



Alžbeta Marček Chorvátová,
Mária Klacsová,
Ivan Zahradník
(eds.)

ROZVOJ BIOFYZIKY NA SLOVENSKU (1923 – 2023)



UNIVERZITA
KOMENSKÉHO
V BRATISLAVE

Alžbeta Marček Chorvátová,
Mária Klacsová,
Ivan Zahradník
(eds.)

ROZVOJ BIOFYZIKY NA SLOVENSKU (1923 – 2023)

2023

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE

Editori ďakujú *Slovenskej biofyzikálnej spoločnosti* za morálnu a finančnú podporu pri realizácii tejto publikácie.

Editori

prof. Mgr. Alžbeta Marček Chorvátová, DrSc.
Mgr. Mária Klacsová, PhD.
RNDr. Ivan Zahradník, CSc.

Recenzenti

doc. Mgr. Gregor Bánó, PhD.
RNDr. Michal Cagalinec, PhD.
prof. Ing. Július Cirák, CSc.
RNDr. Marián Fabián, CSc.
doc. RNDr. Zuzana Gažová, DrSc.
prof. RNDr. Tibor Hianik, DrSc.
RNDr. Dušan Chorvát, PhD.
doc. Mgr. Daniel Jancura, PhD.
RNDr. Eva Kráľová, PhD.
prof. RNDr. Ľubica Lacinová, DrSc.
doc. MUDr. Tatiana Stankovičová, CSc.
doc. RNDr. Michal Šimera, PhD.
doc. RNDr. Katarína Štroffeková, PhD.
doc. Ing. Milan Tyšler, CSc.



Publikácia je šírená pod licenciou Creative Commons CC BY 4.0 (vyžaduje sa: povinnosť uvádzať pôvodného autora). Viac informácií o licencií a použití diela: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



https://stella.uniba.sk/texty/FAF_biofyzika_slovensko_1923-2023.pdf

Vydavateľ

Univerzita Komenského v Bratislave, 2023

ISBN 978-80-223-5738-8 (tlač)

ISBN 978-80-223-5739-5 (online)

Obsah

I. Predslov	
<i>A. Marček Chorvátová, M. Klacsová, I. Zahradník</i>	5
II. Krátka história biofyziky	
<i>T. Hianik</i>	6
III. Spoločenský kontext rozvoja biofyziky na Slovensku	
<i>I. Zahradník</i>	12
IV. História Ústavu lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny Lekárskej fakulty UK v Bratislave	
<i>Z. Balázsová, M. Kopáni, E. Kráľová</i>	21
V. Vznik Katedry biofyziky na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave	
<i>T. Hianik</i>	32
VI. Biofyzikálny výskum na Farmaceutickej fakulte UK v Bratislave	
<i>M. Klacsová, J. Gallová, D. Uhríková</i>	41
VII. Biofyzika vo všeobecnej fyziológii na SAV v Bratislave	
<i>I. Zahradník</i>	52
VIII. Príbeh laserov a biofotoniky v Medzinárodnom laserovom centre v Bratislave	
<i>F. Uherek, D. Chorvát</i>	66
IX. Ústav lekárskej biofyziky Jesseniovej lekárskej fakulty UK v Martine – história a súčasnosť	
<i>M. Šimera, J. Jakuš, I. Poliaček</i>	80
X. Pohľad do histórie rozvoja biofyziky v Košiciach	
<i>P. Miškovský, D. Jancura, V. Lisý, M. Fabián, T. Kožár</i>	88
XI. Budovanie biofyziky na Ústave experimentálnej fyziky SAV v Košiciach	
<i>Z. Gažová, D. Fedunová</i>	96
XII. Od štúdia biofyziky k lekárskej biofyzike na Univerzite veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach	
<i>J. Staničová</i>	102
XIII. Spark na poli slovenskej biofyziky: pokus o environmentálnu biofyziku na Fakulte prírodných vied UCM v Trnave	
<i>A. Marček Chorvátová, E. Lacinová, I. Štich</i>	112
XIV. Biomedicínska fyzika na UK v Bratislave	
<i>L. Šikurová</i>	120

XV. Prínos biofyziky k rozvoju farmakológie na SAV v Bratislave	
<i>M. Májeková, T. Stankovičová, S. Štolc</i>	127
XVI. Biofyzika ako inšpirácia k pochopeniu fyzikálno-technických javov – príbeh Fakulty elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave	
<i>J. Círák, M. Weis</i>	134
XVII. Vývoj učebníc lekárskej fyziky a biofyziky pre študentov Lekárskej fakulty UK v Bratislave	
<i>K. Kozlíková</i>	141
XVIII. Stručná história Slovenskej biofyzikálnej spoločnosti	
<i>D. Jancura, G. Bánó</i>	147
XIX. Editorský súhrn	
<i>A. Marček Chorvátová, M. Klacsová, I. Zahradník</i>	152

I. Predslov

Na 10. Sympóziu Slovenskej biofyzikálnej spoločnosti v Smoleniciach (2022) sme predstavili zámer na prípravu publikácie o histórii rozvoja biofyziky na Slovensku. Vzhľadom na pozitívnu odozvu medzi účastníkmi a s prihliadnutím na 20. výročie činnosti SKBS, výbor poveril A. Marček Chorvátovú, M. Klacsovú a I. Zahradníka prípravou rámcovej koncepcie a edičného zámeru monografie, organizáciou autorského kolektívu a editovaním jednotlivých príspevkov a celej monografie. Zámer sa nám podarilo naplniť a pred nami je knižka-zborník Rozvoj biofyziky na Slovensku (1923 – 2023).

Svojim spôsobom ide o originálny zámer v rámci slovenskej vedy. Cieľom bolo zmapovať dobu, jej osobnosti, metodiky, experimentálne a teoretické témy, významné publikácie, ako aj vedecké, manažérske a pedagogické počiny, ktoré formovali rozvoj biofyziky na Slovensku od počiatku po súčasnosť.

Voľba témy a formy jej spracovania boli ponechané na autoroch jednotlivých kapitol. Každý rukopis bol pridelený nezávislému recenzentovi pre odhalenie prípadných nedostatkov a konštruktívne návrhy riešení. Recenzenti sú uvedení v mennom zozname v tiráži. Každý príspevok je konsenzuálnym dielom, avšak na výlučnej zodpovednosti autorov príspevku.

Podakovanie patrí všetkým ľuďom, grantom, inštitúciám, ktoré prispeli k vzniku publikácie a hlavne autorom jednotlivých príspevkov, ktorí im nezištne venovali svoj čas a vedomosti pre pamäť nás a našich nasledovníkov.

Celá publikácia je voľne prístupná i na web stránke SKBS (<https://skbs.sk>) a ako knižné vydanie, pre potreby členov SKBS, vedecko-pedagogických inštitúcií a knižníc na Slovensku.

Poznámka: Všetky informácie uvedené v jednotlivých kapitolách majú charakter osobnej výpovede a špecifické údaje neboli exaktne overované. Prípadné pripomienky a návrhy na úpravu sú vítané prostredníctvom výboru SKBS.

Editori
Bratislava, 12. septembra 2023

II. Krátka história biofyziky

Cieľom tohto príspevku je informovať verejnosť o predmete vedného odboru biofyzika. V krátkosti je uvedená história vzniku biofyziky a vklad fyziky v objasnení procesov prebiehajúcich v živých organizmoch.

Predmet biofyziky a jej krátka história

Unikátnou vlastnosťou človeka je nielen vnímať svet svojimi zmyslovými orgánmi, ale aj zamýšľať sa nad javmi prírody, snažiť sa ich pochopiť a vysvetliť. Pre zistenie mechanizmov procesov v prírode a v živých organizmoch zohrala kľúčovú úlohu fyzika. Predovšetkým úspechom vo fyzike na prelome 19. a 20. storočia vďaka práci obovského záujem o fyziku, jej masívny prienik do biológie a vznik biofyziky.

História biofyziky doposiaľ nebola v plnej miere opísaná. Jednou z príčin môže byť nejednoznačnosť definície biofyziky. Ukázalo sa, že bez hlbokých znalostí fyziky nie je možné pochopiť procesy v živých organizmoch na molekulárnej úrovni. Preto jedna z prirodzených definícií biofyziky (alebo biologickej fyziky) sformulovaná významným ruským biofyzikom profesorom Moskovskej univerzity L. A. Blumenfeldom znie: „Biofyzika je oblasť biológie, v ktorej by mali pracovať hlavne vedci s fundamentálnym fyzikálnym vzdelaním“ [1]. História fyziky nás utvrdzuje o oprávnenosti uvedenej myšlienky. Treba však zdôrazniť, že snaha pochopiť a vysvetliť javy spojené so živými organizmami má dlhú históriu.

Grécky filozof Epikuros zo Samu (341 – 270 pr. n. l) bol pravdepodobne jedným z prvých učencov, ktorý približne 300 rokov pred našim letopočtom vyslovil myšlienku o tom, že živé organizmy sa riadia rovnakými zákonmi a pozostávajú z tých istých častíc hmoty ako neživé objekty. Pozornosť mnohých učencov bola upriamená na vysvetlenie mechanizmov zraku. Grécky lekár Galén (Claudius Galenus, 129 – 216) a neskôr perzský matematik, astronóm a fyzik Alhazen (965 – 1040), považovaný za otca optiky, správne opísali zobrazenie predmetov na sietnici oka. Galén je tiež známy svojimi pokusmi s elektroličbou pomocou elektrického sumca. Neskôr myšlienky Galéna a Alhazena rozvinul nemecký astronóm Johannes Kepler (1571 – 1630), ktorý v roku 1604 vyslovil myšlienku, že za zobrazenie predmetov je zodpovedná sietnica oka. Predpokladal, že na sietnici sa nachádza veľmi jemná látka, ktorá sa pod vplyvom svetla rozkladá, podobne ako dochádza k horeniu látky v dôsledku svetla, ktoré prešlo šošovkou. Túto látku nazval „svetelným duchom“. Hypotéza Keplera bola potvrdená v 19. storočí

nemeckým fyziológom Franzom Bollom (1849 – 1879), ktorý objavil svetlocitlivú bielkovinu rodopsín.

Sú zaujímavé aj hypotézy, ktoré viedli k odhaleniu mechanizmov vzniku a šírenia nervového impulzu. Medzi prvými bol ruský prírodovedec Michail Vasilievič Lomonosov (1711 – 1765), iniciátor založenia Moskovskej univerzity. Ako prívrženec myšlienok Isaaca Newtona (1643 – 1727) o úlohe éteru vo fyzikálnych a fyziologických procesoch, vyslovil hypotézu o mechanizmoch šírenia nervového impulzu a zrakovej recepcie na základe mechanického modelu éteru. V mnohých prípadoch sa však jednalo o úvahy a hypotézy.

Exaktné štúdium procesov prebiehajúcich v živých organizmoch zahájil taliansky vedec Luigi Galvani (1737 – 1798), ktorý ako prvý zistil existenciu tzv. živočíšnej elektriny. Galvani absolvoval Univerzitu v Bologni v roku 1757. Táto univerzita, založená v roku 1088, je jednou z najstarších v Európe. L. Galvani začal na Univerzite v Bologni v roku 1762 ako 25-ročný vyučovať medicínu. O rok neskôr sa stal profesorom a v roku 1765 vedúcim katedry anatómie. Od roku 1780 sa začal venovať fyziológii svalov a nervov. Svoj hlavný objav urobil 26. septembra 1786. V tento deň jeho asistent preparoval sval žaby. V momente keď sa skalpelom dotkol nervu došlo k skráteniu svalu. Galvani spolu so svojim asistentom zistili, že k skráteniu svalu dochádza vtedy, keď generátor statickej elektriny, ktorý sa používal v tomto laboratóriu vyprodukoval iskru. Tento experiment znamenal začiatok série významných pokusov Galvaniho o živočíšnej elektrine. Galvani zistil, že aj je nerv spojený s druhými časťami preparátu žaby pomocou kovového vodiča, taktiež bola pozorovaná kontrakcia svalu. Tento efekt bol intenzívnejší v prípade, že bol drôt zložený z dvoch rôznych kovov. Teda Galvani objavil aj efekt, ktorý je známy ako kontaktný potenciál. Tieto experimenty opublikoval v roku 1791 v knihe „Traktát o silách elektriny pri svalovom pohybe“. O svojich experimentoch informoval významného talianskeho fyzika Alessandra Volta (1745 – 1827), profesora fyziky na univerzite v Pávii. Volta zopakoval experimenty Galvaniho a potvrdil jeho pozorovania. Nesúhlasil však s ich interpretáciou. Žabu považoval za citlivý elektrometer a tvrdil, že živočíšna elektrina neexistuje. Kto mal teda pravdu, Galvani alebo Volta? Historické udalosti boli v tomto období v neprospech Galvaniho. V roku 1796 vojská Napoleona obsadili Bolognu. Galvani sa odmietol podriaďiť vláde Napoleona. Bol vylúčený z univerzity a v roku 1798 zomrel. Naopak, Volta sa prispôbil danej situácii. Svoj objav tzv. Voltovho stĺpu, historicky prvej elektrickej batérie, ukázal Napoleonovi. Dostal štedrú finančnú odmenu a pokračoval v svojom pôsobení na univerzite v Pávii. Volta bol bezpochyby veľmi talentovaným fyzikom. Dosiahol vynikajúce úspechy v štúdiu kontaktného potenciálu. I napriek tomu, že Galvani stihol ešte dokázať,

že kontrakcia svalu prebieha aj bez kovových vodičov, bol to Volta, ktorý vďaka svojej autorite dočasne zvíťazil v spore o podstate živočíšnej elektriny. Diskusie medzi prívržencami Galvaniho a Voltu pokračovali aj do roku 1844, kedy taliansky fyzik a neurofyziológ Carlo Matteucci (1811 – 1868) publikoval prácu, v ktorej dokázal existenciu „biologickej elektriny“ s rovnakými vlastnosťami ako „kovová elektrina“.

L. A. Blumenfeld v svojej knihe [1] vyslovil názor, že práve počínajúc Galvanim sa začal reálny rozvoj biofyziky. S týmto názorom možno súhlasiť.

Ďalší rozvoj biofyziky významne ovplyvnili udalosti vo fyzike na prelome 19. a 20. storočia a najmä revolúcia vo fyzike začiatkom 20. storočia. Toto obdobie sa vyznačovalo celým radom významných objavov, ktoré boli podrobne opísané v mnohých knihách venovaných histórii fyziky [2,3]. Veľmi stručne si pripomenieme hlavné objavy vo fyzike tohto obdobia. V roku 1895 nemecký fyzik Wilhelm Röntgen (1845 – 1923) objavil X lúče, dnes známe ako Röntgenove lúče. V roku 1896 nasledoval objav prirodzenej rádioaktivity francúzskym fyzikom Antoine Henri Becquerelom (1852 – 1908). O rok neskôr (1897) britský fyzik experimentátor sir Joseph John Thomson (1856 – 1940) objavil elektrón. V roku 1900 nemecký fyzik Max Planck (1858 – 1947) objavil kvantovanie energie. V roku 1905 nemecký fyzik Albert Einstein (1879 – 1955) opublikoval sériu troch znamenitých prác venovaných vysvetleniu fotoelektrického javu, teórie relativity a Brownovho pohybu. V roku 1911 novozélandský fyzik Ernest Rutherford (1871 – 1937) prišiel s modelom atómu. E. Rutherford je považovaný za otca jadrovej fyziky. V roku 1926 rakúsky vedec Ervin Schrödinger (1887 – 1961) sformuloval nerenalativistickú vlnovú funkciu pre popis hmotných častíc známu ako Schrödingero-va rovnica. E. Schrödinger je považovaný za spolutvorcu kvantovej mechaniky. Uvedení vynikajúci vedci sa stali laureátmi Nobelovej ceny.

V tomto období bola fyzika na výsluní. Univerzity boli preplnené študentmi, ktorí sa chceli venovať práve fyzike. Fascinujúce objavy, ktoré nasledovali v tesnom slede jeden za druhým viedli k eufórii. Zdalo sa, že iba malý krok chýba, aby fyzika objasnila zákonitosti prírody a stavbu hmoty. Niektorí fyzici si dokonca mysleli, že pravdepodobne sa neujde všetkým práca v teoretickej a experimentálnej fyzike, preto začali uvažovať, v ktorých oblastiach vedy by mohli využiť svoje fyzikálne vzdelanie. Pohľady mnohých sa obrátili najmä na biológiu. Jedným z nich bol nemecko-americký biofyzik Max Delbrück (1906 – 1981), absolvent teoretickej fyziky na univerzite v Göttingene. Na Delbrücka zapôsobila najmä prednáška laureáta Nobelovej ceny Nielsa Bohra (1885 – 1962) „Svetlo a život“, ktorú predniesol na medzinárodnej konferencii o svetelnej terapii v Kodani v roku 1932. Po návrate do Berlína, kde pracoval na Ústave cisára Wilhelma, ako asistent

prof. Elise Meitner (E. Meitner bola po prijatí rasistických zákonov nútená tento ústav opustiť a v roku 1938 emigrovala do Švédska) začal Delbrück organizovať semináre, na ktoré pozýval významných vedcov, ktorí pracovali v tom čase v oblasti biológie a najmä genetiky. V tomto období pracoval na rovnakom ústave ako vedúci oddelenia experimentálnej genetiky ruský biológ, odborník v oblasti radiačnej genetiky, Nikolaj Vladimirovič Timofejev-Resovskij (1900 – 1981). V roku 1930 sa ústav presťahoval do nových priestorov v Berlíne-Buch. Výskumy v oblasti genetiky boli financované fondom Rockefellera, založeného ropným magnátom J. D. Rockefellerom. Timofejev-Resovskij bol žiakom významného ruského biológa Nikolaja Konstantinoviča Kolčova, ktorý v roku 1917 založil v Petrohrade Ústav teoretickej biológie. Najmä vďaka tomuto ústavu sa biológia posunula z oblasti popisnej do oblasti experimentálnej vedy. V tomto období sa v Rusku silne rozvíjala najmä genetika. Ruskí genetici boli v Európe veľmi žiadani. Na základe pozvania Ústavu cisára Wilhelma (Berlín) presvedčil N. K. Kolčov Timofejeva-Resovského, aby sa presťahoval do Berlína. Stalo sa tak v roku 1925. Jeho pôsobenie v Berlíne trvalo do konca II. svetovej vojny, kedy sa v roku 1946 vrátil do Sovietskeho zväzu. Jeho syn Dmitrij, študent Humboldtovej univerzity v Berlíne mal tragický osud. Bol členom berlínskej pobočky komunistickej strany boľševikov. V roku 1943 bol pre svoje antifašistické postoje poslaný do koncentračného tábora v Mauthausene, kde bol popravený gestapom 1. mája 1945.

N. V. Timofejev-Resovskij bol jedným z prvých, koho pozval Max Delbrück prednášať na svojich seminároch. Jednalo sa o podrobné prednášky venované genetike. Je známe, že účastníci seminára sa nástojčivo dožadovali od Timofejeva-Resovského odpovede na otázku, čo je to gén a aká je jeho štruktúra. Na to sa prednášajúci účastníkov seminára spýtal: „Vy, fyzici, mi povedzte čo je to elektrón a aká je jeho štruktúra“. Fyzici neboli pripravení zodpovedať túto otázku. Na to im Timofejev-Resovskij povedal, že odhalenie štruktúry génu je úloha fyzikov. Pre geneticov je gén rovnako nedeliteľnou časticou, ako je pre fyzikov elektrón. Pri ďalšom naliehaní účastníkov seminára však spomenul predpoklad N. K. Kolčova o tom, že gén je pravdepodobne bielkovina. Táto hypotéza bola pomerne populárna i napriek tomu, že ešte v roku 1868 bola objavená nukleová kyselina v jadrách buniek švajčiarskym lekárom a prírodovedcom Johannesom Friedrichom Miescherom (1844 – 1895). Protiargumentom bolo, že chemické zloženie DNA (4 typy nukleotidov – tymín, adenín, cytozín a guanín; v RNA je namiesto tymínu uracyl) je príliš jednoduché na to, aby bola nukleová kyselina nositeľom genetickej informácie.

Timofejev-Resovskij bol pravdepodobne kľúčovou osobnosťou, ktorá ovplyvnila Maxa Delbrücka, aby sa začal venovať problematike štruktúry génu. V roku 1935 spolu s Timofejevom-Resovským a nemeckým fyzikom Karlom Zimmerom

(1911 – 1988) publikovali veľmi významný článok [4]. V tejto podrobnej experimentálnej práci s hlbokou teoretickou analýzou prišli k dôležitým záverom:

Skokovitá zmena génu pod vplyvom ionizujúceho žiarenia má kvantovú podstatu. Začína sa z tvorby nerovnovážnych energetických stavov a zriedka vedie k dedičným zmenám (mutáciám) v štruktúre génu.
Gén má kompaktnú štruktúru pozostávajúcu z približne 10^3 atómov.

Táto práca mala obrovský význam pre ďalší rozvoj biofyziky a najmä pre odhalenie štruktúry DNA. Významne ovplyvnila aj Ervina Schrödingera a inšpirovala ho k predneseniu cyklu prednášok v Trinity College v Dubline v roku 1943, toré boli následne opublikované v jeho monografii [5]. V tomto čase už Max Delbrück pracoval v Kalifornskom technologickom inštitúte (CALTECH) v USA na katedre biológie. Do USA odišiel z Nemecka v roku 1937 na základe pozvania z Rockefellerovej nadácie. V CALTECH-u založil tzv. fágovú skupinu, ktorá sa venovala vplyvu rôznych fyzikálnych faktorov na bakteriofágy. V tomto čase už bolo dokázané, že za genetickú informáciu v jadre buniek je zodpovedná DNA. Dokázal to americký molekulárny biológ Oswald Theodore Avery (1877 – 1955) v experimentoch s transformáciou génov. Zistil, že aj k neinfekčným pneumokokom bol dodaný extrakt DNA izolovaný z infekčných pneumokokov (*Streptococcus Pneumoniae* – baktéria, ktorá vyvoláva zápalové ochorenia horných a dolných dýchacích ciest), niektoré z týchto pneumokokov sa stali infekčnými. Nakoľko v extrakte bola prítomná iba DNA, bolo zrejmé, že práve genetická informácia zakódovaná v tejto molekule je zodpovedná za transformáciu pneumokokov. Až po týchto experimentoch sa vedci sústredili na štúdium štruktúry DNA. Do tejto doby bolo úsilie sústredené na odhalenie sekundárnej a terciárnej štruktúry bielkovín pomocou RTG analýzy. V tejto oblasti pracoval najmä britský molekulárny biológ Max Perutz (1914 – 2002) a anglický biochemik, kryštalograf a molekulárny biológ John Kendrew (1917 – 1997), ktorí na Univerzite v Cambridge odhalili najskôr štruktúru myoglobínu a následne aj štruktúru hemoglobínu. Za objav štruktúry prvej bielkoviny – myoglobínu (1958) – boli títo vedci ocenení Nobelovou cenou v roku 1962. Teda bolo to o 5 rokov neskôr ako bola odhalená štruktúra DNA Jamesom Watsonom a Francisom Crickom. Najmä po objave O. T. Averyho sa pozornosť kryštalografov sústredila na RTG analýzu DNA. Kľúčovú úlohu tu zohrali práce Mauricea Wilkinsa (1916 – 2004) a Rosalindy Franklinovej (1920 – 1958) (King's College, Londýn). Práve kryštalografické snímky R. Franklinovej boli rozhodujúce pre vytvorenie modelu DNA J. Watsonom a F. Crickom.

James Watson (nar. 1928), molekulárny biológ (pôvodným vzdelaním ornitológ) pracoval vo fágovej skupine Maxa Delbrücka. Pod vplyvom knihy E. Schrödingera odišiel najskôr na Univerzitu v Kodani ako post doktorand a následne na univerzitu v Cambridge, kde začal pracovať s molekulárnym biológom a biofyzikom Francisom Crickom (1916 – 2004), s ktorým opublikoval v roku 1953 jednu z najvýznamnejších prác 20. storočia o objave štruktúry DNA [6]. 14 apríla 1953 Max Delbrück v svojom liste Nielsovi Bohrovi napísal: „Úžasné veci sa dejú v biológii. Zdá sa, že Jim Watson spravil objav porovnateľný s tým, aký urobil Ernest Rutherford v roku 1911“. Za odhalenie štruktúry DNA boli J. Watson, F. Crick a M. Wilkins v roku 1962 odmenení Nobelovou cenou za fyziológiu a medicínu.

Aj vďaka pokroku vo fyzike a jej prieniku do biológie začali najmä v druhej polovici 20. storočia vznikať na významných univerzitách špecializované katedry biofyziky.

Odkazy

- [1] L.A. Blumenfeld, Solvable and unsolvable problems of biological physics, URSS, Moskva, 2002.
- [2] R. Zajac and J. Šebesta, Historické pramene súčasnej fyziky 1, Alfa, Bratislava, 1990.
- [3] R. Zajac, J. Pišút and J. Šebesta, Historické pramene súčasnej fyziky 2, Univerzita Komenského, Bratislava, 1997.
- [4] N.V. Timofeeff-Ressovsky, K.G. Zimmer and M. Delbruck, Über die Natur der Genmutation und der Genstruktur: Nachrichten von der Gessellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Biologie. Neue Folge, 1 (1935), 189-245.
- [5] E. Schrödinger, What is life?: With mind and matter and autobiographical sketches. Cambridge University Press, 1992.
- [6] J.D. Watson and F.H.C. Crick, Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid, Nature, 171 (1953), 737-738.

Autor



Tibor Hianik, prof. RNDr. DrSc.

Oddelenie biofyziky, Katedra jadrovej fyziky a biofyziky,
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzita
Komenského v Bratislave.
Vedúci oddelenia.

III. Spoločenský kontext rozvoja biofyziky na Slovensku

Biofyzika na Slovensku sa rozvíja 100 rokov. Táto doba, dlhšia ako naše životy, priniesla viacero zásadných spoločenských zmien, ktoré zasahovali hlboko do práce vedcov a fungovania akademických inštitúcií. Je poučné obzrieť sa a zamyslieť ako nás dejinné udalosti formovali, čo to znamenalo pre rozvoj vedy a kde sa dnes v spoločenskom kontexte nachádzame.

Veda miluje pokoj. Na riešenie problémov neznámeho sveta sa vedci potrebujú hlboko sústrediť. Potrebujú istý inštitucionálny priestor pre svoje experimenty, priestor pre vzájomnú komunikáciu a výmenu poznatkov a v neposlednom rade aj istý finančný príjem do svojich rodín. Biofyzika u nás žije už 100 rokov. Aké to bolo storočie, v akom prostredí sa biofyzika rozvíjala? Tento zborník pokrýva spomienky a reálie z pohľadu jednotlivcov, odborov a inštitúcií. Menej mapuje spoločenský kontext lokálnych udalostí. Skúsme sa naň teda pozrieť a prehrať si film spoločenského vývoja od počiatkov biofyziky u nás po súčasnosť. Aspoň zrýchlene, ako keď sa v behu obzrieme cez plece. Nechcem predbiehať, ale z dnešného pohľadu to nebolo bohvie čo. Pre mladú a strednú generáciu môže prehľad udalostí pôsobiť pesimisticky, pretože pre Slovensko to bolo sto náročných rokov. Musíme si ich však zrekapitulovať, aby náš optimizmus pre budúcnosť nebol naivný.

Je príznačné, že rozvoj biofyziky na Slovensku začína po 1. svetovej vojne za výraznej podpory českých vzdelancov a politikov, tak ako rozvoj celej krajiny. Zmena hraníc v strednej Európe totiž priniesla preskupenie majetných vlastníkov a vzdelancov do ich nových vlastí, v prípade Slovenska hlavne do Maďarska a Rakúska. Zároveň u nás došlo aj k zásadnej zmene politického a hospodárskeho systému. Ekonomicky zaostalé feudálne Horné Uhorsko sa stalo súčasťou politicky modernej demokratickej Československej republiky. Slovensko však nemalo štátotvornú infraštruktúru a nemalo ani vzdelávací systém v materinskom jazyku. Pri vzniku Československa bolo z celkovo 3 850 stredoškolských pedagógov na Slovensku iba 13 Slovákov [internet]. Slovensko si muselo budovať systém vzdelávania v materinskom jazyku od úplného počiatku. Pre oživenie krajiny bola esenciálna pomoc českej inteligencie. Na všetkých úrovniach, od miestnej a štátnej správy, armády, bankovníctva, národného divadla, aj po stredné a vysoké školstvo. Patrí im za to aj dnes naša vďaka. Peripetie zakladania vysokého školstva dokumentuje príklad našej prvej vedeckej a akademickej inštitúcie Univerzity J. A. Komenského

v Bratislave opísaný na jej web stránke. Nedá mi nevysloviť na tomto mieste obdiv našim predchodcom za odvahu a vytrvalosť, ktorými menili Slovensko pre našu lepšiu budúcnosť.

Za skorý začiatok rozvoja biofyziky na Slovensku vd'áčime českému fyzikovi Viktorovi Teisslerovi (1883 – 1962), prvému prednostovi Lekárskeho ústavu UK v Bratislave a prvému profesorovi lekárskej fyziky (viď príspevok Balázsová a spol.). Význam Teisslerovho počínu vynikne ešte viac, keď si uvedomíme, že pre nedostatok kvalifikovaných profesorov nedokázala prvá slovenská univerzita otvoriť prírodovedeckú fakultu aj do 2. svetovej vojny. Ústav prežil aj krátke roztrhnutie Československa mocou fašistického Nemecka a stále je integrálnou súčasťou lekárskej fakulty.

Vznik Slovenského štátu (1938 – 1945) v dôsledku expanzie fašizmu v strednej Európe stimuloval presadzovanie národnostných programov slovenského nacionalizmu a idey nezávislosti Slovenska. Rýchly ekonomický rozvoj hnaný vojnovou ekonomikou vytvára základ pre rozvoj národných akademických inštitúcií. Národ však po krátkom zaváhaní odmieta fašistický blahobyt aj s jeho nenávisťou ideológiou a Slovenským národným povstaním prispieva k vojenskej porážke fašistického Nemecka.

Po druhej svetovej vojne materiálne aj ľudsky decimovaná krajina obnovuje Československo a nadväzuje na hodnoty prvej Československej republiky. Vývoj mení februárová revolúcia v roku 1948, ktorá etabluje diktatúru proletariátu ako hlavnú štátnu ideológiu a zaradenie ČSR do východného politického bloku – strategickej zóny vplyvu Sovietskeho zväzu. Nasleduje ohromná politicko-ekonomická emigrácia zasahujúca aj akademické kruhy, masívne zoštatňovanie torza majetkov a ich prevod spolu s pôdou do všetudového vlastníctva. Dochádza k odklonu od našej vlastnej stredoeurópskej spoločenskej kultúry smerom k neznámej sovietskej. Prichádza ťažká ekonomická kríza. Končí sa povojnová politická očista a začína sa deštruktívny boj o moc vo vnútri komunistickej strany a zároveň boj s nepriateľmi komunizmu. Právny štát živorí, noviny a rozhlas podporujú vykonštruované procesy, rastie počet obetí medzi odporcami režimu. Spoločnosť sa však stabilizuje prekvapujúco rýchlo. Krízu ukončuje veľká menová reforma v 1953 roku a začína obdobie budovania socializmu.

Budovateľské úsilie motivované povojnovými snami o novej spravodlivej spoločnosti zasiahlo aj vedu. Zatiaľ čo spoločenské vedy viac-menej multiplifikovali marxisticko-leninské dogmy, prírodné vedy sa k sovietskemu vzoru občas „prítúlili“, ale celkovo šli nevyhnutnou cestou racionálneho rozvoja. Novo založené akademické inštitúcie boli formované a tie existujúce boli transformované na sovietsky organizačný model. Za nositeľa vedeckého pokroku bola určená Slovenská

akadémie vied, zatiaľ čo univerzitám bola prisúdená hlavne vzdelávacía funkcia. Obe inštitúcie však začali slúžiť štátnej ideológii a propagande.

V 50. a 60. rokoch rozvoj vedy na Slovensku zásadne ovplyvnila studená vojna, teda ideový boj veľmocí východu a západu. Železná opona bránila výmene poznatkov, osôb a tovarov medzi sovietskym blokom a zvyškom sveta, ale paradoxne aj medzi štátmi sovietskeho bloku. Československá veda sa dostala do medzinárodnej izolácie. Je dobré si uvedomiť, že v tomto období zakladania socialistickej vedy si vedecké pracoviská museli vystačiť z vnútorných zdrojov krajiny. Inými slovami naši predchodcovia budovali prvé laboratória v opustených budovách, využívali prístroje demontované z vyradenej bojovej techniky, a nové vyrábali doslova na kolene. Personál zoskupený okolo nemnohých vedeckých osobností získaval vedeckú a technickú kvalifikáciu za pochodu, učil sa viac na vlastných chybách ako v škole. Búrliivé 50. roky priniesli rozvoj existujúcich a založenie nových technických a poľnohospodárskych univerzít (Bratislava, Nitra, Martin, Košice, Zvolen) a Slovenskej akadémie vied.

Vďaka vedúcej priemyselnej pozícii ČSR medzi krajinami RVHP sa domácej ekonomike darilo dobre. Slovensko sa rýchlo menilo z agrárnej na priemyselnú krajinu. V máji 1960, 12 rokov po februárovej revolúcii, bola vyhlásená Československá socialistická republika, ČSSR. To znamená, že vládna moc deklarovala splnenie prvej etapy hlavného politicko-ekonomického cieľa komunizmu – teda spoločenské vlastníctvo výrobných prostriedkov, plánovaná ekonomika s vedúcou úlohou komunistickej strany, naplnenie základných práv pracujúcich a odmeňovanie na základe zásluhovosti. V 60. rokoch sa extenzívne rozširuje inštitucionálna vedecká základňa vznikom nových ústavov, prevažne delením a špecializáciou zakladajúcich ústavov. Štátna ideológia podporuje zakladanie rezortných a firemných výskumno-vývojových organizácií, ktoré dostávajú za úlohu vývoj technológií pre zvyšovanie výrobnjej produkcie. Spoločenskú objednávku definujú päťročné plány, ktoré kladú dôraz na spoločenskú užitočnosť socialistickej vedy.

Ekonomický boom začal spomaľovať a spoločnosť objavila potrebu ideologickej zmeny. V „náručí“ robotnickej triedy dozrela prvá vrstva vzdelancov, ktorá vedela ponúknuť alternatívne cesty rozvoja socializmu, avšak pri miernom narušení jeho hlavnej ideologickej dogmy. Objavila sa idea socializmu s ľudskou tvárou bez diktatúry moci formulovaná Alexandrom Dubčekom začiatkom druhej polovice 60. rokov. Získala silnú podporu v celej krajine a aj medzi vedeckými pracovníkmi, ktorí oceňovali pootvorenie hraníc a možnosť cestovať za modernou vedou po svete.

Všetky nádeje prerušilo v auguste 1968 obsadenie Československa armádami krajín Varšavskej zmluvy pod velením Červenej armády, kedysi to osloboditeľky

teraz potupiteľky národa. Celá krajina zmrzla v spoločenskej a ekonomickej kríze. Následne prešla traumou normalizácie podľa doktríny „poučenie z krízového vývoja v spoločnosti a v komunistickej strane“. Bolo to obdobie apatie a zosilnenej emigrácie. Mnohí vzdelanci definitívne stratili nádej slobodného profesionálneho rozvoja, niektorí aj zodpovedajúce zamestnanie. Vo vede a školstve zase na čas prevládla ideológia nad profesionalitou. Na vedúce pozície sa opäť dostávali nedostatočne pripravení ľudia. Vedecký pokrok sa logicky spomalil, ale nezastavil.

Je fakt, že záver 60. rokov bol turbulentný na celom svete. Veda síce dostala ľudstvo na Mesiac a ponúkla mu množstvo moderných technológií, ale zásadné problémy spoločenskej nestability nevyriešila. Sociálne nepokoje lomcovali aj najsilnejšími ekonomikami sveta. Niekde to boli rasové problémy, inde pocit existenčného ohrozenia, niekde ideologické problémy a inde neľudské vojny. Vo vyspelých krajinách veda a vzdelávanie neboli týmito udalosťami ohrozené. Naopak, boli akceptované ako hybná sila spoločnosti a reálne pomáhali riešiť sociálno-ekonomické problémy. Z tohto uhla pohľadu veda „kolaborovala“ so všetkými režimami. Dôležitým aspektom však bolo, či veda konala v mene a pre prospech vládnej ideológie, alebo či konala slobodne v prospech spoločnosti ako takej.

Okupácia Československa bola akceptovaná západnými mocnosťami, v mene mieru a stability bipolárneho sveta. Uznanie vojenskej a ekonomickej sily socialistických krajín prinieslo čiastočné ozdravenie medzinárodných vzťahov. Uvoľnenie obchodovania so „západom“ v 70. rokoch zrýchliło technologický rozvoj aj v ČSSR. Pokrízový vývoj priniesol Slovensku väčšiu samostatnosť v riadení krajiny s prvkami federácie. Vedci zrazu mohli vycestovať do zahraničia na kongresy a kratšie stáže, i keď za tvrdých, ale splniteľných podmienok. Mohli doma organizovať prvé medzinárodné konferencie s účasťou odvážnejších či sympatizujúcich vedcov z kapitalistického sveta. Samozrejme pod nenápadným dohľadom tajných eštabákov. Vedeli sme to, a preto sme problémy nerobili. Veda sa dištancovala od disidentov. Občas boli ústavom poskytnuté menšie devízové prostriedky na dovoz modernejších neembargovaných technológií, nákup súčiastok, chemikálií a vedeckej literatúry. Boli za tým pračudesné, často ponižujúce, mechanizmy. Ale umožnili nám vedcom stať sa súčasťou svetovej, nielen domácej socialistickej vedy. Začali sme sa celosvetovo zviditeľňovať – publikovať v zahraničných časopisoch, recenzovať rukopisy, a získavať citácie. Každý rukopis pred zaslaním do zahraničia musel získať imprimatur riaditeľa organizácie ktorým ručil, že autori neprezrádzajú štátne tajomstvo a nepublikujú ideologicky neprijateľné texty. Zásielku bez imprimatur pošta do sveta nepustila. Podobne sledovala pošta aj zásielky zo zahraničia – podozrivé zásielky a ich príjemcov preverovala Štátna bezpečnosť.

Negatívny vývoj ekonomiky socialistických krajín začiatkom 80. rokov si vynútil systémové zmeny v riadení spoločnosti. Sovietsky zväz pod vedením Michaila Gorbačova odstúpil od neoimperiálnej politiky a spustil „glasnosť“, t. j. otvorenosť a uvoľňovanie vedúcej úlohy komunistických strán vo vnútri socialistických spoločností. V celej spoločnosti, včítane vedeckých ústavov, komunistická strana mobilizovala pracujúcich k zvýšenej osobnej angažovanosti za plnenie cieľov päťročného plánu. Všade pôsobili brigády socialistickej práce. Tento pôvodne modernizujúci proces, nazývaný „perestrojka“, však oslabil vedúcu úlohu komunistických strán a viedol k mocenskému chaosu. Koncom roku 1989 skončil kolapsom vojenského a ekonomického bloku socialistických krajín. V Československu dostala politicko-sociálno-ekonomická zmena systému príznačné pomenovanie – zamatová revolúcia, pretože odmietla revanš a násilie.

Nečakanú i keď nevyhnutnú následnú ekonomickú krízu sprevádzala obrovská nezamestnanosť, inflácia a vyhodenie vedy z výkladnej skrine socializmu do prachu ulice. Nasledujúcich 5 rokov sa na väčšine vedeckých pracovísk dalo z prideleného rozpočtu akurát kúriť a svietiť. Vedecké krúžky sa stali politickými krúžkami, kde sme si vymieňali názory na politikov a procesy politickej transformácie. Spravidla nepublikovateľné.

Zmena spoločenského systému po zamatovej revolúcii, bola zavŕšená kupónovou privatizáciou v roku 1992 a veľkou privatizáciou v roku 1994. Väčšina celospoločenského majetku sa tak dostala do rúk privatizérov, súkromného sektora a jednotlivcov. Medzitým v búrlivých diskusiách, ale bez krviprelievania, došlo k tichému rozdeleniu Československého štátu. Zanikol tak, ako vznikol – z vôle politikov a angažovaných intelektuálov.

Po vzniku Slovenskej republiky v r. 1993 a následnej ekonomickej transformácii musela veda na Slovensku čeliť novým výzvam. Pokles ekonomiky priniesol útek pracovníkov z vedy do súkromného sektora a do zahraničia. Napríklad SAV sa v priebehu pár rokov redukovala z predrevolučných vyše 7 000 na približne 3 500 zamestnancov hlavne zmenšením jednotlivých ústavov, často aj na bezvýznamnú veľkosť. Univerzity prežili o málo lepšie. Dokonca začali vznikať prvé súkromné vysoké školy. Vzdelávanie sa oklieštilo, ale zásadne neredukovalo. Veda na univerzitách však tiež prešla do hibernačného režimu. Takmer zanikol podnikový výskum a vývoj, široko rozvinutý za socializmu. Mzdy vo vede nestíhali infláciu. Slovensko zažívalo nevidanú neslýchanú nezamestnanosť. Ekonomický tlak a strata perspektívy boli hlavnými faktormi rozhodovania zamestnancov vedy o svojej budúcnosti. Mnohí akceptovali ponuky firiem prichádzajúcich z vyspelých krajín západnej Európy. Mnohí začali s vlastným biznisom. Mnohí využili pád železnej opony a vybrali sa do sveta napíť čistej vedy. Po čase sa niektorí vrátili

k svojim rodinám a pracoviskám, niektorí so svojimi rodinami ostali v novom svete. Odlev vedcov do ríš snov dosiahol svoje maximum v polovici 90. rokov. Bývalí českí a slovenskí kolegovia sa stretávali na medzinárodných vedeckých konferenciách v tričkách svetových univerzít. Podobný alebo horší vývoj postretol všetky postkomunistické krajiny. V nasledujúcich desaťročiach nadobudol odlev kvalifikovaných špecialistov, tzv. brain-drain, nebývalý rozmach s negatívnymi dôsledkami pre sociálno-ekonomický rozvoj materských krajín, no s intelektuálnym dopingom pre vedu a ekonomiku host'ujúcich krajín.

V 90. rokoch dochádzalo k rýchlej personálnej výmene na vedúcich postoch a v organizačných zložkách inštitúcií. Lídrov s komunistickou históriou nahradzovali aktivisti s politickou podporou víťazných strán a hnutí (VPN, KDH, DS, HZDS atď.). Noví lídri, síce s menšími skúsenosťami a niekedy aj s nižšou odbornou kvalifikáciou, ale s veľkým odhodlaním, začali organizovať modernú vedu bez ideologického prívlastku „socialistická“.

Na tomto mieste je dôležité spomenúť, že podobný proces prebehol aj v Českej republike, avšak s podstatne menším negatívnym dopadom na vedu ako u nás. Politické špičky v Čechách totiž chápali význam vedy pre budúcnosť krajiny a do rozvoja vedy a univerzít investovali mnohonásobne viac ako politickí ekonómovia na Slovensku. Výsledok je dnes, už 33 rokov po zamatovej revolúcii, viac než zrejmy. Pre slovenskú vedu bolo a stále je mimoriadne dôležité, že po rozpade Československa sa vedecké väzby medzi Čechmi a Slovákami neprerušili, najmä v oblasti školstva a vednej politiky. Vedecké spoločnosti, inštitúcie, aj jednotlivci pokračovali v starých spoluprákach a rozvíjali nové projekty. Rovnako to platí pre slovenskú a českú biofyziku.

Reinkarnácia výskumu v samostatnom Slovensku sa začala dohodou Ministerstva školstva a Predsedníctva SAV o zavedení grantového financovania výskumu po vzore nových vzorov. Najskôr GAV, potom VEGA. Zrodili sa s vrodenými chorobami. Grantový balík bol odkrojený zo skromného štátneho prídeltu na financovanie inštitúcií, kde veľmi chýbal. Neumožňoval kupovať menšie prístroje a ani prístup do svetových informačných zdrojov. Vedu tak pred kolapsom stále držala spolupráca s priateľmi na zahraničných inštitúciách ochotných podeliť sa o vedecké články a laboratórne prebytky. Na význame postupne rástol návrat časti vedeckých pracovníkov z dlhodobých pobytov v zahraničí s kuframi plnými laboratórnymi pokladov.

Organizačné opatrenia z dielne vládnych strán na prelome tisícročí nepriniesli očakávané výsledky vo forme širšieho tvorivého rozvoja. Organizáciu vedy ovládli politici bez potrebných znalostí a skúseností, vnímajúci vedu len ako čiernu dieru v ktorej miznú peniaze daňových poplatníkov. Teda úplne proti princípom

uplatňovaným ich múdrejšími kolegami v krajinách s rozvinutou ekonomikou či v postsocialistických krajinách Vyšehradskej štvorky. Na desaťročia ukotvili Slovensko na koniec európskeho rebríčka podielu HDP na financovaní vedy a školstva. Nepomohla ani túžobne očakávaná štátna „nezávislá“ grantová agentúra APVT, neskôr APVV. Veď ako inak, keď do vienka dostala nástroje vhodné pre podporu sociálne odkázanej vrstvy obyvateľov, ale nie pre vedu ašpirujúcu stať sa predvojom pozdvihnutia ekonomiky. Chvalabohu, našli sa u nás lídri, jednotlivci aj menšie tímy, ktorí rozbehli zhrdzavenú káru vedy s vĺajkou vysoko nad hlavami dezorientovaných politikov.

Prijatie Slovenska do Európskej únie a do NATO v roku 2004 bolo pre vedeckú komunitu prelomovou udalosťou. Prvé nám prinieslo rovnoprávnosť so všetkými občanmi EÚ a priestor pre slobodný rozvoj, to druhé zas vojenskú ochranu integrity a priestoru našej krajiny. Z hľadiska vedy však bola dôležitá najmä legislatíva umožňujúca prijímanie zahraničnej grantovej podpory, hlavne z rámcových programov Európskej komisie. Život nám veľmi uľahčilo prijatie eura ako národnej meny od roku 2009. Štedré príspevky z grantových projektov EÚ nás naučili tvoriť dobré projekty a pripravili nás na novú byrokraciu ich čerpania. Členstvo v Európskej únii sa stalo základom pre naše vedecké prežitie v nasledujúcich rokoch. Dalo nám otvorený prístup do projektov medzinárodnej spolupráce, k európskym finančným a technologickým zdrojom, k svetovej vedeckej literatúre, ako aj k mobilite študentov a vedeckých pracovníkov. Blahodarný vplyv týchto zmien reflektujú aj príspevky v tejto knižke.

