadni a biokémiát: rövidítve azokat a problémákat kellene előadni, amelyek a fizikával rokon területen vannak.

Kertész László: A hozzászólásokhoz kapcsolódva mondom azt, hogy az orvosképzés kereteiben a biofizika oktatás egyéves idejét feltétlenül meg kell hagyni.

Egyébként javasolhatnánk, hogy a fizikusok érdeklődésének a biofizika irányában való felkeltése érdekében járuljon javaslatlaltal, esetleg felhívással, Társaságunk az Eötvös Társasághoz. A fizikai oktatásban, legalábbis a speciál kollégiumok keretében effektíve a közeljövőben mi felajánljuk ezt a fizikusoknak, hogy legalább kisebb gárdájukat próbáljuk így magunkhoz édesgetni és ezzel próbáljunk egy újabb bázist találni.

Guba Ferenc: Azt hiszem a mi szemléletünk eléggé egyoldalú, és azt képzeljük, hogy az összes biológus, aki az egyetemet el fogja végezni, mind hasonlóképpen kutatóintézetbe kerül. Ha ilyen is van, ahogy ez az orvosoknál történik, egészen nyilvánvaló, hogy az orvosképzés keretében nem az orvoskutató-képzésen van a hangsúly, hanem azon, hogy jó orvosai legyenek az országnak és ennek megfelelően kell őket kiképezni.

Ha ezt a kérdést az oktatás oldaláról nézzük, elsősorban mindenképpen egy olyan alapképzést kell adni, amelybe bele kell tartozzék a modern fizika, de azért a fizika és ennek speciális része, mint amilyen a kvantumbiológia, vagy a kvantumkémia, csak egy olyan emberrel megy, aki már tudja az alapokat és

azt hiszem, hogy oktatási rendszerünkben éppen itt van hiányosság, hogy a diploma megszerzése után nincs rendszeres oktatás.

Azt hiszem, ezt a kérdést olyan oldalról is meg lehet vizsgálni, hogy mennyire lehetséges az, hogy az egyetemi tanszékeken, vagy akár más módon is, olyan továbbképzést biztosítsunk, ami pl. biofizikát tanít és annak speciális területébe komoly elmélyülést tesz lehetővé.

Garamvölgyi Miklós: Amint látom, a munkaértekezlet témája eredeti célkitűzéséhez képest jelentősen kibővült, amennyiben szóba kerültek itt a fizikusok biológiai, illetve biofizikai irányú képzésének kérdései, amivel teljes mértékben egyetértek és zajosan helyeslek, különösen Hoffmann elvtárs hozzászólásához, azzal a megjegyzéssel, hogy az az érdeklődés, ami a fizikusok körében a biofizikai kérdések iránt van, az nemcsak külföldre jellemző. Nálunk frissen végzett szakfizikusokkal, illetve fizikus hallgatókkal való beszélgetés során azt tapasztaltam, hogy hosszú időre terjedő érdeklődés áll fenn a biofizika iránt az ő körükben is és már az is egy önmagáért beszélő, nagy eredmény, hogy pesti állását, illetve lakását és álláskilátását is feladta azért, hogy Pécsre kerüljön biofizikai vonalra.

Éppen úgy, ahogy a biológusoknak szükségük van az itt megtárgyaltak alapján megfelelő fizikai és matematikai képzettségre, bizonyos mértékig, különösképpen az érdeklődő fizikusoknak is, szükségük van valamelyes biológiai ismeretekre, sőt egy eléggé mély biológiai műveltségre.

Az a javaslatom, hogy a Társaság elnöksége, akár egy más alkalommal a Társaság plénuma a fizikusokkal, esetleg az Eötvös Társasággal együtt ezzel a kérdéssel is foglalkozhatna, mert — ismétlem — ez az igény érzésem szerint a fizikusok részéről megvan.

Ha megnézzük a természettudományi karokat és az azokon bevezetett, illetve bevezetendő szakbiológusképzést, akkor azt látjuk, hogy a szakbiológusok száma az illető kar biológus hallgatóihoz képest elenyésző, karonként esetleg 25—30 hallgatóval lehet számolni, akik — véleményem szerint — a biofizikának nem képezik eléggé széles tömegbázisát.