Celkovo sa financovanie vedy zmenilo z inštitucionálneho na grantový typ. Silným pozitívom bolo uznanie rozhodujúcej úlohy zodpovedného riešiteľa v procese tvorby a riešenia vedeckého projektu. Negatívom bolo (a stále je) prenese- nie zodpovednosti za smerovanie a kvalitu výskumu z organizácie vykonávajúcej vedeckú činnosť na štátom kontrolovanú grantovú agentúru. Nezamýšľaným dôsledkom bolo drobenie riešiteľských tímov a problematické koncipovanie veľkých, personálne a technologicky náročných projektov nadnárodného významu. Navyše, zabudlo sa na adekvátne financovanie chodu inštitúcií. Problém mali riešiť štrukturálne granty z programov EÚ pre vedecké inštitúcie a konzorciá. Ich pozitívom bolo signifikantné navýšenie toku financií do vedy. Bohužiaľ, opäť za cenu priamej štátnej kontroly nesúcej obrovskú byrokratickú náročnosť, neprehľadnosť, korupciu a nesystémovosť. Slovenskú vedu vlastne ovládli štátni ekonómovia a právnici. Zmena financovania vedy mala byť po vzore vyspelých krajín, kde o smerovaní financií rozhodujú vedecké osobnosti. Zatiaľ si to ide „slovenskou cestou“, všetci ju poznáme, nepáči sa nám, ale ideme po nej a čakáme aj to napraviť „sato“.

Vyspelé vedy charakterizuje aj “objektívne“ hodnotenie kvality a efektívnosti. Prvé hodnotiace mechanizmy začali u nás vznikať interne na úrovni SAV a jednotlivých univerzít. Ich úlohou bolo hlavne nastaviť svojim vedeckým inštitúciám zrkadlo a poskytnúť priestor na objektívne porovnávanie sa a vyjasňovanie si, čo je mierou kvality a kvantity vedeckých výstupov. Neskôr, po získaní návykov a vedomia, že nás vidia aj iní, sa prikočilo k nesmelému diferencovanému financovaniu podľa zásluhovosti. Začiatkom tohto desaťročia sme sa postupne prepracovali k hodnoteniu panelom nezávislých zahraničných expertov. Je potešiteľné, že medzinárodný panel vyhodnotil naše vedecké inštitúcie ako celkovo porovnateľné s európskym priemerom. Našťastie, poukázal aj na naše špecifické nedostatky a načrtnol cesty ich riešenia.

Spoločenské udalosti po roku 2000 a ich dôsledky už ťažko zaradiť do kategórie historické, i keď mnohé majú historický význam a dopad na našu každodennú prácu. Univerzity aj SAV prekonali ťažké obdobie, ale iste sa zhodneme, že sa posunuli výrazne k svetovej úrovni. Vysoké školstvo zásadne ovplyvnila Bolonská deklarácia a vznik Európskeho vysokoškolského priestoru (1999 a 2010), ktoré harmonizujú 3-stupňový systém VŠ vzdelávania, získavania a uznávania titulov, systém študijných plánov a kreditov, a študentskú mobilitu. Univerzity sa čiastočne uvoľnili spod štátneho dirigizmu zákonom o vysokých školách a vzdelávaní v roku 2002, ktorým sa stali verejnoprávnymi organizáciami s vysokou úrovňou samosprávy. Slovenská akadémia vied o verejnoprávnosť bojovala o 20 rokov dlhšie; aj preto, že polovica jej ústavov 10 rokov vajatala, či ju chce, či nie. Ústavy SAV sa stali verejnými výskumnými inštitúciami (v. v. i.) aj v roku 2022.

Medzičasom, v druhej dekáde tohto storočia, pribudli nové budovy, laboratória, archívy, výpočtové strediská, inovovali sa staré. Postupne narastal počet študentov aj vedeckých a pedagogických pracovníkov, napriek obrovskému odlevu mládeže do zahraničia. Grantový systém financovania výskumu sa stal bežným a všetci sme sa už naučili v ňom prežívať. Výrazne sa zvýšilo množstvo kvalitných publikácií, i keď ešte prevažuje hodnotiaci dôraz na počet výstupov. Pre našu prácu je mimoriadne dôležité, že aj u nás je veda ideologicky slobodná a že sme integrálnou súčasťou svetovej vedy. Konečne aj u nás vznikajú a úspešne prežívajú súkromné firmy s predmetom činnosti vo výskume a inováciách.

Nemôžeme byť však naivní a očakávať skorý „happy end“. Bohužiaľ, Európa je opäť nestabilná, rinčia zbrane. Ukrajina krváca len preto, že chce byť slobodná. V mnohých krajinách ženy, intelektuáli, veriaci či vedci trpia za svoje názory, zomierajú v boji za svoju identitu. Je historický fakt, že veda prežila neskutočne kruté a temné dejinné obdobia. Vieme však tiež, že veda vždy prežila, pretože je plodom zvedavosti a túžby človeka po pravde.

Slovenská biofyzika po 100 rokoch vývoja patrí medzi aktívne a úspešné vedné odbory. Máme funkčnú Biofyzikálnu spoločnosť (SKBS), ktorá je členom Asociácie európskych biofyzikálnych spoločností (EBSA). Biofyzika sa stala bakalárskym, magisterským aj doktorandským študijným programom na významných univerzitách. Je súčasťou vedeckých ústavov SAV a univerzít rôzneho zamerania, od technických po lekárske. Viacerí biofyzici získali prestížne európske granty a spoločenské ocenenia (napr. Vedec roka: prof. Tibor Hianik a prof. Pavol Miškovský). Na viacerých pracoviskách sa môžeme stretnúť so špičkovými biofyzikálnymi technológiami. Všetko nás to stálo nemálo úsilia a osobných obetí v zmysle, že sme v nehostinných podmienkach trpezlivo budovali svoje inštitúcie a laboratória aj napriek lákavým možnostiam moderného sveta. Biofyzika je dôležitá nielen v našich životoch, ale aj pre krajinu.

Autor



Ivan Zahradník, RNDr. CSc.

Oddelenie bunkovej kardiológie, Ústav experimentálnej endokrinológie, Biomedicínske centrum SAV, v. v. i. Bratislava.

IV. História Ústavu lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny Lekárskej fakulty UK v Bratislave

Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny Lekárskej fakulty UK v Bratislave si v akademickom roku 2023/2024 pripomenie 100. výročie založenia. V čase svojho vzniku sa pracovisko stalo jedným z prvých akademických ústavov v Európe špecializujúcim sa na lekársku fyziku.

Úvod

Pojem lekárska fyzika použil po prvýkrát v histórii zürišský lekár a fyzik profesor Adolf Eugène Fick v názve svojej učebnice *Die Medizinische Physik* (1856). Uviedol, že predkladá vtedajším študentom medicíny učebnicu „z odboru, ktorý ako most spája brehy dvoch samostatných teritórií – fyziky a lekárstva nad tokom vôd rieky spoločného vedeckého poznania. Aby tento most bol funkčný, musí mať piliere na obidvoch brehoch“.

Vedecký odbor lekárska biofyzika je oblasť biofyziky orientovaná na ľudské telo a fyzikálne princípy lekárskeho prístrojov z pohľadu ich konštrukcie, funkcie a potenciálnych rizikových interakcií s ľudským organizmom. Lekárska biofyzika má pre lekárske a biomedicínske odbory podstatný význam. Pre súčasného lekára sú vedomosti o fyzikálnych princípoch používaných diagnostických a terapeutických metód nevyhnutné, a to z pohľadu ich prínosu pre pacienta ako aj z ohľadom na limity ich využitia a možné riziká.

Prvá etapa existencie Ústavu pre lekársku fyziku na Lekárskej fakulte UK v Bratislave (1923 – 1945)

V dvadsiatych rokoch 20. storočia vznikla na novozaloženej Univerzite Komenského a jeho Lekárskej fakulte potreba založiť pracovisko, ktoré by sprostredkovalo výučbu všeobecnej a aplikovanej fyziky pre medikov priamo na lekárskej fakulte. Za vznik Ústavu pre lekársku fyziku sa považuje začiatok akad. roka 1923/1924, kedy sa v prvom ročníku začala výučba lekárskej fyziky pre medikov. Prvým prednostom ústavu sa stal fyzik prof. PhDr. Viktor Teissler (1883 – 1962), ktorý predtým pôsobil na Obchodnej akadémii v Prahe [1].

V prvom akademickom roku 1923/24 prednášal V. Teissler v 1. ročníku fyziku pre medikov v rozsahu 5 hodín týždenne. Napísal prvé učebné texty z Lekárskej

fyziky (citované v Nemecku a vo Francúzsku), vybudoval laboratóriá, knižnicu a vydal učebnicu lekárskej fyziky pre medikov, prvú svojho druhu v Československu. Vyšla v troch dieloch v r. 1929 – 1931. Táto učebnica bola jednou z prvých učebníc v oblasti lekárskej fyziky v Európe. V. Teissler bol aj priekopníkom v tvorbe učebných pomôcok.



Učebné pomôcky z 30. rokov 20. storočia používané vo výučbe lekárskej fyziky.

Už pred svojou habilitáciou strávil určitý čas na študijnej ceste v Zeissových podnikoch v Jene, kde získal erudíciu v aplikovanej optike. Po návrate sa jeho zásluhou začal v Československu výskum a neskôr i pokusná výroba plastických kontaktných šošoviek. V r. 1925 bol menovaný mimoriadnym a v r. 1930 riadnym profesorom pre lekársku fyziku. Na jeseň v r. 1938, v dôsledku napätej politickej situácie, musel Univerzitu Komenského opustiť.

V r. 1939 – 1945 bol prednostom ústavu doc. MUDr. Jozef Skotnický. Počas jeho vedenia sa výučba lekárskej fyziky doplnila o najnovšie elektronické a optické prístroje, ktoré sa začali uplatňovať v medicínskej praxi a v laboratórnom výskume. Do prednášok boli začlenené aj základy molekulovej fyziky. Výskumná práca sa v tomto období zameriavala na niektoré otázky biofyziky, najmä na biologické elektrické prúdy a ich registráciu, na aplikáciu fyzikálnych poznatkov na biologické procesy a pod.

Obdobie rokov (1945 – 1990)

Po skončení 2. svetovej vojny bol vedením ústavu poverený prof. Dr. Dionýz Illkovič, vtedy profesor na Slovenskej vysokej škole technickej (dnes STU) v Bratislave. V období rokov 1946 – 1960 viedol ústav prof. MUDr. RNDr. Žigmund Križan (1907 – 1964), ktorý v r. 1946 habilitoval a v r. 1956 sa stal mimoriadnym profesorom lekárskej fyziky. Ž. Križan bol erudovaný rádiológ, ktorý počas svojho pobytu vo Francúzsku získal titul doktora prírodných vied, okrem toho bol i špecialistom röntgenológom.

V r. 1945 – 1950 bola ťažiskom činnosti ústavu najmä výučba lekárskej fyziky. Vedecká činnosť ústavu v r. 1945 – 1955 sa týkala viacerých tém, aktuálnych pre medicínsku prax: ultrazvuku, akustiky, lekárskej elektroniky, röntgenovej diagnostiky a svetelnej hygieny. V tomto období bolo vyhotovených aj viacero prototypov prístrojov pre ústavu a kliniky fakulty.

Pod vedením Ž. Križana vo výskumnej práci ústavu dominoval záujem o jadrovú fyziku a vplyv ionizujúceho žiarenia na ľudský organizmus. Od r. 1950 sa ústav zapojil do výskumu v oblasti röntgenového žiarenia a riešenia problémov týkajúcich sa žiarenia v spolupráci s ďalšími pracoviskami fakulty.

Po smrti Ž. Križana nemal ústav určitý čas riadne vedenie, aj kým sa v r. 1963 prednostom ústavu stal doc. MUDr. Štefan Hupka, DrSc. (1920 – 2008), vedúci oddelenia rádioizotopov vo Výskumnom ústave onkologickom v Bratislave. Pod jeho vedením nastalo nové obdobie v histórii ústavu. Vyučovanie prebiehalo len v zimnom semestri 1. ročníka štúdia, a preto sa príprava na pedagogickú prácu a výskumnú činnosť koncentrovala hlavne do letného semestra. Výskumná problematika bola v tomto období zameraná na využitie rádioizotopov vo výskume, biológii a medicíne. V akademickom roku 1968/69 bol ústav premenovaný na Katedru fyziky a nukleárnej medicíny, vedúcim katedry sa stal opäť Š. Hupka, ktorý v r. 1970 – 1977 pôsobil ako externý vedúci katedry [1].



Otvorenie slávnostnej pracovnej schôdze pri príležitosti 50. výročia založenia ústavu. Prednášajúci doc. MUDr. Štefan Hupka, vedúci Katedry fyziky a nukleárnej medicíny LF UK (1973).

V r. 1977 katedra bola premenovaná na Katedru biofyziky – vedúcim katedry sa stal doc. Ing. Vít Šajter, CSc. (1934 – 2016), neskorší profesor, ktorý túto funkciu vykonával aj do roku 1990. V tomto období sa posilnila pozícia ústavu na Lekárskej fakulte a na pracovisko boli prijatí mladí absolventi medicíny a prírodných vied. Vedeckovýskumná práca sa v tomto období zameriavala

na štúdium fyzikálno-chemických vlastností bunkových membrán, transport základných fyziologických iónov cez membránu izolovanej svalovej bunky a na modelových membránach pomocou rádioizotopov v tesnej spolupráci s Oddelením všeobecnej fyziológie ÚNPF SAV. Ďalším smerom výskumu bolo využitie termografických a termometrických metód v klinickej praxi a problematika funkčného vyšetrenia detí mladšej vekovej kategórie. V r. 1985 bola katedra vybavená prvými počítačmi PMD, neskôr doplnená počítačmi PP 06 a do sylabu predmetu biofyzika bola zaradená aj práca s počítačmi. Od akad. r. 1990/91 sa informatika začala vyučovať ako samostatný predmet v letnom semestri prvého ročníka medicínskeho štúdia.



Prof. Ing. Vít Šajter, CSc. pri otvorení rokovania I. Dní lekárskej biofyziky na LF UK v Bratislave (1978).

Obdobie rokov 1990 – 2013

Politicko-spoločenské zmeny po r. 1990 sa odrazili aj vo vedeckom a pedagogickom zameraní ústavu. Dňa 1. decembra 1990 sa po výberovom konaní stala prednostkou Katedry biofyziky doc. MUDr. Elena Kukurová, CSc. (1942 – 2013). V nasledujúcom období, v súvislosti so začiatkom výučby v anglickom jazyku, boli vydané nové učebné texty z biofyziky v slovenskej a anglickej mutácii, zlepšilo sa technické a počítačové vybavenie. Na ústave sa riešili viaceré grantové projekty, boli vydané monografie, viedli sa práce ŠVOČ. Základný medicínsky výskum sa realizoval v spolupráci s Fakultou chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave, Katedrou rádioelektroniky Fakulty elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave, Cranfield University vo Veľkej Británii a ÚMFG SAV v Bratislave. Výstupom vedeckých aktivít vo výskume biomateriálov a riešení využitia membrán na báze kolagénu v substitučnej medicíne bola vedecká monografia

Kukurová, E., Bakoš, P., Guller, L. “Advances in Medical Physics, Biophysics and Biomaterials” (Bratislava: Malé centrum, 1997).

Pokračoval tiež výskum termometrie a termografie v klinických aplikáciách, ako aj transportných mechanizmov niektorých fyziologických iónov cez membránu kostrového svalu raka riečneho pomocou rádioizotopových metód v interakcii s niektorými fyzikálnymi faktormi [2].

V období r. 1997 – 2002 bola prednostkou ústavu doc. RNDr. Mgr. Katarína Kozlíková, CSc. Počas jej pôsobenia sa presadila výučba viacerých povinne voliteľných predmetov: Princípy zobrazovacích metód v medicíne a nepovinne voliteľných predmetov: Princípy elektromagnetických metód v medicíne, Výbrané kapitoly z aplikovanej matematiky pre medicínu, Základy práce s počítačom. Zameranie vedeckých aktivít v oblasti základného medicínskeho výskumu bolo charakterizované riešením viacerých vedeckovýskumných projektov VEGA, ktorých hlavnou riešiteľkou bola K. Kozlíková v spolupráci s predklinickými a klinickými pracoviskami LF UK a UN v Bratislave a Ústavom merania SAV. Tieto sa zameriavali na dlhodobé monitorovanie elektrickej činnosti srdca v rôznych súvislostiach (pri chronických kardiovaskulárnych ochoreniach, vplyv farmakoterapie alebo invazívneho zákroku, pri hypertrofii ľavej komory, pri jeho zlyhaní z hľadiska rizika arytmií) a jej biofyzikálnu a štatistickú analýzu. Bola spoluriešiteľkou v projekte TEMPUS S_JEP 11214-96 Applied Informatics in Biomedicine & Medical Engineering zameranou na prípravu študijného programu biomedicínske inžinierstvo na Žilinskej univerzite v Žiline.

V rokoch 2002 – 2003 bola vedením ústavu poverená RNDr. Eva Kráľová, PhD. V súvislosti s rozšírením ponuky študijných programov o bakalárske a magisterské štúdium nelekárskych zdravotníckych odborov (ošetrovatelstvo, pôrodná asistancia, verejné zdravotníctvo, laboratórne vyšetrovacie metódy), vznikla potreba implementovať poznatky z fyziky, lekárskej fyziky a biofyziky do výučby týchto programov. Vychádzali sme z presvedčenia, že od úrovne týchto vedomostí a schopností ich premietnutia do zdravotníckej praxe, záleží nielen kvalita zdravotnej starostlivosti, ale aj zdravie pacientov i zdravotníckeho personálu. Praktická činnosť zdravotníckych profesionálov pozostáva z množstva úkonov, ktoré si musia osvojiť tak, aby ich automaticky správne vykonávali. Ide o také činnosti, ako sú podávanie liekov, monitorovanie stavu pacienta, odber biologického materiálu, manipulácia s pacientom.

V akad. r. 2002/2003 sa tak začala výučba ďalších predmetov: lekárska fyzika v ošetrovateľskej praxi, informatika v zdravotníckej praxi 1 a 2 v študijnom odbore ošetrovatelstvo, lekárska fyzika, informatika 1 a 2 v študijnom odbore verejné zdravotníctvo, biofyzika v študijnom odbore telesná výchova a šport

– špecializácia regenerácia. Výučbu všetkých uvedených predmetov pracovisko zabezpečovalo v období akademických rokov 2002/2003 aj 2007/2008 [3, 4].

V rokoch 2003 – 2013 bola prednostkou ústavu opäť prof. MUDr. Elena Kukurová, CSc. Okrem predmetov uvedených vyššie bola realizovaná výučba Lekárskej fyziky a rádiológie v bakalárskom štúdiu ošetrovateľstva. Ďalej bola výučba rozšírená o povinne voliteľný predmet princípy elektronického zdravotníctva (eHealth) a nepovinne voliteľné predmety adjuvantné liečebné postupy (fototerapia, muzikoterapia, náhradné pohybové aktivity) a telemedicína [5].

Od r. 2006 v spolupráci s organizátormi medzinárodnej zdravotníckej výstavy Incheba Expo SLOVMEDICA bolo pracovisko garantom a organizátorom medzinárodných konferencií Celoživotné vzdelávanie zdravotníckych profesionálov, hasičských záchranárov a edukácia pacienta a medzinárodných konferencií Európskej asociácie pre fototerapiu.

Pracovisko získalo za organizáciu sprievodných podujatí v rámci Týždňa vedy a techniky na Slovensku pre žiakov základných a stredných škôl Cenu ministra školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky za vedu a techniku za rok 2012.

Obdobie rokov 1990 – 2013 bolo vedecky i pedagogicky produktívne a naplne-
né tvorivou prácou. V tomto období sa ústav premenoval, vzhľadom na rozšírenie spektra jeho vedeckovýskumnej a pedagogickej činnosti, na Ústav lekárskej fyziky a biofyziky (1991/1992) a neskôr na Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny (2007/2008).

V období rokov 2012 – 2013 sa začalo riešenie pilotného projektu “Zdravá škôlka”, ktorého cieľom bola podpora výchovy k zdraviu a zdravému životnému štýlu najmladšej časti populácie – detí predškolského veku. Práca na tomto projekte bola zavŕšená vydaním monografie autorského kolektívu pod vedením prof. Eleny Kukurovej a prof. Petra Labaša „Fragmenty o účinkoch energie viditeľného svetla na organizmus v zdraví a chorobe“, ktorú vydala Európska asociácia pre fototerapiu v Prahe (2013).

Vedecký pracovník ústavu RNDr. Juraj Antal, CSc. vydal sériu šiestich vedeckých monografií z biokryptológie, biokybernetiky a subatomárnej genetiky (Antal, J.: The biological code system, 1995, Modelovanie riadiacich procesov biologického systému, 1996, Teória riadiaceho procesu integrovaného biologického systému, 1998, Biokybernetika nevírusovej kancerogenézy, 2000, Milielektrónvoltová nevírusová kancerogenéza, 2001, Nevírusová rakovina, 2003). So spolupracovníkmi získal 2 úžitkové vzory: Kľbový mechanizmus s definovaným trojdimenzionálnym pohybom OUV 526 (1994) a Interdigitálna elektróda s labyrintovou štruktúrou OUV 1049 (1995).

Pracovníci ústavu boli tiež riešiteľmi čiastkových úloh dvoch vedeckovýskumných projektov zameraných na výskum, vývoj a využitie biosenzorov: Multisenzorový diagnostický systém pre telemetrický monitoring biologických procesov v aktuálnom prostredí a Mikrosystémové technológie pre (biochemické) mikrosenzory, vybrané mikroelektronické prvky a infračervené detektory. Výsledky riešených projektov boli dokumentované v bohatej publikačnej činnosti ústavu.

Paralelne so základným a aplikovaným medicínskym výskumom sa na pracovisku rozvíjal i pedagogický výskum v oblasti teórie vyučovania. Praktické aplikácie teórie vyučovania do vysokoškolskej výučby medicínskych a nemedicínskych študijných programov na LF UK v Bratislave ústav realizoval ako jediné pracovisko na lekárskech fakultách v širokej spolupráci s teoretickými, predklinickými, klinickými, vedecko-pedagogickými pracoviskami.

S inováciou obsahu lekárskej fyziky a biofyziky aktuálnymi potrebami výučby medikov na LF UK v Bratislave sa rozvíjali aj formy, prostriedky, metódy výučby a tvorba nových didaktických pomôcok, ktoré majú vo výučbe budúcich lekárov nezastupiteľné miesto. Aktivity pracoviska v tejto oblasti boli korunované úspechmi na výstavách didaktických technológií doma i v zahraničí. V r. 1995 autorský kolektív ústavu získal ocenenia na výstavách didaktickej techniky (Zlatá MEDACTA '95, NOVTECH '96 a NOVTECH '97). Pôvodné výsledky boli dosiahnuté tiež v pedagogickom výskume zameranom na profesiu a profesionalitu a profesijnú záťaž vysokoškolského učiteľa na lekárskech fakultách, ktorý bol zastrešený projektami VEGA a KEGA. V spolupráci s JLF UK v Martine sa riešil projekt KEGA: Systém objektívneho hodnotenia pedagogického procesu na lekárskech fakultách v Slovenskej republike.

Pedagogickí a vedeckí pracovníci ústavu v tomto období napísali osem vedeckých monografií pedagogického charakteru a 25 skrípt a učebných textov. Jednou z najvýznamnejších učebníc bola Biophysical Elixir, ktorá bola prvým učebným textom v anglickom jazyku určeným na výučbu zahraničných študentov na lekárskech fakultách v Českej a Slovenskej republike.

Pracovníci ústavu boli každoročne účastníkmi medzinárodného česko-slovenského vedeckého podujatia Dni lekárskej biofyziky, tradíciu ktorého sme založili v r. 1978 zorganizovaním I. dní lekárskej biofyziky v Harmónii – Pieskoch. V období nasledujúcich rokov ústav zorganizoval 6 vedeckých konferencií Dni lekárskej biofyziky (1982 – Bratislava, 1991 – Senec, 1997 – Stará Lesná a 2006 – Bratislava, 2016 – Piešťany, 2023 – Stará Lesná) a v r. 1999 v Bratislave pri príležitosti 75. výročia založenia Ústavu lekárskej fyziky a biofyziky LF UK medzinárodnú konferenciu Lekárska fyzika na prahu 21. storočia.

Do opisovanej etapy života pracoviska patrí výskumná a organizačná práca na implementácii informačných technológií v zdravotníctve a na príprave zdravotníckych profesionálov na využívanie ponuky elektronického zdravotníctva (eHealth). Od akad. r. 1989/1990 boli do sylabu predmetu biofyzika zakomponované aj základy informatiky, a preto aj v nasledujúcich rokoch výučbu tohto predmetu zabezpečoval ústav, pričom v období akad. r. 1994/1995 – 2008/2009 bola do kurikula všeobecného a zubného lekárstva informatika zahrnutá ako samostatný predmet v rozsahu 10 – 12 vyučovacích hodín v letnom semestri prvého ročníka.

Touto problematikou sa pracovníci ústavu zaoberali aj na vedeckej úrovni, čo potvrdzujú riešené projekty: Model počítačom podporenej vysokoškolskej výučby lekárskej fyziky a biofyziky; Applied Informatics in Biomedicine and Medical

Engineering; Tvorba učebných hypertextových prostriedkov na využitie nových technológií telemedicíny pre všetky formy vzdelávania na lekárske fakultách; Projekt postgraduálneho vzdelávania vysokoškolských učiteľov a odborných pracovníkov v podmienkach elektronizácie zdravotníctva (eHealth) a Vzdelávanie vysokoškolských pedagógov s podporou IKT. Na problematike IKT a eHealth a riešení uvedených projektov pracovisko spolupracovalo s FMFI UK v Bratislave, špecializovanými pracoviská STU v Bratislave, LF UPJŠ v Košiciach, UKF v Nitre, TU v Trnave, IBM Slovensko, STAPRO Slovensko s. r. o., SOFOS, s. r. o., SR.

V rámci medzinárodných odborných výstav MEDIPHARM v Trenčíne ústav niekoľko rokov zabezpečoval ako súčasť sprievodného programu semináre Informačné a komunikačné technológie v zdravotníckej praxi, Telemedicína a Princípy eHealth (2006, 2007, 2011).

Z tvorivej dielne pracoviska vyšli vedecké monografie: Telemedicína v kontinuálnom vzdelávaní sestier (autori: Kukurová, E., Weis, M., Trnka, M., Olomouc: SOLEN PRINT, 2008), Lekárska fyzika & biomedicínska informatika & telemedicína v schémach minútovej bázy znalostí (autori: Kukurová, E., Weis, M., Bratislava: Asklepios, 2006) a 4 ďalšie vedecké monografie s aplikáciou pamäťových máp „Mind Maps“ vo fyzike, informatike a ošetrovatelstve.

Je potrebné spomenúť aj vedecké monografie, odborné knižné publikácie a audiovizuálne diela podporené grantmi Fondu Pro Slovakia a grantmi projektov KEGA riešenými na pracovisku, ktoré mapovali rôzne etapy vo vývoji vedy a techniky na Slovensku a najmä Lekárskej fakulty UK v Bratislave, ktorých autormi boli pracovníci ústavu.

Súčasný vedecký a pedagogický zameranie pracoviska

Od 16. septembra 2013 dodnes vedie ústav doc. RNDr. Martin Kopáni, PhD., ktorý priniesol novú výskumnú problematiku zameranú na štúdium prítomnosti

fyziológicky významných prvkov a ich zlúčenín, cudzorodých a škodlivých látok v ľudskom organizme metódami fyzikálnej a histochemickej analýzy.

Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny LF UK v Bratislave sa v súčasnosti zaoberá viacerými oblasťami výskumu. Patrí sem problematika diagnostiky obezity u adolescentov pomocou antropometrických meraní a význam aj štandardných aj neštandardných biochemických ukazovateľov v patogenéze kardiometabolických chorôb. Sledujeme vplyv nezdravej stravy na organizmus v animálnych modeloch, špeciálne detekcia AGEs – koncových produktov pokročilej glykácie. Študujeme mechanizmy fotodynamickej terapie nádorových chorôb, ktorá kombinuje účinky viditeľného svetla a svetlo scitlivujúcej substancie lokalizujúcej sa prevažne v nádorovom tkanive.

Ďalej je to vývoj fyziologicky relevantných in vitro nádorových modelov zohľadňujúcich komplexnosť a špecificitu nádorového tkaniva vo forme 3D bunkových kultúr. Hlavnými experimentálnymi metódami využívanými pri týchto výskumných aktivitách sú metódy optickej mikroskopie a UV-VIS spektroskopie. Zaoberáme sa aj použitím iných fyzikálnych metód pri štúdiu buniek a tkanív, hlavne na prítomnosti kovov (železo, meď) a iných telu cudzích látok, ktoré sa z určitých dôvodov (metabolické poruchy, znečistenie životného prostredia...) v nich hromadia. V poslednej dobe je to najmä štúdium lokalizácie, distribúcie, štruktúry a magnetických vlastností železa vo vybraných mozgových štruktúrach prostredníctvom histologických a imunohistochemických metód na báze svetelnej a elektrónovej mikroskopie. Najnovšie pri vyšetrowaní oxidov železa využívame SQUID magnetometriu a Mössbauerovu spektroskopiu.

Okrem toho sa realizujú animálne experimenty zamerané na sledovanie kognitívnych funkcií s využitím batérie špecifických testov. Ďalšou oblasťou výskumu na pracovisku je charakterizácia a testovanie nových senzorových systémov a biomonitorovacích zariadení. Prispievame k multidisciplinárnemu výskumu v oblasti ľudskej fyziológie, senzoriky a psychológie.

Paralelne so základným a aplikovaným medicínskym výskumom rozvíjame i pedagogický výskum v oblasti teórie vyučovania. Vedecké aktivity pracoviska boli finančne podporené grantmi UK, VEGA, KEGA a APVV [6].

V snahe modernizovať výučbu lekárskej biofyziky bol vypracovaný štruktúrovaný systém protokolov 16 experimentálnych praktických cvičení, a Power-Pointové prezentácie prednášok komentované v slovenskom a anglickom jazyku a nahraté. Pre potreby praktických cvičení vznikli komentované prezentácie a videozáznamy vysvetľujúce biofyzikálne základy a súvislosti experimentov. Všetky materiály sú dostupné online v prostredí MS Teams.



Pracovníci Ústavu lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny Lekárskej fakulty UK v Bratislave (akad. r. 2016/2017), v hornom rade zľava: Ing. Daniel Kosnáč, Ing. Sandra Wagnerová, PhD., doc. PaedDr. Viera Haverlíková, PhD., RNDr. Zuzana Balázsová, PhD., Valéria Miklenčíčová, Mária Drobná, doc. RNDr. Martin Kopáni, PhD. (prednosta ústavu), PhDr. Michal Trnka, PhD., v dolnom rade zľava: RNDr. Eva Kráľová, PhD., doc. RNDr. Elena Ferencová, CSc., doc. RNDr. Mgr. Katarína Kozlíková, CSc., Marianna Kupcová.

Záver

Na záver možno konštatovať, že vedecké a pedagogické zameranie v histórii Ústavu lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny LF UK v Bratislave bolo vo veľkej miere ovplyvnené personálnym obsadením a snahou o posilnenie pozície lekárskej fyziky a biofyziky v lekárskom a zdravotníckom prostredí.

Významné 100. výročie založenia Ústavu pre lekársku fyziku na Lekárskej fakulte UK v Bratislave si pripomenuli 31. 5. – 2. 6. 2023, kedy ústavu pripadla česť organizovať 44. Dni lekárskej biofyziky v Starej Lesnej vo Vysokých Tatrách.

Odkazy

- [1] E. Ferencová, Vedúci pracoviska ústavu lekárskej fyziky a biofyziky od jeho založenia po súčasnosť. In: Lekárska fyzika na prahu 21. storočia. Katarína Kozlíková (ed.), Bratislava: LFUK, 1999, 62-63.
- [2] E. Ferencová, Pedagogická a vedecká činnosť prof. MuDr. Eleny Kukurovej, CSc. Zborník abstraktov XXXVII. Dni lekárskej biofyziky. Ján Sabo, Jaroslav Majerník (eds.). Košice: LF UPJŠ, 2014.
- [3] T. Marček, E. Kukurová et al., Regenerácia. Compendium lekárskej fyziky pre integrovanú výučbu. Asklepios, Bratislava 2002.
- [4] E. Kukurová et al., Informatikum manažmentu klasickej výučby predmetov so zameraním na fyziku a informatiku. UK Bratislava, 2006.

- [5] E. Kráľová and M. Trnka, Kľúčové etapy vedeckej a pedagogickej činnosti Ústavu lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny LF UK v Bratislave [elektronický zdroj]. Praha: Evropská asociace pro fototerapii, (2014), 31-39.
- [6] E. Kráľová and E. Ferencová, Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny Lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave si pripomína 95. výročie existencie. OMFI, Vol. 47, No. 3 (2018), 35-42.

Autori



Zuzana Balázsová, RNDr. PhD.

Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny,
Lekárska fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave.



Martin Kopáni, doc. RNDr. PhD.

Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny,
Lekárska fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave.
Prednosta ústavu.



Eva Kráľová, RNDr. PhD.

Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny,
Lekárska fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave.

V. Vznik Katedry biofyziky na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave

V tomto príspevku sú uvedené míľniky, ktoré viedli k vzniku Katedry biofyziky na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave a kľúčové osobnosti, ktoré prispeli k formovaniu tejto katedry.

Biofyzika ako samostatný študijný a vedný odbor na univerzitách

Aj vďaka pokroku vo fyzike a jej prieniku do biológie začali najmä v druhej polovici 20. storočia vznikať na významných univerzitách špecializované katedry biofyziky. Prvá katedra biofyziky na fyzikálnej fakulte vznikla na Fyzikálnej fakulte Moskovskej univerzity M. V. Lomonosova v roku 1959. Jej zakladateľmi boli fyzikálny chemik prof. L. A. Blumenfeld, biochemik prof. S. E. Schnoll a fyziológ I. A. Kornienko. Na tejto katedre neskôr vyučoval molekulárnu biológiu aj N. V. Timofejev-Resovskij. Ako študent tejto katedry som mal šťastie vypočuť si jeho vynikajúce prednášky, ako aj prednášky mnohých významných biofyzikov a fyzikov. V tomto čase prednášali na fyzikálnej fakulte Moskovskej univerzity napríklad aj zakladateľ rádio astronómie, prof. I. S. Šklovskij, prof. I. M. Lifšic, laureát Nobelovej ceny prof. P. L. Kapica a mnohí ďalší. V súčasnosti je biofyzika a jej príbuzné odbory, napríklad biomedicínska fyzika, neoddeliteľnou súčasťou výučby a vedeckého výskumu na univerzitách.

Vznik Katedry biofyziky na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave

Na Slovensku má biofyzika veľmi významné postavenie. Svedčia o tom aj príspevky kolegov uvedených v tejto knihe. Sústredím sa preto iba na vznik Katedry biofyziky na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského (FMFI UK). FMFI UK (pôvodne Matematicko-fyzikálna fakulta UK) sa vyčlenila ako samostatná fakulta z Prírodovedeckej fakulty UK (PriF UK) 1. septembra 1980 najmä vďaka podpore vtedajšieho rektora prof. PhDr. Jána Kvasničku, DrSc. a prorektora prof. RNDr. Michala Greguša, DrSc., akademika ČSAV a SAV, ktorý sa stal jej prvým dekanom. Záujem o biofyziku prejavovali študenti a odborní pracovníci už na PriF UK. Do roku 1978 bola na tejto fakulte iba malá skupina

biofyzikov. Jedným z nich bol aj RNDr. Peter Fedor, CSc. ktorý sa úspešne venoval neurónovým sieťam. Aj keď sa biofyzika nevyučovala ako samostatný študijný odbor, na Katedre experimentálnej fyziky ako aj na Katedre všeobecnej fyziky boli vedení aspiranti (doktorandi), ktorých práce boli zamerané na biofyziku. Na fakulte boli prof. Pavlom Balgavým z Farmaceutickej fakulty UK pravidelne organizované bratislavské semináre z biofyziky.

Situácia sa radikálne zmenila s príchodom prof. RNDr. Dušana Chorváta, DrSc. (životopis v kap. VIII – pozn. edit.) na PriF UK. S podporou vtedajšieho dekana tejto fakulty a prorektora UK, jadrového fyzika prof. RNDr. Sergeja Usačeva, DrSc. sa v roku 1978 pričínil o vznik Katedry biofyziky. Katedru postupne budoval v nových priestoroch v Mlynskej doline. Prof. Chorvát pozval na novú katedru viacerých mladých odborníkov, s ktorými pripravil osnovy nového študijného odboru, vďaka čomu sa mohlo začať s pravidelnou výučbou biofyziky už v školskom roku 1980/1981, teda súčasne so vznikom Matematicko-fyzikálnej fakulty UK (dnes FMFI UK). Ako pedagóg a školiteľ 72 diplomantov a 22 doktorandov vchoval viacero výborných vedcov a učiteľov. Jeho publikačná činnosť je veľmi rozsiahla. Publikoval 44 vedeckých prác v karentovaných vedeckých časopisoch, jednu monografiu, 2 vysokoškolské skriptá a je autorom jedného patentu. Bol spoluorganizátorom 14 vedeckých konferencií. Súčasne s vedeckou prácou sa venoval aj budovaniu laboratória zameraného na využitie laserovej spektroskopie a fluorescenčnej mikrofotolýzy (FRAP) na štúdium štruktúry a funkcie biomembrán. V tomto laboratóriu viedol skupinu mladých vedcov a doktorandov medzi ktorými boli doc. RNDr. Tibor Sipöcz, CSc., RNDr. Dušan Chorvát Jr., PhD., RNDr. Peter Kvasnička, RNDr. Peter Švec a Mgr. Ján Pšenica. Uvedomoval si nevyhnutnosť potreby prieniku modernej fyziky do výchovy lekárov. Táto myšlienka ho viedla v r. 1995 k založeniu nového medziodborového štúdia – biomedicínskej fyziky, ktorá je jedným z najatraktívnejších študijných odborov na FMFI UK. Na úspechu tohto odboru sa významnou mierou podieľa aj Lekárska fakulta UK. V r. 1996 sa naskytla príležitosť využitia časti finančných prostriedkov z deblokovaného dlhu Ruskej federácie voči Slovenskej republike na vedecké účely. Prof. Chorvát sa s nadšením ujal tejto príležitosti a bol jedným zo zakladateľov a prvým riaditeľom Medzinárodného laserového centra (MLC). V tom čase to bol veľmi odvážny čin, ktorý si vyžadoval plné nasadenie, časté cesty do Moskvy a zdĺhavé rokovania. Centrum zahájilo svoju činnosť v r. 1997. Pod vedením prof. Chorváta bolo MLC vybavené modernou infraštruktúrou a špičkovými vedeckými prístrojmi. Prof. Chorvát viedol MLC do r. 2009, kedy odišiel do dôchodku. Prof. Chorvát zomrel v r. 2012. MLC je v súčasnosti jedným z najvýznamnejších vedeckých centier v oblasti laserovej fyziky a biofotoniky nielen na Slovensku, ale aj v zahraničí.

MLC sa významnou mierou podieľa aj na výchove biofyzikov a biomedicínskych fyzikov FMFI UK. V enormnom úsilí, ktoré vynaložil prof. Dušan Chorvát pre rozvoj biofyziky nielen na FMFI UK ale aj na Slovensku pokračujú dnes jeho deti. Prof. Mgr. Alžbeta Marček Chorvátová, DrSc. pracuje na Fakulte prírodných vied Univerzity sv. Cyrila a Metoda v Trnave a je tiež výskumníčkou a vedúcou oddelenia Biofotoniky v MLC CVTI SR. Je predsedníčkou „ad hoc“ komisie pre obhajoby doktorských dizertačných prác z odboru biofyzika a bola predsedníčkou Slovenskej biofyzikálnej spoločnosti. RNDr. Dušan Chorvát, Jr., PhD. je zástupcom riaditeľa MLC CVTI SR a vedúcim laboratória laserovej mikroskopie a spektroskopie.

S prof. Chorvátom som sa zoznámil v roku 1978. V tom čase som bol ašpirantom (doktorandom) na Fyzikálnej fakulte Moskovskej štátnej univerzity M. V. Lomonosova, kde som sa venoval štúdiu mechanických vlastností lipidových membrán pod vedením vynikajúceho biofyzika, prof. Viktora Ivanoviča Pasečnika, s ktorým sme neskôr v rokoch 1992 a 1995 publikovali 2 monografie a viacero spoločných článkov [1]. Prof. Chorvát mi vysvetlil svoje plány týkajúce sa novozaloženej Katedry biofyziky a pozval ma, aby som po návrate z Moskvy začal na tejto katedre pracovať. Po obhajobe dizertačnej práce v decembri 1979 a návrate na Slovensko som od 1. februára 1980 nastúpil ako odborný asistent na túto katedru. Do Moskvy som sa vrátil opäť v roku 1986, kde som počas jedného roka pripravil a v roku 1987 obhájil doktorskú dizertačnú prácu.

K vedcom, ktorí prijali pozvanie prof. Chorváta k budovaniu katedry biofyziky, patrilo v tom čase už významný slovenský chemický fyzik pracujúci v oblasti kvantovej chémie, prof. Ing. Ivan Hubač, DrSc. Prof. Hubač je absolventom Fakulty technickej a jadrovej fyziky ČVUT v Prahe. V roku 1971 ukončil doktorandské štúdium v odbore matematika na univerzite vo Waterloo v Kanade. Prof. Hubač sa významnou mierou pričínal o vznik študijného odboru chemická fyzika na Katedre biofyziky FMFI UK a na Slovensku. Katedra bola neskôr premenovaná na Katedru biofyziky a chemickej fyziky. Prof. Hubač patrí medzi zakladateľov kvantovej chémie na Slovensku. Vo vedeckej práci nadviazal na školu významného českého vedca prof. Jaroslava Kouteckého. Podstatnou mierou sa zaslúžil o medzinárodné uznanie československej kvantovej chémie. Spomeniem niekoľko významných míľnikov z biografie prof. Hubača. Po ukončení štúdia a absolvovaní 6 mesačnej vojenskej služby v Prahe začal pracovať na Katedre fyzikálnej chémie Chemickotechnologickej fakulty SVŠT v Bratislave, kde vyučoval termodynamiku. Súčasne zahájil externú ašpirantúru na ČSAV v Prahe pod vedením prof. J. Kouteckého, prof. J. Čížka a prof. J. Paldusa. Pre inváziu vojsk Varšavskej zmluvy do Československa 21. augusta 1968 ašpirantúru nedokončil. 16. januára 1969

odišiel spolu s manželkou Leonou do Kanady na univerzitu vo Waterloo, kde v roku 1971 úspešne obhájil PhD. prácu z matematiky. V roku 1971 sa vrátil spolu s manželkou a práve narodenou dcérou Michelle Joanne do Československa a začal pracovať ako odborný asistent na Chemickotechnologickej fakulte SVŠT. Po krátkom pôsobení na Katedre organickej chémie, kde využíval najmä znalosť angličtiny a publikačné skúsenosti, prešiel na Katedru matematiky. Pre záujemcov o kvantovú chémiu začal prednášať mnohočasticové techniky. I napriek tomu, že mnoho prednášal a venoval sa vedeckej práci, nebol mu umožnený vedecký rast. V roku 1979 dostal ponuku zamestnania na Univerzite Komenského, kde sa práve zakladala Matematicko-fyzikálna fakulta. S podporou prof. Milana Petráša, vedúceho Katedry teoretickej fyziky, sa veľmi rýchlo habilitoval z teoretickej fyziky, obhájil doktorskú dizertačnú prácu a v roku 1989 sa stal profesorom. Profesorské diplomy sme dostali na úrade vlády Slovenskej republiky spolu s plazmovým fyzikom prof. Petrom Lukáčom a matematikom prof. Jaroslavom Smítalom.



Prof. Dušan Chorvát (vľavo) a prof. Ivan Hubač (vpravo) so študentami biofyziky Ľubicou Lacinovou a Petrom Griačom. Prof. RNDr. Ľ. Lacinová, DrSc. je v súčasnosti členkou predsedníctva SAV a RNDr. P. Griač, DrSc. je vedúcim vedeckým pracovníkom Centra bioviéd SAV v Bratislave.

Prednášky prof. Hubača z mnohočasticových techník boli veľmi známe. Spolu s prof. Vladimírom Kvasničkom bol pozvaný do Bachoteku v Poľsku na školu o kvantovej chémii, kde spolu predniesli 20 prednášok. Prof. Hubač prednášal aj na ďalších významných univerzitách, najmä v Grécku, Francúzsku, Nemecku, Švajčiarsku, Švédsku, Taliansku, Kanade a USA. Prof. Hubač sa zaslúžil výraznou mierou o rozvoj chemickej fyziky na FMFI UK a v Československu. Významný je jeho prínos v problematike štúdia korelačnej energie v atónoch a molekulách. Podieľal sa na vývoji metód, ktoré dovoľujú počítanie ionizačných energií atómov a molekúl so zahrnutím korelačnej energie. Rovnako je významný jeho prínos

do výpočtov elektrónových afínit a excitačných energií. Podieľal sa na štúdiu tzv. open-shell systémov. Tieto metódy patria k univerzálne používaným a sú súčasťou programových balíkov. So svojimi kolegami vypracoval veľmi originálnu metódu na štúdium elektrónovej kvázidegenerácie. Metóda je založená na Brillouin-Wignerovej teórii porúch a je považovaná za jednu z najlepších na svete. Na tejto problematike pracovalo viacero laboratórií, a práve na našom pracovisku bola táto problematika úspešne vyriešená.

Po tom ako prof. Chorvát začal pôsobiť v MLC, sa prof. Hubač stal vedúcim katedry (1994 – 1999). V rokoch 1990 – 1992 bol prvým prodekanom FMFI UK. V súčasnosti je emeritným profesorom a naďalej vedecky pôsobí aj na Ústave fyziky, Filozoficko-prírodovedeckej fakulty Sliezskej Univerzity v Opave. Prof. Hubač opublikoval okolo 100 vedeckých prác v karentovaných medzinárodných časopisoch, ktoré boli citované približne 2800 krát. Spolu s prof. S. Wilsonom je autorom monografie Brillouin-Wigner methods for many-body systems [2]. Táto monografia sa stala základom pre stavovo špecifickú mnohočasticovú teóriu porúch. Je súčasťou štandardných kvantovochemických počítačových programov. Mnohé práce prof. Hubača vznikli v spolupráci s jeho talentovaným žiakom RNDr. Jozefom Mášikom, PhD., ktorý významne pomohol pri tvorbe výpočtových programov. Žiaľ jeho prácu ukončila náhla smrť v roku 1999.

Na oddelenie chemickej fyziky boli neskôr prijatí chemickí fyzici prof. RNDr. Ján Urban, DrSc. a prof. Ing. Pavol Mach, CSc. Prof. J. Urban sa významnou mierou pričínil o zavedenie metód štúdia dynamiky elementárnych procesov ako aj počítačových simulácií pre štúdium mechanizmov interakcií na molekulovej úrovni. Počítačové simulácie aplikoval aj na zložité supramolekulové štruktúry, akými sú biomembrány a DNA aptaméry. Vo výskume spolupracuje s prof. Machom a so svojim žiakom RNDr. Milanom Melicherčíkom, PhD., ktorý po obhajobe dizertačnej práce zostal na katedre. Prof. P. Mach sa významne pričínil o rozvoj metód kvantovej chémie na analýzu vlastností molekúl. V spolupráci s Prof. Hubačom pracoval aj na rozvoji kvantovochemických metód. V teoretických štúdiách spolupracuje s ďalším kolegom, Mgr. Ivanom Sukubom, PhD., ktorý po obhajobe dizertačnej práce zostal na oddelení chemickej fyziky. Prof. RNDr. Peter Babinec, CSc., jeden z prvých absolventov Katedry biofyziky je ďalším kľúčovým pracovníkom Oddelenia chemickej fyziky. Prof. P. Babinec obhájil dizertačnú prácu pod vedením prof. I. Hubača. Jeho výskum je zameraný na fyziku komplexných systémov. Prof. Babinec sa ako prodekan pre vedu a výskum významnou mierou podieľa aj na rozvoji fyziky na FMFI UK.

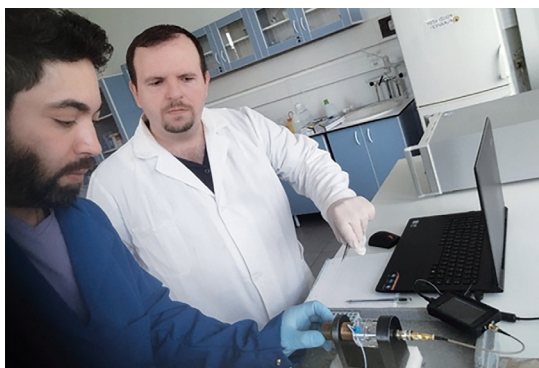
Z katedry všeobecnej fyziky prešla na katedru biofyziky aj skupina experimentálnych chemických fyzikov pod vedením doc. RNDr. Michala Ferianca, CSc.

V tejto skupine boli Ing. Leopoldína Richterová, CSc., ktorá bola viac rokov tajomníčkou katedry, ako aj RNDr. Ľubor Dlháň a Ing. Milan Ružička. Z výrazných osobností, ktorí pracovali na katedre by som rád spomenul aj Ing. Gabriela Ruttkaya-Nedeckého, CSc. Bol prvý na svete, ktorý použil polarografiu na štúdium celých vírusov, hlavne vírusu tabakovej mozaiky (VTM). Ukázal, že pomocou polarografie je možné sledovať degradáciu vírusového kapsidu a kapsidovej bielkoviny. Publikoval v jednom z najprestížnejších vedeckých časopisov Nature [3]. Jeho práce otvorili nové oblasti elektrochémie: od biomakromolekúl k ich komplexom a celým vírusom. Podľa názoru významného českého elektrochemika prof. Emila Palečka, práce Ing. Ruttkaya-Nedeckého otvorili priestor pre dnešnú elektrochemickú analýzu celých buniek. Ing. Ruttkay-Nedecký začal svoju prácu v období, kedy v elektrochémii dominovala klasická polarografia s kvapkovou ortuťovou elektródou. Neskôr však pracoval aj s modernejšími metódami, takými ako pulzná polarografia s pevnými, najmä uhlíkovými elektródami, pomocou ktorých skúmal oxidáciu bielkovín. Pred Ing. Ruttkayom-Nedeckým sa polarografii venovali najmä prof. Jaroslav Heyrovský (laureát Nobelovej ceny za chémiu v roku 1959) a prof. Rudolf Brdička. Ing. Ruttkay-Nedecký sa opieral najmä o práce prof. R. Brdičku, ktorý bol žiakom prof. J. Heyrovského. V mnohých aspektoch ich však zdokonalil a prispôsobil k práci s vírusmi. Ing. Ruttkay-Nedecký výrazne prispel k výchove biofyzikov a chemických fyzikov na Katedre biofyziky. Zomrel v roku 2014.

V roku 1999 som prevzal vedenie katedry po prof. Hubačovi. V roku 2004 však došlo na fakulte k značnej reorganizácii, ktorá viedla k zlúčeniu mnohých katedier tak v sekciách fyziky, matematiky ako aj informatiky. Katedra biofyziky a chemickej fyziky sa zlúčila s Katedrou jadrovej fyziky. Vznikla tak Katedra jadrovej fyziky a biofyziky. Na tejto katedre zostali pôvodné oddelenia biofyziky (vedúci prof. T. Hianik), chemickej fyziky (vedúci prof. J. Urban) a biomedicínskej fyziky (vedúca prof. Libuša Šikurová).

Po novej akreditácii, sa od zimného semestra 2022 výučba sústreďuje najmä na Biomedicínsku fyziku, ktorá bola akreditovaná tak v bakalárskom (garantkou je doc. Iveta Waczulíková), ako aj v magisterskom stupni (garantkou je prof. Libuša Šikurová). Bol taktiež akreditovaný odbor doktorandského štúdia Biofyzika. Garantom tohoto odboru som bol do roku 2022, kedy túto funkciu prevzala moja žiačka, dnes už profesorka RNDr. Melánia Babincová, DrSc. Prof. Babincová je ďalšou výraznou osobnosťou katedry. Je známa aj v zahraničí svojimi prácami zameranými na vývoj magnetických nanoštruktúr a ich využitie na terapiu onkologických ochorení. Na oddelení biofyziky pracuje taktiež viacero mladých kolegov – absolventov biofyziky. Jedným z nich je Mgr. Zuzana Garaiová, PhD., ktorá sa venuje štúdiu mechanizmov cieleného transportu liečiv do buniek súvisiacich

s terapiou onkologických ochorení. Mgr. Veronika Šubjaková, PhD sa venuje vývoju biosenzorov na báze DNA aptamérov pomocou elektrochemických metód. Mgr. Marek Tatarko, PhD., aplikuje akustické metódy na štúdium molekulárnych interakcií na povrchoch a na vývoj biosenzorov na detekciu bakteriálnych patogénov. Sandro Spagnolo, PhD, ktorý v roku 2022 úspešne obhájil PhD. prácu, využíva akustické metódy na vývoj biosenzorov a na analýzu viskoelastických vlastností organických vrstiev. RNDr. Peter Rybár, PhD. a Mgr. Sopio Melikishvili, PhD. aplikujú ultrazvukovú spektroskopiu na štúdium molekulových systémov.



Dr. Sandro Spagnolo (vľavo) a Dr. Marek Tatarko (vpravo) pracujú v laboratóriu molekulárnej akustiky na vývoji akustického biosenzora s použitím metódy kremenných kryštálických mikrováh s monitorovaním disipácie.

Vďaka značnému úsiliu ako aj podpore domácich a zahraničných vedeckých grantových agentúr sa nám podarilo vybudovať na Oddelení biofyziky viacero špičkových laboratórií vybavených modernými prístrojmi a infraštruktúrou. Jedná sa najmä o laboratóriá molekulárnej akustiky, biosenzorov, spektroskopických a zobrazovacích metód ako aj laboratórium bunkových kultúr. Odbor biofyzika a chemická fyzika absolvovalo za obdobie od vzniku katedry viac ako 200 absolventov. Viac ako 90 z nich pokračovalo v doktorandskom štúdiu a úspešne obhájilo dizertačné práce (viď. portál <https://absolventi.uniba.sk>). Absolventi katedry sa úspešne uplatnili v praxi doma i v zahraničí, najmä na vysokých školách, v Slovenskej akadémii vied ako aj v zdravotníctve a priemysle. Spomeniem napríklad prof. RNDr. Ľubicu Lacinovú, DrSc., ktorá je v súčasnosti členkou predsedníctva SAV, alebo môjho žiaka prof. RNDr. Libora Vozára, CSc., ktorý je rektorom Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre. Viacerí biofyzici sa svojimi výsledkami vo výskume a publikačnej činnosti zaradili medzi špičkových slovenských vedcov s vysokým Hirschovým indexom (≥ 30) (viď. portál <https://www.slovenskivedci.sk>).



Prof. Tibor Hianik (vpravo) vysvetľuje prof. Josephovi Wangovi (vľavo) princíp zariadenia na meranie akustických vlastností tenkých vrstiev v laboratóriu molekulárnej akustiky. Prof. Wang (Kalifornská Univerzita v San Diegu, USA) navštívil Univerzitu Komenského v júni 2018, kedy mu bol udelený titul Doctor honoris causa. S prof. J. Wangom dlhodobo spolupracujeme na vývoji biosenzorov.

Na Oddelení biomedicínskej fyziky sú okrem prof. RNDr. Libuše Šikurovej, PhD. a doc. RNDr. Ivety Waczulíkovej, PhD., ktoré sú uznávanými odborníčkami v oblasti aplikácie spektroskopických metód na štúdium biomembrán, aj ďalší talentovaní mladí vedeckí pracovníci – absolventi katedry – RNDr. Milan Zvarík, PhD. a RNDr. Marcela Morvová, PhD. K novým pracovníkom oddelenia patrí aj Mgr. Katarína Čechová, PhD. Na tomto oddelení pôsobí aj emeritný učiteľ doc. RNDr. Ivan Haverlík, CSc., ktorý sa venuje aplikáciám matematického modelovania a bioinformatiky pre štúdium biosystémov. Biomedicínskej fyzike je venovaná samostatná kapitola v tejto publikácii (kap. XIV – pozn. edit.).

Pracovníci katedry sa veľmi úspešne podieľajú na pedagogickej a vedeckej práci fakulty. Sú úspešní v získavaní grantov VEGA, APVV ako aj v medzinárodných grantových inštitúciách. Prakticky v každom rámcovom programe Európskej únie sme získali jeden i viac grantov. Viaceré granty boli získané vo vedeckých programoch NATO a SAIA ako aj v rámci bilaterálnej medzinárodnej spolupráce podporovanej APVV a DAAD. Významná je aj medzinárodná spolupráca s mnohými univerzitami v Európe, USA a Kanade.

Spolu s prof. Pavlom Miškovským, Prof. Dušanom Chorvátom, Dr. Ivanom Zahradníkom, Dr. Karolom Ondriášom a prof. Jánom Jakušom sme boli pri zrode Slovenskej biofyzikálnej spoločnosti (SKBS), ktorá sa úspešne rozvíja. Je súčasťou Asociácie európskych biofyzikálnych spoločností (EBSA), ako aj iniciatívy Regionálnych biofyzikálnych konferencií (RBC) spolu s Rakúskom, Talianskom, Maďarskom, Chorvátskom, Slovinskom a Srbskom. Prvá RBC sa konala v roku 2005 v slovinskom Terme Zreče. Do zoskupenia RBC sme boli prijatí v roku 2007,

počas konferencie v Balatonfürede v Maďarsku. V roku 2014 sme RBC organizovali na zámku v Smoleniciach.

Záver

Biofyzika na FMFI UK sa úspešne rozvíja. Okrem zakladajúcich učiteľov na nej pôsobia aj jej absolventi. Pracovníci katedry sa významnou mierou podieľajú na práci SKBS, na spoločnosti EBSA a na práci IUPAB (International Union for Pure and Applied Biophysics). Verím, že tento perspektívny odbor spolu s bio-medicínskou fyzikou bude mať vždy dôstojné miesto v matematicko-fyzikálnych a prírodných vedách.

Podakovanie

Ďakujem najmä prof. Ivanovi Hubáčovi, prof. Jánovi Urbanovi, prof. Pavlovi Machovi a Dr. Dušanovi Chorvátovi Jr., ktorí svojimi radami prispeli k vzniku tohto príspevku.

Odkazy

- [1] T. Hianik and V.I. Passechnik, Bilayer lipid membranes: Structure and mechanical properties, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht – Boston – London, 1995.
- [2] I. Hubáč and S. Wilson, Brillouin and Wigner methods for many – body systems (J. Maruani, S. Wilson, Eds.), Springer, Heidelberg, 2010.
- [3] G. Ruttkey-Nedecký and A. Anderlova, Polarography of proteins containing cysteine, Nature, 213 (1967), 564-565.

Autor



Tibor Hianik, prof. RNDr. DrSc.

Oddelenie biofyziky, Katedra jadrovej fyziky a biofyziky,
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky,
Univerzita Komenského v Bratislave.
Vedúci oddelenia.

VI. Biofyzikálny výskum na Farmaceutickej fakulte UK v Bratislave

Farmaceutická fakulta Univerzity Komenského v Bratislave (FaF UK) je z tematického hľadiska úzko profilovaná. Výskum a výučba na fakulte sa zameriavajú predovšetkým na pochopenie vzťahu liečivo – liek – terapeutický účinok. Pre dosiahnutie tohto cieľa je však nevyhnutné uplatnenie poznatkov z rôznych základných prírodovedných disciplín, ako aj využitie širokého spektra experimentálnych metód. To predurčilo úzku spoluprácu viacerých katedier a vedeckých tímov pôsobiacich na FaF UK od založenia samostatnej fakulty v roku 1952. Časť výskumu sa prirodzene orientovala na štúdium interakcie liečiv či iných biologicky aktívnych látok s využitím fyzikálnochemických metód, ktoré dnes zaradujeme pod interdisciplinárny odbor biofyzika.

Stručná história fakulty

Základy novodobého farmaceutického štúdia na Slovensku spadajú do obdobia medzi vznikom a predvojnovým rozdelením ČSR. Na Lekárskej fakulte (LF) Alžbetinej univerzity boli pre zriadenie takéhoto štúdia priaznivé podmienky. Už roku 1919 tu totiž fungovalo ako jedno z jej prvých teoretických pracovísk Ústav náuky o liekoch, ktorý bol schopný odborne aj personálne zabezpečovať výučbu farmaceuticky orientovaných predmetov. Prednostom ústavu bol prof. Géza Mansfeld, farmakológ, dvojnásobný nominant na Nobelovu cenu a jeho asistenti boli budúci nositelia Nobelovej ceny prof. Albert Szent-Györgyi a prof. Carl Ferdinand Cori. Po zrušení Alžbetinej univerzity a vzniku Univerzity Komenského celý ústav opustil Bratislavu. Až o 20 rokov pozdejšie, r. 1939 sa farmakológovi prof. Františkovi Švecovi, DrSc. podarilo vytvoriť podmienky pre vzdelávanie farmaceutov a po zriadení špecializovaného štúdia v rámci LF bol poverený jeho vedením.

Samostatná Farmaceutická fakulta UK bola zriadená 1. septembra 1952. Jej spoluzakladateľom a prvým dekanom bol prof. Ľudovít Krasnec. Významným obdobím v živote fakulty boli roky 1960 – 1969, kedy boli dovtedajšie farmaceutické fakulty v Brne a v Bratislave zlúčené a Bratislava sa tak stala sídlom jedinej celoštátnej farmaceutickej fakulty v Československu. Obdobie celoštátnej fakulty sa ukončilo zriadením Farmaceutickej fakulty Univerzity Karlovej v Prahe so sídlom v Hradci Králové v roku 1969. Krátke obdobie masívneho rozvoja však stačilo

na to, aby aj po odchode časti učiteľov do Hradca Králové nijako neutrpela ani základňa pedagogických pracovníkov, ani úroveň štúdia na bratislavskej fakulte.

Rozvoj vedeckovýskumnej činnosti na FaF UK

Od samého začiatku fungovania samostatnej farmaceutickej fakulty sa na nej robil aj výskum, ktorý sa dnes zaraďuje k biofyzike. Na území Uhorska (na univerzite v Budapešti) bola súčasťou vzdelávania farmaceutov popri chémii aj fyzika už od r. 1859 a krátko na to aj praktické cvičenia z fyziky. Zakladatelia FaF UK si plne uvedomovali významné postavenie prírodných vied, vrátane fyziky, vo farmaceutickom vzdelávaní aj vo výskume. Fyzikálne a fyzikálnochemické metódy sú súčasťou Európskeho liekopisu (European Pharmacopoeia) a Slovenského farmaceutického kódexu. I preto sa vo výučbe fyziky pokračovalo aj po osamostatnení fakulty, pričom náplň predmetu bola orientovaná na potreby farmácie. Biofyzika však nebola na pôde FaF UK nikdy inštitucionalizovaná. Vždy sa jednalo o výučbu a výskum zasadený do farmaceutického kontextu s cieľom pochopiť vzťah liečivo – liek – terapeutický účinok.

Predovšetkým vďaka prof. Krasnecovi a ním založenému a dlhé roky vedenému Vedeckovýskumnému ústavu (VVÚ) FaF UK boli laboratóriá už krátko po založení fakulty kvalitne prístrojovo vybavené, nechýbali spektrálne techniky ako IČ, EPR a NMR, dokonca aj metódy na meranie elektrickej vodivosti a fotovodivosti tuhých organických látok. Samozrejmosťou boli na mnohých pracoviskách UV-VIS spektrometre, elektrochemické metódy a pod. Vďaka akademikovi prof. Jaroslavovi Majerovi, ktorý od r. 1958 viedol Katedru analytickej chémie (KACH) a bol dekanom v rokoch 1958 – 1961 a 1969 – 1972, sa na fakulte vybudovalo aj laboratórium rtg analýzy. Pracovný kolektív doc. Františka Pavelčíka, DrSc. a Ing. Viktora Kettmana, DrSc. využíval rtg analýzu a molekulárno-mechanické výpočty pri určovaní molekulovej štruktúry liečiv.

V r. 1974 nastúpil na KACH FaF UK prof. Pavol Balgavý, CSc. dovtedy pôsobiaci na Oddelení molekulovej genetiky Biologického ústavu SAV, kde sa venoval štúdiu reparačných mechanizmov DNA po ožiarení UV svetlom. Vychádzajúc zo svojich EPR meraní fotoindukovaného prenosu náboja medzi tryptofanom a pyrimidínmi pri teplotách kvapalného dusíka a hélia navrhol, že jeden z reparačných mechanizmov – fotoreaktivácia – by mohol byť takýmto rýdzo fyzikálnym procesom. Získané výsledky prezentoval na dvoch medzinárodných podujatiach v Brne a v Prahe r. 1972 [1,2]. Vďaka týmto prednáškam sa prof. Balgavý dostal do povedomia vo vedeckých kruhoch v oblasti biofyziky. Projektovú spoluprácu mu navrhol prof. Václav Prosser, DrSc., významný český biofyzik, o. i. autor dodnes populárnej učebnice Experimentální metody biofyziky (Academia Praha, 1989),

ku ktorej prispel prof. Balgavý kapitolou o aplikáciách EPR a NMR spektroskopie pre štúdiu biologických objektov. Po príchode na FaF UK plánoval prof. Balgavý pokračovať v štúdiu mechanizmov fotoreaktívácie DNA. Nadviazal preto spoluprácu s teoretikom doc. Pavlom Baňackým, DrSc. a Ing. Františkom Šeršeňom, CSc. vynikajúcim experimentátorom v oblasti EPR spektroskopie z VVÚ FaF UK. Obaja sa intenzívne zaoberali fyzikálnymi vlastnosťami medzimolekulových komplexov. Niekoľko rokov (1974 – 1983) sa spolu týmto problémom venovali v projektoch koordinovaných prof. Prosserom v rámci biofyzikálneho výskumu, pod vedením prof. Krasneca a prof. Majera. Symptomatically je, že sa títo vedúci „zo starej školy“ na ich práce nepodpisovali.



Dr. K. Ondriaš (vľavo) a prof. P. Balgavý (vpravo) v laboratóriu EPR, FaF UK (okolo r. 1980).

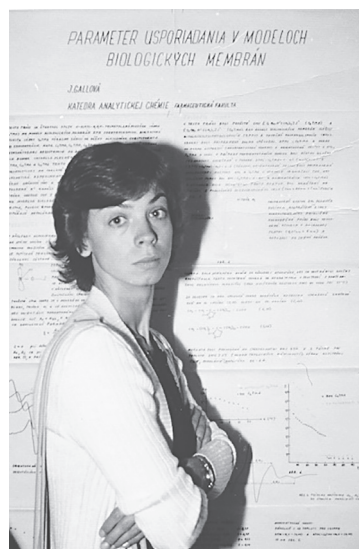
V čase, keď ešte neexistovali žiadne digitálne záznamy sa výsledky EPR experimentov vyhodnocovali „online“ tak, že sa flautou hrala melódia podľa toho, ako signál počas merania stúpala a klesala. Keď bola melódia pekná, tak sa experiment podaril, keď nie, tak sa modifikoval.

Zhoda okolností však spôsobila, že sa výskum prof. Balgavého postupne preorientoval na štúdiu biologických membrán. Prispela k tomu stáž istého pracovníka z Dagestanu u prof. Timoteja Turského, CSc. na Katedre biochémie LF UK r. 1974. Jednou z vedeckých náplní stáže mali byť EPR merania „fluidity“ membrán synaptozómov s využitím spinových sond. Prof. Balgavý a Ing. Šeršeň boli poverení pomôcť hosťujúcemu pracovníkovi s experimentálnou prácou. Ak by sa dali sondy za pár dolárov kúpiť, bola by to záležitosť dvoch-troch týždňov. R. 1974 to nešlo, bolo ich treba syntetizovať. O pomoc požiadali doc. Ivana Lacka, skúseného syntetika pôsobiaceho na Katedre anorganickej a organickej chémie FaF UK. Do výskumu zapojili aj dvoch študentov tretíakov – Ladislava Varečku z FaF UK, ktorý sa podieľal na syntéze a Karola Ondriaša z FMFI UK, ktorý participoval na EPR meraniach. Ako zaujímavosť by sme mohli uviesť, že kvapalným amoniakom potrebným na syntézu bol zabezpečený čapovaním do termosky z chladenia ľadovej

plochy zo zimného štadióna sídliaaceho oproti FaF UK, vďaka prof. Ferdinandovi Devínskemu, DrSc., neskoršiemu vedúcemu Katedry chemickej teórie liečiv (KChTL) a rektorovi UK, ktorý ako protihodnotu tamojším pracovníkom poskytol inú kvapalinu. Aktuálne sociálno-ekonomické podmienky na území vtedajšieho Československa boli nepriaznivé, problematická bola dostupnosť chemikálií, prístrojov, ale i možnosť spolupráce so zahraničnými pracoviskami. Koncom kalendárneho roku sa odovzdával plán nákupu chemikálií na celý nasledujúci rok, pričom nik nevedel, kedy budú doručené. K úspešnému napredovaniu vedeckej práce tak dopomáhala práve priateľská pomoc a dobré vzťahy medzi pracovníkmi katedier FaF UK.

Po dvoch-troch rokoch intenzívnej práce, keď sa Dagestánc už dávno vrátil domov, boli syntéza spinových sond a metodika ich využitia pri štúdiu interakcií membrán s liečivami konečne hotové a diplomové práce dvoch študentov úspešne obhájené. Významne k ďalšej práci prispelo aj zvládnutie prípravy chromatograficky čistého fosfatidylcholínu zo žltkov v gramových množstvách. Získané skúsenosti aj s mimoriadne významnými príspevkami bývalého študenta Dr. K. Ondriša sa použili na štúdium interakcií modelových membrán najmä s lokálnymi anestetikami (väčšinou od Dr. h. c. prof. Jozefa Čižmárika, CSc. a jeho tímu z Katedry farmaceutickej chémie FaF UK) a s baktericídnymi alkylamín-N-oxidmi a alkylamóniovými soľami (najmä od prof. F. Devínskeho a jeho tímu), všetky s rôznou dĺžkou hydrofóbneho reťazca v tzv. homologických radoch. Výskum vyústil do viacerých významných publikácií a kulminoval v teórii opisujúcej príčinu tzv. cut-off efektu – kváziparabolického priebehu biologickej účinnosti v homologických radoch amfifilných prímiesí v membránach [3].

Popri štúdiu interakcií liečiv s membránami sa skupina prof. Balgavého začala venovať aj interakcii DNA s kovovými kationmi, kationovými tenzidmi a lipidmi. Ako aspirantka na prvých experimentoch participovala doc. Lea Vojčíková, CSc. z UPJŠ. Okrem viacerých publikácií táto práca v širšom kolektíve vyústila aj do „genetického“ patentu [4]. Po návrate z ročného pracovného pobytu v Anglicku r. 1986 prof. Balgavý rozšíril paletu modelov o CaMg-ATPázu (SERCA) zo sarkoplazmatického retikula rekonštituovaných do definovaných lipidov a spektrum



Doc. J. Gallová pred ručne písaným plagátom počas prezentácie výsledkov EPR meraní na vedeckom podujatí (r. 1982).

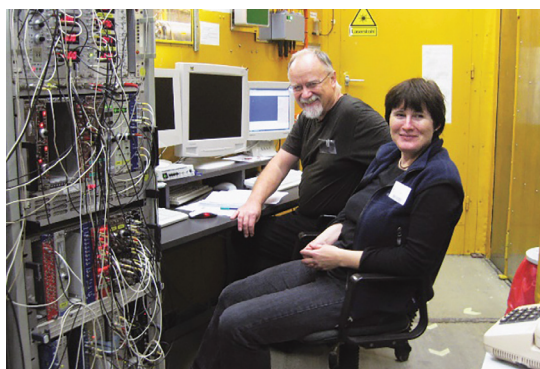
využívaných fyzikálnych metód o fluorescenčné merania. Koncom 80. rokov bol biofyzikálny výskum na FaF UK dokonca zaradený ako samostatná úloha do programu RVHP.

Biofyzikálne smerovanie vedeckej práce na Slovensku v 80. rokoch podporovali významní fyzici, predovšetkým prof. Július Krempaský, DrSc. (FEI STU), predseda Jednoty slovenských matematikov a fyzikov (JSMF), a prof. Ján Pišút, DrSc. (FMFI UK), neskorší minister školstva ČSFR, v rámci Fyzikálnej vedeckej sekcie (FVS) JČSMF a JSMF. Tu bola biofyzika zastrešená Odbornou skupinou pre chemickú fyziku a biofyziku, vedenou prof. Karlom Vackom, DrSc., vtedajším dekanom FMF UK v Prahe. Prof. Majer ako prorektor UK a člen predsedníctva SAV zdôrazňoval nespochybniteľný prínos biofyziky nielen pre farmáciu ale pre biologické vedy všeobecne. Aj vďaka tejto širokej podpore bol r. 1978 založený Bratislavský biofyzikálny seminár, ktorý pod hlavičkou Odbornej skupiny pre chemickú fyziku a biofyziku FVS JSMF a JČSMF viedol prof. Balgavý v rokoch 1978 – 1983 na FMFI UK v Bratislave, od počiatku aj do konca s entuziastickou podporou RNDr. Petra Fedora, CSc. Pod touto hlavičkou sa zorganizovalo aj množstvo konferencií a sekcií na konferenciách FVS JSMF a JČSMF, viaceru domácich škôl, ako aj tri školy medzinárodné. Na tej prvej r. 1982 *Liquid Crystals and Models of Biological Membranes* sa zúčastnilo viaceru budúcich európskych koryfejev membránovej biofyziky ešte v štádiu mladých „batôžkárov“.

Katedra fyzikálnej chémie liečiv (KFCHL)

KFCHL je jednou z katedier pôsobiacich na FaF UK od zriadenia celoštátnej fakulty. Primárnym zameraním katedry je výučba matematiky, fyziky a fyzikálnej chémie. Hlavnou formujúcou osobnosťou katedry bol doc. Jaroslav Čelechovský, CSc., ktorý ju viedol od zriadenia celoštátnej fakulty r. 1960 po r. 1979. Ďalšími osobnosťami na tomto poste boli doc. František Kopecký, CSc. (1979 – 2003), ktorý pôsobil na katedre od jej založenia do roku 2010, prof. Kamil Sarka, CSc. (2003 – 2006) a prof. Pavol Balgavý, CSc. (2006 – 2009). Od roku 2009 vedie katedru prof. Daniela Uhríková, CSc. Výskum katedry bol v časoch jej založenia orientovaný na sledovanie energetických zmien molekúl liečiv pri rozpúšťaní a agregácii a súčasne na štúdium vzťahov medzi fyzikálno-chemickými vlastnosťami liečiv a ich farmakodynamickým účinkom. K tomuto základnému smerovaniu pribudli významné štúdie solubilizácie liečiv v cyklodextrínoch (doc. F. Kopecký). Mimoriadny medzinárodný ohlas a kvalitnú spoluprácu s francúzskymi a nemeckými pracoviskami mal prof. K. Sarka, dôkazom čoho bol ním organizovaný NATO Advanced Research Workshop v Bratislave r. 2010. Netýkalo sa to však

biofyziky, ale „Spectroscopy from Space“ – prof. Sarka sa venoval výpočtom rotačno-vibračných spektier malých molekúl zaujímavých pre astrofyziku. Už v r. 1974 predniesol doc. Čelechovský v rámci ideologického seminára na tému Materialistický svetonázor v biologických disciplínach príspevok s názvom „Biofyzika vo svetle leninského poňatia filozofie prírodných vied“, určite s cieľom získať politickú podporu pre tento vedný odbor. Biofyziku sem priniesla však aj fúzia r. 1991, kedy bolo laboratórium prof. Balgavého, pôvodne etablované na KACH FaF UK, vrátane kvalitného kolektívu integrované do KFCHL. Pracovníci VVÚ FaF UK boli, bohužiaľ, preložení na PriF UK.



Prof. P. Balgavý a prof. D. Uhríková počas experimentov s rozptylom rrtg žiarenia na meracej stanici A2, synchrotrón Doris, DESY, Hamburg, Nemecko (r. 2007).

Významným vedeckým prínosom pre pracovisko najmä po r. 1991 bolo opakované úspešné získavanie meracieho času pre experimenty v medzinárodných laboratóriách s technikami rozptylu a difrakcie synchrotrónového žiarenia a neutrónov (Doris synchrotron, Hasylab, DESY Hamburg; IBR-2 reaktor FLNP JINR Dubna; LLB CEA Saclay; ILL Grenoble; BNC Budapest). Najcitovanejšie publikácie výskumného tímu prof. Balgavého súvisia práve so štúdiom štruktúry fosfolipidových membrán na základe dát získaných týmito metódami. Personálne sa biofyzikálne laboratórium rozrastalo predovšetkým o aspirantov, neskôr doktorandov pracujúcich pod vedením prof. Balgavého. Z jeho školy vzišlo mnoho popredných, dnes už medzinárodne uznávaných vedcov a univerzitných učiteľov. Spomenuli by sme predovšetkým Dr. K. Ondriaša, DrSc., v súčasnosti pôsobiaceho na Ústave klinického a translačného výskumu BMC SAV, v. v. i., ktorý bol vždy známy nápaditosťou a invenčnosťou vedeckých prístupov. Na poli rozptylových techník sa významne presadili Dr. Michal Hammel, PhD. absolvent FaF UK, pôsobiaci ako výskumný pracovník Oddelenia fyzikálnych biovied v Lawrence Berkeley



Dr. N. Kučerka pri detektore pre rozptyl neutrónov pod malými uhlami v Canadian Neutron Beam Centre (Chalk River, Ontario, Kanada), kde pôsobil ako výskumný pracovník v r. 2008 – 2014.

National Laboratory, California USA a Dr. Norbert Kučerka, DrSc. absolvent FMFI UK, v súčasnosti zástupca riaditeľa pre vedu Frankovho laboratória neutrónovej fyziky v Spojenom ústave jadrového výskumu (FLNP JINR) Dubna, Rusko. Vo výskumnej zložke firmy Sandoz GmbH v Rakúsku sa Dr. Štefan Horkovics-Kováts, PhD. aj do nedávneho odchodu do dôchodku venoval mechanizmom rozpúšťania tabliet liekov ako polydisperzných sústav tuhých častíc. O kvalite ich vedeckej práce vypovedá, že dvaja z uvedených absolventov sú vedení v Zozname slovenských vedcov s vysokým Hirschovým indexom (www.slovenskivedci.sk).

Biofyzikálny výskum na KFCHL v súčasnosti prirodzene nadväzuje na problematiky riešené v minulosti. Poznatky zo štruktúrneho polymorfizmu lipidových zmesí boli aplikované v oblasti génovej terapie pre dizajnovanie prenosových vektorov nukleových kyselín. Výsledky riešenia projektu „Nelamelárne lipidové mezofázy

pre ciele prenos liečiv“ (zodp. riešiteľka prof. Uhríková) boli r. 2019 zaradené agentúrou medzi najvýznamnejšie výsledky pri hodnotení výsledkov VEGA. V r. 2018 bola nadviazaná spolupráca s Jesseniovou lekárskou fakultou UK v rámci výskumu orientovaného na problematiku pľúcneho surfaktantu. Vyšetrujú sa fyzikálno-chemické charakteristiky lipidových systémov zloženia blízkeho natívnemu pľúcnemu surfaktantu za účelom potenciálneho využitia pre prenos liečiv. Rozšíril sa aj zoznam experimentálnych metód, pribudli techniky dynamického rozptylu svetla, merania zeta-potenciálu, denzitometrie, diferencnej skenovacej kalorimetrie a mikroskopie. Paralelne s experimentálnym výskumom dosahuje KFCHL vynikajúce výsledky v štúdiu vzťahov štruktúra – aktivita liečiv metódami molekulového modelovania (zodp. riešiteľ prof. Vladimír Frečer, DrSc.). V súčasnosti sa na katedre študujú štruktúrne modifikácie známych antivirálnych látok s cieľom hľadania účinných inhibítorov pri mutáciách vírusových enzýmov a experimentálne sa rieši otázka biodostupnosti takýchto molekúl.

Katedra naďalej aktívne spolupracuje na medzinárodnej úrovni. Okrem krátkodobých experimentálnych pobytov v medzinárodných synchrotrónových a neutrónových centrách udržiava spoluprácu s viacerými pracoviskami. Významné

výsledky boli dosiahnuté v rámci projektov riešených vo FLNP JINR Dubna (Rusko) do roku 2022, aktívna a projektovo podporená je aj spolupráca s Fakultou vied Univerzity v Porte (Portugalsko) a Inštitútom Laueho-Langevina v Grenoble (Francúzsko). Od r. 2022 katedra participuje na riešení medzinárodného projektu V4 pri vývoji potenciálnych nosičov liečiv na báze rias (zodp. riešiteľka Mgr. Mária Klacsová, PhD.). Medzinárodná spolupráca otvorila možnosti pre študijné pobyty doktorandov, z ktorých mnohé boli grantovo podporené. Pracovníci katedry sa často podieľajú na organizácii konferencií. Z významnejších spomenieme katedrou organizovanú medzinárodnú konferenciu 4th European Joint Theoretical/Experimental Meeting on Membranes v r. 2016, na ktorej participovali účastníci z 9 krajín vrátane USA a Ruska. Konferencia bola podporená aj Asociáciou európskych biofyzikálnych spoločností (EBSA).



Mgr. M. Klacsová pri denzitometrických meraniach počas študijného pobytu na Roskildskej univerzite v Dánsku (r. 2008).

V oblasti vzdelávania sa katedra dlhodobo snaží o zabezpečenie kvalitnej výučby prírodovedných predmetov budúcich farmaceutov. Popri výučbe povinných predmetov Farmaceutická fyzika a Fyzikálna chémia ponúka v magisterskej forme štúdia aj povinne voliteľné predmety matematika pre farmaceutov, biofyzika, bioštatistika pre farmaceutov a farmakokinetické modelovanie a vývoj liečiv. Práve biofyzika, ktorej výučbu na FaF inicioval prof. Balgavý, je voliteľný predmet katedry s výbornou spätnou väzbou od študentov. Možno to zrejme pripísať netradičnej forme výučby predmetu. Základný kurz biofyziky je každoročne obohatený o prednášky pozvaných odborníkov pôsobiacich v oblasti molekulovej biofyziky na pracoviskách SAV, FMFI UK, JLF UK či ÚCHV UPJŠ. Vybrané témy boli spracované do učebných textov [5,6]. Cieľom takéhoto prístupu je priblížiť študentom vedeckú prácu, zároveň poukázať na vysokú kvalitu výskumu na Slovensku,

rozšíriť všeobecný prehľad študentov a naznačiť im možnosť uplatnenia po absolvovaní štúdia. Pozitívnu spätnou väzbou je záujem študentov o diplomové a rigorózne práce na katedre, ktoré sú tematicky a metodicky biofyzikálneho zamerania. Kolektív katedry je pomerne malý, do riešenia výskumných úloh sú vždy priamo zapojení aj PhD študenti katedry. PhD štúdium v odbore biofyzika však na FaF UK nebolo nikdy etablované. Pracovníci katedry sa zhodujú v názore, že pre biofyzikálny výskum aj v oblasti farmácie sú potrebné dobré základy z matematiky a fyziky. Takéto štúdium sa má realizovať na fyzikálnych pracoviskách, preto s nimi, najmä s FMFI UK, dlhé roky úzko spolupracuje. Výsoká náročnosť na kvalitu vzdelávania ako aj vedeckej práce pracoviska sa odzrkadľuje v úspešnosti grantových projektov reagujúcich na aktuálne výzvy v oblasti medicíny, farmácie a biofyziky.

KFCHL nie je ale jediná, kde sa zaujímavý výskum s epitetom „biofyzikálny“ na fakulte robí. Spomenieme zopár ďalších.

Katedra chemickej teórie liečiv (KCHTL): Spoločne s inými chemickými katedrami vznikla rozčlenením z Katedry chémie r. 1957 a jej dlhoročným vedúcim, ešte pod názvom Katedra anorganickej a organickej chémie, bol prof. Krasnec. Práve spoluprácou s VVÚ FaF UK pod vedením prof. Krasneca a touto katedrou sa vďaka jej pracovníkom formoval biofyzikálny výskum na FaF UK. Boli to povrchovoaktívne kationové molekuly s antibakteriálnymi účinkami zo školy prof. Devínskeho ktoré sa intenzívne študovali v tíme prof. Balgavého. Ich spoločný pracovný tím bol pre r. 2002 – 2011 vyhodnotený podľa kritérií ESI medzi 14 najlepšími v rámci UK a v rovnakom období medzi 8 z UK, ktorých publikácie sa zaradili medzi 1 % najcitovanejších v odbore na svete. Katedra sa venuje aj inej problematike. K trvalo riešeným problémom na katedre patrí štúdium konformácie liečiv vo vzťahu k ich účinku. Pri úvahách o interakcii s biologickými systémami, ktoré sú chirálne, prirodzene vzniká otázka o príčinách ich homochirality. Svoje úvahy na túto tému prof. Devínsky nedávno zosumarizoval v publikácii „Chirality and the Origin of Life“, ktorá ďaleko presahuje hranice jeho úzkeho odboru. Bola by ozdobou každého biofyzika. Okrem iného sa katedra venuje aj k biofyzike blízkej problematike bioaktívnych nanočastíc striebra a zlata. Ich nedávna publikácia [7] získala prestížnu cenu za transfer technológií za víťazný projekt nanoformulácií zlata pre terapiu zápalových a degeneratívnych ochorení kostí, kĺbov a chrupaviek v rámci konferencie Cooperation Innovation Technology Transfer 2022 organizovanej Centrom vedecko-technických informácií SR. Okrem základného a náročného kurzu chémie katedra poskytuje aj z hľadiska biofyziky zaujímavé voliteľné predmety Bioorganická chémia, Základy molekulového modelovania s cvičeniami a Metalofarmaká a nanočastice ako moderné liečivá.

Katedra farmaceutickej chémie (KFCH): Druhou školou, ktorá výrazne ovplyvnila formovanie biofyziky na FaF UK bola škola prof. Čižmárika, hlavne jeho štúdie homologických radov lokálnych anestetík. Tento mimoriadne pracovitý vedec (takmer 980 položiek v online evidencii publikačnej činnosti UK) bol vždy ochotný poskytnúť svoje zlúčeniny na ďalšie štúdium a vždy mu postačovalo len poďakovanie. Je ovenčený mnohými vyznamenaniami, tu spomenieme len Čestnú plaketu SAV Dionýza Ilkoviča za zásluhy vo fyzikálno-chemických vedách. Vo fyzikálnochemickej charakterizácii lokálnych anestetík pokračuje v spolupráci s doc. Filsom Andriamaintym, PhD., bývalým doktorandom prof. Balgavého. Veľa rokov na tejto katedre pracoval prof. Milan Remko, CSc. Ako popredný kvantový chemik sa zameriaval na teoretické štúdium molekulej štruktúry a nekovalentných medzimolekulových interakcií biologicky aktívnych látok s farmakologickými receptormi. V poslednom období sa venoval najmä výskumu antikoagulancií a supramolekulovému prístupu k vývoju nových liečiv. Do pedagogiky zaviedol predmet „Molekulárne základy vývoja liečiv“, ktorý má aj laboratórnu časť pri počítačoch. V jeho pedagogickej aj vedeckej práci pokračuje PharmDr. Vladimír Garaj, PhD. Participuje ako teoretik na projekte APVV „Vývoj nových prístupov na terapiu tauopatií využívajúcich transportné peptidy pre liečivá a protilátky do mozgu“.

Katedra farmakognózie a botaniky (KFB): I liečivá prírodného pôvodu môžu predstavovať zaujímavý objekt pre výskum s prívlastkom biofyzikálny. Možno sem zaradiť nedávne publikácie kolektívu prof. Milana Nagya, CSc. v spolupráci s ÚEF SAV v Košiciach venované inhibícii tvorby amyloidov, resp. možnostiam ich depolymerizácie pôsobením rastlinných polyfenolov.

Katedra galenickej farmácie (KGF): Hlavným zameraním katedry vo výskume aj vo výučbe je farmaceutická technológia. Študuje podmienky, za ktorých sa liečivá a farmaceutické pomocné látky technologickým procesom pretvárajú na liek. Tento vedný odbor využíva poznatky z fyziky, fyzikálnej chémie, farmaceutickej chémie a farmakokinetiky. Katedra disponuje nanotechnologickým a fyzikálno-analytickým laboratóriom. Súčasný výskum pod vedením Dr. Mikušovej, PhD. je orientovaný na využitie nanočastíc na báze chitosanu pre cieleňy transport liečiv s antioxidačnými, antibakteriálnymi, antivírusovými a antikancerogénnymi účinkami.

Podakovanie

Autorky ďakujú prof. P. Balgavému za poskytnutie rozhovoru a materiálov, na podklade ktorých príspevok vznikol, ako aj kolegom za poskytnutie fotografií.

Odkazy

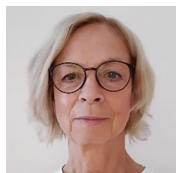
- [1] P. Balgavý, Second International Seminar on the Transfer of Excitation Energy in Condensed Matter, Prague, Czechoslovakia, 29. – 31. 8. 1972.
- [2] P. Balgavý and O.A. Azizova, International Conference on the Bases of the Biological Effects of Ultraviolet Radiation, Brno, Czechoslovakia, 2. – 5. 10. 1972.
- [3] P. Balgavý and F. Devínsky, Adv. Coll. Int. Sci., 66 (1996), 23-63.
- [4] L. Horniak, F. Devínsky, P. Balgavý, I. Lacko and L. Ebringer, PV 03560-88, AO CS 269 549 B1.
- [5] Biofyzika napätovo závislých iónových kanálov. L. Lacinová and D. Uhríková (Eds.), Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava (2010).
- [6] D. Uhríková et al., Biofyzika – vybrané kapitoly. (Eds.), Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava, 2015.
- [7] M. Pisárčik, M. Lukáč, J. Jampílek, L. Pašková, F. Bilka, A. Bilková, F. Devínsky, J. Vaľko, R. Horáková, J. Hošek, M. Březina and T. Opravil, J. Mol. Liq., 365 (2022), 120210.

Autorky



Mária Klacsová, Mgr. PhD.

Katedra fyzikálnej chémie liečiv, Farmaceutická fakulta,
Univerzita Komenského v Bratislave.



Jana Gallová, doc. RNDr. CSc.

Katedra fyzikálnej chémie liečiv, Farmaceutická fakulta,
Univerzita Komenského v Bratislave.



Daniela Uhríková, prof. RNDr. CSc.

Katedra fyzikálnej chémie liečiv, Farmaceutická fakulta,
Univerzita Komenského v Bratislave.
Vedúca katedry.

VII. Biofyzika vo všeobecnej fyziológii na SAV v Bratislave

Biofyzikálny prístup k výskumu vo všeobecnej fyziológii začal rozvíjať MUDr. Jozef Zachar v rámci základného neurofyziologického výskumu na Slovenskej akadémii vied. Štúdium bunkovej vzrušivosti ho viedlo k formovaniu multidisciplinárneho tímu a k posunu vedeckého zamerania Oddelenia všeobecnej fyziológie k bunkovej aj molekulovej úrovni. Prioritné výsledky priniesli oddeleniu medzinárodný punc a akademikovi. Zacharovi vedúce postavenie v československej vede, ktoré vyústilo do založenia Centra fyziologických vied SAV. Biofyzika bola vlajkou oddelenia aj do zániku centra vo víre zamatovej revolúcie. Stredná generácia biofyzikov vychovaná na oddelení sa po získaní zahraničných skúseností vrátila a napriek „všetkému“ úspešne rozvíja biofyziku vo fyziológii aj dnes.

Biofyziku, ktorá ako vedný odbor vznikala na prelome 19. a 20. storočia, veľmi významne formovala fyziológia. Samotná biofyzika zároveň zohrala kľúčovú úlohu pri rozvoji fyziológie a vzniku všeobecnej fyziológie. Všeobecná fyziológia sa zaoberá identifikáciou univerzálnych procesov prebiehajúcich v živých organizmoch a ich vysvetľovaním na základe poznatkov fyziky, chémie a biológie. Všeobecná fyziológia sa stala zdrojom výskumných tém pre biofyziku a biofyzika poskytla metodický prístup k meraniu a interpretácii pozorovaní. Tento text mapuje synergiu rozvoja všeobecnej fyziológie a biofyziky na Slovensku od začiatku 50. do konca 80. rokov minulého storočia. Celkovo je tento text mojím subjektívnym výkladom udalostí, tak ako si ich pamätám (po r. 1973), alebo ako som o nich počul od priamych účastníkov. K udalostiam, ktoré sa ma priamo týkajú, sa budem vyjadrovať v prvej osobe.

Na Slovensku sa všeobecná fyziológia začala rozvíjať po 2. svetovej vojne, hlavne v rámci Slovenskej akadémie vied. Oddelenie všeobecnej fyziológie (OVF) vzniklo inštitucionálne v roku 1965 v rámci Ústavu normálnej a patologickej fyziológie SAV, osamostatnením laboratória MUDr. Jozefa Zachara, CSc., od Oddelenia neurofyziológie, keď sa Ústav experimentálnej medicíny SAV rozdelil na viacero lekárskeho ústavov. V jadre formovania a riešenia vedeckého smerovania OVF bola od začiatku biofyzikálna metodológia. Neskôr boli v rámci oddelenia realizované biofyzikálne projekty a vedecká výchova z biofyziky, ktoré sa zaradili medzi priority oddelenia.

V rámci všeobecnej fyziológie Jozef Zachar rozvíjal projekt základného výskumu elektrickej vzrušivosti buniek – bunkovej elektrofyziológie. Tento projekt

bol prirodzeným pokračovaním jeho doktorandského štúdia, ktoré absolvoval začiatkom 50. rokov pod vedením prof. MUDr. Z. Servíta (súbežne so svojou manželkou MUDr. Dáriou Zacharovou vedenou doc. RNDr. B. Eckertom) na oddelení prof. Ernesta Gutmanna, vznikajúcom v rámci zakladania Fyziologického ústavu ČSAV v Prahe (1954).