Itt van még a természettudományi karokon a tanári szakok problémája.

Azt hiszem, nem volna helyes ezeket a hallgatókat teljesen kirekeszteni a biofizikusképzésből és számukra egy túlnyomóan leíró természetű, múlt századbeli interpretációval előadott biológiát oktatni, ugyanakkor pedig néhány tucat kiemelt biológusnak a korszerű biológiát. Ha a gyakorló orvosnak szüksége van biofizikára — ha nem is kifejezetten biofizikára, de egzakt módon tárgyalt biológiára —, akkor véleményem szerint egy biológia tanárnak is szüksége van, mert hiszen az fogja a következő biofizikus generációt az egyetemre ereszteni. Véleményem szerint tehát a leíró tárgyak és például a pedagógiai tárgyak radikális csökkentése árán is fontolóra kellene venni ezeken a szakokon is a biofizikának bizonyos oktatását.

Sztanyik László: Az előzőekben javasolta Tarján professzor azt, hogy kellene vezetni a biofizikus munkának egy szintetikus formáját valahol az utolsó évfolyamok táján.

A nehézség viszont abban áll, hogy a fizikának eddig is kevés óraszámát még kevesebbre csökkentették, tehát egyszerűen nehézségek vannak a probléma elhelyezésével ezen az óraszámokon belül.

Szeretném felhívni a figyelmet a következő formára, amely talán kiutat jelenthetne a kettős nehézségből. Esetleg olyan formában lehetne megoldani

a biofizika oktatását az orvoskaron, hogy az első évi fizika és biofizika tényleg csak alapozó oktatás volna, a részletes problémákat nem taglalná, általános törvényszerűségeket és ismereteket elevenítene fel, és megalapozná a további természettudományi jellegű stúdiumokat. Azután a későbbi szaktárgyak oktatása keretében, például az élettan keretében, amikor leadják a vérkeringés élettanát, az az élettani tanszék, amely ennek oktatásával foglalkozik, vegye igénybe az orvosi egyetem biofizikai, orvosi fizikai tanszékét, és a vérkeringés biofizikájával kezdjék a vérkeringés élettanának ismertetését. Vagy amikor leadják a légzés élettanát, akkor a légzés biofizikáját e stúdium keretében az ott található biofizikai tanszék előadójának bevonásával oktassák. Azt hiszem, mindenki előtt természetes ma az oktatásban az, hogy ha a vér élettanát adják le, akkor a hemoglobinnról, annak kémiájáról, biokémiájáról beszélnek. Végeredményben természetesen dolognak tartjuk az élettan keretében biokémiát leadni. Én a magam részéről ugyanilyen természetes dolognak tartanám azt, hogy a hemoglobin biokémiája mellett a hemoglobin biofizikáját is leadják. Tulajdonképpen tehát már az élettani előadás keretében adjanak biofizikát is.

De így sorolhatnám a többi stúdiumot is: a természet keretében adni a látás biofizikáját, az ideggyógyászat keretében az idegingerület biofizikáját és így tovább, a megfelelő szakelőadók bevonásával.

Tarnóczy Tamás: Én feltétlenül az alapozás híve vagyok. Akár a biológus-oktatás keretén belül biofizikáról, akár az orvosképzés keretén belül valami hasonló-ról van szó, mindeképpen a fizika alapozza azt meg.

El kell döntenünk, hogy a fizikában mit adjunk. A fizikában alapfogalmakat, mennyiségeket, törvényszerűségeket kell tisztázni, fizikai szemléletet adni. Biztos, hogy ezt meg lehet csinálni aránylag röviden, de talán az a heti három óra, amely pillanatnyilag erre rendelkezésre áll, nem elegendő ahhoz, hogy itt komoly mélységig lemenjünk.

Magát a biofizika témakörét nagyon jó volna meghatározni és definícióját is megadni. Nagyon helyes, hogy beszélünk róla, nagyon helyes, hogy nem mondjuk soha ki, hanem mindig azt mondjuk, hogy ez is, az is, amaz is beletartozik. De itt most arról van szó, hogy a II. világháború után minden tudomány rohamlépésekkel haladt előre, nemcsak kiterjedtségénél, hanem komplexitásánál fogva is. A biofizikának, a pszichológiának, a biológiának, a matematikának, az információelméletnek stb. vannak olyan területei, ahol ezek mind fedik egymást és ezeknek a tudása kell ahhoz, hogy a biofizikát tovább lehessen művelni.

A 30-as években volt először arról szó, hogy biofizika. Személyes élményem fűződik hozzá: 1942-ben hozta először be ezt a dekád-osztású fogalmat a *Physikalische Berichte*, hogy *Biophysik*. Én egy cikkem referátumát kerestem benne, amiben a hangzó-képző üregek rezonanciaadatairól volt szó. Meggyőződésem volt, hogy fizikát csináltam, a referátumban azonban mégis a biofizika címszó alatt jelent meg.

Tehát ha az ember elkezdett gondolkodni rajta, akkor az derült ki, hogy bár tiszta fizikai módszerekkel foglalkoztunk egy kérdéssel, de mivel biológiai objektumon, biológiai dolgokat is érintő következményekkel járó eredmények születtek meg, ez mégis biofizikaként kezelhető. Telt-múlt az idő és ma ott tartunk, hogy ugyanezeket az adatokat a mesterséges beszélőgépek szerkesztésénél használják fel. Tehát a mérnöki tudományokban bevált az egész. Most olyan biofizikai problematikával állunk szemben, amely a fizikát, biológiát és elektronikus berendezések tudomány szakát, vagy azok egy részét fogja össze. Ez a

beszédkutatás az, ami a hangelemzés szintézise és a gyakorlatban való felhasználása. Ha a beszédkutatás „biofizika” névvel is jellemezhető, akkor méginkább az érzékszervek fizikája, amiről itt ma egyáltalán nem volt szó.

Elképzelésem szerint a biofizika valahogy úgy osztható fel, hogy van egy, a szervezetben lefolyó jelenség-sorozat, amelyet vizsgálni lehet. Azután van olyan jelenség-sorozat, amelyet külső fizikai információk felvételével, feldolgozásával és kiértékelésével lehet jellemezni. És végül vannak olyan milieu-hatások, amelyek már aktívan belenyúlnak a szervezet egyes elemi folyamataiba, vagy esetleg egész folyamatába. Ilyenek a sugárzások hatásai, akár pozitív, akár negatív értelemben változtak meg.

Tehát ha én erre a három nagy területre próbálom a biofizikát felosztani, akkor ebből egyharmadát elfoglalja az információ felvétele, feldolgozása és kiértékelése.

Tehát amikor én azt szeretném, hogy ebbe az egész kérdés-komplexumba bevessék az érzékszervi fizikát is, akkor ez ne azt a többletet jelentse, hogy nyolc félév után még két félév megterhelés, hanem hogy ez a kérdéscsoport beletartozik a komplexumba és nem választható el tőle.

Ami az oktatás anyagát illeti, itt megint egy gyakorlati eredményről tudok beszámolni, ami elég szegényes, hogy ugyanis a fizikusok körében immár 15 év óta meg van hirdetve olyan kollégium, mely évenként változik, de körülbelül 3—4 évenként tartalmazza a fizikai akusztikát. A fizikusok körében bármilyen ügyes propagandát csinálva, három-négyenél több hallgató erre még soha nem volt hajlandó jelentkezni. Szerintem nemcsak azon van a hangsúly, hogy propagandát csináljunk, hogy előadjunk, és speciál kollégiumokat szervezzünk, hanem az emberek is kelljenek hozzá, akik megtöltik ezeket a kereteket. A kutatóintézetek felé törekvő orvosok számára a biofizikai tárgyú speciálkollégiumokat esetleg kötelezővé is lehetne tenni, ha egyelőre a fizika mellett az alkalmazott fizikát kötelezően nem is tudnánk bevezetni.

Gyakorlatilag tehát az lenne a javaslatom, hogy a harmadik vagy többlet-félévben a biofizika oktatása a kísérleti irányokba törekvő orvosok számára ilyen formában kötelezővé tétessék.