Pre neskorší vývoj bolo dôležité, že Jozef a Dária Zacharovci získavali vedecké skúsenosti v tíme prof. Gutmanna, ktorý pred 2. svetovou vojnou pôsobil na Oxfordskej univerzite a ktorý v povojnovom Československu rozbiehal základný lekárske výskum. V povojnovom období si totiž veda v Československu hľadala zmysluplné zameranie, ktoré by bolo nezávislé od vtedy ideologicky nepriateľského zahraničia a v značnej medzinárodnej izolácii. Problém vedeckého zamierania riešili aj mladí Zacharovci – tak boli manželia známi, a tak bol nazývaný aj ich tím v československej vedeckej komunite. Zacharovci sa vydali za poznávaním mechanizmov elektrogenézy a kontraktility kostrových svalových buniek. Napriek ich nespornej vedeckej erudícii, podloženej výbornou kvalitou dizertačných prác a publikácií, bola ich originálna voľba často spochybňovaná. Vtedajšie autority lekárske vied načas uviazli v celostnej teórii fyziológie a preferovali smerovanie výskumu od organizmu ku tkanivu. Doktor Zachar však veľmi dobre



**prof. MUDr. Jozef Zachar, DrSc.,
(1925 - 2000),
akademik SAV a ČSAV**

Popredný slovenský vedec, laureát Štátnej ceny Klementa Gottwalda. Podpredseda SAV, predseda Vedeckého kolégia SAV pre biologicko-lekárske vedy. Zakladateľ a vedúci Oddelenia všeobecnej fyziológie (1965 – 1990). Zakladateľ a riaditeľ Centra fyziologických vied SAV, riaditeľ Priamo riadených pracovísk CFV SAV (1981 – 1989). Zakladateľ a riaditeľ Ústavu molekulárnej fyziológie a genetiky SAV (1990). Profesor Lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave. Predseda Československej a Slovenskej fyziologickej spoločnosti. Koordinátor Hlavnej úlohy štátneho plánu základného výskumu a Úlohy komplexného programu RVHP. Člen Ústredného výboru KSS, predseda ZO KSS na ÚNPF SAV. Manželka MUDr. Dária Zacharová, CSc., (rod. Beláčková, 1924 – 1994). Celoživotná partnerka, opora, najbližšia vedecká spolupracovníčka a zástupkyňa Jozefa Zachara, duša Oddelenia všeobecnej fyziológie, členka Mestského výboru KSS v Bratislave. Syn MUDr. Andrej Zachar, kardiológ.

pochopil heuristický potenciál moderných neurovied založených na vývojovej fyziológii, biochémií, ale hlavne na biofyzike – teda na fyzikálnej objektivite meraní a interpretácii pozorovaní, možnej len na izolovaných bunkách. Najsilnejšiu podporu jeho argumentom poskytli biofyzikálne štúdie prebiehajúce v 40. rokoch minulého storočia, ktoré vyvrcholili objavmi Hodgkina a Huxleyho o pôvode a šírení nervových vzruchov, publikované začiatkom 50. rokov a ocenené Nobelovou cenou v roku 1963. Tieto priekopnícke poznatky boli získané na izolovaných bunkách jednoduchých živočíchov mikroelektrodovou technikou a na izolovaných axónoch sépie metódou napäťového zámku. Inovatívne fyzikálne a chemické metódy otvárali cestu k porozumeniu fyziologických funkcií vzrušivého tkaniva, včítane mozgu človeka, a dávali smer rozvoju všeobecnej fyziológie na celom svete. Všeobecná fyziológia tak našla v biofyzike oporu podobne ako chémia vo fyzikálnej chémii či história v archeológii.

V 50. rokoch boli biofyzikálne metódy vo fyziologických vedách široko využívané aj na Slovensku. Napríklad, na viacerých oddeleniach ÚNPF SAV, kde sa formovalo aj OVF. Slúžili na snímanie fyziologickej aktivity organizmov, orgánov a tkanív. Postupom času sa niektoré laboratóriá posunuli viac k fyziológii tkanív, ale mnohé rozvíjali aj biofyzikálne témy. Veľmi významné boli projekty zamerané na štúdium elektrického poľa srdca človeka (multielektrodové EKG; MUDr. I. Ruttkay-Nedecký a RNDr. V. Szathmáry), mechanizmov regulácie postoja človeka (stabilometer; Ing. F. Hlavačka), aktivít nervového tkaniva (extracelulárne elektródy; MUDr. J. Pavlásek) či hladkého svalstva (MUDr. J. Török). Mnohé z nich sa rozvíjajú dodnes.

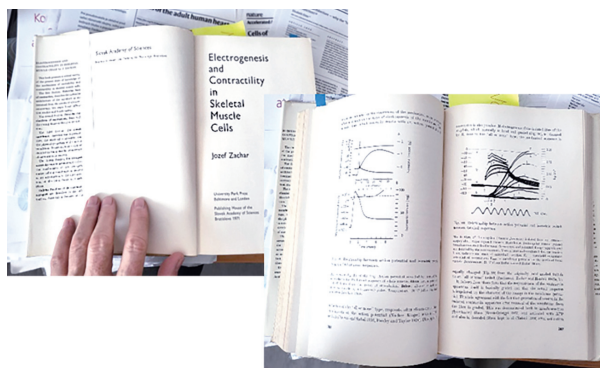
Vedecké zameranie pracovísk v tej dobe formulovali vedúci vedeckí pracovníci a schvaľovali základné organizácie KSČ, v zmysle vedúcej úlohy strany formulovanej zjazdmi KSČ a päťročnými plánmi budovania socializmu. U vedúcich vedeckých pracovníkov sa kládol dôraz na členstvo v KSČ. Vedecká erudícia bola dôležitá, ale sama o sebe nepostačovala. Jozef Zachar spĺňal všetky predpoklady. Nechýbala mu angažovanosť, ctižiadosť a ani húževnatosť. Čoskoro sa stal prirodzeným vodcom v rámci ústavu a neskôr aj na československej úrovni.

Na oddelení pôsobili a desaťročia spolu ťahali káru vedy nielen komunisti či lojálni pracovníci, ale aj kritici režimu. V osobných diskusiách sme svoje názory vyjadrovali otvorene. Celý kolektív sa zapájal do činnosti brigády socialistickej práce, odborov, SZM, a v hojnom počte chodil aj do prvomájových sprievodov. Odhadujem, že kritikov režimu a neangažovaných bola na Zacharovom oddelení mierna väčšina. Vôbec nikoho neprekvapovalo, keď boli do oddelenia (či neskôr do Priamo riadených pracovísk Centra fyziologických vied) prijímaní ľudia s „naštrbeným“ kádrovým profilom.

Z historického hľadiska považujem za dôležité spomenúť hodnoty, ktoré boli vtedy vo vede a na OVF považované za hodné nasledovania, i keď málokedy v daných podmienkach dosiahnuteľné v plnej miere. V prvom rade to bola originalita, pôvodnosť a pravdivosť vedeckých zistení založená na hlbokej znalosti literatúry a na exaktných metodických postupoch. Nasledovala obhájiteľnosť pred vedeckou komunitou, využívanie kolektívneho know-how, interdisciplinárny prístup k riešeniu témy, zameranie výskumu na potreby spoločenskej praxe v súlade so svetovým poznaním, a prioritizácia získaných výsledkov doma a vo svete. Tieto hodnotové kritériá zdedili Zacharovci cez pražskú školu prof. Gutmanna z britskej vedeckej školy. Navyše, Jozef Zachar ich nasával aj priamo počas pobytu na Univerzite v Cambridge (asi v r. 1966/67) u lorda Edgara Douglasa Adriana, držiteľa Nobelovej ceny (1932) za preukázanie elektrickej povahy aktivity neurónov a signalizácie typu „všetko alebo nič“. Laboratórium bolo súčasťou ústavu, kde pôsobil aj Sir A. L. Hodgkin, držiteľ Nobelovej ceny (1963) za vysvetlenie mechanizmu tvorby a šírenia akčného potenciálu nervových buniek. Prijatie a napĺňanie týchto hodnôt prinieslo Zacharovi medzinárodné uznanie. Zásady vedeckej tvorby presadzoval nekompromisne na svojom oddelení a vyžadoval ich všade, kde mal vedeckú a manažérsku zodpovednosť. V prvom rade ich však celý život uplatňoval sám na seba. Vedelo sa, že na dovolenku, a ako astmatik zároveň na rekonvalescenciu, chodil raz ročne do Vysokých Tatier. Brával si dva kufre. Jeden na oblečenie a druhý na separátne výtlačky vedeckých prác, ktoré si nestihol prečítať počas týždňov pred dovolenkou. Pri návrate sršal novými myšlienkami a energiou ich realizovať. Tak, ako mu pevné zásady pridávali na autorite, tak mu prirodzene uberali na obľúbenosti. V každom prípade, jeho škola vyprodukovala množstvo úspešných absolventov s tradičnými vedeckými hodnotami vo vienu.

Riadenie oddelenia bolo v tej dobe manažérsky náročné. Vedecký priemysel neexistoval a laboratórne zostavy, akokoľvek zložité a citlivé, sa vyrábali na kolene. Typickým znakom infraštruktúry vtedajších vedeckých ústavov boli podporné dielne. Zámočnícke, elektrikárske, fotografické, sklárske, niekde aj práčovne. Na lekárskech ústavoch to boli navyše zverince pre laboratórne hlodavce, obojživelníky, hmyz, ale aj odchytené túlavé mačky a psy. Logicky, nesmierne dôležitá bola personálna, vtedy kádrová, politika na kvalitné zabezpečenie prevádzky a vedeckých úloh.

Obdobie prelomu 60. a 70. rokov bolo v osude oddelenia i vo vedeckej kariére Jozefa Zachara zlomové. Koncom 60. rokov absolvoval ročný študijný pobyt na Univerzite v Cambridge. Obhájil doktorskú dizertačnú prácu a získal vedeckú hodnosť DrSc.



Ukážka z knihy J. Zachara: Electrogenesis and contractility in skeletal muscle cells
(Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 1971)

Na jej základe vydal objemnú monografiu *Electrogenesis and Contractility in Skeletal Muscle Cells* [University Park press and Publishing House of SAS, 1971, pp. 638], v ktorej zhrnul fakticky všetky poznatky publikované vo svetovej literatúre do r. 1969 a prepísal ich s poznatkami získanými jeho oddelením. Absolvoval proces stranických previerok po r. 1969, ktorý viedol k preskupeniu vedúcich kádrov vo vedení ústavov SAV a k povereniu Zachara zodpovednými funkciami v strane a vo vedení SAV. Dosiahol presťahovanie oddelenia zo Sienkiewiczovej ulice do novej budovy ústavov lekárskeho vied na Kramároch (r. 1970). Stal sa členom korešpondentom SAV a ČSAV a členom Predsedníctva SAV na pozícii vedúceho 2. oddelenia vied SAV (vedy o živej prírode a chémii). V dôsledku nadmerného fajčenia a pracovného vypätia ochorel na ťažkú astmu. Niet divu, že sa z veselého, obľúbeného a uznávaného šéfa oddelenia stal väčšinou príkry, strohý, stále zaneprázdnený a večne sa ponáhľajúci muž, na prvý pohľad viac funkcionár/manažér ako vedec. Napriek všetkému držal krok s vedeckým poznáním a charizmaticky viedol nastupujúcu generáciu vedeckých pracovníkov oddelenia.

Koncom tejto dekády prišiel Zachar (od r. 1977 akademik), s kolegami v Predsedníctve SAV s koncepciou organizácie vedy v SAV formou vedeckých centier. Z fyziologických ústavov vzniklo Centrum fyziologických vied SAV (CFV; 1981) vedené Zacharom a riaditeľmi zakladajúcich ústavov. Krátko po vzniku CFV bolo OVF, stále vedené Zacharom, vyčlenené z ÚNPF SAV do novozriadených Priamo riadených pracovísk (PRP) CFV, tiež vedených Zacharom. OVF tak získalo privilegované postavenie a stalo sa objektom záujmu menej „šťastných“ výskumných tímov v rámci CFV SAV. Váhou svojej osobnosti podnietil intenzívny personálny a metodický rozvoj PRP CFV. Nepamätám si presne počet zamestnancov, ale v r. 1989 mala základná organizácia ROH na PRP aj 220 členov v niekoľkých

vedeckých oddeleniach a vývojových dielňach s experimentálnou výrobou lokalizovanou v Pezinku. Akademik Zachar mal všetky zmeny dobre premyslené a odôvodnené, no i tak narážali na reaktívny nesúhlas niektorých osobností a skupín okolo nich. Bez silnej podpory organizácií KSS na ústavoch, a hlavne na mestskej a ústrednej úrovni, by sa projekt reorganizácie vedy sotva podarilo realizovať. Doba Gorbačovovej perestrojky ešte nenastala a vedecká komunita, unavená z traumy po Poučení z krízového vývoja v strane a spoločnosti (1970) a následnej normalizácii, nebola na veľké zmeny pripravená. Vznik centier však mal silný politický význam – súvisel s posunom vedy na vedúce miesto v spoločnosti. Krásnym ideologickým príkladom bola v máji 1979 návšteva prvej kozmonautky Valentyiny Tereškovovej na pôde CFV SAV. Po vynovených a vyblýskaných priestoroch ju sprevádzal akademik Zachar a vedúci predstavitelia SAV a KSS.

Vysoká kvalita vedeckej práce na OVF bola potvrdená v r. 1982 udelením Ceny SAV kolektívu vedeckých pracovníkov J. Zachar, M. Henček, J. Poledna, I. Zahradník, A. Berec, a D. Zacharová, za prioritné výsledky za ostatných päť rokov z oblasti biofyziky, experimentálnej elektrofyziológie, matematického modelovania a ultraštruktúry svalových buniek.

Dôležitým aspektom vedeckej prestíže OVF bolo organizovanie domácich a medzinárodných vedeckých konferencií. Patrilo sem aj organizovanie 6. Československého biofyzikálneho kongresu s medzinárodnou účasťou v apríli 1985. Medzinárodné konferencie mali bohatú účasť vedcov z krajín RVHP a atraktívnych hostí z USA a západnej Európy.

Vedecký vývoj

Pohľad na vedecké publikácie produkované na OVF ukazuje na štyri obdobia (dekády) rozvoja biofyziky. Ich spoločným menovateľom bola bunková elektrofyziológia.

Obdobie 50. rokov charakterizujú publikácie autorskej dvojice Zachar – Zacharová, alebo obrátene. Doznieva v nich téma neurofyziológie a tematický vplyv pražskej školy z obdobia doktorandských štúdií. V novozaloženom oddelení (OVF) Zacharovci študovali, vtedy ešte pomocou extracelulárnych elektród, excitabilitu a kontraktilitu svalového tkaniva raka riečneho s cieľom zistiť závislosť svalovej aktivity na iónovom zložení extracelulárneho média. V tomto období hýbali vedeckým svetom nové poznatky o pôvode elektrickej vzrušivosti v rôznych biologických tkanivách. Záujem sa sústreďoval na sodíkovú a vápnikovou hypotézu elektrogenézy, teda tvorbu akčného potenciálu závislú na prítomnosti Na^+ a Ca^{2+} iónov.

Mechanizmy rozdielov v elektrogenéze čakali na vysvetlenie, avšak experimentálne údaje boli vzácne. Metodickú výbavu vtedy tvorili podomácky zostrojené stimulatory a záznamníky na princípe mechanického galvanometra ryjúceho

čiaru do rotujúcej rolky papiera počierneného grafitom. Elektródy sa vyrábali z plieškov a drôtov inertných kovov ako zlato a platina. Keďže trh s vedeckými prístrojmi ešte neexistoval, vedecké tímy si budovali dielne a prijímali konštruktérov experimentálnych zariadení. Takto Zachar prijal do OVF Ing. Michala Henčeka, CSc., elektrotechnického inžiniera s mimoriadnym konštruktérske a experimentátorským talentom. Teoretická príprava MUDr. Zachara a konštruktérske umenie Ing. Henčeka umožnili prijať najnáročnejšiu výzvu tej doby – snímanie elektrickej aktivity jednotlivých buniek pomocou mikroelektród. Henček postavil zariadenie na výrobu sklenených mikropipiet so submikrónovým hrotom, zhotovil mechanické mikromanipulátory na zavádzanie sklenených mikroelektród do buniek pod mikroskopickou kontrolou, zaviedol prípravu ortuťových a argento-chloridových elektród, navrhol a vyrobil zosilňovače snímaného elektrického napätia a prúdu, citlivé senzory na snímanie mechanického napätia z jednotlivých svalových vlákien, stabilizované zdroje elektrického napätia a prúdu, ako aj zariadení na fotografovanie obrazovky osciloskopu a vyhodnocovanie záznamov z filmov premietaných na milimetrový papier. Tento technologický pokrok vyústil začiatkom 60. rokov do prvých štúdií elektrických vlastností jednotlivých izolovaných buniek v krajinách východného bloku (členov Rady vzájomnej hospodárskej pomoci). Skúsenosti a poznatky sa stali základom pre kultovú monografiu Bureš, Petrůň, Zachar: *Electrophysiological Methods in Biological Research* [Academia Publishing House of CSAS and Academic Press, 1967, pp. 824, 3 vydania].

Obdobie 60. rokov už bolo plne venované svalovej fyziológii. Nosnou metódikou sa vďaka Henčekovi stala elektrofyziológia izolovaných svalových buniek raka riečneho a snímanie akčných potenciálov sklenenými mikroelektródami. Izolácia intaktných svalových buniek bola ťažko prenosným umením. Expertkou bola pani Emília Danišová, laborantka, ktorá dokázala za jedno doobedie vypreparovať aj tri bunky z jedného račieho klepeta. Bohužiaľ, raky boli sezónne živočíchy, pretože v letných mesiacoch, keď sa zvliekali, boli ich svaly mľandráv. Raky odlovené v septembri na základe povolenia poľovníckeho zväzu, sa chovali do jari v nádržiach s objemom 1 m³ so stálym prietokom čerstvej prevzdušnenej vody. Žiaľ, voda z vodárne nie vždy mala potrebnú kvalitu pre raky, čo niekedy viedlo k ich úhynu a často k nekvalitným preparátom. Neskôr sa pre komparatívny výskum rozbehli experimenty na izolovaných svalových bunkách skokanov hnedých, ktoré sa vyznačujú sodíkovou elektrogenézou na rozdiel od svalov raka, ktoré majú vápnikovú elektrogenézu.

Pre zvýšenie produktivity práce boli postupne postavené tri komplexné elektrofyziologické laboratóriá. Prístroje využívali elektrónkovú technológiu generujúcu ohromné množstvo tepla, ktoré odvádzali vodné a vzduchové chladiče a hlučné

ventilátory. V tomto období vznikli na OVF vynikajúce štúdie charakterizujúce vzťah membránového potenciálu a membránovej vodivosti svalových buniek a iónového zloženia extracelulárneho prostredia.

Koncom 60. rokov Jozef Zachar navštevuje Laboratory of Physiology, University of Cambridge, kde znásobil svoju vedeckú erudíciu. Jedným z výsledkov bola priekopnícka štúdia o vzťahu excitability, kontraktility a elektrickej kapacity kostrových svalových buniek k tubulárnemu systému ich povrchovej membrány. Ako ukazuje táto práca, publikovaná v *Nature: New Biology* [Zachar, Zacharova, Adrian, 1972, 239: 153], tubulárny systém povrchovej membrány slúži pre funkčnú väzbu excitácie s kontrakciou v celom objeme svalovej bunky.

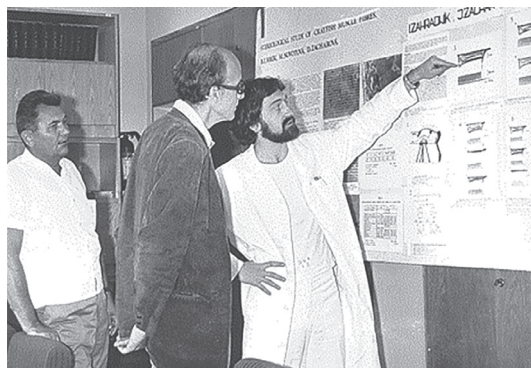
Michal Henček sa postupne špecializoval na sofistikované experimenty a vývoj nových elektrofyziológických metód. Počas študijného pobytu na ústave prof. R. Stämpfliho, v spolupráci s dr. W. Nonnerom v Homburgu (Nemecká spolková republika), v tých rokoch špičkovom pracovisku elektrofyziológického výskumu v Európe, vyvinul originálnu metódu kontroly membránového potenciálu vhodnú pre hrubšie svalové bunky [Henček, Nonner, Stämpfli: Voltage clamp of a small muscle membrane area by means of a circular sucrose gap arrangement. *Pflügers Arch.* 1969, 313: 71]. Nová metóda napäťového zámku sa stala nosnou pre výskum OVF počas 70. rokov.

Jozef Zachar si uvedomoval význam komparatívneho prístupu k riešenej problematike pre komplexnejšiu interpretáciu elektrických bunkových fenoménov. V spolupráci s Ing. Vítom Šajterom, CSc., neskoršieho dlhoročného vedúceho Katedry biofyziky na LF UK v Bratislave, a D. Zacharovou zaviedli v OVF rádioizotopové sledovanie tokov iónov cez povrchovú membránu izolovaných svalových buniek. Používali izotopy sodíka, draslíka, chlóru, vápnika a stroncia. Expertným technikom bol Alojz Melota. Pomocou týchto experimentov odhalili rozdiely vo vnútrobunkovej distribúcii iónov ako aj vzťah medzi iónovými tokmi a ich príspevkom k tvorbe membránového potenciálu v pokoji a pri stimulácii elektrickými pulzami. Pre narastajúce problémy s implementáciou bezpečnostných predpisov bola rádioizotopová metodika po dvoch desaťročiach postupne utlmená.

Významný metodický prínos v tomto období predstavovalo zavedenie elektrónovej mikroskopie. Na Biofyzikálnom ústave ČSAV v Brne bol vyvinutý elektrónový mikroskop vhodný pre pozorovanie biologických preparátov. Priemyselná výroba v Tesle Brno viedla k dostupnosti elektrónovej mikroskopie pre množstvo vedeckých inštitúcií po celom Československu. Mikroskop Tesla BS 613 a metodiku elektrónovej mikroskopie dostal do zodpovednosti MUDr. Branislav Uhrík, CSc., stomatológ, ktorý vďaka svojmu zmyslu pre jemnú prácu a záujmu o vedu úspešne zaviedol spracovávanie zväzkov svalových vlákien a jednotlivých svalových buniek

pre elektrónovo-mikroskopické pozorovanie. Zvládnutie tejto techniky otvorilo na OVF novú oblasť štúdia vzťahov štruktúry a funkcie kostrových svalov. Hlavný prínos elektrónovej mikroskopie spočíval v uvedení si potreby poznania vnútornej organizácie buniek pri interpretácii experimentov na bunkovej úrovni a v postupnom posune zamerania výskumu na subcelulárnu aj molekulárnu úroveň.

Obdobie 70. rokov prinieslo ďalší metodologický rozvoj OVF. V elektrofyziologických laboratóriách dominovala nová metóda napäťového zámku Ing. Henčeka, ktorá umožňovala charakterizovať špecifické iónové prúdy a ich úlohu v tvorbe akčného potenciálu. Jadrom tejto metódy bol kužeľovitý ihlan s koncentrickou sústavou prstencov na 350 mikrónov širokom hrote, na ktorý sa pritlačila meraná svalová bunka. Výroba takejto súčiastky trvala Henčekovi asi 3 týždne, mne asi 3 mesiace, pričom jej životnosť bola 1 aj 2 roky. Niet divu, že po niekoľkých rokoch sme prešli na vtedy novú metódu Nonnera a Stämpfliho, pôvodne vyvinutú pre Ranvierove nódy. Jej aplikácia na svalové bunky však bola limitovaná prácnou izoláciou jednotlivých buniek. Túto slabinu som prekonal preparáciou krátkych fragmentov svalových buniek, ktoré sa dali rýchlo izolovať zo svalových zväzkov. Trik spočíval v príprave špeciálneho roztoku napodobujúceho cytosól buniek, aby nedošlo ku kontrakcii a rozpadu otvorenej bunky. Metóda fragmentov umožňovala manipulovať s vnútrobunkovým iónovým zložením. Výsledkom boli originálne záznamy čistých vápnikových prúdov na račích svalových bunkách a ich základná charakterizácia.



Ivan Zahradník prezentuje prvé záznamy čistých vápnikových prúdov prof. Edwardsovi (USA) na seminári OVF. Vľavo Ing. M. Henček. Plagát bol z fotiek nalepených na rysovací hárok.

K elektrofyziológii a elektrónovej mikroskopii pribudla biochémia, ktorá do výskumu v OVF priniesla molekulárny pohľad. RNDr. Zdeno Mahrla pod vedením Jozefa Zachara analyzoval lipidové zloženie izolovaných membránových frakcií a aktivitu Ca-ATPázy svalových buniek kôrovcov a cicavcov. Komparatívna

analýza odhalila zásadnú podobnosť medzi kostrovými svalmi vývojovo veľmi vzdialených druhov a zároveň poukázala na rozdiely v subcelulárnej distribúcii lipidov. V tomto období sa začala rozvíjať spolupráca s biochemickou skupinou MUDr. Michala Ruščáka, DrSc., ktorá sa plne rozvinula v ďalšom desaťročí.

Jozef Zachar rozvíjal multidisciplinárny prístup k výskumu. Prijal RNDr. Juraja Polednu, talentovaného matematika so záujmom o biologický výskum. Dr. Poledna sa postupne vyprofiloval na vedúcu osobnosť biofyziky na ústave. Zaviedol sofistikované metódy merania membránovej kapacity svalových buniek multielektrodovými technikami, ktoré vyžadovali analýzu pomocou matematického modelu. Bol hlavným autorom série prác osvetľujúcich excitabilitu kostrových svalových buniek.



Oddelenie všeobecnej fyziológie, bronzová brigáda socialistickej práce.

Zľava doprava: Horný rad: Juraj Poledna – matematik-biofyzik; Alojz Melota – chemický laborant;

Milka Danišová – biologická laborantka; Eva Szabová – fototechnička;

Magda Kontšeková-Juhászová – študentka biochemička; Miroslav Lančí – zámočník;

Judita Talianová – tajomníčka JZ; Alojz Berec – elektroinžinier a konštruktér;

Ivan Zahradník – chemik-biofyzik. Stredný rad: Erika Tkáčová – sekretárka a knihovnička;

Gabriela Sedláriková – biologická laborantka; Monika Béderová – všeobecná laborantka;

Želmíra Tomková – študentka biochemička; Marta Novotová – fyziologička-morfologička;

Anna Repaská – chemická laborantka; Pavol Barek – elektroinžinier a konštruktér.

Dolný rad: Michal Henček – elektroinžinier-biofyzik; Elena Lipská – lekárka-fyziologička;

Jozef Zachar – vedúci oddelenia, lekár-fyziológ; Dária Zacharová – lekárka-fyziologička;

Branislav Uhrík – lekár-fyziológ.

Rozvoj matematického modelovania bol už vtedy nemysliteľný bez výpočtovej techniky. Na ústave sa experimentovalo s využitím analógových počítačov (MEDA T, Ing. F. Hlavačka, Oddelenie neurofyziológie). Dr. Poledna sa zamerlal

na digitálnu technológiu. Najskôr to bol stolný minipočítač WANG 2200B, ktorý by sa dnes označoval ako osobný počítač, pretože bol programovateľný vyšším jazykom BASIC, obsahoval klávesnicu, textový TV displej, vonkajšiu kazetovú magnetickú páskovú pamäť, tlačiareň a x-y ploter.

V tej dobe dr. Poledna úzko spolupracoval s Ing. Dušanom Gulíškom, mimoriadne zdatným elektrotechnikom a konštruktérom, ktorý prebudovával elektrónkovú technológiu v laboratóriách postupne na modulárnu tranzistorovú a neskôr integrovanú elektroniku. V trojici s Ing. Henčekom posúvali OVF medzi technologicky najrozvinutejšie pracoviská SAV.

V 70. rokoch došlo k ďalšiemu personálnemu rozvoju OVF. Do laboratória MUDr. Zacharovej nastúpila MUDr. Elena Lipská, CSc., ktorá študovala fyziologické aspekty kontraktility na izolovaných svalových vláknach kôrovcov a stavovcov. Na študijné pobyty a do vedeckej výchovy nastúpilo viacero študentov z rôznych vedných odborov. Aby som zachoval rozumný rozsah tejto kapitoly, spomeniem len tých, ktorí zotrvali na OVF aj po dosiahnutí vedeckej hodnosti CSc. Medzi nimi boli bioložička Marta Novotová, ktorá nastúpila k Dr. Uhríkovi, a fyzikálny chemik Ivan Zahradník (autor kapitoly), ktorý nastúpil k MUDr. Zacharovi.

Obdobie 80. rokov. Založenie CFV SAV a Priamo riadených pracovísk vyvolal v OVF rad inovačných počínov. Veľmi som sa tešil na písanie tejto etapy, pretože v tomto období to na OVF doslova kypelo pracovnou aktivitou a novátorskými počínmi, s cieľom držať krok s rozvojom vedy vo svete a s novým programom komunistických strán známym ako perestrojka. Toto obdobie však bolo tak bohaté na udalosti, že by potrebovalo samostatnú kapitolu s titulom napríklad „Rozkvet a pád OVF vo víre dejín“. Obmedzím sa preto len na hlavné udalosti s progresívnym dopadom na rozvoj biofyziky.

Laboratórium elektrónovej mikroskopie získalo špičkový stroj JEM 1200 (Jeol, Japonsko) umožňujúci nielen transmisné, ale aj skenovacie pozorovanie, a röntgenovú prvkovú analýzu preparátov (B. Uhrík, M. Novotová, M. Turek). Mikroskop bol určený pre všetky ústavy. Technickú a odbornú expertízu poskytovala Marta Novotová, ktorá tento mikroskop udržiava a intenzívne využíva dodnes.

Vďaka aktivite J. Polednu a podpore akademika Zachara získali PRP CFV výkonnú výpočtovú techniku, malý sálový počítač SM 4-20 (Datasytém). V spolupráci s Dušanom Gulíškom, Milanom Hladkým a tímom Biomatematického laboratória PRP (Ing. Miloš Karhánek, Ing. Ivan Stavrovský, a Ing. Ján Hochmann) vybudovali výpočtové centrum, ktoré poskytovalo nielen slušný výpočtový výkon, ale vďaka jednotke styku s prostredím (analogovo-číslicovému prevodníku), externému pamäťovému disku a originálnemu softvéru umožňovalo

zber a analýzu experimentálnych dát. OVF PRP CFV sa tak stalo prvým pracoviskom na Slovensku, ktoré začalo využívať digitálne technológie na vedecký výskum. V tejto súvislosti nemožno nespomenúť pobyt geniálneho ukrajinského biofyzika Jurija Osipčuka, PhD., v našom patch-clamp laboratóriu v lete 1986. Dr. Osipčuk bol expert na personálne počítače z Fyziologického ústavu im. Bogomoľca v Kyjeve. Vedel postaviť zo súčiastok a programovať v hexadecimálnom kóde osobné počítače typu IBM v čase keď boli embargované. Za 3 mesiace vytvoril komunikačný systém medzi jednotkou styku s prostredím počítača SM 4-20 a našim patch-clamp laboratóriom prostredníctvom stolného počítača Didaktik Alfa (v alternatíve aj PMD 85), pre ktorý vymyslel systém okien podobný ako MS-Windows. Yura neskôr pôsobil ako hlavný vývojár pre neurofyziologickej firmy Axon Instruments v USA.

Vďaka novej výpočtovej technike Dr. Poledna rozvíjal matematické metódy analýzy a modelovania experimentálnych dát. V úzkej spolupráci s Ing. Henčekom a s novými kolegami a študentmi biofyziky (Milan Hladký, Ľubica Lacinová) sa koncentroval na štúdium vrátkovacích prúdov iónových kanálov svalových buniek vyžadujúce vysokú biofyzikálnu expertízu. Pamätný je viacmesačný pobyt dr. Bernda Niliusa, absolventa fakúlt medicíny a matematiky na Univerzite v Halle, NDR, v laboratóriu Juraja Polednu. Neskôr v 90. rokoch sa Bernd Nilius stal profesorom Katolíckej univerzity v Leuvene, Belgicko, a jedným z najvýznamnejších biofyzikov-fyziológov na svete.

Naplnlo sa rozbehla vedecká spolupráca OVF s novými oddeleniami PRP CFV SAV. Pribudli nové živočíšne a bunkové modely (svaly pakobyľky a saranče, vajíčka pazúrnatky *Xenopus Laevis* – Marta Novotová), tkanivové kultúry (Katarína Rýdlová a Gizela Gajdošíková), planárne lipidické membrány (Ondrej Hurňák, Peter Proks), molekulárno-biochemické metódy izolácie a purifikácie proteínov pre izoláciu RyR (Jana Benková, rod. Formelová) a DHPR kanálov (Ol'ga Križanová, Soňa Hudecová).

V roku 1984 dal akad. Zachar mne a Ing. Alexandre Zahradníkovej, CSc. (chemickej inžinierke, mojej manželke, ktorá v tom čase vyvíjala glukózový senzor vo vývojových dielňach PRP CFV), za úlohu „do roka a do dňa“ zaviesť na OVF prelomovú elektrofyziologickú metódu patch-clamp publikovanú v r. 1981, za ktorú bola o 10 rokov neskôr udelená jej autorom E. Neherovi a B. Sakmanovi Nobelova cena. Úlohu sme splnili za 9 mesiacov, a tak sme sa stali vedeckým párom, ktorý spolu pôsobí a tvorí dodnes. K splneniu úlohy prispelo konštruktérske umenie Ing. Milana Marka, ktorý dokázal zostrojiť patch-clamp zosilňovač na báze domácich súčiastok, a tiež plná podpora akademika Zachara, ktorý nám vytvoril priestor pre totálnu prestavbu laboratória a využitie existujúcich prístrojov

a materiálov. Na jeho a aj naše veľké sklamanie sa nám však nepodarilo aplikovať patch-clamp metódu na štúdium iónových kanálov sarkolémy račích a žábich svalových buniek. Objektívnym dôvodom bola príliš hrubá vrstva štruktúrneho kolagénu a polysacharidov na ich povrchu, ktorá sa nedala rozštiepiť dostupnými enzýmami. Aby investícia nevyšla nazmar, iniciatívne sme ako prví v socialistickej sektore zaviedli izoláciu živých srdcových svalových buniek z myokardu cicavcov (r. 1988) vhodných na štúdium patch-clamp metódou.



Vľavo: A. Zahradníková a J. Osipčuk programujú PMD 85 pre riadenie patch-clamp experimentu.
Vpravo hore: Mikroelektroda s prisatou červenou krvinkou experimentátora.
Vpravo dole: Príprava mikroelektrody pre patch-clamp experiment.

Dozrel čas na zásadné rozhodnutie – rozvíjať nosný model výskumu na OVF alebo začať nový smer. Pre toto rozhodnutie bolo potrebné zohľadniť vedecké aj praktické aspekty. Štúdium vápnikovej elektrogenézy račích svalov bolo málo produktívne vzhľadom na ich zložité morfológické vlastnosti a na sezónnosť dostupnosti zvierat. V tomto období sa vďaka technologickému a vedomostnému pokroku začal výskum vo svete uberať smerom k človeku, a teda aj k experimentálnym modelom čo najbližším k ľudským bunkám. S tým súviselo aj ľahšie získavanie finančných zdrojov a prístup do svetových časopisov. Dôležité bolo, že naše know-how získané na OVF bolo plne aplikovateľné na srdcové svalové bunky, pretože tiež majú vápnikovú elektrogenézu (i keď zmiešanú so sodíkovou, čo v tejto dobe bolo vedecky atraktívne) a väzbu excitácie s kontrakciou majú závislú na vápnikovej signalizácii podobne ako kôrovce. Konečné rozhodnutie bolo na nás. S ťažkým srdcom, ale jasnou hlavou sme si vybrali nový smer – štúdium mechanizmov väzby excitácie s kontrakciou na srdcových svalových bunkách.

Rozhodnutie zamerať výskum na srdcové svalové bunky sa ukázalo mimoriadne dôležité pre smerovanie biofyziky na našom pracovisku po zamatovej revolúcii. Po návrate z USA v 90. rokoch sme s Martou Novotovou, našimi prvými doktorandkami biofyzičkami Janou Pavelkovou a Katarínou Štroffekovou, a technikmi oddelenia pani Milkou Danišovou a Gizkou Gajdošíkovou dokázali na Ústave molekulárnej fyziológie a genetiky SAV, založenom na torze PRP CFV SAV, vytvoriť životaschopný tím produkujúci modernú bunkovú biofyziku a vychovávajúci mladých biofyzikov dodnes.

Záver

Oddelenie všeobecnej fyziológie Ústavu normálnej a patologickej fyziológie SAV bolo miestom pozitívnej deviácie, kde sa v podmienkach rozvinutého socializmu, za železnom oponou, pod vedením akademika Jozefa Zachara, charismatického vedca podporovaného erudíciou a entuziazmom jeho manželky, Dárie Zacharovej, rozvíjala veda na medzinárodnej úrovni. Oddelenie vytvorilo životaschopné podhubie pre vznik a rozvoj biofyziky a vychovalo rad vedeckých pracovníkov. Aj napriek náročným vonkajším okolnostiam niekoľko desaťročí úspešne rozvíjalo biofyziku a všeobecnú fyziológiu, a po zamatovej revolúcii vytvorilo medzinárodne uznávanú školu, ktorá vychovala nové generácie biofyzikov a fyziológov.

Podakovanie

Tento článok vznikol vďaka RNDr. Marte Novotovej, CSc., ktorá písala a zachovala Kroniky OVF (zdroj použitých fotografií), a pomáhala mi pri výbere fotografií a oprašovaní spomienok. Ďakujem Ing. A. Zahradníkovej, DrSc. a PhDr. Ivane Vlachovej, PhD. za cenné pripomienky a redigovanie textu. Ďakujem Ústavu experimentálnej endokrinológie Biomedicínskeho centra SAV, v. v. i., za podporu a tvorivé prostredie. Ďakujem všetkým kolegom a kolegyniam Oddelenia všeobecnej fyziológie, zvlášť akademikovi Zacharovi, za uvedenie do vedeckého života. Ospravedlňujem sa za prípadné nepresnosti a opomenutia. Predsa len, spomienky časom blednú.

Autor



Ivan Zahradník, RNDr. CSc.

Oddelenie bunkovej kardiológie, Ústav experimentálnej endokrinológie, Biomedicínske centrum SAV, v. v. i. Bratislava.
Vedecká výchova pod vedením Jozefa Zachara,
Oddelenie všeobecnej fyziológie 1973 – 1989.

VIII. Príbeh laserov a biofotoniky v Medzinárodnom laserovom centre v Bratislave

Tento príbeh sa začal písať po revolúcii v roku 1989 a trval viac ako tri desaťročia. Jeho cieľom bolo priniesť na Slovensko unikátne moderné vedecké centrum založené na využívaní najpokrokovejšieho zdroja svetla, ktoré človek do dnešného dňa vynášiel: laseru. Medzinárodné laserové centrum (MLC) bolo vytvorené 1. januára 1997 na základe spolupráce medzi FMFI UK, FEI STU a SAV. Jeho tím 24 rokov aktívne budoval pokročilé fotonické laboratóriá, realizoval výskum v oblasti fotoniky a biofotoniky, zabezpečoval vzdelávanie a popularizoval optiku a lasery. Dnes sa MLC rozvíja ako súčasť Centra vedecko-technických informácií SR.

Lasery vo svete a na Slovensku

Na začiatku tohto príbehu bolo svetlo. Laserové svetlo. LASER, skratka výrazu „*Light Amplification after Stimulated Emission of Radiation*“, teda zosilnenie svetla po stimulovanej emisii žiarenia – predstavuje unikátny princíp fungovania tohto prelomového zdroja svetla. Svetlo je vo všeobecnosti podivuhodná substancija, ktorá už po stáročia podnecuje vedcov k prelomovým objavom. Ak sa uplynulé obdobie považovalo za zlatý vek fyziky a elektroniky, nastupujúce 21. storočie môžeme právom považovať za storočie fotoniky – vedného odboru na rozhraní fyzikálnych a technických vied, ktorý skúma generáciu, prenos a detekciu svetla a iných foriem žiarivej energie.

Laser zásadným spôsobom rozvinul oblasť optiky a fotoniky, a dnes nachádza svoje uplatnenie v mnohých oblastiach, ako sú prenos informácií (optické kódovanie a spracovanie obrazu), výroba elektrickej energie (fotovoltaika), záznam informácií (holografia, kompaktné disky), ale aj v modernej medicíne a biológii vo forme rozvoja zobrazovacích metód a systémov pre detekciu a spracovanie obrazu (biofotonika). Možnosť sústredenia koherentného pulzného svetla v extrémne malých časových a priestorových škálach dovoľuje sledovať základné fyzikálne procesy interakcie svetla s hmotou v ešte nepreskúmaných oblastiach, v neživých aj živých systémoch.

V rámci Slovenska sa pred r. 2000 na výskume a vývoji laserových technológií podieľali predovšetkým Výskumný ústav zväračský v Bratislave (VÚZ), ktorý pracoval s 3kW CO₂ laserom na výskume a aplikáciách laserovej technológie

v oblasti zvrárania a rezania kovov a pokračoval v rozvoji aplikácií 5kW CO₂ lasera v oblasti zvrárania, rezania a tepelného spracovania kovových materiálov. Ďalšími pracoviskami boli Štátny drevársky výskumný ústav (ŠDVÚ) v Bratislave, ktorý aplikoval CO₂ lasery pri opracovávaní výrobkov z dreva a Výskumný ústav textilný (VÚT) odb. Bratislava, ktorý využíval polovodičové lasery pre modernizáciu textilných strojov. Zaujímavé výsledky dosiahol aj Výskumný ústav sklársky (VÚS) v Trenčíne, ktorý vyvinul technológiu laserového gravírovania a popisovania na skle ako prvé pracovisko v ČSFR. Výskumný ústav mechanizácie a automatizácie (VUMA) Nové Mesto n. Váhom vyvíjal obrábacie zariadenie grafitových mriežok pre mikroelektronické technológie v spolupráci s ČVUT Praha na báze využitia CO₂ a NdYAG laserov a zaoberal sa výrobou laserových trimovačiek. Vývoj a výroba prototypu YAG:Nd medicínskeho lasera (100W) boli z VUMA od r. 1995 presunuté do firmy AVANTEK s.r.o.

Na vývoji aplikácií optoelektronických zariadení a špeciálnej laserovej techniky do praxe spolupracovali aj mnohé ďalšie firmy zamerané na optiku, elektroniku a výpočtovú techniku, ako napr. firma MicroStep Bratislava, ktorá sa zaoberá vývojom riadiacich systémov o.i. aj pre laserové systémy, či firma KVANT ktorá sa doteraz špecializuje na dovoz, distribúciu a vývoj optoelektronických a laserových zariadení.

Výsledky v oblastiach výskumu a vývoja laserových a optoelektronických technológií v rámci SAV a vysokých škôl viedli k mnohým významným realizačným výstupom, ako napr. vývoju a výrobe interferometra na meranie polovodičových a sklenených substrátov pre Teslu Rožnov (ÚM SAV), realizácii zariadenia na báze CCD kamery pre vyhodnotenie zvyškovej napätosti kremíkových substrátov v rôznych fázach technologického procesu pre Teslu Piešťany, či experimentálnej metodiky pre diagnostiku a posúdenie trhlín v jadrových reaktoroch pre podnik Škoda Plzeň a. s., založenej na holografickej a „speckle“ interferometrii (ÚSTARCH SAV), ktoré využívajú jav interferencie koherentného laserového svetla. Zaujímavým výsledkom bolo tiež vytvorenie optického zariadenia určeného pre diagnostiku respiračnej činnosti pacientov s poškodenou bránicou pre Národný ústav tuberkulózných a respiračných chorôb Bratislava v Podunajských Biskupiciach.

Lasery v medicíne pred rokom 2000

V zdravotníckych zariadeniach na Slovensku sa lasery začali experimentálne používať už v roku 1964. V oblasti oftalmológie sa začalo s laserami klinicky pracovať v r. 1969 (prof. MUDr. Zoltán Oláh, DrSc. Očná klinika LF UK v Martine). Počínajúc týmto obdobím bola vychovaná prvá generácia odborníkov v tejto oblasti,

publikované viaceré odborné práce v oftalmológii a stomatológii, a vykonané viaceré zahraničné cesty slovenských odborníkov s cieľom rozvoja laserovej lekárskej techniky.

Už v r. 1972 v Chirane Stará Turá prebehli rokovania o vývoji a výrobe lekárskeho laserového skalpelu. Na základe intenzívnej spolupráce medzi prof. Z. Oláhom, doc. MUDr. Martinom Tvrdoňom a Oldřichom Vyjidákom vznikla v r. 1977 komplexná monografia „Lasery a medicína“. Prvý odborný seminár o využití laserov v medicíne sa na Slovensku uskutočnil v r. 1982 na Lekárskej fakulte Univerzity Komenského (LFUK). V r. 1980 – 1990 prebehlo niekoľko rokovaní o zriadení laserového lekárskeho centra na Slovensku. Výrazné využitie laserov v liečebnej starostlivosti sa začalo po roku 1988, kedy sa pripravilo a v rokoch 1990 – 1992 realizovalo zakúpenie väčšieho počtu laserov pre oftalmologické kliniky (celkovo 26 zariadení).

Na prelome storočí existovalo na Slovensku niekoľko pracovísk s významnou praxou v aplikácii laserov v rôznych odboroch medicíny. Sú to opäť predovšetkým pracoviská v oftalmológii (Očná klinika Nemocnice F. D. Roosevelta v Banskej Bystrici – doc. MUDr. M. Izák, CSc., Očná klinika FN a LF UK v Bratislave – prof. MUDr. Z. Oláh, DrSc., IVZ Dérerovej NsP v Bratislave – doc. MUDr. A. Černák, DrSc., LF UPJŠ v Košiciach – doc. MUDr. T. Juhás, CSc.), ale aj v otolaryngológii (Klinika ORL LFUK v Bratislave – doc. MUDr. J. Kľačanský, CSc. a ORL odd. Nemocnice F. D. Roosevelta v Banskej Bystrici – MUDr. D. Rutšeková, CSc., doc. MUDr. J. Točík, CSc., ORL Bratislava-Ružinov). Významné boli aj ďalšie pracoviská v iných odboroch medicíny (kliniky gynekológie Dérerovej NsP Bratislava – MUDr. O. Sádovský, CSc., stomatológia LFUK Bratislava – doc. MUDr. M. Tvrdoň, plastickej chirurgie NsP Bratislava-Ružinov – MUDr. V. Minarovjeh, pneumológie ÚRCH Vyšné Hágy – MUDr. E. Šebová, CSc., gastroenterológie NOÚ Bratislava – MUDr. V. Vráblik, CSc., urológie Dérerovej NsP Bratislava – doc. MUDr. J. Breza, DrSc.). Metódami laserovej diagnostiky v medicíne a v biológii sa zaoberali NOÚ Bratislava – MUDr. B. Chorváth, CSc. a Matematicko-fyzikálna fakulta Univerzity Komenského (MFF UK, dnes Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK) Bratislava – prof. RNDr. Dušan Chorvát, DrSc.

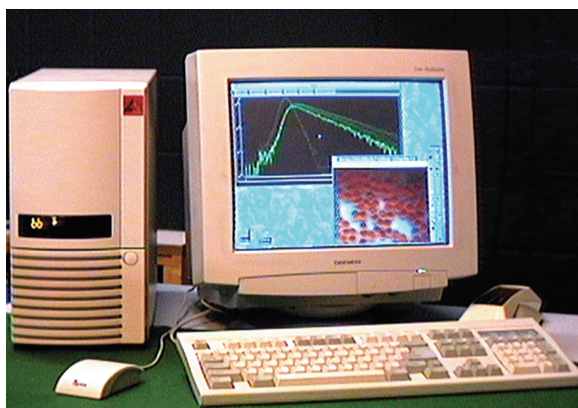
Prvé kroky

V roku 1992 Akademický senát UK zaradil do programu rozvoja UK výskum a aplikáciu laserov a v roku 1993 Rektor UK zriadil Koordinačné centrum pre aplikáciu laserov (KCAL), reprezentované predovšetkým pracoviskami LFUK a MFF UK, v rade ktorého pracovalo 14 významných odborníkov s oblasti medicíny

a vedy. Predsedom rady sa stal doc. MUDr. M. Tvrdoň, CSc. V r. 1994 Koordinačné centrum usporiadalo prvý komplexný odborný seminár „Lasery pre zdravie 94“ (10. – 11. november 1994) pre širokú lekársku verejnosť, ktorý mal za cieľ zmapovať súčasný stav laserov v medicíne na Slovensku.

Biomedicínska fyzika

Postupom času vznikla potreba vytvoriť nový odbor, ktorý by sa zaoberal vývojom a aplikáciami najmodernejšej techniky a metodík pre zdravotníctvo, prípravu špecialistov pre zdravotníctvo a biomedicínske smery výskumu a zahŕňal by aj rozvoj aplikácií laserov v medicíne. Rozvoj tohto interdisciplinárneho odboru vyžadoval úzku spoluprácu lekárov, biológov, fyzikov a technikov. V roku 1995 preto na báze spolupráce MFF UK a LFUK, po oficiálnom súhlase Ministerstva zdravotníctva SR zahájila Univerzita Komenského výchovu medziodborového štúdia v odbore „Biomedicínska fyzika“. V rámci rozvoja tejto špecializácie bolo na pôde MFF UK v spolupráci s LFUK zrealizované študijné laboratórium pre digitalizáciu a spracovanie obrazu.



Prvé študijné laboratórium pre digitalizáciu a spracovanie obrazu na MFF UK v Bratislave (1996)

Príprava projektu spoločného laboratória

Toto laboratórium nadväzovalo na aktivity spoločného experimentálneho laserového praktika vytvoreného na MFF UK v spolupráci s Moskovskou štátnou univerzitou, Ruská federácia, v rámci ktorého sa riešili viaceré úlohy ako napr. využitie metodiky spektroskopie s vysokým časovým a priestorovým rozlíšením pre štúdium molekúl a laserovej ablácie, laserovej fluorescenčnej mikroskopie a mikrofotolýzy v diagnostike buniek a vývoj lidarových techník pre štúdium znečistenia ovzdušia.



Profesor Dušan Chorvát (MFF UK) a prorektor Moskovskej štátnej univerzity Lomonosova (MSU) profesor Nikolaj Korotejev pri rokovaní o spoločnom laboratóriu Univerzity Komenského a MSU v Moskve

Laser vo svete vedy a techniky znamenal revolúciu, ktorá pokračuje od doby jeho objavenia dodnes. Preto aj v rámci Slovenska koncom milénia prirodzene vznikla myšlienka vytvoriť spoločné centrum, ktoré by umožnilo skúmať rôzne možnosti využitia laserového svetla, a to tak v oblasti materiálových technológií, ako biológie, medicíny a environmentalistiky, a ich praktických aplikácií.

Od založenia Medzinárodného laserového centra po súčasnosť

Začiatok príbehu vytvorenia Medzinárodného laserového centra sa začal písať v r. 1995 a súvisel predovšetkým s procesom deblokácie ruského dlhu. Vychádzal z dlhodobých vzťahov medzi viacerými slovenskými univerzitnými pracoviskami a tiež z iniciatívy prorektora MSU v Moskve prof. N. Korotejeva.

Slávnostné otvorenie MLC v Bratislave

N. Korotejev pri príležitosti návštevy premiéra SR V. Mečiara navrhol použiť prostriedky dlhu RF voči SR na vybudovanie laserových laboratórií na pôde slovenských výskumných inštitúcií po vzore špecializovaného Medzinárodného laserového centra Moskovskej štátnej univerzity Lomonosova. Zámer vytvorenia MLC tak predstavoval samostatný projekt na rozvoj infraštruktúry vysokých škôl z prostriedkov deblokácie Ruského dlhu, na realizácii ktorého participovali STU, UK, SAV a Moskovská štátna univerzita Lomonosova na základe uznesenia vlády SR č. 652/97 zo dňa 1. 10. 1996. Po viacerých peripetiách a rýchlej prestavbe priestorov na FEI STU a MFF UK vzniklo MLC k 1. 1. 1997, slávnostne bolo otvorené v máji 1997 za prítomnosti premiéra RF V. Černomyrdina a premiéra SR V. Mečiara.



Ministerka školstva E. Slavkovská, predstavitelia Vlády SR a rektor MGU akademik V. Sadovničij pri slávnostnom otvorení MLC v r. 1997

Budovanie Medzinárodného laserového centra prebiehalo v troch fázach. Prvá fáza sa realizovala v rokoch 1997 – 1999 na základe spomenutého uznesenia vlády a podľa kontraktu 7/97-B, podpísaného 7. 8. 1997 medzi MLC Bratislava a MLC Moskvskej štátnej univerzity (ILC MSU, Moskva), Rusko. Tento kontrakt bol po dodávke ruských lietadiel prvým kontraktom na dodávku civilnej techniky z prostriedkov dlhu Ruskej federácie, a otvoril úplne nové možnosti práve vo financovaní rezortu vysokého školstva. Umožnil vybaviť MLC Bratislava bázovým vybavením v cene, ekvivalentnej 3 mil. USD. Počas tohto obdobia sa odohrali rozsiahle bilaterálne rokovania a návštevy vo vedeckých inštitútoch a podnikoch v rámci Ruskej federácie, ale aj v zahraničí (EÚ, Kanada, USA), s cieľom vybrať optimálne vybavenie a nastaviť organizačnú štruktúru novovznikajúceho centra. Ihneď po otvorení sa primárnou úlohou realizačného tímu centra stala realizácia objednávok a dovozu špeciálnej laserovej techniky. V tejto fáze sa vybudovali výučbové pracoviská a laboratória i) laserových mikrotechnológií, ii) informačných technológií, iii) laserovej metrologie a holografie a iv) optickej diagnostiky s časovo rozlíšenou femtosekundovou spektroskopiou. Ako vidieť z priloženého úryvku z listu prof. Chorváta svojej dcére, budovanie MLC sa nezaobišlo bez dobrodružných momentov, pretože dodávky z RF často prichádzali počas vianočných sviatkov a len samotné ich preclievanie by vydalo na samostatnú zbierku pitoreských príbehov.

Druhá fáza rozvoja MLC sa zrealizovala v rokoch 2000 – 2007 na základe uznesenia vlády SR č. 380/99 zo dňa 12. 5. 1999 a ním schváleného kontraktu 1/99-B, podpísaného 18. 6. 1999 medzi MLC Bratislava, SR a MLC MŠU Moskva, Rusko. Táto fáza sa ukončila v decembri roku 2007 a umožnila vybaviť MLC Bratislava

V pondelok večer a v utorok ráno sa roztopil všetok sneh, zostal len ľad, pršalo a strašne fúkalo. Kamión s prístrojmi stál pred Centrom, takže to nevadilo, ale včera v momente, keď sme začali vykladať, začalo snežiť tak husto, že to nebolo možné vydržať. Všetci sme boli do nitky premočení, a keď sme ho vyložili, ukázalo sa, že kamión je zablokovaný osobnými autami, ktoré postávali všade okolo fakulty. Dve a pol hodiny sme ho vyslobodzovali, aby vedel zísť aj po dolnú zatáčku pri PriFUK. Kamión mal dĺžku asi dvadsať metrov, šírku pol cesty (ktorá sa medzitým snežením scvrkla práve na jeho rozmer) a tak sme postupne odhadzovali sneh a autá z jeho cesty. Asi desaťkrát zapadol, nemal ani lopatu, ani krompáč, ani reťaze. Potom sa zrazil s druhým malým kamiónom, ktorý vozí na fakultu Coca Colu, ale ten mal aspoň reťaze, takže keď sa od seba oddelili, ten druhý mu pomohol. Od nosenia škatulí som mozole nemal, ale od toho čo som ho lopatou vykopával, ich mám. Nech žije doprava v zime!

D. Chorvát – z listu dcére (január 2000)

zvach Operačného programu Výskum a vývoj a Výskum a inovácie sa MLC podieľalo na realizácii štyroch projektov, z toho troch Centier excelentnosti. V projektoch NanoNet a NanoNet2 – „Centrum excelentnosti pre návrh, prípravu a diagnostiku nanoštruktúr pre elektroniku a fotoniku” a BioFoto – „Nové metódy integrovanej nano-bio-fotoniky pre včasnú diagnostiku biologických a environmentálnych faktorov“ bolo MLC koordinátorom. Napriek komplikovanej administratíve a často absurdným byrokratickým podmienkam umožnili tieto projekty udržať trend rozvoja MLC na špičke experimentálnych infraštruktúr v rámci Slovenska.

unikátnym experimentálnym vybavením v cene ekvivalentnej 15 mil. USD z prostriedkov dlhu RF voči SR. Zároveň boli postupne do tímu MLC zapojení rôzni odborníci, vrátane viacerých slovenských vedcov žijúcich v zahraničí, ktorí využili ponuku na návrat domov a založenie si ďalších vlastných laboratórií. V tejto fáze vzniklo na Slovensku jedinečné a aj z európskeho pohľadu významné interdisciplinárne výskumné centrum v oblasti fotoniky, informačných technológií, nano- a biovied.

Tretia fáza, prebiehajúca od r. 2008 bezprostredne nadväzovala na vybudovanie experimentálnej bázy Centra a niesla sa v duchu začlenenia MLC do výskumných štruktúr v Európe (ako napr. Laserlab Europe, Euro-Bio-Imaging a pod.) Zároveň to bola perióda sprístupnenia možností a výhod unikátnej prístrojovej bázy MLC pre výskum a výchovu odborníkov viacerých oblastí fotoniky rámci SR. Z hľadiska zdokonaľovania vybudovanej infraštruktúry bola od r. 2009 dôležitá realizácia projektov s podporou Štrukturálnych fondov. Vo vý-

Druhý kontrakt



Podpis druhej Zmluvy o deblokácii ruského dlhu v r. 1999

Od roku 2021 bolo Medzinárodné laserové centrum rozhodnutím Ministerstva školstva, vedy výskumu a športu SR zlúčené s Centrom vedecko-technických informácií SR a funguje odvtedy ako organizačná zložka CVTI SR.

MLC – domáca a medzinárodná spolupráca

Medzinárodné laserové centrum v Bratislave bolo v oblasti vedy a techniky v rámci SR osobitnou štruktúrou, pretože bolo budované ako nezávislé štátne prístrojové centrum so špičkovou technikou, využiteľnou pre všetky rezorty a bolo priamo riadené MŠVVaŠ SR. Nebolo súčasťou SAV ani vysokých škôl, ale jeho štruktúra, program a systém riadenia vytvorili predpoklady pre jednoduché vytváranie projektových tímov so spolupracujúcimi organizáciami.

Medzi prvé zmluvne potvrdené vedecké spolupráce so zahraničnými pracoviskami patrili Medzinárodné laserové centrum Moskovskej štátnej university, Ústav pre výskum prenosu informácií Ruskej akadémie vied (IITP RAS), Moskva či Fyzikálny ústav AV ČR Praha. Tieto spolupráce postupne umožnili návrhy projektov a rozvoj Medzinárodného laserového centra v prvých rokoch, ako napríklad spolupráca s Európskym južným observatóriom ESO vo vývoji nových technológií pre vláknové laserové systémy pre vytváranie obrazu umelej hviezdy na použitie v systémoch astronomickej adaptívnej optiky. Ďalšími príkladmi interdisciplinárnej spolupráce na pôde MLC boli aplikácie moderných optických meracích metód na báze laserovej interferometrie a holografie v priemysle a medicíne, oblasť ultracitlivých analytických metód laserovej spektroskopie v chémii, biomedicine či výskume polymérov, a v neposlednom rade oblasť výskumu a vývoja nových materiálov a procesov obrábania pomocou laserov.

Kontakty s Európou

Okrem špeciálneho experimentálneho vybavenia v každom vedeckom centre zameraného na užívateľov je jedným z kľúčových podmienok úspechu zvládnutie veľkých informačných tokov vyplývajúcich zo samotnej povahy výskumnej práce. Prvým krokom pri budovaní MLC preto bolo vytvorenie vysokorýchlostnej dátovej siete na báze technológie ATM, ktorá pomocou prenosu informácií po optických vláknach spájala pracoviská centra na oboch univerzitách rýchlosťou 622Mbit/s. Táto svojho času jedna z najrýchlejších akademických sietí na Slovensku umožnila po doplnení vhodnou kombináciou serverov, pracovných staníc a softvéru v rámci experimentálnych komplexov vytvoriť prostredie pre zložité výpočty a 3D modelovanie dát. Aplikácia vysokorýchlostných spojení na báze optických vlákien tak poskytla podmienky pre rozvoj v oblasti telekomunikácií, telemedicíny a riadenia zložitých systémov v reálnom čase s prenosom videosignálu, vizualizácií a spracovania obrazu, čím sa výskumné tímy MLC zaoberajú dodnes. Otázky data-manážmentu a spracovania rozsiahlych experimentálnych dát sa dnes stali prioritami EÚ pri riešení špičkových infraštruktúrnych grantov. Bolo preto veľkou výhodou mať praktické skúsenosti z tejto oblasti už desaťrošie pred ich širokou potrebou v každodennej praxi.



Philippe Busquin, Európsky komisár pre výskum a vývoj na návšteve MLC v Bratislave

Výskumné priority MLC boli od začiatku zadefinované tak, aby zabezpečili technologickú podporu vedných oblastí definovaných v „Prognóze rozvoja a využívania vedy a techniky do r. 2015“, čiže v oblastiach zameraných na nanomateriály a materiálový výskum, informačné a komunikačné technológie, biotechnológie a biomedicínu. Z uvedených dôvodov boli pracoviská MLC rozdelené do dvoch tematických oddelení: Oddelenie laserových technológií a Oddelenie biofotoniky,

ktoré boli postupne doplnené o externé pracoviská. K významným externým pracoviskám MLC postupne patrili laboratórium experimentálnej a klinickej farmakológie (prof. Ján Kyselovič, PhD., FaF UK v Bratislave), laboratórium aplikovanej biofyziky a farmakológie (prof. Pavol Miškovský, DrSc., UPJŠ v Košiciach), či laboratórium biofotonických technológií (prof. Alžbeta Marček Chorvátová, DrSc., FPV UCM v Trnave). Na Onkologickom ústave Svätej Alžbety v Bratislave bolo vytvorené jedno z prvých oddelení Laserovej medicíny v gastroenterológii na Slovensku (prof. Peter Mlkvý, CSc., OUSA Bratislava).

Najväčšie príležitosti na rozvoj medzinárodnej spolupráce nastali s príchodom Európskych grantov a to predovšetkým vstupom do Laserlab Europe v r. 2009. Tento projekt, ktorý dve desaťročia prepája sieť viac ako troch desiatok excelentných laserových center v Európe otvoril priestor pre širokú spoluprácu. Od r. 2009 sa MLC zapojilo do viacerých Európskych grantov ako napr. Laserlab Europe II, V, N2T2, OPTIMAL, programov COST, NATO ale aj popularizačných projektov GoPhoton!, Photonics 4 All a Carla. Osobitnou kapitolou bola príprava medzinárodnej výskumnej infraštruktúry Euro-BioImaging, v ktorej veľmi aktívne vystupovala Slovenská biofyzikálna spoločnosť pod vedením prof. P. Miškovského, UPJŠ v Košiciach a MLC. Bohužiaľ, vďaka nekonceptnosti riadenia vedy a zapojenia sa SR v rámci ESFRI programu nebola táto snaha úspešne korunovaná vstupom Slovenska do konzorcia Euro-BioImaging ERIC.

Moderné laboratóriá na pôde MLC

Počas svojej éry sa MLC v rámci rôznych spoluprác stalo organizátorom viacerých kongresov, workshopov a praktických škôl, ako napríklad:

- 2022 Workshop školenia používateľov Laserlab Europe Data analysis in Time-Resolved Imaging and Spectroscopy, 2021
- 2018 Workshop o časovo rozlíšených technikách, Laserlab User Community Training School, Biocev Praha
- 2017 Kongres Československej mikroskopickej spoločnosti, Bratislava, Slovensko
- 2016 Workshop o fotonike pre učiteľov, UCM Trnava
- 2015 Festival Svetla v Bratislave
- 2015 Workshop o technológiách založených na svetle, školiaca komunita používateľov Laserlab, UCM Trnava a ILC Bratislava,
- 2015 Workshop o fotonike pre žiakov základných a stredných škôl a Workshop o fotonike pre učiteľov
- 2014 – 2018 (okrem roku 2015) súčasť Školy biofotoniky, Košice

- Škola biofotoniky 2013, ako súčasť Školy používateľov Laserlab Europe III, Košice
- Kick-off míting projektu Laserlab Europe III 2012, Bratislava
- 2011 Workshop o pokročilých optických technikách v biozobrazovaní, funkcie v rámci školy používateľov Laserlab Europe II, Bratislava
- 2010 Seminár o progresívnych (nano-)technológiách a diagnostických prístupoch pre elektroniku a fotoniku
- 2010 Seminár organizovaný k 50. narodeninám prvého laserového experimentu
- 2006 Workshop o biofotonike a molekulárnych simuláciách, Bratislava
- 2002 Laser Physics Workshop, Bratislava
- 1998 Laser Applications in Life Sciences (LALS)

MLC bolo tiež organizátorom prestížnej International Laser Centre SPIE Student Chapter (inaugurovaná 2012, aktívna do r. 2019).



Laboratórium Biofotoniky MLC. Obrázok spektrálne a časovo rozlíšeného konfokálneho mikroskopu

Laser Physics Workshop 2002

Od r. 2021 je Medzinárodné laserové centrum organizačnou súčasťou CVTI SR a slúži ako bázové vedeckovýskumné a vzdelávacie centrum pre laserovú techniku a fotoniku. Jeho poslaním je rozvoj a aplikácia moderných laserových technológií a optickej laserovej diagnostiky v oblasti prírodných, technických, lekárskech, spoločenských a humanitných vied na rôznych úrovniach medzirezortnej a medzinárodnej spolupráce.

Integrálnou súčasťou jeho činnosti je tiež špecializovaná výchova v oblasti graduálneho a najmä postgraduálneho štúdia. V tejto oblasti existujú úzke väzby

najmä so Slovenskou technickou univerzitou v Bratislave, Univerzitou Komenského v Bratislave, Univerzitou P. J. Šafárika v Košiciach a Slovenskou akadémiou vied. Okrem spoluprác na projektovej úrovni poskytuje MLC prístup k svojej infraštruktúre v rámci mnohých bilaterálnych projektov, edukačných aktivít a v zmluvnej spolupráci s rôznymi inštitúciami. Prístup k zariadeniam centra je poskytovaný okrem domácich partnerov aj zahraničným študentom.



Konferencia Laser Physics Workshop, SÚZA, Bratislava, 2002

Záver

MLC bolo v čase jeho vzniku založené na vysoko inovatívnej myšlienke. Myšlienkou založiť organizáciu, ktorá by podporovala iné výskumné organizácie technologickou a odbornou podporou, a umožňovala tak získavať výsledky špičkovej kvality. Publikácie a výsledky počas štvrt' storočia fungovania MLC ukázali, že táto myšlienka bola správna a podporil sa vznik veľkého množstva projektov a publikácii vysokej kvality v spolupráci s najlepšimi univerzitnými tímami, ústavmi SAV, či podnikmi. Predstava takýchto „hub-ov“ je dnes v EÚ bežná. Na Slovensku však doteraz stále chýba inštitucionálna podpora takýchto organizácií, poskytujúcich prístup užívateľov k špičkovým experimentom. Medzinárodné laserové centrum ako unikátna organizácia ukázala v tejto oblasti nový horizont a vniesla na Slovensko nové svetlo – koherentné, laserové.

Podakovanie

Podakovanie patrí všetkým, ktorí prispeli k úspešnému fungovaniu MLC počas jeho vyše 25-ročnej histórie, menovite všetkým súčasným i bývalým zamestnancom, podporovateľom, ale aj študentom a spolupracujúcim inštitúciami.



prof. Dušan Chorvát, DrSc.

Prof. Dušan Chorvát bol zakladateľom medziodborového štúdia biomedicínskej fyziky a jedným zo zakladateľov MLC v Bratislave. Narodil sa 19. februára 1937 v Žiline v rodine považskobystrického učiteľa Jána Chorváta a Boženy Chorvátovej. Bol všestranne nadaný a študoval na viacerých univerzitách: v roku 1953 začal študovať na Fakulte technickej a jadrovej fyziky Univerzity Karlovej v Prahe. V štúdiu jadrovej fyziky pokračoval od r. 1956 na Fyzikálnej fakulte Leningradskej štátnej univerzity a od r. 1957 na Fyzikálnej fakulte Moskovskej štátnej univerzity M.V. Lomonosova. Štúdium ukončil na PriF UK v r. 1961. V r. 1967 – 1974 bol ašpirantom na Fakulte všeobecného lekárstva Univerzity Karlovej a Vojenského lekárskeho výskumného a doškolovacieho ústavu J. E. Purkyně v Hradci Králové. Po obhájení kandidátskej dizertačnej práce v r. 1974 v odbore biofyzika sa venoval najmä otázkam radiačnej bezpečnosti na Ústave hygieny práce a chorôb z povolania v Bratislave ako odborný a vedecký pracovník

(1962 – 1974), neskôr aj ako zástupca vedúceho odboru a vedúci oddelenia (1974 – 1976). V r. 1976 nastúpil do zamestnania na PriF UK. Pracoval najskôr ako asistent, od r. 1979 ako docent a po obhajobe doktorskej dizertačnej práce v r. 1985 získal v r. 1986 titul profesora.

V rokoch 1978 – 1993 založil a viedol Katedru biofyziky na Prírodovedeckej a neskôr Matematicko-fyzikálnej fakulte UK. Okrem toho zastával ďalšie odborné funkcie v rezortoch zdravotníctva a školstva, SAV, ČSAV, a v iných organizáciách. Popri úspešnom rozvíjaní odboru biofyziky a chemickej fyziky na Slovensku od roku 1976 založil v roku 1995 v spolupráci s Lekárskou fakultou UK medziodborové štúdium biomedicínskej fyziky. Od r. 1996 sa rozhodujúcou mierou podieľal na úspešnom vybudovaní Medzinárodného laserového centra v Bratislave, kde pôsobil ako riaditeľ aj do svojho odchodu v r. 2009. Pred odchodom do dôchodku ho postihla ťažká mozgová príhoda, z ktorej sa už nevyviečil.

Autori



František Uherek, prof. PhD.

Oddelenie biofotoniky, Medzinárodné laserové centrum,
Centrum vedecko-technických informácií SR, Bratislava.
Riaditeľ MLC CVTI SR.



Dušan Chorvát, RNDr. PhD.

Oddelenie biofotoniky, Medzinárodné laserové centrum,
Centrum vedecko-technických informácií SR, Bratislava.
Zástupca riaditeľa MLC CVTI SR.
Syn prof. D. Chorváta.

IX. Ústav lekárskej biofyziky Jesseniovej lekárskej fakulty UK v Martine – história a súčasnosť

Ústav lekárskej biofyziky patrí medzi moderné a dynamicky sa rozvíjajúce teoretické ústavy Jesseniovej lekárskej fakulty UK v Martine. Ústav má za sebou bohatú históriu a vďaka zariadeniu pracovníkov ústavu aj sľubnú budúcnosť. V nasledujúcich riadkoch chronologicky mapujeme najvýznamnejšie udalosti počas takmer 60-ročnej histórie fungovania ústavu, kedy na pracovisku pôsobilo a pôsobí viacero osobností, vysokoškolských pedagógov a vedcov a realizovali sa početné grantové úlohy.

Úvod

Ústav lekárskej biofyziky existuje pod rôznymi názvami už od akademického roku 1966/67. Ústav zabezpečuje výučbu predmetu lekárska biofyzika pre študentov 1. ročníka všeobecného a zubného lekárstva v jazyku slovenskom a všeobecného lekárstva v jazyku anglickom. Pre nelekárske odbory ústav zabezpečuje výučbu predmetu biofyzika a rádiológia. Vedecky je ústav orientovaný najmä na elektrofyziológiu so zameraním na experimentálnu respirológiu, ako aj na výskum účinkov elektromagnetických a akustických polí. Pracovisko sa pravidelne zapája do riešenia projektov APVV, VEGA, KEGA [1,2].

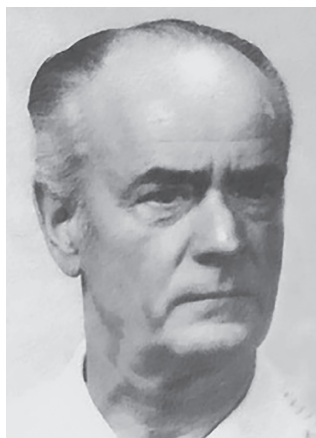


Budova Teoretických ústavov prof. Viliama Mézeša (1. dekana fakulty), Malá Hora 4, Martin. Ústav lekárskej biofyziky sídli na druhom poschodí pravého krídla budovy [5]

Príbeh lekárskej biofyziky

Výklad fyzikálnych a fyzikálno-chemických procesov v živom systéme ako aj štúdium účinkov fyzikálnych faktorov na živé systémy si vynútilo vznik nového interdisciplinárneho odboru – biofyzika. S prudkým vývojom prírodných vied prebiehal aj vývoj v oblasti medicíny. Ako študijný predmet bola fyzika na lekárskech fakultách v SR zavedená v druhej polovici 20. storočia pod názvom lekárska fyzika. Nevyhnutná systematická aplikácia biofyzikálnych metód v medicíne vyústila koncom 70. rokov 20. storočia k rozšíreniu názvu odboru lekárska biofyzika. Práve v tomto období začína písať svoju históriu Ústav lekárskej biofyziky Jesseniovej lekárskej fakulty UK v Martine, vtedy ešte ako Ústav fyziky a nukleárnej medicíny [1,2,3].

Osobnosti ústavu



Ústav lekárskej biofyziky začal svoju činnosť v akademickom roku 1966/67 ako Ústav fyziky a nukleárnej medicíny. Jeho vedením bol poverený prof. MUDr. Jozef Holan, CSc., ktorý ústav viedol 15 rokov. S menom **prof. Jozefa Holana** je spojený vznik nukleárnej medicíny ako samostatného medicínskeho odboru v Martine, ktorý začal v roku 1964 vyučovať na lekárskej fakulte. Viac ako štyridsať rokov trvajúce pôsobenie prof. Holana ako lekára, pedagóga a vedca bolo spojené s náukou o žiarení a s postupným uplatňovaním poznatkov o ňom v klinickej onkológii, nukleárnej medicíne a lekárskej biofyzike [4].

V akademickom roku 1984/1985 bol do funkcie vedúceho ústavu ustanovený **prof. MUDr. Albert Stránsky, CSc.** Absolvoval niekoľko expertíznych a študijných pobytov v Oxforde a na Malte. Položil základy výskumu v oblasti experimentálnej elektrofyziológie dýchania a respiračných reflexov. Medzi najvýznamnejšie prínosy vo výskume respirácie patrí opísanie aktivity laryngeálnych motoneurónov a motoriky laryngu pri respiračných a niektorých ďalších reflexných dejoch ako aj zmeny laryngeálnej motoriky pri blokáde respiračných jadier predĺženej miechy. Ústav úspešne viedol 22 rokov [1,2].

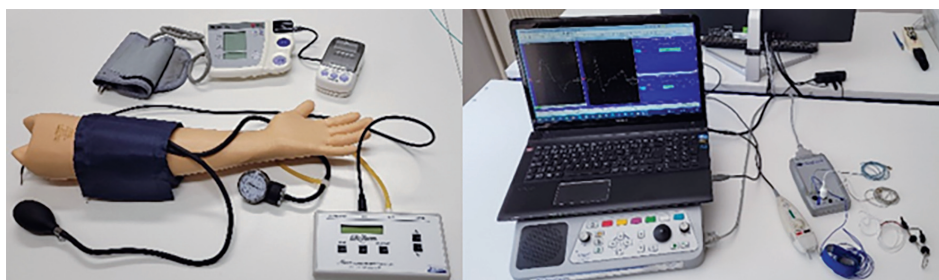




V akademickom roku 2003/2004 bol ústav premenovaný na Ústav lekárskej biofyziky a pod týmto názvom existuje dodnes. V roku 2007 vedenie ústavu prevzal **prof. MUDr. Ján Jakuš, DrSc.**, úspešne nadviazal na svojho predchodcu a začal budovať modernú výučbovú a vedeckovýskumnú bázu so zameraním na lekársku biofyziku a experimentálnu neurofyziológiu dýchania. V tomto období ústav zaznamenal technologický rozmach najmä vďaka investíciám z projektov VEGA, APVV a KEGA do vedy a výskumu ako aj do výučby predmetu Lekárska biofyzika. V posledných rokoch sa výskumné zameranie pracoviska rozšírilo na sledovanie účinkov vysokofrekvenčných elektromagnetických polí na živý organizmus. Prof. Jakuš je hlavným garantom odboru lekárska biofyzika s právom pre habilitácie a inaugurácie v odbore [1,2].

Výučba predmetu lekárska biofyzika na JLF UK v Martine

Ústav zabezpečuje pregraduálnu výučbu predmetu lekárska biofyzika v zimnom semestri 1. ročníka pre študentov všeobecného lekárstva študujúcich v jazyku slovenkom ako aj v jazyku anglickom. Od akademického roku 2012/2013 aj výučba predmetu lekárska biofyzika pre zubné lekárstvo. V letnom semestri pracovisko vyučuje predmet biofyzika a rádiológia pre 1. ročník Bc. programov ošetrovateľstvo, pôrodná asistencia a verejné zdravotníctvo. V rámci postgraduálnej výučby ústav školil a školí doktorandov v dennej aj externej forme. Od akademického roku 2001/2002 ústav zabezpečuje výučbu pre študijný program biomedicínske inžinierstvo na Elektrotechnickej fakulte Žilinskej univerzity v Žiline.



Model ruky pre demonštráciu merania tlaku krvi (vľavo), VikingQuest EMG (vpravo), prístroj pre demonštráciu motorických a senzitívnych vlastností nervov a svalov.

Ústav každoročne vypisuje niekoľko tém pre študentskú vedeckú a odbornú činnosť (ŠVOČ), v rámci ktorej sa študenti úspešne podieľajú na vedeckovo-výskumnej činnosti pracoviska s úspechmi doma aj v zahraničí.

Základná myšlienka výučby predmetu lekárska biofyzika na našom pracovisku je v aplikácii fyzikálnych javov do kliniky. Pri výučbe využívame moderné modely pre demonštráciu fyzikálnych zákonitostí v živom organizme ako aj klinické prístroje pre ukážku využitia daného fyzikálneho javu v diagnostike. Praktická výučba biofyziky je doplnená kvalitnými učebnými textami a prednáškami, ktoré sú k dispozícii aj *online* [1,2].

V roku 2014 sa učitelia ústavu zúčastnili medzinárodného školenia o vzdelávaní v medicíne (An International Association for Medical Education – AMEE) v Miláne, čo odštartovalo významné zmeny vo výučbe. Aplikácia nových vzdelávacích postupov vyústila do podania úspešného grantu KEGA, ktorého výsledkom bolo vydanie nových skrípt, úprava laboratórných protokolov a tvorba nových praktických úloh. V súčasnosti sa pracuje na vydaní anglickej verzie skrípt pre zahraničných študentov.

V akademickom roku 2022/2023 pôsobí na ústave 12 pracovníkov, z toho sú 2 profesori, 1 docent, 2 odborní asistenti s PhD., 1 vedeckovýskumný pracovník s PhD., 2 denní doktorandi, 1 sekretárka s titulom PhD., 2 laborantky s vysokoškolským vzdelaním a jedna upratovačka.

Veda a výskum

V rokoch 1985 – 1990 sa výskum orientoval na dokončenie výskumu riešeného pôvodne na Ústave fyziológie, kde základy experimentálnej respirológie položil prof. MUDr. Zoltán Tomoti, DrSc. Pod vedením prof. Stránskeho a prof. Jakuša sa riešila problematika zistenia dynamiky výbojovej aktivity z receptorov pľúcneho rozpätia počas dýchania, kašľa a iných reflexov z dýchacích ciest, motorika a zmeny priesvitu laryngu počas uvedených dejov a ich farmakologické ovplyvnenie, kvantifikácia výbojovej aktivity respiračných neurónov počas kašľa, expiračného a aspiračného reflexu, kýchania u anestetizovaných mačiek a králikov, bez decerebrácie a paralýzy.

V rokoch 1991 – 1999 sa výskum začal viac orientovať na CNS. Skúmalo sa hlavne mapovanie mozgového kmeňa a hľadanie štruktúr zodpovedných za centrálnu integráciu kašľa a iných reflexov dýchacích ciest (s využitím metódik klasických priečnych a pozdĺžnych preťať mozgového kmeňa a lokálnou chladovou blokadou). Vyvinuli sa metodické postupy pre analýzu centrálnych štruktúr a mechanizmov „fiktívneho“ zvracania, kašľa, expiračného a aspiračného reflexu u decerebrovaných, paralyzovaných a umelo ventilovaných mačiek.

Od roku 2000 aj dodnes využíva ústav najmodernejšie prístroje a metódy výskumu. Máme zabehnutú metodiku pre mikroinjikovanie veľmi malých objemov (nl) neuroaktívnych látok pomocou mikropolohovacie zariadenie DAVID KOPF (USA). Výbojová aktivita neurónov je nahrávaná pomocou kompozitnej mikropipety s karbónovou elektródou priamo z oblastí mozgového kmeňa. Získané dáta z *in vivo* experimentov používame pre nastavenie počítačového modelu dýchania a kašľa v simulačnom prostredí system11, pre simulovanie reflexu kašľa po modifikácii neurónových populácií, ich vzájomných excitačno-inhibičných vzťahov, vrátane primárnych a sekundárnych aferentných vstupov. V spolupráci s pracoviskom v USA (University of Florida, prof. Bolser) sa pracuje na detekcii mechanizmov vrátkovania a supresie kašľa a na objasnení štruktúry a mechanizmu účinkov centrálnych pôsobiacich antitusík u anestézovaných mačiek (prof. Poliaček, doc. Šimera, Ing. Veterník) [1,2].

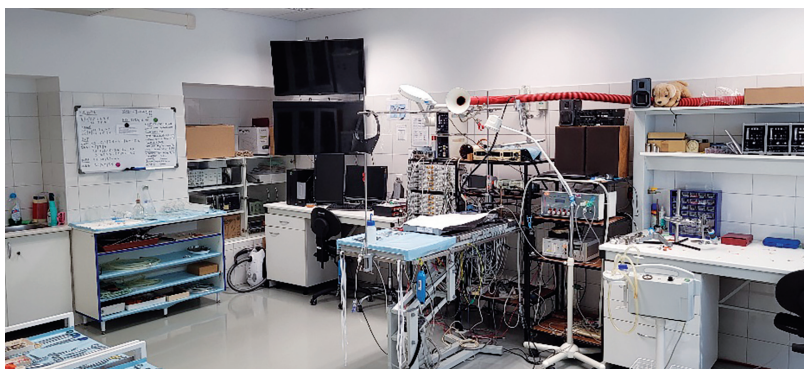


Pracovníci ústavu (r. 2019): Horný rad zľava: Ing. Marcel Veterník, PhD., PhDr. Eva Holíková, Monika Hrončová, Ing. Jakub Míšek, PhD., Ing. Oľga Králiková, Ing. Miroslav Kohan (doktorand), Ing. Lukáš Martvoň (doktorand).
Dolný rad zľava: Mgr. Nadežda Víšňovcová, PhD., doc. RNDr. Michal Šimera, PhD., prof. MUDr. Ján Jakuš, DrSc., prof. RNDr. Ivan Poliaček, PhD.

Ústav lekárskej biofyziky je jediné elektrofyziologické pracovisko v Slovenskej republike, ktoré sa zaoberá otázkami základného výskumu v oblasti centrálnych mechanizmov generovania dýchania, kašľa a iných reflexov súvisiacich s dýchaním na experimentálnom modeli anestézovanej mačky a anestézovaného

králik. Pracovisko ako jedno z mála v SR vlastní všetky potrebné povolenia a licencie pre prácu s veľkými laboratórnymi zvieratami. Od roku 2016 sa výskum realizuje v rámci systému manažerstva kvality podľa požiadaviek normy ISO 9001:2008 [1,2].

Od roku 2009 sa výskum na ústave orientuje aj na zisťovanie účinkov elektromagnetických polí v oblasti mikrovlnného žiarenia z mobilných telefónov. V tomto smere sa na ústave urobila séria experimentov so zisťovaním variability srdcovej frekvencie u zvierat a ľudí ovplyvnených vysokofrekvenčným elektromagnetickým žiarením v pásmach mobilnej komunikácie. Ich cieľom bolo poukázať na možné negatívne dôsledky nadmerného používania mobilných telefónov, wifi zariadení a pod. na živý organizmus a zdravie obyvateľstva (prof. Jakuš, Ing. Míšek, Ing. Veterník) [1,2].



Elektrofyziológické laboratórium pre výskum v oblasti centrálnych mechanizmov generovania dýchania, kašľa [5].



Laboratórium pre výskum účinkov elektromagnetických polí v oblasti mikrovlnného žiarenia z mobilných telefónov [5].

Výsledky vedeckovýskumnej činnosti ústavu sú pravidelne prezentované na konferenciách doma i v zahraničí a publikované v medzinárodných časopisoch. Scientometria za posledné obdobie predstavuje viac ako 300 publikačných výstupov so 727 citačnými ohlasmami. Od roku 2007 aj dodnes sa na ústave riešilo a rieši niekoľko grantových projektov ako Štrukturálne fondy EÚ, APVV, VEGA, KEGA, Granty UK a participovalo na riešení projektov partnerského zahraničného pracoviska (prof. Bolser) [1,2].

Záver

Ústav lekárskej biofyziky patrí podľa poslednej študentskej spätnej väzby medzi najlepšie hodnotené teoretické ústavy na Jesseniovej lekárskej fakulte UK v Martine. O jeho vedeckej a pedagogickej úspešnosti svedčí okrem množstva publikácií a výstupov aj úspešná interakcia so študentami tak počas výučby, ako aj pri vedeckej práci študentov. Významný príspevok ústavu k výchove budúcich lekárov a vedcov je zabezpečený.

Odkazy

- [1] A. Čalkovská and K. Javorka, História a súčasnosť Jesseniovej lekárskej fakulty v Martine, Univerzity Komenského v Bratislave, Martin, 2019.
- [2] I. Hrazdira and L. Bolek, Lékařská fyzika a biofyzika ve spirále času, Nakladatelství Epika, 2018.
- [3] V. Mornstein, V. Bernard, M. Dostál, I. Hrazdira, E. Staffa, J. Šrámek and D. Vlk, Lékařská fyzika a biofyzika, Masarykova univerzita, Brno, 2018.
- [4] <https://myturiec.sme.sk/c/2284035/za-profesorom-holanom.html>
- [5] Autori fotografií: Milan Šulov (exteriér budovy teoretických ústavov, kolektív ústavu), Michal Šimera (laboratóriá, učebné pomôcky).

Autori



Michal Šimera, doc. RNDr. PhD.

Ústav lekárskej biofyziky, Jesseniova lekárska fakulta v Martine, Univerzita Komenského v Bratislave.



Ján Jakuš, prof. MUDr. DrSc.

Ústav lekárskej biofyziky, Jesseniova lekárska fakulta v Martine, Univerzita Komenského v Bratislave.

Vedúci ústavu.



Ivan Poliaček, prof. RNDr. PhD.

Ústav lekárskej biofyziky, Jesseniova lekárska fakulta v Martine,
Univerzita Komenského v Bratislave.

X. Pohľad do histórie rozvoja biofyziky v Košiciach

Počiatok vzniku interdisciplinárnych bio-vied ako sú biofyzika alebo biochémia je v 19. storočí, keď dochádzalo k odklonu od tzv. vitalizmu, vtedy prevládajúcemu názoru na podstatu biologických procesov. Bol to dôsledok jasného uvedomenia si, že biologické procesy v živých organizmoch nemajú inú podstatu ako anorganické procesy a sú vysvetliteľné pomocou fyzikálno-chemických zákonov. Tieto vedné disciplíny sa začali postupne celosvetovo rozvíjať s vlastnými špecifikami, oblasťami záujmu a v neskoršom období aj vlastnými študijnými programami.

Úvod

Na Slovensku sa do rozvoja biofyziky ako samostatnej vedeckej disciplíny v 70. rokoch 20. storočia zapojili univerzity v Bratislave i v Košiciach, ako aj niektoré ústavy Slovenskej akadémie vied. V tomto vývoji, ktorý priviedol biofyziku na Slovensku na úroveň kvalitného medzinárodného štandardu, prináleží veľká zásluha aj vedeckým pracoviskám v Košiciach.

Začiatkom sedemdesiatych rokov neexistoval na žiadnom akademickom pracovisku v Košiciach prebiehajúci výskum, ktorý by sa zaoberal štúdiom fyzikálnych procesov v biologických systémoch a principiálne by využíval fyzikálno-chemické metódy a prístupy na výskum živých systémov. Štátny zámer rozvoja interdisciplinárnych vied spolu s perspektívou orientácie mladých vedeckých pracovníkov na tento typ výskumu boli inicializačným faktorom aj pre rozvoj biofyziky vo východoslovenskom regióne. Koncom sedemdesiatych rokov vedenie Univerzity P. J. Šafárika a predovšetkým Prírodovedeckej fakulty UPJŠ (PF UPJŠ) spolu s niekoľkými zamestnancami SAV prejavilo záujem rozvinúť biofyzikálny výskum a vzdelávanie v Košiciach. Konkrétne bolo na PF UPJŠ rozhodnuté vybudovať študijný odbor Biofyzika na vtedajšej Katedre jadrovej fyziky vedenej prof. Emanuelom Sílešom s perspektívou vybudovania Katedry biofyziky. V tom istom období vzniklo aj samostatné biofyzikálne oddelenie na Neurobiologickom ústave SAV vedenom prof. Maršalom, s plánom perspektívneho vytvorenia samostatného Biofyzikálneho ústavu SAV. Plány rozvoja biofyziky v Košiciach boli teda veľmi ambiciózne. Dnes, po viac ako štyridsiatich rokoch môžeme konštatovať, že sa tieto plány naplnili, aj keď nie úplne v pôvodnej predstave. Dôležitejšie však je, že obe tieto (pôvodne len veľmi málo závislé) aktivity vytvorili bázu pre súčasný výrazný rozvoj biofyzikálneho výskumu a výučby v Košiciach, ktoré sa môžu pochváliť

nielen vysokou medzinárodnou úrovňou, ale i výrazným aplikačným potenciálom a prerastaním do tvorby nového, na znalostiach založeného priemyslu na celom východnom Slovensku. Poďme sa teda pozrieť na históriu a výsledky práce na týchto dvoch pracoviskách a tiež na súčasný stav, ktorý tieto dve kondenzačné jadrá biofyziky v Košiciach nakoniec spojili do významného vedecko-priemyselného projektu.

Biofyzika na Prírodovedeckej fakulte Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach

Rozhodnutie Prírodovedeckej fakulty UPJŠ (v tom čase vedenej dekanom prof. Jurajom Danielom-Szabóom) o kreovaní študijného odboru biofyzika viedlo k ponuke pracovných pozícií na Katedre jadrovej fyziky (KJF) pre mladých absolventov fyziky, resp. biofyziky so zámerom vytvorenia študijného programu a vedeckého zamerania v oblasti biofyziky. V roku 1978 prišli na KJF Ladislav Andrej (absolvent teoretickej fyziky na MFF UK v Prahe), Pavol Jasem (absolvent odboru biofyzika na Jerevanskej štátnej univerzite), Vladimír Lisý (absolvent odboru teoretická fyzika na Odeskej štátnej univerzite) – vedúci Katedry jadrovej fyziky a biofyziky v rokoch 1993 – 1998 a v roku 1979 Pavol Miškovský (absolvent odboru fyzika so špecializáciou biofyzika na MFF Karlovej univerzity v Prahe). V roku 1979 tak z Katedry jadrovej fyziky vznikla Katedra jadrovej fyziky a biofyziky.

Prvou dôležitou úlohou týchto štyroch pracovníkov bolo rozhodnúť o vedec-
kom, ale predovšetkým o pedagogickom zameraní nového študijného programu. Po intenzívnych diskusiách a s ohľadom na vtedajšie experimentálne vybavenie, personálne obsadenie, ale i kontakty na podobne zamerané pracoviská vo vtedajšom Československu, bolo rozhodnuté, že nový študijný program bude založený na programe štúdia biofyziky na MFF UK v Prahe orientovanom na molekulovú biofyziku, ktorý sa bude opierať o vedecké zameranie orientované na štúdium štruktúry a stability nukleových kyselín. To predstavovalo výrazný zásah do štruktúry pôvodne plánovaného zamerania orientovaného na nukleárnu medicínu, pripravenom KJF. Úspešný príbeh implementácie biofyziky do štruktúr PF UPJŠ bol výrazne podporený našimi kolegami z MFF a PF UK Praha a kolegami z Ústavov ČSAV v Prahe. V Košiciach blokovo počas niekoľkých rokov prednášali takí odborníci ako prof. Vladimír Vondrejs z PF UK, Dr. Karel Janáček z Mikrobiologického ústavu ČSAV v Prahe, a prof. Jaromír Plášek z MFF UK v Prahe. Výpomoc prišla aj z Bratislavy v osobe prof. Pavla Balgavého z Farmaceutickej fakulty UK. Okrem prednášok zaradených do nového kurikula odboru biofyzika nám títo kolegovia výrazne pomohli rozbehnúť i doktorandské štúdium. Naši prví doktorandskí študenti v rámci spoločne vytvoreného a realizovaného programu boli práve absolventi týchto univerzít. Takto prví absolventi študijného programu biofyzika

na PF UPJŠ dostali do svojho profesionálneho vienka punc kvality. Významnú úlohu pri kreovaní a stabilizácii študijného programu zohralo aj Oddelenie biofyziky vytvorené v tom čase na Neurobiologickom ústave a neskôr na Ústave experimentálnej fyziky SAV v Košiciach vedenom Mariánom Fabiánom (absolvent odboru Fyzika so špecializáciou Biofyzika na MFF UK Praha). V tom čase podstatne lepšie experimentálne vybavenie tohto pracoviska umožnilo našim študentom realizovať svoje diplomové práce pod vedením odborníkov z Oddelenia biofyziky ÚEF SAV. Dnes vieme, že ústretovosť a kolegiálna pomoc našich kolegov z týchto pracovísk vytvorila základ, bez ktorého by sme dnes o študijnom programe biofyzika na PF UPJŠ v Košiciach nemohli hovoriť.