Bálint Árpád: (Debrecen): A szakbiofizikus-képzéshez szeretnék pár szót szólni. Én helyesebbnek tartanám azt, ha a biofizikusokat nem részben a biológusok, részben a fizikusok közül próbálnánk verbuválni, hanem a biofizikus-képzés a természettudományi karoknak egy önálló szakja lenne.

Én úgy tudnám elképzelni egy biofizikusnak a helyét és munkáját: ő az egyetemen a biofizika szakot végezte el, tehát se nem biológus, se nem fizikus, hanem biofizikus, bár ismeretei sem a biológiában, sem a fizikában nem eléggé mélyek, nagyon jól érti a biológusnak is, a fizikusnak is azt a bizonyos említett nyelvét.

Vető Ferenc: Tisztelt munkaértekezlet! Egész röviden csak két problémát szeretnék megemlíteni, amit véleményem szerint a biofizika oktatásának általánossá tétele tárgyalásakor figyelembe kell venni.

Az egyik egy általános tankönyv kérdése, amely általános áttekintést adna, de ugyanakkor lehetővé tenné, hogy merítsenek belőle a leendő oktatók és hallgatók egyaránt.

A másik kérdés pedig, hogy ennek a biofizikának az oktatását is végeznie kell valakinek, tehát oktató személyzet kiképzésére is szükség van.

Mess Béla: Bár Várterész dr. referátumában meggyőzően toxikológiai analógiával igazolta, hogy a sugárbiológia nem tartozik a biofizika tárgykörébe, azonban az orvosegyetemen negyedik évfolyamán van egy radiológia nevű önálló tantárgy, ahol röntgennel kapcsolatban sugárterápiát tanítanak. De az az érzésem, hogy egy kicsit levegőben lóg akkor ez a tanulmánykomplexus, ha mindezeket a kérdéseket, a radiológiát stb. biofizikus szinten nem értik és nem tanuják. Szerintem a radiológiát mégis csak mindenképpen a biofizikán kellene tanítani. Hogy azután befér-e az elsőéves keretbe, vagy csak a negyedéves tantárgy keretében kellene bizonyos óraszámot lehasítani, az más lapra tartozik. Szerintem azonban az orvosképzésben a sugárbiológiai oktatás nagyon alapvető.

Ernst Jenő: Csak annyit, hogy ezt az első munkaértekezletünket nem is úgy képzeltük el, hogy itt első összeülésben már kész anyagot fogunk termelni, amely megoldja a rendkívül színes, többágú biofizikai oktatás kérdését. Azt hiszem azonban, hogy ez az első értekezletünk nagyon érdekes és eredményes volt abból a szempontból, hogy majd összefoglalva, most már konkrétabb formában tudjunk tárgyalni a továbbiakban erről a kérdéstről. Nem hiszem, hogy értekezletünk ennél tovább tud menni. Természetesen nagyon szívesen vesszük a következő hozzászólásokat is, de az anyag olyan nagy, hogy majd elég időbe és fáradságba kerül ennek az anyagnak, vagy legalábbis az anyag lényegének összeállítása. Arra kérném a munkaértekezletet, hogy figyeljen abban, hogy a Biofizikai Társaság elnöksége, amikor tárgyalni fogja a mai munkaértekezlet anyagát, akkor egy további lépéssel ki fogja tudni tűzni a konkrétan meghatározandó anyag kérdését.

Elnök: Megköszönöm az elhangzott igen értékes, szép referátumokat, amelyet a nevezett elvtársak megtartottak. Igen sok értékes gondolatot és adatot tartalmaznak, úgy hogy ezért befejezésül én is szeretnék egy javaslatot tenni Társaságunk elnökségéhez. Nevezetesen jó volna, ha e referátumok másolatát, vagy legalábbis bő kivonatát elkészítenék és a tagság részére megküldenék. Azt hiszem, hogy az elkövetkező alkalomra való felkészülés könnyebben és jobban mehetne azoknak a kiegészítéseknek a figyelembevételével, amelyekről Ernst professzor elvtárs az előbb már szólt. Kérjük azt, hogy Társaságunk elnöksége vegye ezeket fontolóra, és amelyek alkalmasak, azok tekintetében a további lépéseket tegye meg.

Ezzel egész programunkat kimerítettük és nagyon köszönöm a megjelenést.