Po „nežnej revolúcii“ v roku 1989 nové a širšie možnosti medzinárodnej spolupráce umožnili vytvorenie a rozvoj komplexného a ambiciózneho vedeckého programu úzko súvisiaceho s biomedicínou (interakcia liečiv s biologickými makromolekulami, cielená terapia nádorových ochorení (predovšetkým fotodynamická terapia), nanotechnológie – selektívne nanotransportné systémy pre protinádorové liečivá). Túto novú vedeckú orientáciu „biofyzikálnej skupiny“ definoval prof. Pavol Miškovský. Systematická práca kolektívu oddelenia biofyziky na Katedre jadrovej fyziky a biofyziky vedúca k vedeckým prácam vo významných vedeckých periodikách, medzinárodnej vedeckej i pedagogickej spolupráci (predovšetkým Univerzita Pierre et Marie Curie v Paríži (Francúzsko), Katedra biochémie, Univerzita Bologna (Taliansko), Ústav štruktúry hmoty, CSIC Madrid, (Španielsko)) vyvíjala veľký tlak na vytvorenie samostatnej Katedry biofyziky na PF UPJŠ, ktorá nakoniec vznikla v roku 1998, a jej prvým vedúcim sa stal prof. Pavol Miškovský. To bol prelomový moment, od ktorého sa na katedre začal formovať moderný interdisciplinárny tím a významne sa naštartovali procesy modernizácie a medzinárodnej akceptácie výskumu a výučby v odbore biofyzika na PF UPJŠ v Košiciach. V roku 1998 bola tiež vytvorená skupina výpočtových biofyzikov pod vedením doc. Jozefa Uličného a niekoľko rokov neskôr (2002) skupina pod vedením doc. Daniela Jancuru (vedúci Katedry biofyziky od roku 2016) začala pracovať v oblasti biotermodynamiky a bioenergetiky. Interdisciplinárnu orientáciu katedry doplnili Dr. Zuzana Naďová (odborníčka na bunkovú biológiu) v roku 2005, Dr. Gregor Bánó (odborník na laserovú spektroskopiu) v roku 2005 a Dr. Katarína Štroffeková (expert z fyziológie) v roku 2008. Postupné zapájanie kolektívu i do transferových aktivít, ktoré boli stále viac a viac žiadané prakticky všetkými grantovými agentúrami, bolo realizované predovšetkým metodickým zameraním kolektívu na využitie Ramanovej spektroskopie v oblasti životného prostredia a kultúrneho dedičstva (Dr. Gabriela Fabríciová a Dr. Zuzana Jurašková). Kvalita doktorandskej školy na KBF viedla k jej významnému medzinárodnému

oceneni vyjadrenému prostredníctvom akreditácie v doktorandskej škole na Univerzite Pierre et Marie Curie v Paríži v roku 2012 (doktorandská škola „Ecole doctorale interdisciplinaire pour être vivant“). Bol to výsledok našej dlhoročnej systematickej práce zameranej na kvalitu doktorandského štúdia a to predovšetkým vytvorením prelomového programu spoločného (co-tutoring) doktorandského štúdia s Univerzitou P. et M. Curie v Paríži, Univerzitou v Orleans a Univerzitou Autónoma v Madride. Naša katedra bola priekopníkom v doktorandských programoch v modeli dvojítých diplomov na Slovensku.

Ďalší výrazný kvalitatívny vedeckovýskumný rozvoj a pedagogický rozvoj na Katedre biofyziky začal v roku 2013, keď kolektív vedený prof. Miškovským získal mimoriadne prestížny európsky projekt (v rámci programu 7. RP EÚ) Fostering excellence in multiscale cell imaging (CELIM), financovaný sumou 2,7 milióna Eur (v tom čase najväčší projekt financovaný EÚ na Slovensku), zameraný na bunkové zobrazovanie. V rámci projektu kolektív KBF dokázal zamestnať sedem špičkových slovenských odborníkov, ktorí dovtedy pracovali na prestížnych zahraničných pracoviskách: doc. Erik Sedlák (Univerzita Zürich), doc. Gabriel Žoldák (Technická univerzita Mníchov), Dr. Marián Fabián (Rice University, Houston, USA), Dr. Tibor Kožár (Glycodesign Toronto, Kanada), doc. Denis Horváth (Technická univerzita, Košice), Dr. Veronika Huntošová (EPFL Lausanne, Švajčiarsko), Dr. Zuzana Jurašková (CSIC Madrid, Španielsko). Špičkové experimentálne vybavenie laboratórií a excelentné pracovné podmienky (vrátane platových), ktoré KBF týmto pracovníkom ponúkla, postupne viedli k rozšíreniu vedeckého a pedagogického zamerania katedry v oblastiach proteínového inžinierstva, bunkového zobrazovania, bioenergetiky a výpočtovej biofyziky. Dôležitou skutočnosťou ovplyvňujúcou kvalitatívny rast úrovne výskumu na UPJŠ bol fakt, že tento prelomový projekt umožnil v rámci požadovanej udržateľnosti projektu vznik nových subjektov na UPJŠ. Kolektív KBF na PF UPJŠ založil „Centrum interdisciplinárnych bioviéd“ (CIB), ktorého prvým vedúcim sa stal prof. Pavol Miškovský a neskôr v roku 2017 tiež „Technologický a inovačný park UPJŠ“ (TIP UPJŠ), ktorého riaditeľom sa stal opäť prof. Miškovský. Po založení TIP-UPJŠ sa vedúcim Katedry biofyziky stal doc. Daniel Jancura a vedúcim CIB, ktoré sa stalo súčasťou TIP UPJŠ, doc. Erik Sedlák. TIP UPJŠ v roku 2021 prerástol do vytvorenia novej inštitúcie „Košický klaster nového priemyslu“ (Cassovia New Industry Cluster – CNIC), ktorého riaditeľom a predsedom predstavenstva sa stal prof. Pavol Miškovský. CNIC združuje všetky tri košické univerzity, (Univerzitu P. J. Šafárika, Technickú univerzitu a Univerzitu veterinárskeho lekárstva a farmácie), tri ústavy SAV (Ústav experimentálnej fyziky, Ústav materiálového výskumu a Ústav geotechniky), mesto Košice, Košický samosprávny kraj, Univerzitnú

nemocnicu L. Pasteura a partnerov z privátneho high-tech priemyslu (Cassovia Discovery Park). Cieľ CNIC je mimoriadne ambiciózny, a to vytvorenie nového, na znalostiach založeného priemyslu v regióne východného Slovenska. Všetky tieto nové inštitúcie vznikli na základe iniciatív a aktivít pracovníkov KBF PF UPJŠ a programovo stoja na základoch úspešného príbehu Katedry biofyziky.

Nie všetko v histórii budovania biofyziky na PF UPJŠ však bolo bezproblémové. Samotná existencia biofyziky ako študijného programu, ale i vedeckého zamerania na PF UPJŠ musela čeliť vážnym ťažkostiam, a to paradoxne niekoľko rokov po založení samostatnej Katedry biofyziky, keď sa do vedenia PF UPJŠ dostali ľudia, ktorí úspešnému projektu nefandili. Našťastie sme tomuto veľkému tlaku spoločne odolali, i keď za cenu významného zbrzdzenia rozvoja i osobných obetí. Prof. Pavol Miškovský bol nútený odísť z pracoviska, ktoré založil. Našťastie sme mali i priateľov a podporovateľov. Mimoriadne nám v tom čase pomohol prof. Dušan Chorvát, riaditeľ Medzinárodného laserového centra a zakladateľ biofyziky v Bratislave. Ponúkol prof. Miškovskému miesto i možnosť vybudovať nové laboratórium v Bratislave. Túto pomoc si mimoriadne vážime, tak ako i osobnosť prof. Chorváta, ktorému patrí naše veľké poďakovanie a úcta.

V súčasnosti je Katedra biofyziky PF UPJŠ jedinou samostatnou katedrou biofyziky na Slovensku. Má akreditované štúdium biofyziky na bakalárskom, magisterskom a doktorandskom stupni. Každoročne absolvuje štúdium biofyziky na všetkých stupňoch vysokoškolského štúdia niekoľko študentov. Vedecky KBF PF UPJŠ spolu s CIB TIP UPJŠ pracujú predovšetkým v oblasti cielej terapie nádorových ochorení a nanotechnológiách aplikovaných v životnom prostredí a medicíne (skupina prof. Miškovského), bioenergetike (skupina doc. Jancuru) a proteínovom inžinierstve (skupiny doc. Sedláka a doc. Žoldáka). Jednotlivé tímy majú k dispozícii špičково vybavené laboratória medzinárodnej úrovne a radia sa medzi najvýkonnejšie vedecké pracoviská na Slovensku s vysokým medzinárodným kreditom vyjadreným publikáciami v prestížnych vedeckých časopisoch, vedeckou a pedagogickou spoluprácou s významnými vedeckými inštitúciami (Technická univerzita Mníchov, Univerzita Zürich, EPFL Lausanne, CSIC Madrid, Sorbonne (Paríž), Univerzita v Oxforde, Univerzita v Štokholme, XFEL Hamburg), prestížnymi medzinárodnými vedeckými projektmi a tiež úspechmi v oblasti technologického transferu realizovanými cez vlastné start-up spoločnosti s odbornou asistenciou CNIC.

Biofyzika na Ústave experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied

Kreovanie biofyzikálne zameraného výskumu na SAV v Košiciach malo veľmi podobný priebeh ako na Univerzite P. J. Šafárika. V tom čase Predsedníctvo SAV

vyzývalo mladých, končiacich aspirantov v oblasti biofyziky a príbuzných odborov, aby sa stali účastníkmi rozvoja košického akademického biofyzikálneho pracoviska.

Počiatočná skupina bola zložená z kandidátov vied (ekvivalent PhD.) fyzikálnej chémie, biochémie a biofyziky (Marián Antalík, Viera Veselá, Tibor Kožár, Marián Fabián). Rozvoj, ktorý bol plne v moci vedenia ústavu, bohužiaľ podstatne stagnoval. Kľúčová zmena prišla z iniciatívy prof. Vladimíra Hajka, predsedu SAV, ktorý osobne vstúpil do formovania nového oddelenia. Biofyzikálna skupina sa stala súčasťou Ústavu experimentálnej fyziky SAV (ÚEF SAV) v roku 1984. Po prvýkrát sa objavila možnosť vytvoriť vedecký plán, formulovať vedecké témy výskumu, plán personálneho a vedeckého rozvoja v oblasti základného výskumu v biofyzike. Dôležitou skutočnosťou bol samostatný rozpočet laboratória v rámci ústavu. Mnohí zo súčasného oddelenia biofyziky vďačne spomínajú na iniciatívu prof. Hajka, ktorý inicioval prechod oddelenia z Neurobiologického ústavu SAV na Ústav experimentálnej fyziky SAV. Príchod na ÚEF SAV bola totiž tá historicky kritická chvíľa vedúca k podstatnému evolučnému skoku biofyziky na SAV v Košiciach. Biofyzikálne laboratórium je i dnes integrálnou súčasťou ÚEF SAV. Celková vedecká orientácia biofyzikálneho výskumu bola sústredená na javy na molekulovej úrovni. Vznikli výskumné smery, ktoré pokrývali niektoré aspekty molekulového dýchania, transmembránového transportu iónov, počítačového modelovania štruktúry a interakcií biomolekúl a taktiež sa pracovalo na rozvinutí štúdia fotosyntézy. Pracovníci oddelenia intenzívne spolupracovali ako aj vyučovali v príbuzných odboroch na UPJŠ v Košiciach. Vedecká výchova sa dosahovala internými a externými aspirantúrami (PhD. program) na Masarykovej univerzite v Brne (Andrej Musatov) a Lomonosovovej štátnej univerzite v Moskve (Vladimír Berka, Michal Pudlák, Ján Sabo). Vďaka tejto výchove sa vytvorila aj produktívna spolupráca s významnými laboratóriami a katedrami v Moskve a akademickými ústavmi v Puščíne. Výsledky laboratória sú obsažené zhrnuté v príspevku pripravenom Dr. Dianou Fedunovou spolu s kolegami v publikácii venovanej 50. výročiu založenia ÚEF SAV [online: https://websrv.saske.sk/uef/wp-content/uploads/2021/10/UEF_brozura_2020.pdf].

Zložité obdobie nastalo po spoločenských zmenách v roku 1989. Hoci rok 1989 priniesol veľa pozitívnych zmien, v nasledujúcich rokoch došlo k neprimeranej redukcii zamestnancov SAV a k obmedzeniu finančných prostriedkov výskumu. Vytvoril sa silný tlak na odchod mnohých pracovníkov do zahraničia v snahe získať lepšie pracovné podmienky a vyššie ocenenie vykonanej práce. Pozitívny zlom nastal aj dostupnosťou eurofondov, ktoré umožnili modernizáciu infraštruktúry Oddelenia biofyziky, zakúpenie nových prístrojov a inováciu počítačového vybavenia. Infraštruktúra jednotlivých laboratórií sa takto priblížila k svetovým

pracoviskám. Moderné laboratóriá v súčasnosti umožňujú realizovať biofyzikálny výskum, napriek pretrvávajúcim byrokratickým problémom. Pomocou projektov z európskych štrukturálnych fondov získaných na financovanie prístrojového parku sa podarilo na Oddelení biofyziky ÚEF SAV v Košiciach vybudovať špičkové zariadenia pre oblasť štúdia stability a dynamiky proteínov, účinku biologicky aktívnych látok v oblasti možného zabránenia agregácie proteínov, obrazovej analýzy a prípravy kovových a polovodičových nano- a mikročastíc obalených biologicky kompatibilnou vrstvou. Súčasne sa na oddelení v tomto období rozvíjalo aj teoretické štúdium s využitím základných fyzikálnych princípov ako aj počítačových programových postupov rôznych nanoobjektov vrátane biomakromolekúl. Z hľadiska konkrétnych zariadení pri nákupoch ako aj pri vývoji prístrojových zariadení bol kladený dôraz najmä na ich multifunkčné použitie. V tomto smere je potrebné spomenúť konštrukciu unikátnych, opticky ovládateľných pasí na báze holografických postupov na zachytenie a štrukturalizáciu aj desiatich mikroobjektov v 3D priestore pomocou infračerveného lasera a súčasné meranie fluorescenčných a ramanovských spektier skúmaných objektov. Ďalej bolo navrhnuté a skonštruované zariadenie na syntézu 3D nanoobjektov pomocou femtosekundovej a dvojfotónovej fotopolymerizácie s možnosťou štúdia dynamiky pikosekundových procesov. Vývoj týchto unikátnych zariadení bol uskutočnený v spolupráci s Ústavom prístrojovej techniky AV ČR v Brne a predovšetkým v spolupráci s Katedrou biofyziky PF UPJŠ. Zložitou stále ostáva situácia financovania samotného výskumu na týchto zariadeniach jednak v oblasti spotrebných materiálov a energií ako aj v možnosti finančného ohodnotenia práce vedeckých pracovníkov oddelenia biofyziky a vo všeobecnosti celého vedeckého výskumu na Slovensku.

Záver

Dnes môžeme konštatovať, že biofyzika na Slovensku sa v priebehu svojho viac ako štyridsaťročného rozvoja stala medzinárodne viditeľnou a rešpektovanou disciplínou a to ako v oblasti vedy, tak aj v oblasti vzdelávania a organizačnej práce, a biofyzici z košických pracovísk majú na tejto skutočnosti veľký podiel.

Autori



Pavol Miškovský, prof. RNDr. DrSc.

Technologický a inovačný park, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, riaditeľ.

Košický klaster nového priemyslu, predseda predstavenstva a riaditeľ.



Daniel Jancura, doc. Mgr. PhD.

Katedra biofyziky, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach.
Vedúci katedry.



Vladimír Lisý, prof. RNDr. DrSc.

Oddelenie fyziky makromolekulových systémov,
Katedra fyziky, Fakulta elektrotechniky a informatiky,
Technická univerzita v Košiciach.
Vedúci oddelenia.



Marián Fabián, RNDr. CSc.

Centrum interdisciplinárnych biovied,
Technologický a inovačný park, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika
v Košiciach.



Tibor Kožár, RNDr. CSc.

Centrum interdisciplinárnych biovied,
Technologický a inovačný park, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika
v Košiciach.

XI. Budovanie biofyziky na Ústave experimentálnej fyziky SAV v Košiciach

Radi by sme čitateľov oboznámili s nádejným začiatkom budovania biofyzikálneho vedeckého smeru na Ústave experimentálnej fyziky SAV (ÚEF SAV) s prvotnou víziou vytvorenia samostatného Biofyzikálneho ústavu SAV. Od ťažkých ale entuziastických začiatkov hľadania vedeckého smerovania a materiálového zabezpečenia, cez krízové porevolučné obdobie s opustením vízie nového ústavu, aj po dnešné moderné, úspešné pracovisko etablované v Európskom vedeckom priestore. Predstavujeme históriu vzniku a rozvoj Oddelenia biofyziky na Ústave experimentálnej fyziky SAV v Košiciach, ktoré onedlho oslávi 40 rokov od svojho založenia.

Vízia budovania Biofyzikálneho ústavu SAV

Rozvoj biofyziky v Košiciach mal pevné miesto aj v rámci Slovenskej akadémie vied. Začiatky spadajú do druhej polovice 70. rokov minulého storočia a sú spojené s Biofyzikálnym laboratóriom v Neurobiologickom ústave SAV. Toto pracovisko zastrešovalo výskum v oblasti kvantovej chémie, fyzikálnej chémie, biochémie a biofyziky. Okrem rozvoja novej vednej disciplíny bolo veľmi nápomocné aj pri edukácii študentov biofyziky z Prírodovedeckej fakulty UPJŠ, nielen v rámci prednášok, ale aj pri vedení diplomových prác. Študenti biofyziky tu mohli tiež realizovať svoje prvé vedecké aktivity ako pomocné vedecké sily. Napriek snahe pracovníkov laboratória podporiť rozvoj biofyziky na tomto ústave, nepodarilo sa tento zámer uskutočniť v plnej miere a došlo k jeho stagnácii.

Veľký obrat nastal v polovici 80. rokov minulého storočia, keď sa vedenie SAV rozhodlo podporiť interdisciplinárny výskum v oblasti biofyziky s cieľom zriadenia samostatného Biofyzikálneho ústavu SAV v Košiciach. Veľmi dôležitú úlohu tu zohral akademik Vladimír Hajko, ktorý z pozície predsedu SAV osobne vstúpil do formovania nového ústavu. Na základe rozhodnutia Predsedníctva SAV vzniklo v januári 1984 Laboratórium biofyziky v rámci Ústavu experimentálnej fyziky SAV (ÚEF SAV). Laboratórium malo tvoriť zárodočné jadro, ktoré sa malo v priebehu 5 – 7 rokov rozrásť do nového ústavu s minimálne 50 zamestnancami. Akademik Vladimír Hajko inicioval prechod niekoľkých zamestnancov Oddelenia biofyziky Neurobiologického ústavu do Biofyzikálneho laboratória a neskôr ako riaditeľ ÚEF SAV veľmi dbal na jeho rozvoj. Patrilo medzi jeho srdcové záležitosti, často zavítal medzi pracovníkov laboratória a kontroloval, či všetko ide podľa plánu.

Na začiatku svojho zrodu malo Biofyzikálne laboratórium päť zamestnancov, medzi prvých zamestnancov patrili Ing. Jaroslava Bágel'ová, CSc., prof. Ing. Marián Antalík, DrSc., RNDr. Tibor Kožár, CSc., RNDr. Věra Veselá, CSc. a RNDr. Marián Fabián, CSc., ktorý bol aj jeho prvým vedúcim. Laboratóriu chýbalo materiálne zázemie, nemalo dostatočnú infraštruktúru umožňujúcu vedecký výskum. Začínalo sa naozaj od nuly. Vďaka výraznej finančnej podpore od SAV bolo možné nakúpiť priamo pre laboratórium vybavenie od pipiet a skúmaviek aj po prvý, na tú dobu špičkové prístroje – spektrofotometer a fluorimeter Schimadzu. V rámci deblokácie ruského dlhu bol získaný ďalší špičkový prístroj – diferenciálny skenujúci kalorimeter DASM4. Laboratórium sa rozširovalo aj personálne, každoročne zhruba o 5 – 6 nových kolegov, mnohí z nich boli absolventami PF UPJŠ v odbore biofyzika. Laboratórium spočiatku nemalo ani vlastné priestory. Najprv bolo lokalizované v troch miestnostiach patriacich PF UPJŠ na Jesennej ulici, neskôr na presťahovalo do priestorov Prírodovedeckej fakulty na Moyzesovej ulici. Až v roku 1990 sa zamestnanci laboratória presťahovali do priestorov ÚEF SAV na Bulharskej ulici, kde pôsobia doteraz. Krátko po revolúcii v roku 1989 bolo laboratórium materiálne aj personálne zabezpečené tak, že mohlo poskytnúť odrazový mostík pre zrod Biofyzikálneho ústavu SAV.

Prvé smery, ktoré sa v laboratóriu rozvíjali boli „Štúdium konformačných prechodov metaloproteínov“ (RNDr. Marián Fabian, CSc.), „Membránové katiónové transportné systémy“ (prof. Marián Antalík, DrSc.) a „Modelovanie štruktúry a funkcie komponentov membrán“ (RNDr. Tibor Kožár, CSc.). Pracovníci laboratória sa pustili do riešenia vedeckých úloh s veľkým entuziazmom a odhodlaním. Nepozerali sa na to, že je potrebné vyvinúť veľa energie nie len na získanie vedeckých výsledkov, ale aj na dobudovanie laboratória. Zvládli to veľmi dobre, možno aj preto, že všetci boli na začiatku svojej vedeckej kariéry, priemerný vek zamestnancov bol okolo 30 rokov. Mladý kolektív sa utužoval nielen v práci, ale aj prostredníctvom mnohých mimopracovných aktivít, do ktorých boli zapojené celé rodiny pracovníkov laboratória.

Na základe osobných kontaktov a pôsobenia pracovníkov na zahraničných pracoviskách sa dobre rozbehla medzinárodná vedecká spolupráca najmä s pracoviskami ako Katedra biofyziky na Biologickej a fyzikálnej fakulte Lomonosovovej štátnej univerzity v Moskve, Ústav biologickej fyziky bývalej AV ZSSR v Puščíne, ale aj so Štátnou univerzitou New York v Syracuse, USA, s Biofyzikálnym ústavom ČSAV v Brne a Makromolekulárnym ústavom ČSAV v Prahe. Spolupráca umožnila niekoľkým pracovníkom získať na týchto pracoviskách titul kandidáta vied (CSc. – ekvivalent PhD.). Ďalší získali tento titul na pracoviskách SAV alebo na slovenských univerzitách.

Stabilizácia Oddelenia biofyziky v štruktúre ÚEF SAV

Politické zmeny v spoločnosti v roku 1989 a neskôr spôsobili radikálne zníženie finančnej podpory pre SAV. To sa odrazilo na rozvoji laboratória biofyziky ÚEF SAV. Nedostatok financií spôsobil zastavenie rozširovania infraštruktúry pracoviska, tri vyššie spomenuté prístroje boli dlho jedinými prístrojmi, ktoré umožňovali riešiť vedecké úlohy. Rozhodnutia prijímané na vládnej úrovni viedli k zníženiu počtu zamestnancov SAV, na základe čoho bolo zastavené prijímanie nových zamestnancov, resp. došlo k ich prepúšťaniu. Finančné ohodnotenie vedeckých pracovníkov stagnovalo, čo spôsobilo, že niektorí zamestnanci sa rozhodli zanechať svoje pôsobenie na tejto inštitúcii. To viedlo k zníženiu počtu zamestnancov aj v laboratóriu. Celková atmosféra tej doby rozvoju vedy veľmi nepriala. Pracovníci laboratória stáli aj pred ďalšou, veľmi dôležitou otázkou. A to, či sa budú ďalej snažiť o zriadenie samostatného Biofizikálneho ústavu SAV, čo bolo za daných okolností ťažko predstaviteľné vzhľadom na skutočnosť, že ústav ako celok nebol ešte dobudovaný. Keďže v tej dobe bola asi štvrtina ústavov SAV zrušená, len ťažko bolo možné predpokladať, že by sa nový ústav dokázal rozvíjať. Zamestnanci sa preto priklonili k druhej možnosti, k zotrvaní v rámci ÚEF SAV ako Oddelenie biofyziky. Tým sa vízia samostatného Biofizikálneho ústavu SAV neúspešne uzavrela. Napriek tomu sa biofyzika stala integrálnou súčasťou vedeckého zamerania ÚEF SAV a postupne sa v ňom etablovala ako plnohodnotný vedecký smer.

Po roku 1991 došlo k otvoreniu spolupráce s vedeckými inštitúciami aj smerom na západ. Táto skutočnosť a zhoršujúce sa podmienky na prácu doma spôsobili, že mnoho zamestnancov oddelenia odišlo na dlhodobé pracovné pobyty v zahraničí, ako napr. do Švédska, Nemecka, USA a Kanady.

V polovici 90. rokov sa situácia na oddelení stabilizovala, počet pracovníkov sa ustálil na počte asi 20 zamestnancov, niektorí sa vrátili zo svojich dlhodobých pobytov v zahraničí, iní na nich pobudli oveľa dlhšie. Vedeckí pracovníci sa po vzniku grantovej agentúry VEGA zapojili do jej výziev. V rámci projektov sa venovali štúdiu stability a dynamiky konformačných stavov proteínov, hlavne cytochrómu c pomocou termodynamických a spektroskopických metód (prof. Ing. Marián Antalík, DrSc.). Ďalším smerom výskumu bolo použitie metód číslicového spracovania obrazu a počítačovej grafiky na rekonštrukciu a 3D vizualizáciu biologických objektov (doc. Ing. Zoltán Tomori, CSc.). Okrem experimentálnych metód sa na riešenie projektových úloh využívali aj teoretické prístupy. Jeden z teoretických smerov bol zameraný na matematické modelovanie prenosu elektrónov v rôznych makromolekulárnych systémoch (RNDr. Michal Pudlák, CSc.). Napriek veľmi slabej možnosti rozšírenia infraštruktúry pracoviska z centrálnych zdrojov sa pomocou čiastočnej podpory SAV a slovensko-amerického grantu podarilo vybudovať laserové

laboratórium a fyzikálno-chemické laboratórium na prípravu, modifikáciu a charakterizáciu polymérov (RNDr. Marián Sedlák, DrSc.), ktoré sa neskôr osamostatnili za vzniku Laboratória experimentálnej chemickej fyziky ÚEF SAV. Významnou súčasťou práce oddelenia bol aj vývoj a konštrukcia nových meracích fyzikálnych prístrojov, a to špeciálneho hustomera a viskozimetra založeného na otáčaní plaváku pomocou magnetického poľa (RNDr. Mikuláš Bánó, CSc.). Výsledky a rozvoj Oddelenia biofyziky v tomto období boli odrazom ako spoločenskej podpory vedy, tak aj predstáv jednotlivých pracovníkov oddelenia.

Transformácia Oddelenia biofyziky na moderne vybavené dynamické pracovisko

Veľkú zmenu pre rozvoj biofyziky na ÚEF SAV znamenala podpora vedy na Slovensku prostredníctvom štrukturálnych fondov v spojení s návratom niektorých pracovníkov zo zahraničia. Od roku 2009 sa oddelenie postupne zapojilo do niekoľkých projektov ŠF podávaných v rámci ÚEF SAV alebo v spolupráci s inými vedeckými pracoviskami. Mnohé projekty ŠF boli úspešné, a tak sa v priebehu 5 rokov dosiahla modernizácia prístrojového vybavenia oddelenia v takej miere, že bola porovnateľná s etablovanými zahraničnými laboratóriami, niekedy aj lepšia. Zvyšovanie kvality vybavenia laboratórií vyvrcholilo rozsiahlou rekonštrukciou všetkých priestorov na OBF v roku 2013, ktorá priniesla možnosť pracovať v skutočne moderných priestoroch so špičkovými zariadeniami.

Pracovisko získalo nové zariadenia na meranie spektrálnych a termodynamických veličín, ako aj zariadenia na mikroskopií (fluorescenčný, atómový silový mikroskop). Zriadilo sa tiež bunkové laboratórium, ktoré umožnilo študovať procesy aj na bunkovej úrovni. Na získaní tejto infraštruktúry sa podieľala doc. RNDr. Zuzana Gažová, DrSc., ktorá sa v roku 2005 vrátila z postdoktorandského pobytu v Nemecku, kde bola priamo zapojená do výskumných projektov zaoberajúcich sa štúdiom amyloidných štruktúr proteínov spojených s mnohými ochoreniami. Problematike pochopenia mechanizmu amyloidnej agregácie proteínov ako aj identifikácii inhibítorov agregácie na báze malých molekúl a nanočastíc sa oddelenie venuje doteraz. V tom istom roku sa z dlhodobého pobytu vrátil RNDr. Tibor Kožár, CSc., ktorý prispel k vybudovaniu infraštruktúry pre moderné metódy počítačového modelovania, konkrétne výkonného klastra spolu s národným výpočtovým klastrom v rámci Slovenskej infraštruktúry pre vysokovýkonné počítanie. Vzniklo tak nadštandardné výpočtové pracovisko, ktoré poskytlo možnosť realizovať molekulárno-dynamické simulácie biologických makromolekúl a ich komplexov. V rámci projektov ŠF zastrel prof. Ing. Marián Antalík, DrSc. získanie unikátnej optickej pinzety umožňujúcej meranie fluorescenčných a ramanovských

spektier skúmaných objektov. Okrem toho bolo navrhnuté a skonštruované zariadenie na syntézu 3D nanoobjektov pomocou femtosekundovej a dvojfotónovej fotopolymerizácie s možnosťou štúdia dynamiky pikosekundových procesov.

Zmodernizovanie prístrojovej infraštruktúry oddelenia vďaka projektom ŠF sa odzrkadlilo nie len na kvantite, ale aj kvalite publikačných výstupov. Ďalším pozitívnym dopadom boli možnosti zapojenia sa do medzinárodných projektov v rámci rôznych výziev. Umožnili tiež pozvať špičkových zahraničných vedeckých pracovníkov na krátkodobé pracovné pobyty na OBF a nadviazať s nimi užšiu spoluprácu. Pozvaní kolegovia nám poskytli neoceniteľné skúsenosti a pomohli zaviesť, resp. zdokonaľiť niektoré metodiky. Pracovníci oddelenia mali možnosť zúčastniť sa rôznych prestížnych biofyzikálnych konferencií, prezentovať svoje vedecké výsledky a nadviazať tak ďalšie spolupráce s viacerými laboratóriami.

Dôležitým medzníkom pre rozvoj biofyziky na UEF SAV bolo priznanie práva podieľať sa na uskutočňovaní dennej formy štúdia v rámci doktorandského študijného programu Biofyzika v roku 2016 v spolupráci s PF UPJŠ. Je potešujúce, že ako počet školiteľov, tak aj počet doktorandov vyškolených na oddelení biofyziky každým rokom narastá. Doteraz bolo vyškolených viac ako 12 doktorandov. Okrem toho sa pracovníci oddelenia podieľajú na výchove bakalárov a diplomantov.

Oddelenie biofyziky má bohaté skúsenosti s organizovaním vedeckých škôl a konferencií. V prvých rokoch svojej existencie zorganizovalo oddelenie úspešné podujatia – Letnú školu biofyziky (1986) a Medzinárodnú školu o štruktúre a konformačnej dynamike biomakromolekúl (1990). **Účastníkmi konferencie boli prednášatelia z Európy ale aj zo zámorských krajín (USA či Japonsko).** Tieto skúsenosti sa zúročili pri organizovaní konferencií Štruktúra a stabilita biomakromolekúl SSB. Prvý ročník SSB konferencie bol zorganizovaný v roku 1999 pri príležitosti 15. výročia založenia oddelenia. Konferencia, ktorá začala ako malý lokálny míting, sa v priebehu nasledujúcich 20 rokov rozvinula do úspešnej medzinárodnej konferencie. Koná sa každé dva roky a ponúka interdisciplinárnu platformu, na ktorej sa stretávajú odborníci z rôznych oblastí akými sú molekulová biofyzika, biochémia, biológia a proteínová chémia. V roku 2017 bolo v rámci COST projektu „Non-globular proteins – from sequence to structure, function and application in molecular physiopathology – NGP-net“ zorganizované sympóziu s bohatou medzinárodnou účasťou.

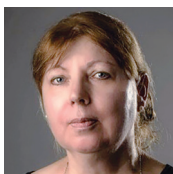
Súčasnosť Oddelenia biofyziky

V posledných 15 rokoch prešlo Oddelenie biofyziky výrazným vývojom. Zlepšenie pracovných podmienok a lepšia finančná podpora vedy viedli k dynamickému rozvoju oddelenia. V súčasnosti pôsobia na oddelení 3 výskumné skupiny.

Výskumná skupina doc. RNDr. Zuzany Gažovej, DrSc. sa venuje štúdiu amyloidnej agregácie proteínov spojenej s amyloidnými ochoreniami, ktoré sú v súčasnosti nevyliciteľné. Cieľom je pochopiť vzťah medzi formovaním nenatívnych konformérov proteínov, ich sklonom k tvorbe morfológicky rozdielnych amyloidných agregátov a ich úlohou v patológii rôznych amyloidných ochorení. Štúdiu mechanizmov poškodenia jednotlivých zložiek bunky pôsobením oxidačného stresu sa venuje výskumná skupina MUDr. Andreya Musatova, DrSc., ktorý sa v roku 2012 vrátil z dlhodobého pracovného pobytu v USA. Výskumná skupina doc. Ing. Zoltána Tomoriho, CSc. sa zaoberá mikromanipuláciou s biologickými štruktúrami pomocou optickej pinzety.

Biofyzika na ÚEF SAV sa za takmer štyri desaťročia svojej existencie ukázala ako úspešná a životaschopná vedná disciplína, prinášajúca kvalitné vedecké výsledky, uznávané v medzinárodnej vedeckej komunite. Za tento úspech patrí poďakovanie všetkým bývalým a súčasným pracovníkom oddelenia.

Autorky



Zuzana Gažová, doc. RNDr. DrSc.

Oddelenie biofyziky, Ústav experimentálnej fyziky SAV, v. v. i.
Riaditeľka ústavu.



Diana Fedunová, RNDr. PhD.

Oddelenie biofyziky, Ústav experimentálnej fyziky SAV, v. v. i.
Vedúca oddelenia.

XII. Od štúdia biofyziky k lekárskej biofyzike na Univerzite veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach

V príspevku sú uvedené spomienky na vznik a formovanie košickej biofyziky, ktorého sa autorka zúčastnila ako jedna z prvých absolventiek biofyziky na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ v Košiciach. V druhej časti je popísané budovanie lekárskej biofyziky na Univerzite veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, jedného zo základných predmetov vo výučbe humánnych lekárov, veterinárnych lekárov a farmaceutov. Zameriavame sa na budovanie nového povedomia o lekárskej biofyzike v lekárskej a farmaceutickej komunite v priebehu rokov 1986 – 2022.

Úvod

Nasledujúca úvaha obsahuje spomienky autorky na začiatky košickej biofyziky. Cez prizmu osobného príbehu vyrozprávam príbeh vzniku a rozvoja košickej biofyziky s dôrazom na významné časové míľniky, témy a osobnosti, ktoré ju formovali. Je veľmi pravdepodobné, že iným aktérom tohto výnimočného obdobia sa môže moje rozprávanie zdať prehnané alebo dokonca nesprávne interpretované, preto hneď v úvode upozorňujeme na subjektívnu stránku príbehu.

Ubehlo už viac ako 39 rokov od promócie prvých absolventiek a absolventov biofyziky ako samostatného študijného programu na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ a 20 rokov od založenia Slovenskej biofyzikálnej spoločnosti v Košiciach. Keďže autorka bola jedna z prvých absolventiek je len logické, že spomienky na kreovanie biofyziky v Košiciach sa budú prelínať s jej príbehom a osobnými dojmami. Poďme si teda zaspomínať.

Začiatky

V roku 1978 som bola čerstvá maturantka a chcela som študovať medicínu na Lekárskej fakulte v Košiciach. No aj keď som mala vynikajúci prospech, neprijali ma. V čase normalizácie nebolo možné dať si prihlášky na viacero fakúlt ako je to dnes, bola iba možnosť v jeseni sa prihlásiť na školu, ktorá robila dodatočné prijímacie skúšky z dôvodu malého záujmu v snahe naplniť kvóty. Boli to prevažne fakulty technických smerov. Aj keď som v matematike bola výborná, predsa len bio-vedy a technika boli v tom čase veľmi vzdialené. Jedného letného dňa som pristavovala z rodného mestečka do Košíc a prechádzala som okolo Prírodovedeckej fakulty.

Nesmel som vošla dnu a hľadala niekoho, kto by mi povedal, aké programy jestvujú na tejto fakulte. Je potrebné si uvedomiť, že v týchto časoch neexistoval internet a na mojom vidieckom gymnáziu neexistoval ani len výchovný poradca. Informácie o študijných možnostiach boli minimálne. Vrátnik v budove ma nasmeroval na študijné oddelenie. Dodnes si pamätám ten moment, keď som vystrašená a nesmelá stála pred vysokými bielymi dverami študijného oddelenia fakulty na Námestí Februárového víťazstva (dnes Park Angelinum). Von vyšla milá pani (pani Smolová), ktorej keď som povedala o čo ide, hneď zareagovala vetou, že veď tohto roku sa na fakulte prvýkrát otvára nový vedecký program biofyzika a podľa názvu možno bude trochu súvisieť aj s biológiou a medicínou. Preniesla som teda svoju prihlášku z techniky na Prírodovedeckú fakultu a o niekoľko dní som hravo zvládla prijímacie skúšky z matematiky a fyziky.

Biofyzika bola pričlenená ku Katedre jadrovej fyziky a zdalo sa, že nik z jadrových fyzikov nevedel, čo si s desiatimi študentmi biofyziky počať. Našťastie pre nich, bolo tu všeobecné štúdium matematiky a fyziky, ktoré pokrylo prvé dva tri roky. V druhom ročníku sa na katedre objavil prvý naozajstný v Prahe študujúci biofyzik Paľo Miškovský. Naša vedúca učiteľka skupiny prof. RNDr. G. Martiniská, CSc. zorganizovala pre nás spoločnú besedu o výzvach a možnostiach biofyziky ako interdisciplinárnej vedy, avšak študenta pražskej biofyziky po absolutoriu čakala ešte ročná povinná vojenská služba.

Štúdium biofyziky na PF UPJŠ bolo zamerané matematicko-fyzikálne a pravdepodobne to bol dôvod, že sme nedostali prakticky žiadne základy z chémie, biochémie a biológie. Vo vyšších ročníkoch teda vedenie usúdilo, že je potrebné konečne naplniť aj bio-časť názvu biofyzika a pozvalo dvoch pražských profesorov zrealizovať toto poslanie. Sledovať ťažké prednášky z molekulevej biológie bez akýchkoľvek základov a praktických cvičení bolo veľmi náročné, na skúšku sme sa učili so slovníkom cudzích slov. Napriek všetkému sme v štúdiu vytrvali, dokonca sme dve dievčatá absolvovali štúdium s vyznamenaním. Aj keď pre mnohých bolo sklamaním, dalo nám schopnosť logicky myslieť, pristupovať ku vedeckým (a nielen vedeckým) problémom analyticky a v neposlednom rade poskytlo aj pekný študentský život. Z deviatich absolventov biofyziky končiacich v roku 1983, sa v súčasnosti venujú biofyzike traja. V nasledujúcich rokoch sa študijný program upravoval aj na základe našich absolventských názorov a dnes je rozhodne lepší a komplexnejší pre prípravu vedcov v bio-vedách. Všetko sa raz musí začať.

Práca

V roku 1984 vzniklo v Košiciach Biofyzikálne oddelenie v rámci Ústavu experimentálnej fyziky SAV, na ktoré som nastúpila spolu s ďalšími mladými ľuďmi biofyzikmi

a chemickými inžiniermi. Na tomto mieste je vhodné spomenúť, že v rokoch nášho štúdia a začiatkov v práci prebiehala feminizácia vo vysokom školstve a to hlavne v prírodných a technických vedách. Názorne to ilustrovala aj skutočnosť, že v našej študijnej skupine bolo deväť dievčat a jeden chlapec. Je teda logické, že aj na biofizikálnom oddelení Ústavu experimentálnej fyziky SAV bolo veľa mladých žien. Boli sme terčom posmechu prevažne mužského osadenstva iných tradičných fyzikálnych oddelení ústavu. Ak preklenieme časový oblúk od týchto čias do súčasnosti, môže byť pre nás pekným zadost'učinením skutočnosť, že dnes je riaditeľkou celého ústavu jedna z nás, doc. RNDr. Zuzana Gažová, DrSc.

Práca na akadémii vied ma neuspokojovala. Novovzniknuté oddelenie sa ešte len hľadalo, prístrojové vybavenie bolo minimálne. Nosnou témou oddelenia bol základný výskum zameraný na funkciu jedného z enzýmov dýchacieho reťazca, cytochróm *c* oxidázy, čo bolo pre fyzikálno-matematicky orientovaných biofizikov dosť vzdialené, vzhľadom na nedostatočnú prípravu z chémie a biochémie. V konkurencii s chemickými inžiniermi sme pocit'ovali veľké nedostatky v príprave na vysokej škole.

Preto, keď som sa v roku 1986 dozvedela, že na Vysokej škole veterinárskej (VŠV) hľadajú biofizika pre výučbu biofyziky, využila som túto možnosť a zamestnala som sa ako asistentka dúfajúc, že práca so študentami mi prinesie intenzívnejšie tvorivé uspokojenie ako len sterilná práca v laboratóriu. Aj sa tak stalo. Nedomyslela som však fakt, že na oddelení, kde som nastúpila sa nerealizoval žiadny vedecký výskum. Môj predchodca bol inžinier strojár a aj výučba lekárskej biofyziky sa niesla v znamení vysvetľovania konštrukcie prístrojovej techniky, napríklad chladničky, čo sa dnes môže zdať ako úsmevné. Navyše, očakávať, že Vysoká škola veterinárska bude podporovať výučbu biofyziky a dokonca biofizikálny výskum, bolo úplne nereálne. Na školách medicínskeho charakteru sa teoretické predmety a lekárska fyzika – neskôr premenovaná na biofiziku – obzvlášť, chápali ako nutné zlo. Veľmi krátky čas po mojom nástupe na VŠV, som na pracovisku ostala úplne sama ako jediný tvorivý pracovník a všetok pedagogický proces ostal na mne. Moja inštitúcia nemala záujem prijať ďalších biofizikov. To bola v istom zmysle pasca, pretože mi neostával čas na vedecký výskum, ktorý vlastne, ako som už spomínala, na pracovisku ani neexistoval.

Ašpirantúra

Medzitým sa biofizika na Prírodovedeckej fakulte vďaka prof. RNDr. P. Miškovskému, DrSc. rozvíjala rýchlym tempom. Vďaka jeho erudícií a kontaktom s pražskou alma mater a zahraničím tu vznikol kvalitný výskum štruktúr nukleových kyselín pomocou sofistikovaných metód Ramanovej spektroskopie. Ambície

a tvorivé nasadenie P. Miškovského boli základom pre osamostatnenie sa a zanedlho sa vyčlenila samostatná Katedra biofyziky z bývalej Katedry jadrovej fyziky a biofyziky. Bola som pri tom, pretože ako bezprizorná biofyzička, nemajúca kde robiť výskum, som smela pracovať v ich kolektíve a využívať prístrojové vybavenie pozostávajúce v týchto časoch prakticky len zo zostavy na meranie Ramanovho rozptylu prinesenej z Paríža a absorpčného a infračerveného spektrofotometra. V tom čase sa už skupina P. Miškovského zaoberala skúmaním hypericínu a jeho derivátov vo vzťahu k fotodynamickej terapii. Ja som sa začala venovať liečivu, ktoré nemalo vlastnosti fotosenzitívnej látky, ale malo zaujímavú štruktúru. Amantadín je blokátor kanálov, z ktorých najznámejší je M2 proteín nachádzajúci sa v obale chrípky typu A. Bola to zaujímavá téma, myslím, že najviac biofyzikálna, akej som sa kedy vo svojom profesionálnom živote venovala. Po opublikovaní niekoľkých článkov v zahraničných karentových časopisoch, som obhájila dizertačnú prácu na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky v Bratislave. Obhajovala som podľa špeciálneho paragrafu vtedajšieho vysokoškolského zákona, ktorý umožňoval obhajobu bez školiteľa. Bratislavskí kolegovia mi na obhajobe neostali nič dlžní a poriadne ma vyobracali. Napokon som prešla všetkými desiatimi hlasmi oponentov a členov komisie.

Bola veľká škoda, že som nedostala podporu pokračovať vo výskume amantadínu a ďalších blokátorov viroporínov. Spolu s virologičkou doc. RNDr. Tatianou Betákovou, DrSc. sme podali spoločný projekt, ktorý bol ale tak slabo financovaný, že T. Betáková, práve sa navrátiťšia z Londýna, kde strávila 10 rokov na popredných vedeckých virologických pracoviskách, v ďalšej spolupráci nepokračovala. Nedostala som podporu ani z Katedry biofyziky PF UPJŠ, tobôž z VŠV a nemohla som teda pokračovať v začatom výskume. Našťastie, v tom čase som dostala príležitosť, o ktorej sa mi mohlo v minulosti len snívať: vďaka odporúčaniam kolegov a priateľov, hlavne doc. RNDr. D. Jancuru, PhD. a MUDr. A. Musatova, DrSc., som nastúpila ako postdoktorandka na Biochemistry Department Health Science Center v San Antoniu v USA. Strávila som tam rok a bola to škola pravej sústredenej vedeckej práce. Po tomto roku som konečne vedela, ako má vyzeráť naozajstná veda a výskum v zabehnutej inštitúcii.

Košická biofyzika v súčasnosti

Dnes je situácia v biofyzikálnom výskume podstatne iná ako v začiatkoch. V Košiciach sa rozvinul kvalitný biofyzikálny výskum na oboch hlavných pracoviskách a to ako na Katedre biofyziky UPJŠ, tak aj na akadémii vied. Pracoviská sú vybavené špičkovými prístrojmi, produkujú publikácie v prestížnych časopisoch a školia mnohých šikovných doktorandov, ktorí sa dobre uplatňujú aj na popredných zahraničných vedeckých pracoviskách. Vďaka úsiliu vedcov z Katedry biofyziky

Ústavu fyzikálnych vied PF UPJŠ vznikli komplexné vedecké centrá v Košiciach a to Centrum interdisciplinárnych bio-vied a Technologický inovačný park, ktoré už dávno presahujú svojim významom biofyziku ako takú. Netreba zabudnúť ani na Ústav lekárskej a klinickej biofyziky LF UPJŠ, ktorý taktiež dosahuje významné vedecké úspechy. Vďaka oddanej a precíznej práci jeho prednostu doc. RNDr. J. Saba, CSc., mimoriadneho profesora, lekárska biofyzika na LF UPJŠ nadobudla prestíž a uznanie medzi lekármi i študentami.

Myšlienka založiť profesijnú organizáciu, ktorá by zlučovala a podporovala biofyzikov na celom Slovensku vznikla na Katedre biofyziky PF UPJŠ z iniciatívy P. Miškovského. Spoločnosť bola založená tesne pred mojím odchodom do USA a na ustanovujúcom úradnom dokumente sú podpisy P. Miškovského, prof. RNDr. V. Lisého, DrSc. a môj.

Lekárska biofyzika

Nástupom na VŠV, terajšiu Univerzitu veterinárskeho lekárstva a farmácie (UVLF), som sa upísala lekárskej biofyzike na celý život. Ako som už spomenula vyššie, bola som jedinou pedagogicko-vedeckou pracovníčkou Oddelenia biofyziky, ktoré patrilo pod katedru s názvom Katedra veterinárnej starostlivosti. Táto katedra zahŕňala tri oddelenia, ktoré spolu vôbec nesúviseli. Prednášala som, viedla všetky praktické cvičenia, skúšala. V ročníku bol bežný počet študentov viac ako 250 a môj týždenný pedagogický úväzok predstavoval v niektorých rokoch aj 33 hodín. Po predchodcoch som zdedila cvičebňu s tristnými praktickými úlohami, z ktorých spomeniem len napríklad meranie prechodu tepla cez stenu. Okrem toho množstvo morálne i fyzicky zastaraných prístrojov, mnohé boli ešte z 50. rokov minulého storočia.

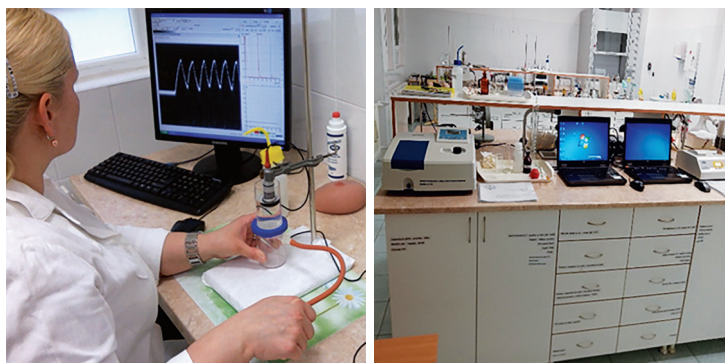


Cvičebňa lekárskej fyziky na VŠV v 50. rokoch 20. storočia (datované približne).
Tá istá cvičebňa v roku 1986 sa od nej príliš nelíšila.

Predmet, ktorý sa dnes nazýva biofyzika alebo na niektorých lekárskejších fakultách lekárska biofyzika, vznikol z lekárskej fyziky, ktorá bola dlhé roky súčasťou základných teoretických predmetov v štúdiu humánných a veterinárnych lekárov. V súčasnosti je lekárska fyzika orientovaná hlavne na vysvetľovanie princípov fyzikálnych metód a prístrojov používaných v lekárstve prekonaná, keďže vo vyhradenom krátkom čase nie je možné popri objasňovaní biofyzikálnych javov v organizme poskytnúť študentom prehľad o sofistikovaných diagnostických a terapeutických metódach, ktoré sa dnes v medicíne používajú.

Mojím prvým krokom v modernizácii predmetu biofyzika bolo napísanie takých učebných textov, ktoré by boli pre študentov zrozumiteľné a ktoré mohli posunúť vysvetľovanie biofyzikálnych procesov v živých organizmoch na kvalitatívne vyššiu úroveň. Inšpiráciu pre modernizáciu praktických cvičení som hľadala aj na Lekárskej fakulte UPJŠ. Tam som ale zistila, že ich úlohy (ide o 80. roky minulého storočia) neboli o nič lepšie ako naše a celý ústav bol taký zastaraný ako aj ten náš. Tu treba urobiť opäť časový skok a povedať, že situácia na dnešnom Ústave biofyziky a klinickej biofyziky LF UPJŠ sa markantne zmenila po nástupe J. Saba. Dnes je tento ústav ťahúňom v získavaní hodnotných vedeckých grantov na Lekárskej fakulte a výučba lekárskej biofyziky je na vysokej úrovni.

Mala som a stále mám mnoho nápadov na nové úlohy, ale univerzita nebola veľmi ochotná financovať modernizáciu praktických cvičení z biofyziky. Vylepšovala som teda aspoň prednášky a učebné texty, a čo sa dalo do praktík urobiť s minimom financií, takpovediac na kolene, som urobila. Často aj na vlastné náklady. Vytvorila som novú koncepciu predmetu tak, aby študenti mali čo najviac súvislosti a spojív medzi jednotlivými kapitolami. Ukázalo sa, že fakt, že nemám šéfa mi dával možnosti na vlastnú kreativitu a úsudok. Mohla som vytvoriť vlastný obsah predmetu, samozrejme rešpektujúc jeho dovedajšiu základnú líniu. Takto vznikla lekárska biofyzika, ktorá sa prelína s biochémiou, fyziológiou, rádiobiológiou, internou medicínou, rádiografickou anatómiou, chirurgiou, fyzioterapiou, farmáciou. Existujúce základné zákony a procesy, ktoré sa síce študenti z povinnosti naučili, mnohí z nich len naspamäť, som sa snažila aplikovať na biologický systém na rôznych úrovniach živej hmoty a ukázať, že fyzikálne javy v živých organizmoch existujú, majú svoj význam a je opodstatnené ich vysvetľovať. Študentom to pomôže v ich ďalšom štúdiu a dokonca aj v praxi. Mnohí z mojich študentov to pochopili a získavala som od nich spätnú väzbu v podobe výrokov: „Keby som bol vedel, že fyzika je taká krásna, bol by som ju šiel študovať“. Samozrejme, veľa študentov a priori pristupovalo k tomuto predmetu ako k niečomu, čo treba urobiť a zabudnúť.



Vľavo: Cvičebňa biofyziky v súčasnosti.
Vpravo: V. Verebová testuje diagnostický ultrazvukový M-mód pre študentov.

V akademickom roku 2006/2007 vznikol na univerzite študijný program Farmácia, ktorého nutné zabezpečenie konečne primälo vedenie školy prijať externých učiteľov biofyziky, keďže pedagogické úväzky už boli nezvládnuteľné. Jednou z externých pedagogičiek bola RNDr. Valéria Verebová, PhD. ktorá ostala lekárskej biofyzike verná dodnes. Pre mňa to bola nesmierna úľava po rokoch samoty, prerušovanej len občasnými nekvalifikovanými pomocníkmi. Od jej nástupu a po príchode RNDr. Aleny Strejčkovej, PhD. sa datuje formácia maličkého, ale zohratého kolektívu kvalifikovaných biofyzičiek zapálených pre lekársku biofyziku. Navyše, vtedajší rektor univerzity prof. MVDr. E. Pilipčinec, PhD. bol naklonený rozvoju základných a predklinických disciplín, čo sa prejavilo aj v možnosti vymeniť zastarané priestory pre výučbu našich predmetov za moderné. Inovovali sme praktické cvičenia vďaka pedagogickým grantom, ktoré sme na Ústav biofyziky získali z ministerstva školstva. K modernizácii prispelo aj zakúpenie osobných počítačov pre študentov. Zostavili sme nové úlohy medicínskeho i farmaceutického charakteru, kolegyně vypracovali manuály a náš ústav bol prvý na univerzite, ktorý dávno pred Moodle mal svoje stránky, kde študenti vkladali protokoly vypracované pomocou nami zadaných šablón v počítačoch. Do dnešného dňa stále niečo vylepšujeme a vymýšľame.

Medzinárodné aktivity

V 90. rokoch minulého storočia Univerzita veterinárskeho lekárstva ako jedna z prvých na Slovensku začala ponúkať štúdium všeobecného veterinárskeho lekárstva zahraničným študentom. Prví študenti prišli z Izraela a pre nás pedagógov to bola veľká výzva. Keďže ani v rokoch tesne po 1989 nebolo pre východniarov bežné chodiť do zahraničia, výučba v angličtine predstavovala značnú motiváciu k učeniu sa hovorovej angličtiny.



Vľavo: J. Staničová prednáša lekársku biofyziku svojim študentom na Nord University v nórskom meste Bodø.

Vpravo: Študenti Animal Science na Dyreklinikk, v strede je riaditeľka kliniky Dr. H. Myrnes.

V ďalších rokoch, univerzita v spolupráci s Faculty of Aquaculture and Biosciences University of Nordland v Nórsku založila spoločný bakalársky študijný program Animal Science, ktorý je predprípravou nórskeho študentov na štúdium veterinárnej medicíny v Košiciach. Naša lekárska biofyzika sa teda dostala aj do severného Nórska do mesta za polárnym kruhom, kde som našla zapálených a múdrych študentov.

Raz som pre nich usporiadala exkurziu na kliniku, kde mali možnosť vidieť aplikácie fyzikálnych diagnostických a terapeutických metód v praxi. Takto vznikla myšlienka zriadiť nový predmet biofizikálne metódy v medicíne aj pre slovenských študentov veterinárskeho lekárstva v Košiciach. V súčasnosti je to voliteľný predmet a medzi študentami je oňho veľký záujem, ktorý spravidla presahuje jeho kapacitu.



Exkurzia slovenských a zahraničných študentov na Inštitúte molekulej a nukleárnej medicíny v Košiciach, kde si mohli pozrieť metódy nukleárnej medicíny vrátane pozitronovej emisnej tomografie (PET) na obrázku.

Ďalšia medzinárodná aktivita nášho ústavu sa týka neďalekého zahraničia a to Českej republiky. V rámci dobrej spolupráce s Ústavom biofyziky a informatiky 1. lekárskej fakulty Karlovej univerzity v Prahe, som sa stala stálou prednášajúcou lekárskej biofyziky, zároveň aj skúšam českých a anglicky hovoriacich študentov.

Rekapitulácia

Dnes je náš malý kolektív súčasťou Katedry chémie, biochémie a biofyziky na Univerzite veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach. Spolu s V. Verebovou pracujeme na výskume interakcií malých molekúl (liečiv, pesticídov, repelentov) v štruktúrach biomakromolekúl, pričom využívame hlavne optické metódy. Aj keď je naše vedecké laboratórium len skromne vybavené, vyškolili sme už značný počet diplomantov, hlavne študentov zo študijného programu farmácia. V prípade školenia doktorandov a publikovania vedeckých článkov využívame prístrojové vybavenie pracovísk ÚEF SAV a Katedry biofyziky ÚFV PF UPJŠ, za čo sme kolegom z týchto inštitúcií vďační.



Kolektív biofyziky na UVLF v Košiciach (zľava) V. Verebová, J. Staničová a A. Strejčková na konferencii 44. Dni lekárskej biofyziky 2023 vo Vysokých Tatrách.

A. Strejčková spolupracuje priamo na vedeckých úlohách s doc. RNDr. Gregorom Bánóm, PhD. zo spomínanej Katedry biofyziky Fyzikálneho ústavu PF UPJŠ. Nosnou témou ich výskumu je štúdium transportných javov fotoaktívnych liečiv cez modelové membrány a biomedicínske aplikácie fotopolymérnych mikroštruktúr.

V pedagogickej oblasti vyučujeme povinný predmet biofyzika v doktorských a magisterských študijných programoch všeobecné veterinárske lekárstvo, hygiena potravín, farmácia, general veterinary medicine a bakalárskych programoch animal science a bezpečnosť krmív a potravín. Povinne voliteľný predmet biofyzikálne metódy v medicíne vyučujeme v programoch všeobecné veterinárske lekárstvo, hygiena potravín a general veterinary medicine.

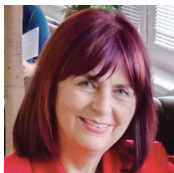
Vydali sme niekoľko učebných textov v slovenskom i anglickom jazyku a na platforme Moodle sú kompletne študijné materiály vrátane vysvetľujúcich video prezentácií.

Záver

Ak porovnáme roky začiatkov, keď sa biofyzika v Košiciach hľadala a formovala, a súčasnosť, myslím, že jej príbeh nebol ľahký, ale bol a je úspešný.

Lekárska biofyzika sa v porovnaní s minulosťou stala v Košiciach rešpektovanou disciplínou vo výučbe humánnej medicíny, veterinárnej medicíny a farmácie. Máme odozvu od svojich absolventov, ktorí oceňujú naše snaženie sprístupniť tento predmet aj študentom orientovaným na medicínske a biologické vedy.

Autorka



Jana Staničová, doc. RNDr. PhD.

Katedra chémie, biochémie a biofyziky, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach.

Oddelenie biofyziky, Ústav biofyziky a informatiky, 1. Lekárska fakulta, Karlova univerzita v Prahe.

XIII. Spark na poli slovenskej biofyziky: pokus o environmentálnu biofyziku na Fakulte prírodných vied UCM v Trnave

Príspevok zachytáva krátky príbeh katedry Biofyziky na Fakulte prírodných vied Univerzity sv. Cyrila a Metoda v Trnave (FPV UCM), ktorý bol pokusom o rozvoj nového vedného smeru – environmentálnej biofyziky – a ktorý ukázal limity reálnych možností presadiť na Slovensku nové pokrokové postupy vo vzdelávaní na vysokých školách. Mapuje tiež aktivity tejto katedry za dobu jej existencie od r. 2016 do r. 2022.

Environmentálna biofyzika – tak potrebná a pritom stále veľká neznáma

Environmentálne vedy sú dnes základom porozumenia zmien, ku ktorým dochádza v dôsledku klimatickej krízy. Čoraz viac sa ukazuje, že klimatickým zmenám a ich vplyvom na živé organizmy nie je možné porozumieť bez využitia rigorózneho fyzikálneho prístupu a začlenenia biofyzikálnych poznatkov.

Environmentálna biofyzika je veľmi pomaly sa formujúcou oblasťou štúdia vplyvu fyzikálneho makro- a mikro- prostredia na živé organizmy. Na jednej strane nadväzuje na environmentálnu



fyziku, ktorá sleduje zmeny fyzikálnych veličín ako je prúdenie tepla, výmenu energie, či tvorbu rôznych cyklov (uhlíkového, CO₂, vodného a pod.) na úrovni atmosféry a ich vplyv na ekosystémy. Na druhej strane v sebe skrýva veľmi široké možnosti využitia biofyziky ako vedy zahrnujúcej použitie fyzikálnych experimentálnych metód na skúmanie biologických procesov, predovšetkým možnosti aplikovať environmentálny biofyzikálny výskum tak, aby vylepšil porozumenie a) mikroklímy daného organizmu, ktorý je predmetom záujmu, b) ako organizmus funguje vo svojom mikroprostredí a c) ako organizmus reaguje na mikroenvironmentálne poruchy spôsobené prírodnými alebo antropogénnymi procesmi.

Environmentálna biofyzika je teda interdisciplinárna veda, ktorá síce v sebe zahŕňa prvky fyziky a biológie, ale stavia na širokých poznatkoch disciplín ako sú mikroklimatológia, environmentalistika a biotechnológia.

V žiadnom inom období histórie nebolo štúdium životného prostredia a vzťahu so živými organizmami, ktoré ho obývajú, dôležitejšie. V 21. storočí, spôsob využívania životného prostredia človekom vedie k čoraz väčšiemu záujmu o udržateľnosť prírodných zdrojov, rýchlosť klimatických zmien a budúcnosť pokračujúceho rastu ľudskej populácie v ekologicky uzavretom systéme Zeme. Z tohto pohľadu je dnes oveľa viac ako kedykoľvek predtým potrebné spájať fyzikálne založené princípy s chápaním živých organizmov, aby bolo možné navrhnúť postupy, ako prežiť na našej planéte udržateľným spôsobom. Environmentálna biofyzika integruje rôzne vedné oblasti, vrátane mikroklimatológie, environmentálnych vied, biotechnológie a samotnej biofyziky, aby poskytla kvantitatívne postupy a návrh zdrojov potrebných na prežitie živých organizmov na našej (a nielen našej) planéte. Z tohto dôvodu sa nám zdalo vhodné doplniť štúdium biofyziky do univerzitného prostredia Fakulty prírodných vied UCM v Trnave, ktorá síce rozvíja interdisciplinárne odbory ako sú aplikovaná biológia, biotechnológia a ochrana a obnova životného prostredia, ale kde špecializácia zameraná na fyziku, resp. biofyziku chýbala.

Založenie Katedry biofyziky FPV UCM a pokus o akreditáciu študijného programu biofyzika

Spark je možné preložiť ako iskra. Iskrou sa v našom pohľade stala práve snaha vytvoriť Katedru biofyziky na Fakulte prírodných vied Univerzity sv. Cyrila a Metoda v Trnave, ktorá by dopĺňala existujúce študijné odbory: bakalársky (Bc.) ochrana a obnova životného prostredia a inžinierstvo životného prostredia, ako aj Bc. a magisterský (Mgr.) program biotechnológie či molekulárna biológia, a zabezpečila ich vzájomné prepojenie, resp. prepojenie s informatickými vedami.

Katedra biofyziky na FPV UCM bola založená v januári 2016 s cieľom rozvíjať na tejto fakulte nový interdisciplinárny vedný odbor, ktorého pôsobnosť zasahuje do viacerých vedných odborov, a ktorý by prepájal existujúce odbory na tejto fakulte. Keďže FPV UCM v tom čase nemala odbory vzdelávania v oblasti fyziky, Katedra biofyziky mala za cieľ vyplniť toto chýbajúce miesto a rozvíjať tak štúdium, ako aj vedecké aktivity v oblasti biofyziky. Jedným z našich zámerov bolo pritom venovať sa oblasti biofotoniky, teda skúmaniu interakcie živých organizmov s rôznymi stresormi za pomoci svetla, pričom tento zámer sa postupne rozšíril na možnosti rozvoja práve v oblasti environmentálnej biofyziky.

V októbri 2016 podal tvoriaci sa tím na katedre, ktorého súčasťou bol jeden profesor (Štich) a dvaja docenti (Lacinová a Marček Chorvátová) v oblasti fyziky, resp. biofyziky, žiadosť o akreditáciu študijného programu biofyzika v bakalárskom ako aj magisterskom stupni štúdia (teda na úrovni Bc. a Mgr.). Je dôležité pripomenúť, že v tej dobe na Slovensku neexistoval bakalársky študijný program biofyzika, bakalárske štúdium bolo možné len v študijnom programe fyzika. Žiadosť bola zamietnutá s odôvodnením, že „na UCM nie je rozvinutý žiadny vedecký ani pedagogický fyzikálny program“ a že tvoriaci sa tím nepôsobí výlučne na FPV UCM. Z vyrozumenia od akreditačnej komisie bolo zjavné, že sa orientuje na kvalitu a čistotu akreditácie fyziky na Slovensku, čo samozrejme chápeme a vnímame ako extrémne dôležité. Súčasne, tento prístup prehliada iné potreby, a to vzdelávanie v odbore fyziky pre čo najširšiu vzorku študentov, ktorí nie sú čisto fyzikálneho zamerania.

Z tohto pohľadu je práve štúdium biofyziky veľmi vhodným premostením k fyzike a v zahraničí je preto vzdelávanie v rámci biofyziky často súčasťou lekárskejších a farmaceutických vied.

Cieľom zakladateľov katedry nikdy nebola snaha konkurovať odborom fyziky na Slovensku. Naopak, predstava bola dostať fyziku s pomocou biofyziky do prostredia, kde predtým neexistovala, teda ako príklad na FPV UCM v Trnave, na ktorej tento základný prírodovedecký odbor chýbal. To, čo malo byť prijaté pozitívne ako snaha rozšíriť biofyziku (a tým aj fyziku) do miest, kde absentovala, bolo prijaté ako nedostatočné z hľadiska predchádzajúceho rozvoja fakulty. V tomto ohľade sa javí ako sporný aj argument, že tvoriaci sa tím nepôsobil výlučne na FPV UCM. Prirodzene, pri tvorbe niečoho nového (čo ani nie je schválené) je ťažko očakávať od profesorov a docentov s rozbehnutou kariérou, že zanechajú všetky predchádzajúce aktivity bez jasnej akceptácie z hľadiska akreditácie. Aj tu by sa dalo skôr vnímať pozitívne, že sa traja vysoko erudovaní – dnes už všetci profesori fyzikálnych vied – rozhodli podeliť so svojimi znalosťami so študentami a skôr by bolo vhodné podporovať ich záujem v oblasti pedagogického pôsobenia, ako považovať za prekvapujúce, že chcú byť súčasťou pedagogického procesu vo svojom odbore. Napriek negatívnemu výsledku, treba vyzdvihnúť, že pozitívum na tomto procese bolo, že snaha mladej katedry spojila biofyzikálnu komunitu na Slovensku a za jej žiadosť sa zasadila spoločnosť SKBS podporným listom.

I keď sa nepodarilo otvoriť samostatný študijný odbor, Katedra biofyziky zabezpečovala v rokoch 2017 – 2020 výučbu predmetov medicínska biofyzika I a biofyzika pre študentov chémie na FPV UCM.

Pokračovanie na poli spoluprác

Vzhľadom na vzniknutú situáciu sme sa následne na katedre zamerali na rozvoj paralelných aktivít. Keďže moderné vzdelávanie si vyžaduje prístup k práci na projektoch a z tohto dôvodu je potrebné mať pre takýto typ vzdelávania vybudované kvalitné edukačné laboratóriá na univerzitách, vybudovali sme na Katedre biofyziky spoločné Laboratórium biofotonických technológií medzi FPV UCM a Medzinárodným laserovým centrom (MLC, dnes MLC CVTI-SR) v Bratislave. Toto laboratórium, (vytvorené na základe zmluvy o zriadení z 1. 10. 2014 spolu s rámcovou zmluvou o vzájomnej spolupráci medzi FPV UCM a MLC), funguje dodnes, pričom sa v roku 2016 stalo priamou organizačnou súčasťou MLC ako jeho externé pracovisko. Laboratórium má za cieľ predovšetkým umožniť vybudovať kvalitné laboratórne cvičenia pre študentov na bakalárskom a magisterskom stupni štúdia a umožniť študentom realizovať ročníkové, bakalárske, diplomové a doktorandské práce v spolupráci so špičkovými vedcami.

V rámci grantu KEGA sme sa následne zamerali na zlepšenie laboratórneho vybavenia spoločného laboratória (znázornené na obrázkoch), pričom vznikli aj vysokoškolské materiály [1-2] a bola navrhnutá koncepcia výučby biofotoniky na Slovensku [3], ako aj koncepcia začlenenia sa do medzinárodných projektov [4], predovšetkým v rámci medzinárodných programov na úrovni magisterského a doktorandského štúdia.



Ďalšími aktivitami, ktoré katedra vyvíjala, bola organizácia workshopov:

V roku 2015, ktorý Valné zhromaždenie Organizácie spojených národov (VZ OSN) vyhlásilo za *Medzinárodný rok svetla a svetelných technológií*, katedra v spolupráci s MLC zorganizovala na FPV UCM Medzinárodný európsky workshop „LaserLab – User Community Training School/Workshop on Light-Based Technologies“, ktorý bol finančne podporený európskou sieťou Laserlab Europe III. Na workshope, ktorého sa zúčastnilo 60 záujemcov z 8 európskych krajín, mali účastníci nielen možnosť dozvedieť sa o technológiách založených na svetle a ich aplikáciách v chémii, materiálových a senzorkých vedách a biomedicíne, ale mohli aj vyskúšať si špičkové aparatúry.

V roku 2016 sme pokračovali workshopom „Photonics for teachers“, podporeným projektom Horizon 2020 EU Photonics 4 All, ktorý sa špecificky zamerl

na učiteľov fyziky predovšetkým zo stredných škôl. Tento workshop ukázal záujem učiteľov, ako aj potrebu podporovať nové pomôcky vo vzdelávaní a prepojenie výučby fyziky na vysokých a stredných školách.

V roku 2017 sme ako katedra na základe týchto skúsenosti iniciovali na FPV UCM „Workshop o prírodných vedách pre študentov stredných škôl“, ktorý zapojil všetky katedry a organizoval sa každoročne počas Týždňa vedy, aj kým túto aktivitu nezastavil príchod pandémie ochorenia Covid-19 v roku 2020.

V roku 2019 sa v Trnave konala „COST Training School on Multimodal Optical Imaging“. Táto aktivita bola podporená projektom COST: „An integrative action for multidisciplinary studies on cellular structural network EuroCellNet“. V rámci medzinárodných aktivít sme v spolupráci so zahraničnými partnermi (Medical university Vienna, Rakúsko a Česká akadémia vied, Praha, Česká republika) pripravili a zrealizovali medzinárodnú školu v Trnave, ktorej sa zúčastnilo 58 (medzinárodných) účastníkov, z toho 34 stážistov (z 8 krajín EÚ mimo Slovenska), ako a 14 prednášajúcich (z 6 krajín EÚ mimo Slovenska).

V roku 2020, napriek pandémie Covid-19, katedra zorganizovala v Trnave 9. Slovenské biofyzikálne sympóziu spoločnosti SKBS.

Zosúladenie študijných programov

V súvislosti s revíziou sústavy študijných odborov, ktorá prebehla v roku 2018/2019, sa predstava akreditácie biofyziky ako špecifickej súčasť fyziky na Slovensku ešte skomplikovala. Z tohto dôvodu SKBS so širokou podporou kolegov z prírodovedeckých fakúlt UPJŠ v Košiciach, UK v Bratislave, UCM v Trnave a zo SAV, pripravila návrh vytvoriť nový študijný odbor „interdisciplinárne biovedy“, ktorý by umožnil interdisciplinárny rozvoj naprieč odbormi a do ktorého by bolo možné priamo začleniť aj také študijné programy ako environmentálna biofyzika, či biofotonika. Takéto štúdium by umožnilo vhodne skombinovať návrh štúdia absolventa podľa jeho špecifických potrieb. Pri príprave koncepcie tohto programu sa ukázala nevyhnutná potreba modernizácie výučby existujúcich odborov. Návrh koncepcie študijného odboru interdisciplinárne biovedy bol pripravený v roku 2019 a zaslaný ako pripomienka k návrhu novej sústavy študijných odborov v zákonnej lehote, pričom podaná žiadosť o jeho zaradenie do novej sústavy odborov bola podpísaná viacerými významnými zástupcami biofyziky a biochémie na Slovensku (UPJŠ, UK, SAV, UCM (vrátane predsedu Slovenskej biofyzikálnej spoločnosti)). K návrhu bol pripojený vypracovaný opis nového študijného odboru interdisciplinárne biovedy. Návrh však na MŠVVaŠ SR nenašiel pozitívny ohlas a na našu žiadosť sme nedostali odpoveď – nové študijné odbory boli odsúhlasené bez možnosti vytvorenia nového odboru interdisciplinárnych bioved.

Ako je uvedené v predchádzajúcich kapitolách, na Slovensku boli vyvinuté viaceré snahy o rozvoj kvalitného vzdelávania v oblasti interdisciplinárnych biovied vo všeobecnosti a biofyziky, environmentálnej biofyziky, či biofotoniky zvlášť, avšak nestretli sa vždy s porozumením na úrovni tvorcov koncepcie vzdelávania na Slovensku. V budúcnosti je teda potrebné pokračovať v aktivitách zameraných na túto oblasť. Napriek existujúcim snahám v oblasti zlepšenia kvality vysokoškolského vzdelávania na Slovensku, ktoré vnímame ako pozitívne, považujeme za nevyhnutné nastaviť systém vzdelávania tak, aby umožnil vzdelávanie v moderných odboroch fyzikálneho a technického zamerania aj pre nefyzikálne a netechnicky založených študentov. V tomto ohľade sú interdisciplinárne biovedy veľmi vhodným prostriedkom, ktorý umožňuje rozvíjať aj silnú spoluprácu so zahraničnými, predovšetkým európskymi partnermi.

Život po zosúladení...

V rámci zosúladovania študijných programov došlo k viacerým zásadným zmenám v tvorbe týchto programov, ktoré – napriek iným pôvodným predstavám – v podstate na niekoľko rokov zastavili možnosti tvorby inovatívnych programov na univerzitách tam, kde predtým neboli rozbehnuté. Zahatali tiež reálne možnosti žiadať o akreditáciu v oblasti biofyziky na FPV UCM vzhľadom na potrebu akreditovať nielen študijný program, ale celý nový študijný odbor na fakulte. Nové ponímanie akreditácie študijných odborov tak znemožnilo rozvoj nových odborov a interdisciplinárnych štúdií. Výsledkom tohto procesu bol zánik Katedry biofyziky v polovici r. 2022 zlúčením s Katedrou chémie a Katedrou ekochémie a rádioekológie.

V súčasnosti členovia katedry zabezpečujú výučbu predmetov fyzika, biofyzika a biofyzikálna chémia. Na FPV UCM bol súčasne zaradený predmet environmentálna fyzika do Bc štúdia



v programe ochrana a obnova životného prostredia spolu s predmetom úvod do biofyziky. Predmet aplikovaná biofyzika bol zaradený do programu environmentálne inžinierstvo, spolu s predmetom zobrazovacie techniky.

V rámci týchto predmetov je snaha prezentovať študentom možné prieniky medzi nimi študovanými odbormi a (bio)fyzikou a poukázať tak na zásadný prínos fyziky vo všeobecnosti a environmentálnej biofyziky zvlášť pri porozumení a návrhu inovatívnych riešení klimatickej krízy súčasnosti.

Záver: Koniec jednej kapitoly a... začiatok novej?

Biofyzika je fascinujúca interdisciplinárna veda. Zahŕňa veľmi široké pole pôsobnosti. Rozčleňovanie na odbory, tak ako to vníma slovenská sústava odborov však nie je úplne najšťastnejšie riešenie interdisciplinariny a predstavuje pre výučbu biofyziky skôr prekážku ako príležitosť. Biofyzika je tak isto súčasťou fyziky, ako je súčasťou biológie, ale tiež ako je súčasťou lekárskeho, farmaceutického, biotechnologického či environmentálneho vied.

Čo je ale dôležité pripomenúť je fakt, že berúc do úvahy nedostatočné vzdelávanie v odboroch fyziky a matematiky na stredných školách, je ich spojenie s inými odbormi veľmi dôležité. V tomto kontexte je biofyzika vhodným spojiťvom, pričom environmentálna biofyzika sa môže stať úplne novým rozvíjajúcim sa odborom, ktorý nám pomôže porozumieť klimatickým zmenám na inovatívnej úrovni. Je tiež príležitosťou ukázať množstvo úloh, ktoré fyzika zohráva pri našom fungovaní v každodennom živote. Veríme, že, napriek súčasnému stavu, sa podarí presadiť a rozvíjať tento odbor a umožniť jeho pozitívny rozmach nielen na Slovensku, ale aj v celej Európe.

Podakovanie

Chceli by sme sa poďakovať dekanom FPV, ktorí prispeli k rozvoju biofyziky na FPV UCM v Trnave, a to predovšetkým prof. Romanovi Bočovi, DrSc., ako aj doc. Ing. Stanislavovi Hostinovi, PhD.

Odkazy

- [1] A. Marček Chorvátová, Biofotonika: Compendium. Textbook of the University of Ss. Cyril and Methodius in Trnava, University of St. Cyril and Methodius (Ed.), Faculty of Natural Sciences, 2017.
- [2] A. Marček Chorvátová, Biofotonika: Praktické cvičenia. Textbook of the University of Ss. Cyril and Methodius in Trnava, University of St. Cyril and Methodius (Ed.), Faculty of Natural Sciences, 2021. online: <https://www.ucm.sk/sk/ucebne-texty-k-stiahnutiu/>
- [3] A. Marček Chorvátová, Konceptia výučby Biofotoniky na Slovensku. Fotonika 2019, Proceedings of the 14th annual scientific meeting of ILC, (2019), 18-21.
- [4] A. Marček Chorvátová, Konceptia návrhu medzinárodného projektu pre výučbu Biofotoniky na Európskej úrovni. Fotonika 2020, Proceedings of the 15th annual scientific meeting of ILC, (2020), 18-22.

Autori



Alžbeta Marček Chorvátová, prof. Mgr. DrSc.

Katedra biofyziky, Fakulta prírodných vied,
Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave. Vedúca katedry.
Oddelenie biofotoniky, Medzinárodné laserové centrum,
Centrum vedecko-technických informácií SR, Bratislava.



Ľubica Lacinová, prof. RNDr. DrSc.

Oddelenie biofyziky a elektrofyziológie, Ústav molekulárnej
fyziológie a genetiky, Centrum biovied, SAV, v. v. i. Bratislava.
Katedra biofyziky, Fakulta prírodných vied,
Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave.



Ivan Štich, prof. Ing. DrSc.

Oddelenie paralelného a distribuovaného spracovania
informácií, Ústav informatiky SAV, v. v. i. Bratislava.
Oddelenie teoretickej fyziky, Fyzikálny ústav SAV, v. v. i. Bratislava.
Katedra biofyziky, Fakulta prírodných vied,
Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave.

XIV. Biomedicínska fyzika na UK v Bratislave

Príspevok venuje pozornosť študijnému programu biomedicínska fyzika od jeho vzniku v roku 1995 na Univerzite Komenského v Bratislave v jeho súvislom pokračovaní a vývoji aj po súčasnosť. Podrobne sa zameriava na edukačné a profesionálne ciele biomedicínskej fyziky a uvádza príklady úspešného a širokého uplatnenie absolventov. Tiež mapuje nedeliteľnú súčasť štúdia, a to vedu a výskum v oblasti biomedicínskej fyziky, ktorá je úzko a integrálne prepojená s výskumom v oblasti biofyziky. Zároveň reflektuje požiadavku dnešnej doby, a to najmä aplikácie informatiky a matematických vied do biomedicíny. Príspevok tiež uvádza všetkých garantov štúdia, ktorí zohrávali a zohrávajú nezastupiteľnú úlohu v uvedenom štúdiu a vede.

Vznik a rozvoj študijného programu biomedicínska fyzika, garanti študijného programu

Neustále sa rozširujúce využívanie moderných fyzikálnych metód, elektroniky, výpočtovej techniky, matematických a inžinierskych prístupov, nových spôsobov informačných technológií a biotechnológií si prirodzene vyžiadalo kodifikáciu nového interdisciplinárneho štúdia biomedicínska fyzika, ktorý sa na sklonku 20. storočia stal súčasťou študijných programov niektorých špičkových univerzít vo svete a zároveň aj plnohodnotnou súčasťou svetového vedeckého výskumu. Aj na Univerzite Komenského v Bratislave na Katedre biofyziky Matematicko-fyzikálnej fakulty UK poukázal na takú spoločenskú požiadavku **prof. RNDr. Dušan Chorvát, DrSc.**, ktorý vytvoril ešte v roku 1993 pracovnú skupinu na Matematicko-fyzikálnej fakulte UK v spolupráci s tímom z Lekárskej fakulty UK vedeným **prof. MUDr. Ladislavom Zlatošom, DrSc.** Obaja „otcovia“ biomedicínskej fyziky na Slovensku vynaložili mimoriadne úsilie a svoje špičkové odborné vedomosti a dosiahli, že uvedený študijný program bol po odbornej diskusii široko vedenej na oboch fakultách, výskumných aj klinických pracoviskách predložený na ministerstvo školstva aj na ministerstvo zdravotníctva. Následne bol v roku 1994 oboma ministerstvami schválený študijný program medziodborového štúdia biomedicínska fyzika s tým, že po úspešnej akreditácii odštartuje tento študijný program v nasledujúcom akademickom roku 1995/96 a bude ho zabezpečovať ako hlavná fakulta Matematicko-fyzikálna fakulta UK (od 1. 9. 2000 Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, FMFI UK) v spolupráci s Lekárskou fakultou UK v Bratislave. Študenti, študujúci podľa tohto medziodborového študijného programu budú študentmi Matematicko-fyzikálnej fakulty UK.

Teda už od akademického roku 1995/96 sa študuje na Slovensku biomedicínska fyzika, najskôr ako spojené 5-ročné medziodborové magisterské štúdium v odboroch fyzika a všeobecné lekárstvo. V roku 2003 v súvislosti s prestavbou vysokoškolského štúdia vznikla požiadavka pôvodné 10 semestrálne štúdium rozdeliť na bakalárske (6 semestrov) a magisterské (4 semestre) štúdium a od r. 2004 sa realizuje dvojstupňové štúdium bakalárskeho a magisterského študijného programu biomedicínska fyzika, ktoré boli v nasledovných rokoch v odbore fyzika garantované prof. RNDr. Libušou Šikurovou, CSc. a v odbore všeobecné lekárstvo prof. MUDr. Ladislavom Zlatošom, DrSc.

Od roku 2014 bakalárske štúdium biomedicínska fyzika za odbor fyzika garantuje doc. RNDr. Iveta Waczulíková, CSc., pre magisterské štúdium pokračuje v garantovaní prof. RNDr. Libuša Šikurová, CSc. a v garantovaní všeobecného lekárstva sa vystriedali prof. MUDr. Ľudovít Danihel, CSc. a prof. MUDr. Štefan Polák, CSc.

V súčasnosti sú pre ostatnú akreditáciu medziodborového štúdia biomedicínska fyzika požadovaní traja garanti za odbor fyzika a traja garanti za odbor všeobecné lekárstvo. V roku 2022 boli za fyziku (FMFI UK) poverení garantovaním biomedicínska fyzika prof. RNDr. Libuša Šikurová, PhD. (osoba zodpovedná za uskutočňovanie, rozvoj a kvalitu magisterského študijného programu biomedicínska fyzika); prof. RNDr. Melánia Babincová, DrSc. a doc. RNDr. Iveta Waczulíková Iveta, PhD. (osoba zodpovedná za uskutočňovanie, rozvoj a kvalitu bakalárskeho študijného programu biomedicínska fyzika) a za všeobecné lekárstvo (LF UK) prof. RNDr. Vanda Repiská, PhD.; prof. MUDr. Pavel Babál, CSc. a prof. MUDr. Štefan Polák, CSc.

Edukačné a profesionálne ciele

Študijný program biomedicínska fyzika je moderne koncipované 3(+ 2)-ročné štúdium, ktoré pripravuje špecialistov v interdisciplinárnom odbore na rozhraní prírodovedeckého a medicínskeho poznania – fyziky, matematiky, informatiky, medicíny, biológie a chémie. Program je jediný svojho druhu na Slovensku a modernosťou svojej koncepcie je výnimočný i v medzinárodnom meradle.



prof. RNDr. Dušan Chorvát, DrSc.
Zakladateľ medziodborového štúdia
biomedicínska fyzika a prvý garant
tohto štúdia zodpovedný
za odbor fyzika.



prof. MUDr. Ladislav Zlatoš, DrSc.
Zakladateľ mediodborového štúdia
Biomedicínska fyzika a prvý garant
tohto štúdia zodpovedný za odbor
Všeobecné lekárstvo.

Študijné plány sú zostavené tak, aby študent v čase ukončenia magisterského študijného programu biomedicínska fyzika ovládal špeciálne metódy fyzikálnych, biomedicínskych a hraničných vedných odborov a ich aplikácie v rôznych oblastiach biomedicínskeho výskumu a biomedicínskej praxe. Ovláda taktiež metódy fyzikálnych vyšetrovacích a liečebných prístupov, metódy spracovania biologických signálov a medicínskeho zobrazenia.

Vie samostatne riešiť teoretické problémy na báze zodpovedajúcich matematických metód vrátane tvorby matematických modelov, navrhovať a realizovať počítačové simulácie fyzikálnych a biomedicínskych javov, ovláda aspoň jeden programovací jazyk, ako aj štatistické spracovanie dát, tabuľkové procesory, spracovanie textov, hypertextov, grafickej prezentácie a publikácie

výsledkov, vie komunikovať v cudzom jazyku aj na odbornej úrovni (fyzika, matematika, biológia, chémia, medicína). Absolvent je schopný samostatne pracovať v interdisciplinárnych tímoch nemocníc, zdravotníckych zariadení alebo špecializovaných laboratórií (vrátane riadiacich funkcií), v ktorých môže používať náročné diagnostické zariadenia, snímať, spracovávať a vyhodnocovať signály, vyvíjať a zdokonaľovať metódy fyzikálnej a fyzikálno-chemickej terapie. Môže taktiež samostatne pracovať v interdisciplinárnych vedeckých tímoch univerzít alebo výskumných ústavov ako aj v iných oblastiach spoločenskej praxe, kde môže navrhovať, obsluhovať a posudzovať zložité experimentálne a technologické zariadenia, riešiť rôzne matematické, fyzikálne a biomedicínske úlohy, vytvárať počítačové modely a používať informačné systémy v medicíne. Je schopný samostatne spracúvať, publikovať a inými metódami prezentovať výsledky vedeckej a odbornej činnosti, a tiež môže šíriť fyzikálne a biomedicínske poznanie na zrozumiteľnej úrovni medzi laickou verejnosťou. Pri navrhovaní metód a prístupov si absolvent uvedomuje etické, právne a environmentálne aspekty navrhovaného spôsobu riešenia problému a aplikuje ich v súlade s princípmi trvalo udržateľného rozvoja. Uplatňuje princípy vedeckej práce a väzby: veda – skúmanie – využitie v praxi – ochrana. Všetky získané vedomosti, schopnosti a zručnosti sú budované a rozširované s dôrazom na humanitu, rešpektovanie ľudských práv, etiku správania sa a so zreteľom na ekonomické, právne a spoločenské súvislosti.

Na základe spätnej väzby študentov a absolventov boli v študijnom pláne posilnené základy programovania a práce s veľkými dátovými súbormi tak, aby sa s programovaním mohli oboznámiť aj študenti bez predchádzajúcich skúseností a vytvorených návykov. S vývojom súčasných vedeckých a technických poznatkov učiteľia štúdia každoročne inovujú aj svoje prednášky a praktické cvičenia, prípadne sú doplnené nové výberové predmety.

Na FMFI UK sú na vysokej úrovni rozvinuté informačné technológie a systémy aj vzdelávanie. Na fakulte je k dispozícii niekoľko počítačových učební a najmodernejšie softvérové prostriedky. Praktiká sú vybavené výpočtovou technikou a sústavne modernizované. V rámci medzinárodnej spolupráce majú pracovníci vrátane študentov prístup k prístrojovému vybaveniu vo viacerých spolupracujúcich špičkových ústavoch. Študijný program biomedicínska fyzika vo vzdelávacom procese spolupracuje s klinickými pracoviskami, napr. OÚSA, NÚSCH... a tiež realizuje vybrané prednášky s prednášajúcimi z Akadémie vied Českej republiky Brno, Medical University of Vienna, Karlovej Univerzity Praha. V prípade vzdialenejších zahraničných pracovísk, ktoré by pre vzdialenosť nebolo možné priamo navštíviť, študenti môžu absolvovať aj online reprezentatívne prednášky (1. lekárska fakulta Univerzity Karlovy v Prahe, Weizmann Institute of Science v Izraeli, Institute for Biomedicine – Eurac Research, Bolzano v Taliansku).

V rámci štúdia sa pravidelne konajú exkurzie na rôzne pracoviská, ktoré už zamestnávajú našich absolventov, alebo samotné pracoviská majú záujem o našich diplomantov a absolventov. Okrem katedier Lekárskej fakulty a Prírodovedeckej fakulty UK, Fakulty chemickej a potravinárskej technológie STU pravidelne navštevujeme mnohé ústavy SAV, zahraničné univerzity (Medical University of Vienna, Technische Universität Wien), farmaceutické firmy (Hameln-rds.), technologické firmy (Datalan), klinické pracoviská (OÚSA, NÚSCH...). Takáto spolupráca je pre našich študentov dôležitá pre rozšírenie a upevnenie vedomostí, pre inšpiráciu a kontakty pre neskoršie pracovné uplatnenie.

Všetci študenti FMFI UK majú možnosti zúčastňovať sa veľkého množstva sociálneho, športového, kultúrneho, duchovného a spoločenského vyžitia, ale špecificky len študenti biomedicínskej fyziky si každý rok organizujú prijímanie nových študentov biomedicínska fyzika do spoločenstva „biotvora“. Tohoto podujatia sa každoročne zúčastňujú aj učiteľia aj bývalí absolventi biomedicínskej fyziky s rôznym postavením v rôznych zamestnaniach, a to naozaj v bohatom zastúpení. Toto špecifické kultúrno-vzdelanostné, spoločenské podujatie pôvodne zorganizoval a nastavil jeho rámec historicky prvý tútor štúdia doc. RNDr. Ivan Haverlík, CSc.

Vedecký výskum učiteľov a študentov biomedicínskej fyziky

Učitelia z FMFI a LF UK, pôsobiaci v študijnom programe biomedicínska fyzika, v spolupráci s kolegami z PriF UK, FaF UK, JLF UK, mnohými ústavmi SAV, SZÚ Bratislava, PF UPJŠ Košice, FPV UCM Trnava, MLC, mnohými klinickými pracoviskami, nemocnicami a ďalšími významnými pracoviskami na Slovensku sú aktívne zapojení do rozsiahlej vedeckovýskumnej činnosti v oblasti biomedicínskej fyziky, pravidelne publikujú v popredných svetových časopisoch, majú vysoký odborný kredit v zahraničí a umožňujú študentom zapojiť sa do výskumu. Výskumná činnosť prebieha aj v spolupráci s viacerými významnými univerzitami a výskumnými ústavmi v zahraničí, najmä: Medical University Vienna, Technical University Vienna, Karlova univerzita Praha, Masarykova univerzita Brno, ČVUT Praha, AV ČR Brno, Technical University Graz, University of Innsbruck, CERN, Univerzita v Aténach, Univerzita v Londýne, Univerzita v Kostnici (Konstanz), New Mexiko State University, Jackson State University v Mississippi, University of Georgia, Univerzity of Toronto, Univerzity Alberta, Univerzita v Pau, Univerzita Camerino, Univerzita v Lodži a mnohé ďalšie spolupráce, ktoré sa operatívne vytvárajú novými projektami.

Výskum v oblasti biomedicínskej fyziky sa realizuje v širokom zábere, podporovaný mnohými domácimi aj zahraničnými grantami. Nemalou mierou sa na výskume podieľajú aj študenti biomedicínskej fyziky, najmä pri riešení diplomových prác. O vypisovanie tém diplomových prác pre študentov biomedicínskej fyziky je veľký záujem nielen zo strany pedagógov a výskumných pracovníkov na FMFI a LF UK, ale tiež z rôznych pracovísk SAV, klinických pracovísk a tiež zahraničných univerzít, najmä z blízkej Viedne a Brna. V rámci vedeckej spolupráce študenti často riešia svoje diplomové práce sčasti aj na spolupracujúcich univerzitách vzdialenejších štátov, ako Francúzsko, Poľsko, Maďarsko, Česká republika...

Príklady tém diplomových prác pre biomedicínsku fyziku za posledné dva roky: Predikcia vzniku rakoviny pľúc z inhalácie produktov premeny ^{222}Rn pre rôzne fajčiarske skupiny obyvateľstva; Dozimetrická verifikácia materiálov z 3D tlačiarňí používaných v rádioterapii; Vplyv bioaktívnych látok na bunkovú senescenciu; Využitie zobrazovacích metód pre analýzu obezity u myší; Reakcia neutrofilov na prítomnosť plazmou aktivovanej vody; Dynamické a štruktúrne vlastnosti bielkovinných systémov dôležitých pre biomedicínske využitie; Modelovanie a simulácia elektrickej aktivity srdcových komôr pri vybraných patológiách; Využitie nanočastíc na báze dendrimérov pre podporu hojenia rán; Modelovanie koncentrácie radónu v pobytočných priestoroch; Proteínové nanočastice v cielenej terapii onkologických ochorení; Detekcia vápnika v tkanive mozgu; Vplyv prirodzene

sa vyskytujúcich mutácií PfCRT proteínu na rezistenciu malárie; Usporiadanosť lipidových molekúl cytoplazmatickej membrány kvasiniek *Candida albicans*; Vývoj biosenzorov na báze DNA aptamérov a nanoštruktúr na detekciu baktérií v mlieku a pod.

Pre potreby výučby a riešenie diplomových prác na FMFI UK majú katedry zodpovedné za študijný program navyše svoje vlastné priestory v nižšie uvedených laboratóriách vybavených najmodernejšími pokročilými prístrojmi a metódami: Laboratórium Chromatografie pre separáciu a identifikáciu látok v biologických vzorkách, Laboratórium UV-VIS a fluorescenčnej spektroskopie, Laboratóriá pre prípravu bio-vzoriek, Radónové laboratórium, Laboratórium biotechnológií, Laboratórium biofyziky membrán, Laboratórium biosenzorov, Laboratórium pôsobenia plazmy na biologické objekty, Laboratórium magneto-biofyziky, Laboratórium fluorescenčnej a elektrónovej mikroskopie, Pracovisko molekulárno-dynamických simulácií, Pracovisko vývoja algoritmov spracovania a vizualizácie viacrozmerných dát, Pracovisko kvantovochemických výpočtov a ďalšie.

Záver: Uplatnenie absolventov

Prvých 15 absolventov biomedicínskej fyziky promovalo v roku 2000 a doteraz úspešne ukončilo magisterské štúdium biomedicínska fyzika vyše 230 absolventov. Absolvovanie magisterského štúdia biomedicínskej fyziky poskytuje interdisciplinárne znalosti a zručnosti, ktoré umožňujú kariérny rast a následne obsadenie aj vedúcich funkcií a celosvetové uplatnenie. Absolvent vie tiež komunikovať s členmi interdisciplinárneho tímu, aj so zahraničnými partnermi. Tieto nadobudnuté „soft skills“ mu umožnia lepšiu ponuku a vyššie pozície na trhu práce na Slovensku i v zahraničí. Aj preto absolventi magisterského študijného programu biomedicínska fyzika nemajú problémy (skúsenosti získané zatiaľ o absolventoch dosiaľ fungujúceho magisterského štúdia) s uplatnením sa v odbore, alebo s využitím nadobudnutého vzdelania v širokom spektre príbuzných odborov a zamestnávateľia oceňujú prípravu absolventov.

Podakovanie

Ďakujem za aktívnu podporu vedenia oboch fakúlt uskutočňujúcich program biomedicínska fyzika, a to FMFI UK a LF UK, zároveň aj vedeniu Univerzity Komenského za plnú podporu. Vďaka patrí aj všetkým pedagogickým a vedeckým pracovníkom a nesporne tiež študentom biomedicínskej fyziky. Špeciálne by som rada vyjadrila vďaka pani Janke Zlatošovej a deťom profesora Chorváta za vyhládanie a doručenie fotografií zakladateľov biomedicínskej fyziky.

Odkazy

[1] Príspevok čerpal z akreditačných spisov podávaných zodpovednými garantami, a to D. Chorvátom, L. Šikurovou, I. Waczulíkovou a z osobnej komunikácie s historicky prvým tútorom I. Haverlíkom. Ďalšie informácie sú čerpané a dostupné na stránke fakulty FMFI UK <https://fmph.uniba.sk/>.

Autorka



Libuša Šikurová, prof. RNDr. PhD.

Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislave.
Vedúca Oddelenia biomedicínskej fyziky.

XV. Prínos biofyziky k rozvoju farmakológie na SAV v Bratislave

V kapitole podávame udalosti spojené s rozvojom neurofarmakológie na Ústave experimentálnej farmakológie SAV, pre ktorú je od 70. rokov 20. storočia metodologické ťažisko v elektrofyziológických a výpočtových metódach biofyziky.

Túto prácu venujeme doc. Štolcovi, nášmu priateľovi a vedcovi s človečnosťou v krvi, ktorý svoju púť životom ukončil krátko pred uzavretím tejto state.

Po viacerých metamorfózach farmaceuticky a farmakologicky orientovaných laboratórií na Slovensku vznikol Ústav experimentálnej farmakológie SAV (1969). K pôvodnej skupine zamestnancov patrila aj MUDr. Jana Machová, CSc. (od r. 1958), neskôr jedna z vedúcich osobností, ktorá sa zamerala na výskum elektrických signálov a riešila vedenie vzruchu v gangliách *in vitro*. Do tejto skupiny pribudli MUDr. Svorad Štolc (od r. 1965) a MUDr. Viktor Bauer (od r. 1972), ktorí vytvorili základ oddelenia neurofarmakológie. Obaja boli hnacím motorom pri zavádzaní biofyzikálnych metód do experimentálnej farmakológie.

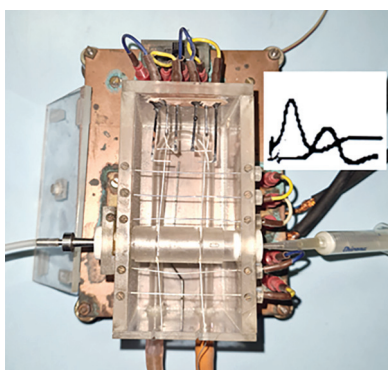
MUDr. Štolc a jeho pracovný tím sa venovali prenosu vzruchov v spinálnych gangliách pomocou extracelulárnych elektród (S. Štolc a V. Nemček, obdobie 1972 – 1978). Neskôr zaviedli metódu prúdového zámku na štúdium zmien membránového potenciálu pomocou sklenených sacích mikroelektród (S. Štolc, V. Štekauerová, V. Nemček, E. Vlčková, obdobie 1978 – 1986). Ďalším krokom bola charakterizácia iónových prúdov izolovaných neurónov metódou napäťového zámku a vnútornej perfúzie (S. Štolc a V. Nemček, obdobie 1980 – 2000). Tím Dr. Štolca sa venoval aj problematike lokálnych anestetík, štúdiu ischemicko-reperfúzných stavov CNS a evokovanej elektrickej aktivity v izolovaných rezoch hipokampu (S. Štolc, J. Selecká, R. Vlkolinský, Z. Gáspárová, 1985 – doposiaľ).

MUDr. Bauer sa zamerával na tému autonómnej regulácie hladkých svalov. Metódou dvojitého sacharózového mostíka monitorovali membránové a akčné potenciály a membránový odpor pri súčasnom monitorovaní mechanickej odpovede izolovaných prúžkov hladkého svalu (V. Bauer, Ľ. Bilčíková, O. Matušák, obdobie 1974 – 1979). Spolu s Dr. V. Rekalovom, stážistom z Akadémie farmakologických vied v Moskve študovali elektrické vlastnosti hladkých svalov *in vitro*. Pomocou sacej elektródy a techniky napäťového zámku študovali inerváciu, membránové receptory a iónové kanály steny hladkého svalstva (V. Bauer, J. Rusko, V. Rekalov, obdobie 1975 – 1992). Identifikovali necholínergny a neadrenergny podsystém

autonómnej inervácie čreva (V. Bauer, M. Bezeková, O Matušák, H., Kuriyama, obdobie 1981 – 1982).

Zameranie oddelenia neurofarmakológie významne ovplyvnil nový riaditeľ prof. RNDr. Luděk Beneš, DrSc. (1977 – 1989), ktorý na syntéze lokálnych anestetík pracoval s A. Borovanským, J. Čižmárikom a P. Švecem na Farmaceutickej fakulte UK. Dr. Štolc s V. Nemčekom testovali nové látky odvodené od kyseliny karbanilovej.

Výsledky potvrdili vysokú lokálnoanestetickú účinnosť týchto látok, ale kvapajúco aj intenzívny účinok v prostredí so zníženým pH. Tento prejav testovala aj MUDr. T. Stankovičová na ďalšom deriváte z tejto skupiny, na karbizo-kaíne (Beneš a spol. Patent 1212/79) *in vitro* na izolovaných nervoch, axónoch, a aj v podmienkach lokálneho zápalu *in situ* (Stankovičová a Štolc, 1980). Ukázalo sa, že nová látka bola niekoľkokrát účinnejšia ako štandardné používané lokálne anestetiká. Inovatívny teoretickým prístupom k analýze pôsobenia lokálnych anestetík prispel Ing. L. Turi-Nagy. Nakoniec bol pentakaín navrhnutý ako súčasť lieku na liečbu ulceróznej choroby žalúdka (*Gastrogel com. SPOFA*) s antihelicíd- nym účinkom (Beneš, Štolc, Bauer, Bezeková, obdobie 1979 – 1982).



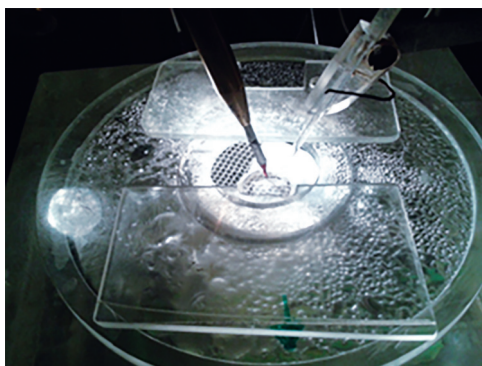
Experimentálna komôrka na diferenciálne snímanie akčných potenciálov z páru izolovaných nervov pri aplikácii lokálneho anestetika.

Charakteristický účinok karbanilátových lokálnych anestetík ponúkol priestor pre biofyzikálne merania. Dr. S. Štolc prijal RNDr. Karola Ondriaša, biofyzika, ktorý začal s využitím spinových sond a EPR na meranie fluidity membrán synaptozómov v spolupráci s prof. RNDr. P. Balgavým, DrSc., na Katedre fyzikálnej chémie FaF UK. Skupina K. Ondriaš, V. Mišík a D. Gergel' (1977 – 1996) preukázala výrazný poruchový efekt študovaných anestetík na fosfolipidové membrány a lipozómy, čím prispeli k vysvetleniu ich nešpecifickej účinnosti (Ondriaš a spol.

1982, Stankovičová a spol. 1982). Do biofyzikálnych štúdií sa zapojil biofyzik RNDr. M. Mazúr (1979 – 1988), ktorý overoval teoretickú možnosť transportu lokálnych anestetík v biologických štruktúrach vo forme iónových párov v závislosti od pH prostredia. Pre tieto štúdie zostavil matematický model, riešený na počítači Siemens 4004/150 v jazyku SIKOS, ktorý potvrdil trendy závislosti účinku lokálnych anestetík od pH prostredia v modelových sústavách zo syntetických aj prírodných lipidov.

Jedným z príbehov, ktorý odhaľuje poznanie farmakologických účinkov zaujímavej látky je príbeh stobadínu (S. Štolc, 2022). Pôvodná substancija donesená vo fľaštičke vo vrecku Dr. N. K. Barkova z Farmakologického ústavu AMN SSSR z Moskvy, bola známa ako karbidín – neuroleptikum a anxiolytikum pod patentovou ochranou. Príprava čistej cis-formy karbidínu prof. Benešom, premenovanej na stobadín, odhalila nielen lokálno-anestetický účinok na nervový prenos (S. Štolc a V. Bauer), ale aj ochranný účinok voči poruchám srdcového rytmu počas ischémie myokardu (S. Štolc, J. Selecká, R. Vlkolinský a Z. Gáspárová, 1985 – doteraz).

Z biofyzikálneho a neurologického hľadiska bolo zaujímavé štúdium účinku farmakologických látok vyvinutých na ústave, najmä stobadínu a jeho derivátov, na aktivitu centrálného nervového systému. Jednou z používaných elektrofyziologických metód bolo meranie synaptickej plasticity v hipokampe, ktorá sa považuje za model pamäte. Je založené na snímaní zmien akčného potenciálu alebo excitáčného postsynaptického potenciálu, ktoré vyvoláva sledované farmakum. Ako zaujímavý pre ďalší výskum sa ukázal hlavne pyridoindolový derivát stobadínu, ktorý zlepšil synaptickú plasticitu hipokampu potkanov (D. Micháliková a spol., Eur. Pharm. J., 2018).

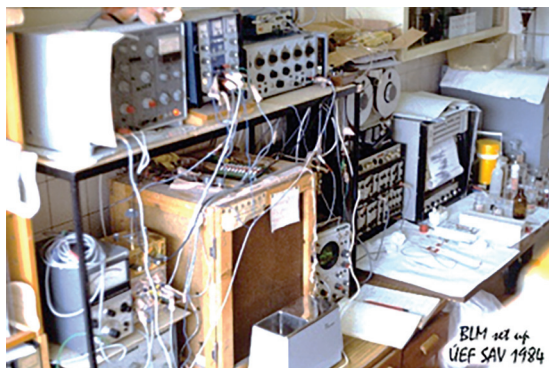


Experimentálna komôrka na snímanie aktivity neurónov v rezoch hipokampu.

Výchova mladých a kolektívny duch

Dr. S. Štolc a Dr. V. Bauer do činnosti laboratórií zapojili absolventov lekárskej, prírodovedeckej, matematicko-fyzikálnej a farmaceutickej fakulty, veterinárnej i technickej univerzity, všetko nadšencov pre vedu, ktorí prijali mantru „veda je hra, nie povinnosť, nie zárobková činnosť“, ako sa smerom k vedcom na začiatku kariéry vyjadril bard bunkovej elektrofyziológie prof. E. Carmeliet, KUL Leuven, Belgicko. Práca v laboratóriu neurofarmakológie si vyžadovala celé spektrum vedomostí od biológie, anatómie a fyziológie človeka a živočíchov cez fyziku, chémiu aj po farmakológiu a identifikáciu látok perspektívne použiteľných v medicínskych odboroch. Mladých trápili jazykové znalosti, pretože v 70. rokoch minulého storočia praktické komunikačné skúsenosti boli veľmi obmedzené. A tak sa stalo, že napr. preklad termínu „cathode follower“ v hovorovej reči utkvел ako „katódový nápadník“ a nie ako katódový sledovač. Známý bol výrok, že „na študijnú cestu na západ sa chodí cez Moskvu“.

V tomto období boli biofyzikálne metódy základom vybavenia laboratórií. Technologicky sa laboratória rozvíjali vďaka zručnostiam farmaceutického laboranta Vendelína Nemčeka (od r. 1955). Vlastné biofyzikálne témy na ústave sa rozbehli hlavne zavedením metód štúdia modelových membrán pomocou spinových sond a EPR, a planárnych lipidových membrán (V. Křížová-Štekauerová, K. Ondriaš, obdobie 1977 – 1996).



Zostava na meranie iónových kanálov v planárnych lipidových membránach.

Dr. S. Štolc a Dr. V. Bauer, spolu s Dr. J. Machovou dôsledne dbali na výchovu mladej generácie. Pravidelné spoločné povinné „výsledkové a separátkové“ semináre boli nočnou morou nádejných mladých farmakológov a biofyzikov. Na pravidelných stretnutiach museli referovať najnovšie informácie získané zo zahraničných publikácií. Bol to náročný „brainstorming“. Príspevky našich školiteľov

v odborných debatách vždy viedli k posunom v rozoberanej problematike, identifikácii nedostatkov v experimentálnych postupoch a chýb vo výpočtoch. O to ľahšie boli potom prípravy na prednášky či plagátové prezentácie na sympóziách. V laboratóriu sa vytvoril priateľský kolektív, ktorý dosahoval výborné výsledky pri riešení vedeckovýskumných projektov pod hlavičkou Brigáda socialistickej práce, čo bola forma socialistickej pracovnej iniciatívy v komunistickom Československu. Za dosiahnuté výsledky získal náš kolektív početné diplomy a vyznamenania, ako aj strieborný a bronzový odznak BSP.

Členovia kolektívu organizovali rôzne športové a kultúrno-spoločenské aktivity, zúčastňovali sa osláv významných udalostí či mikulášskych posedení, pracovných brigád, a pod. S obľubou sme chodievali na Smolenický zámok na odborné sympóziá, ale aj na odborárske dni ústavu. Organizovali sme tu nezabudnuteľné stretnutia a výlety do okolia.



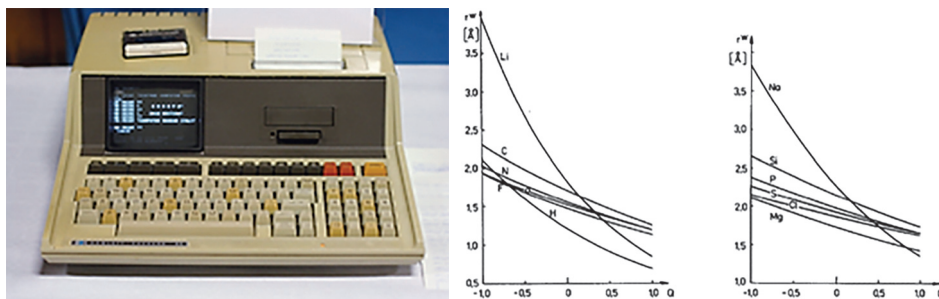
Vrcholový tím farmakológov. Roháče 1984. Zľava: O. Matušák, Z. Gáspárová, V. Mišík, E. Vlčková, V. Marko, V. Knezl, H. Štolcová, V. Jančinová, T. Stankovičová so synom, M. Štefek.

Výpočtová biofyzika

V 80. rokoch 20. storočia, v ére sálových počítačov z podnetu L. Turi Nagya a L. Beneša (riaditeľa ústavu) vzniklo výpočtové laboratórium v zložení L. Turi Nagy, M. Jergelová (rod. Jančárová) a M. Májeková (rod. Trebatická). Kvôli obmedzeným počítačovým a finančným možnostiam práca laboratória spočiatku smerovala na vývoj vlastných programov a výpočtových metód vlastností molekúl (elektrostatický potenciál, van der Waalsove polomery atómov, výpočet solvatačných energií a pod.), väčšinou na počítači EC1045 vo Výpočtovom stredisku SAV.

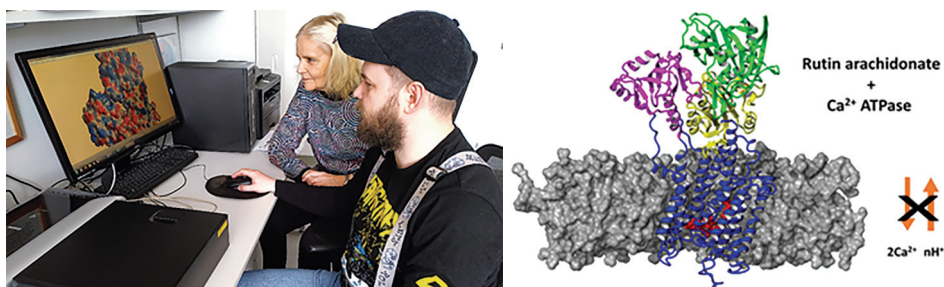
Ako perlička dnes môže vyzerat' program na výpočet molekulového elektrostatického potenciálu v jazyku GW-Basic, ktorý vytvoril L. Turi Nagy na stolnom počítači HP-85. Na tomto počítači boli vyriešené aj finálne vzťahy pre závislosť

van der Waalsových polomerov atómov vo viazanom stave od aktuálnej nábojovej hustoty na atóme, ktoré odvodila M. Májeková spolu s S. Miertušom (STU) a J. Bartošom (Ústav polymérov SAV).



Počítač HP-85 a grafická závislosť van der Waalsových polomerov od aktuálnej nábojovej hustoty na atóme.

Na základe teoretických výpočtov (M. Májeková) bolo syntetizovaných viac ako 80 látok, analógov stobadínu, ktoré boli následne testované pokusmi *in vitro* a *in vivo* na neuroprotektívny, α -adrenolytický účinok, ako aj všeobecný ochranný účinok voči oxidatívne poškodeniu proteínov a biologických membrán. Neskôr boli M. Štefekom, M. Májekovou, A. Boháčom (PriF UK, Bratislava) a L. Kováčikovou podobným spôsobom navrhnuté a syntetizované látky schopné inhibovať aldóza-reduktázu ALR2. V spolupráci so zahraničnými partnermi sme určili kryštalografickú štruktúru enzýmu ALR2 s naviazaným inhibítorom centirestat.



Vľavo: Pohľad do výpočtového laboratória – molekulový elektrostatický potenciál ALR2. Vpravo: Model vápnikovej pumpy SERCA v lipidovej membráne s naviazaným rutin arachidonátom.

Pomocou výpočtov kotvenia (docking) molekuly, molekulovej dynamiky a simulovaného žihania boli odhadnuté v rokoch 2015 – 2022 M. Májekovou interakčné miesta pre inhibítory aj aktivátory vápnikovej pumpy SERCA. V spolupráci

s Y. Rodríguezom z CUNY a Mount Sinai Medical Center, New York, USA, sme vypracovali model SERCA v biologickej membráne a vysvetlili mechanizmus účinku rutín arachidonátu na jej aktivitu. V súčasnosti je aktivita výpočtového laboratória rozdelená na riešenie viacerých problémov. Okrem spomenutých sa v spolupráci s ďalšími pracoviskami zaoberáme aj štúdiom a navrhovaním antivirotk, inhibítorov MAO, acetylcholinesterázy a butyrylcholinesterázy, ako aj látok s antiinfekčným účinkom. Ako mnohé iné pracoviská, pociťujeme nedostatok nadaných mladých ľudí, ktorí uprednostňujú zahraničné pracoviská, hlavne kvôli jednoduchšiemu manažovaniu vedeckej práce.

Autori



Magdaléna Májeková, RNDr. PhD.

Oddelenie biochemickej farmakológie,
Ústav experimentálnej farmakológie a toxikológie,
Centrum experimentálnej medicíny SAV, v. v. i. Bratislava.



Tatiana Stankovičová, doc. MUDr. CSc.

Oddelenie farmakologickej propedeutiky, Katedra
farmakológie a toxikológie, Farmaceutická fakulta,
Univerzita Komenského v Bratislave.



Svorad Štolc, doc. MUDr. DrSc. (1939 – 2023)

Ústav experimentálnej farmakológie a toxikológie,
Centrum experimentálnej medicíny SAV, v. v. i. Bratislava.
Riaditeľ ÚEFT SAV v r. 2000 – 2003.

XVI. Biofyzika ako inšpirácia k pochopeniu fyzikálno-technických javov – príbeh Fakulty elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave

Kľúčovou postavou v oblasti slovenskej fyziky od konca 50. rokov minulého storočia bol profesor Július Krempaský. Rozvíjal viaceré medziodborové fyzikálne smery a jedným z nich bol aj opis biologických procesov a systémov v pojmoch fyziky. Išlo o jeho samostatnú cestu cez termodynamický pohľad na stochastický systém prírody a synergetické javy. Postupne sa na Katedre fyziky Elektrotechnickej fakulty Slovenskej vysokej školy technickej (EF SVŠT) etabloval výskum štruktúry a javov v molekulárnych organických systémoch. Získané poznatky o stavbe biologických objektov, prevažne biologických modelových membrán, aplikovali na technické elektronické systémy komponované na nanometrových škálach. Realizácia stála na spolupráci s Katedrou biofyziky Matematicko-fyzikálnej fakulty UK, Farmaceutickou fakultou UK a Fyzikálnym ústavom SAV.

Počiatky nášho pracoviska, Ústavu technickej fyziky, sú spojené s rokom 1938, keď v Košiciach bola založená Vysoká škola Dr. Milana Rastislava Štefánika. Výučba v Košiciach sa ani nestihla rozbehnúť, lebo tesne po zápise študentov následkom rozhodnutia Viedenskej arbitráže (2. novembra 1938) bolo treba Košice opustiť. Po krátkej dobe v Turčianskom Sv. Martine sa škola a tím aj Ústav technickej fyziky presťahovali do Bratislavy, a tak od jesene 1939 výučba začala v Bratislave na Vazovovej ulici. V ťažkej vojnovej dobe bol za profesora fyziky vymenovaný Dionýz Ilkovič, blízky spolupracovník J. Heyrovského – držiteľa Nobelovej Ceny za slávnu metódu polarografickej analýzy roztokov, a začalo jeho dlhoročné pôsobenie na tomto pracovisku od 26. februára 1940.

Rozvoj interdisciplinárnych vied – synergetika

Od polovice 50. rokov bol významnou osobnosťou na Katedre fyziky Elektrotechnickej fakulty SVŠT prof. RNDr. Július Krempaský, DrSc. Štúdium na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave ukončil v roku 1953, ale už počas štúdií bol asistentom na Katedre fyziky EF SVŠT (dnes Fakulta elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity, FEI STU). Tu nakoniec ostal počas celej svojej pedagogickej aj vedeckej kariéry.

Július Krempaský ovplyvnil budovanie a formovanie vedy a nepriamo aj elektrotechnického priemyslu na Slovensku. Bol neúnavným propagátorom vedy a jej uplatnenia v živote. Ako prvý na Slovensku sa začal zaoberať polovodičmi, neskôr prešiel na problematiku nekryštalických polovodičov a kovov, inicioval rozvoj synergetiky a venoval sa najmä výstupom z fyziky do ostatných vied vrátane biológie. Žijeme v dobe, v ktorej sa vedy už nielen diferencujú, ale aj integrujú. Jednotlivé špecifické vedy prekonávajú svoje hranice stanovené historickým vývojom a viac alebo menej prenikajú aj do iných vied. Príkladom je rozsiahla matematizácia prírodných vied. Je to logický a nie neočakávaný proces, pretože je známe, že matematika je najstručnejším a najexaktnejším prostriedkom formulovania myšlienok.



prof. RNDr. Július Krempaský, DrSc.
(31. marec 1931, Krížová Ves
– 6. december 2019, Bratislava)

Menej očakávané je, že v poslednom čase podobný prienik zaznamenáva aj fyzika. Už dávnejšie rozbila okovy, ktoré ju nútili zaoberať sa najjednoduchšou formou pohybu v neživom svete a začala úspešne ponúkať svoje metodické postupy a výsledky iným vedám, najmä chémii a biológii, čiastočne aj ekológii, ekonómii, medicíne a sociológii. Je to podmienené tým, že zrod nových kvalít je vo všetkých uvedených oblastiach prekvapujúco podobný. Synergetika ako teória vzniku nových kvalít sa môže uplatniť všade tam, kde sa vplyvom rozličných okolností mení kvalita systémov [1]. Ukázalo sa, že synergetika je veľmi vhodnou metódou skúmania biologických systémov. Skutočne, celá súčasná teoretická biológia priamo či nepriamo využíva túto metódu a osvetľuje tak mnohé procesy, ktoré donedávna boli pripisované účinku „vis vitalis“, akejsi záhadnej životnej sily.

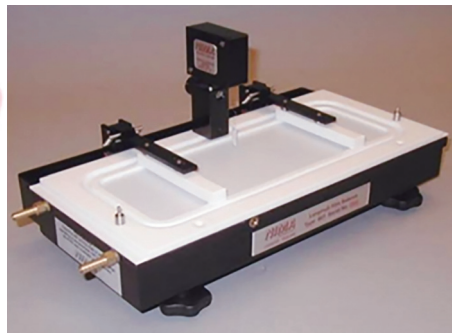
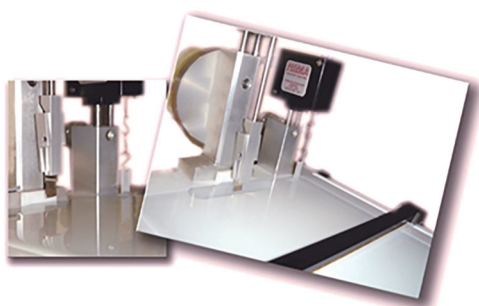
Štúdium vplyvu magnetických polí na fyziologické procesy organizmov

Koncom 70. rokov a v 80. rokoch pracovala na Katedre fyziky Angelika Ottová-Leitmanová, absolventka Humboldtovej univerzity v Berlíne. Na katedru ju prilákalo bio-zameranie, ktoré rozvíjal prof. Krempaský. Počas pôsobenia na Katedre fyziky sa zaoberala vplyvom stacionárneho magnetického poľa na rôzne aspekty fyziologických procesov v živých organizmoch. Napríklad, v spolupráci s Výskumným ústavom hospodárskych zvierat SAV, na embryonálny vývoj hydiny a na klíčenie semien rastlín [2]. Dalo sa predpokladať, že v tomto procese zohráva úlohu biologická adaptabilita. Interpretácia jej výsledkov bola založená na úvahách

vhádzajúcich do molekulárnej štruktúry skúmaných objektov, do bunkových membrán obsahujúcich lipidovú a bielkovinovú zložku.

Samousporiadané dvojdimenzionálne biomolekulové štruktúry

Po jednoročnom vedeckom pobyte na Biofyzikálnom ústave Biologického centra Maďarskej akadémie vied v Szegede v septembri 1979 sa vracia Ing. Július Círák na Katedru fyziky EF SVŠT s problematikou výskumu štruktúry a vlastností biologických membrán a ich modelov. Išlo o samousporiadané molekulové systémy obsahujúce biomolekuly – lipidy a bielkoviny, ktoré spontánne vytvárajú monomolekulové vrstvy na hladine vody. Je to jav, ktorý bol v prvej polovici minulého storočia študovaný predovšetkým Irvingom Langmuírom, ktorý pracoval v General Electric Laboratory in Schenectady, NY, a bol priekopníkom vo výskume metódy pre prípravu jednomolekulových tenkých vrstiev nazvaných Langmuírove monovrstvy. V r. 1932 bol ocenený Nobelovou cenou za chémiu za výskum a objavy v chémii fázových rozhraní. Od polovice 30. rokov pokračovala v tejto práci Katharine Blodgett vývojom zariadenia, ktoré umožňovalo prenos monovrstiev z hladiny vody na tuhý substrát, napr. sklo, kov a pod. Tieto samousporiadané monomolekulárne filmy nesú názov Langmuírove-Blodgettovej vrstvy.



Depozičné zariadenie na prípravu monomolekulárnych vrstiev na Katedre fyziky EF SVŠT

Technologické zariadenie pre prípravu monomolekulárnych filmov s možnosťou následnej depoziácie na tuhý substrát bolo na Katedre fyziky FEI STU vybudované koncom 80. rokov minulého storočia [3]. Využívalo sa na štúdium molekulového usporiadania v organických a biologických monovrstvách a na sledovanie molekulových interakcií a samoorganizácie v systémoch lipid-proteín.

Po absolvovaní doktorandského štúdia získal Martin Weis dvojročné štipendium Japonskej spoločnosti na podporu vedy a výskumu čo mu umožnilo dlhodobu pôsobiť na TokyoTech v skupine profesora Iwamota. Vo vedeckovýskumnej

práci sa to premietlo vývojom unikátnej metódy merania Maxwellovho posuvného prúdu cez molekulové monovrstvy aj na bratislavskom pracovisku. Počas pobytu v Tokiu sa Martin Weis venoval štúdiu usporiadania organických molekúl v Langmuirových vrstvách, vďaka čomu vzniklo nielen viacero vedeckých článkov, ale aj príspevkov na výstavách v zahraničí aj na Slovensku. Za zmienku stojí odborná výstava SLOVMEDICA v Incheba Expo Bratislava v roku 2011, kde tento výskum získal ocenenie Zlatá Incheba. Od roku 2005 začala spolupráca s viacerými vedeckými pracoviskami v Bratislave, kde sa Langmuirove vrstvy využívali pre štúdium bunkových membrán, alebo ako spôsob prípravy a depozície usporiadaných molekulárnych a nanočasticových vrstiev.

Na Ústave patológie Lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave (LF UK) sa v čase od r. 2005 venovali témam ako vplyv oxidačného stresu na bunky alebo prítomnosť anorganických nanočastíc v ľudských bunkách. Práve štúdium oxidačného stresu sa stalo základom vzájomnej spolupráce medzi Katedrou fyziky FEI STU a LF UK. Z nášho laboratória bolo publikovaných niekoľko článkov vo svetových časopisoch, kde sa študoval vplyv alkoholu ako oxidačného stresu na modely bunkových membrán a možnosti potlačenia nežiadúcich vplyvov pomocou vitamínu C.

Štúdium molekulárnych interakcií proteín – lipid v Langmuirových monovrstvách: analýza mechanických, termodynamických a elektrických vlastností

Táto výskumná aktivita sa rozvinula v spolupráci s Katedrou biofyziky FMFI UK, konkrétne s prof. RNDr. Tiborom Hianikom, DrSc. a v tom čase PhD. študentom RNDr. Pavlom Vitovičom, a priniesla výrazné výsledky v štúdiu dvojzložkového systému: gramicidín A s lipidmi [6].

Molekulové štruktúry podobné membránovým iónovým kanálom poskytujú možnosť navrhovať a budovať systémy, ktoré selektívne riadia toky prakticky akýchkoľvek iónov. Sú to atraktívne samorganizované molekulárne systémy, ktoré sú inšpiráciou pre vyvíjanie aktívnych elektronických prvkov typu

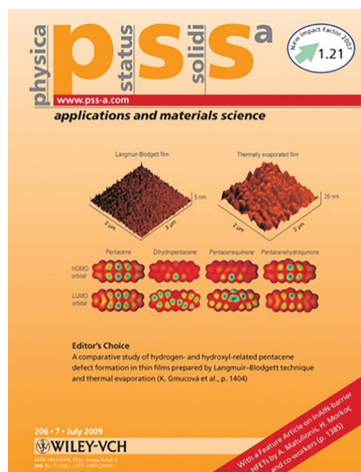


Ocenenie Zlatá Incheba za výskum v oblasti genomiky zameraný na aplikáciu nanotechnológií pre štúdium transportných javov cez bunkovú membránu.

tranzistorov riadených elektrickým poľom (FET prvky) s využitím v molekulárnej elektronike pre selektívne riadenie toku elektrického náboja.

Bio-inšpirované nanoškálové hybridné systémy

Možnosť depozície monomolekulárnych vrstiev na tuhý substrát, vrstiev Langmuira-Blodgettovej, bolo vždy atraktívnou možnosťou pre modifikáciu povrchov pomocou tenkých a usporiadaných vrstiev organických molekúl. Spolu so skupinou okolo RNDr. Kataríny Gmucovej, CSc. na Fyzikálnom ústave Slovenskej akadémie vied (FÚ SAV) sa vykonalo viacero štúdií modifikácie povrchov elektród používaných pre elektrochémiu za účelom zvýšenia citlivosti a selektivity biosenzorov. Výskumná skupina na FÚ SAV sa dlhodobo zameriavala na fyzikálne javy pri elektrochemických procesoch a možnosti ich merania, ako aj charakterizáciou nových typov materiálov. Prvé pokusy v tejto oblasti boli orientované na depozíciu organických molekúl s polovodičovými vlastnosťami.



Obálka časopisu Physica status solidi A venovaná článku o charakterizácii tenkých vrstiev pentacénu.

Okrem štandardne používaných polovodičových polymérov na báze tiofénu sa testovali aj nové molekuly syntetizované kolegami z Ústavu normálnej a patologickej fyziológie SAV. Najväčší ohlas však získalo štúdium molekúl pentacénu a porovnanie vrstiev pripravených tepelným napaňovaním vo vysokom vákuu alebo metódou depozície z vodného povrchu, metódou Langmuira-Blodgettovej. K tejto téme bolo viacero vedeckých publikácií. V prípade publikácie v *Physica status solidi A* sa vedecký článok [7] dostal na obálku čísla časopisu ako výber redakcie.

Neskoršia práca sa zamerala na anorganické nanočastice pokryté molekulami tvoriacimi „organickú obálku“ nanočastíc. Langmuirove vrstvy nanočastíc sa deponovali na tuhý povrch za účelom skúmania ich usporiadania alebo ich elektrických vlastností. Okrem štúdia orientácie bimetalických magnetických nanočastíc vo vonkajšom magnetickom poli sa výskum zameriaval hlavne na jednoelektrónové nabíjanie malých kovových nanočastíc.

Pedagogické aktivity v oblasti biofyziky

Od polovice 60. rokov boli na Elektrotechnickej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej do študijných programov včlenené dve nové zamerania, Fyzika tuhých

látok pod gesciou Katedry fyziky a Elektromateriálové inžinierstvo riadené Katedrou jadrovej fyziky a techniky. V obidvoch zameraniach pre študentov 5. ročníka figuroval predmet Bioelektronika, ktorý zabezpečoval prof. Ing. Peter Kneppo, DrSc.; v tom čase pracovník na Ústave merania SAV, v súčasnosti pôsobiaci na Fakulte biomedicínskeho inžinierstva ČVUT v Kladne. Predmet bol zameraný hlavne na interpretáciu fyzikálnych polí generovaných živým organizmom, išlo predovšetkým o elektrické pole a magnetické pole spojené s činnosťou srdca a tiež o princípy biomedicínskej techniky pre diagnostiku pri elektrokardiografii a magnetokardiografii.

Začiatkom 80-tych rokov výučbu v predmete prevzal Július Cirák. Postupne došlo k rozšíreniu problematiky. Pribudli časti z molekulárnej biofyziky, rozprava o bielkovinách, nukleových kyselinách, polysacharidoch. Opis štruktúry biomembrán a transportných procesov a tiež časti bioenergetiky súvisiace s fotosyntézou. Neskôr aj kapitoly súvisiace s biotechnológiou a aplikácie v elektronike – biosenzory. Od polovice 80. rokov pribudli do predmetu aj poslucháči študijného zamerania Elektronika. Každoročne prešli výučbou v predmete desiatky študentov. V súčasnosti ide o dva príbuzné predmety s podobným obsahom, predmet biofyzika pre študijný program elektronika a fotonika a biomateriály a biosystémy pre poslucháčov fyzikálnej vetvy v študijnom programe jadrové a fyzikálne inžinierstvo. Garantom oboch predmetov je prof. Cirák.

Cieľom týchto predmetov v inžinierskom stupni štúdia je poskytnúť študentom základné informácie potrebné na pochopenie procesov prebiehajúcich v živej hmote, hlavne tých, ktoré súvisia s prenosom elektrického náboja (javy elektrické, magnetické, optické). Formou laboratórnych cvičení sa študenti oboznamujú s prácou s biologickými vzorkami a významom elektrických a optických meraní na týchto objektoch.

V doktorandskej etape štúdia na Ústave jadrového a fyzikálneho inžinierstva FEI STU v rámci študijného programu fyzikálne inžinierstvo (garant: prof. Cirák) majú si študenti možnosť v rámci povinného predmetu špecializácie II vybrať vetvu *molekulárne materiály a biomateriály*. Cieľom tohto predmetu je získať teoretické vedomosti z oblasti vlastností organických molekulárnych materiálov, štruktúr a procesov (prevažne elektrických, magnetických, optických), ktoré v nich prebiehajú. Ukázaná je možnosť využitia týchto poznatkov pre návrh kvalitatívne nových technických systémov (mikroelektronika, optoelektronika, robotika, informatika).

Odkazy

- [1] J. Krempaský et al.: Synergetika, Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 1988.
- [2] A. Ottová and Š. Neuschl: The Influence of the Magnetic Field upon the Hatching Capacity of Poultry and upon Plant Seeds, In: Electromagnetic Fields and Biomembranes, 165-167, Plenum Press, New York, 1988.

- [3] J. Cirák, *Príprava tenkých vrstiev metódou Langmuira-Blodgettovej*, *Elektrotechn. čas.* 39, 798 (1988).
- [4] L. I. Horváth, J. Cirák, L. Vigh, *Relation of Raman Order Parameter to Spin Labeling Parameters*, *Chem. Phys. Lipids* 27, 237 (1980).
- [5] J. Cirák, P. Balgavý and F. Devínsky, *The Lateral Order of Dipalmitoyl Phosphatidylcholine Model Membranes in the Presence of N-alkyl-N,N,N-trimethylammonium Ions as Studied by Raman Spectroscopy*, *Gen. Physiol. Biophys.* 7, 633 (1988).
- [6] M. Weis, M. Vančo, P. Vitovič, T. Hianik and J. Cirák: *Study of gramicidin A-phospholipid interactions in Langmuir monolayers: analysis of their mechanical, thermodynamical, and electrical properties*, *J. Phys. Chem. B* 110, 26272-26278 (2006).
- [7] K. Gmucova, M. Weis, M. Della Pirriera and J. Puigdollers, *A comparative study of hydrogen- and hydroxyl-related pentacene defects formation in thin films prepared by Langmuir-Blodgett technique and thermal evaporation*, *Phys. Status Solidi (a)* 206(7), 1404 – 1409 (2009).

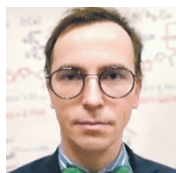
Autori



Július Cirák, prof. Ing. CSc.

Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita v Bratislave.

Podpredseda Slovenskej fyzikálnej spoločnosti a predseda Národného komitétu IUPAP.



Martin Weis, prof. Ing. DrSc.

Ústav elektroniky a fotoniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita v Bratislave.

Vedúci Laboratória organickej a lekárskej elektroniky.

XVII. Vývoj učebníc lekárskej fyziky a biofyziky pre študentov Lekárskej fakulty UK v Bratislave

Cieľom publikácie je zmapovať najdôležitejšiu študijnú literatúru, ktorá bola pripravená na Ústave lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny Lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave od jeho vzniku v roku 1923 aj po súčasnosť, a poukázať tak na postupný obsahový vývoj predmetu lekárska fyzika – biofyzika – lekárska biofyzika.

Úvod

Terajší Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny Lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave začal svoje účinkovanie v akademickom roku 1923/24 pod názvom Ústav pre lekársku fyziku LF UK [1]. Od toho času doteraz pracovisko prešlo mnohými zmenami nielen z pochopiteľného personálneho hľadiska, ale aj z hľadiska zamerania vedeckého výskumu a pedagogickej činnosti.

Ciele príspevku

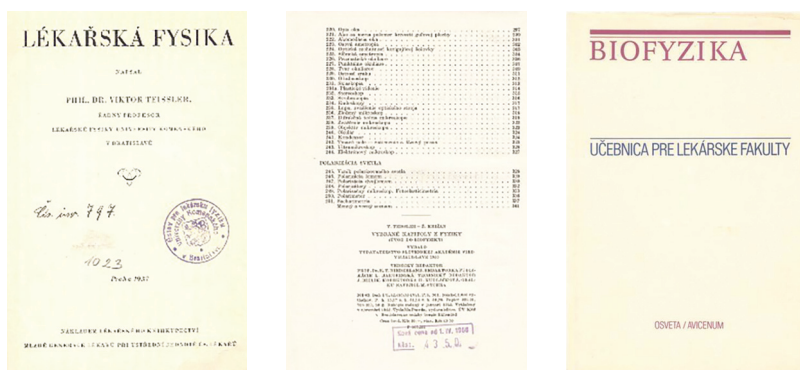
S pedagogickou činnosťou súvisí aj príprava študijnej literatúry. Práve o nej by sme sa v tomto príspevku radi zmienili, aby sme poukázali na vývoj obsahu nielen predmetu lekárska fyzika – biofyzika – lekárska biofyzika, ale aj na niektoré ďalšie súvisiace predmety vyučované našim pracoviskom. Zamerali sme sa na učebnice a monografie, ktorých autormi a spoluautormi boli bývalí alebo súčasní pracovníci nášho ústavu, a ktoré boli, respektíve sú určené (budúcim) lekárom.

Celoštátne učebnice

Historicky prvou ucelenou učebnicou lekárskej fyziky v Československu, vydanou v roku 1937, bola učebnica prof. PhDr. Viktora Teisslera s názvom *Lékařská fyzika* [2]. Učebnica bola rozdelená do šiestich základných oblastí s viacerými kapitolami – celkovo 308. Týmito oblastami boli „Mechanika“, „Akustika“, „Thermika“, „Optika“, „Elektřina“, „Chyby fyzikálního měření a jeho matematické zpracování“. Výstižne charakterizujú náplň lekárskej fyziky v tomto období. Za povšimnutie stojí, že do kapitoly „Elektřina“ bol zaradený aj magnetizmus, röntgenové žiarenie a rádioaktivita. Posledná časť „Chyby...“ obsahovala aj návod na prácu s logaritmickým pravítkom.

O osem rokov neskôr vyšlo druhé vydanie učebnice s rovnakým názvom [2]. Mala však o temer 130 strán menej a chyby merania boli len podoblast'ou kapitoly „Elektrina“. Tretie vydanie tejto učebnice sa od druhého vydania líšilo iba nepatrne [2]. Napriek tomu, že všetky tri vydania boli veľmi precízne spracované, dokumentované množstvom kvalitných obrázkov a schém, z ktorých mnohé sú použiteľné doteraz, a doplnené detailnými registrami, použité zdroje literatúry sú len veľmi stručne spomenuté v predslovoch.

V roku 1955 uzrela svetlo sveta učebnica prof. V. Teisslera a prof. MUDr. RNDr. Žigmunda Križana *Vybrané kapitoly z fyziky (Úvod do biofyziky)* [2; 3], tentoraz už v slovenskom jazyku. Po obsahovej stránke je veľmi podobná predošlým učebniciam. Text je rozčlenený do 251 kapitol usporiadaných do väčších celkov „Kapitoly z mechaniky“, „Kapitoly z akustiky“, „Kapitoly z hydromechaniky“, „Kapitoly z aeromechaniky“, „Kapitoly z termiky“, „Kapitoly o roztokoch“, „Kapitoly z koloidiky“, „Kapitoly z elektriny“, „Kapitoly z rádiológie“ a „Kapitoly z optiky“. Oproti predošlým učebniciam však absentuje téma ohľadom chýb merania a ich spracovania. Učebnica je doplnená detailným registrom, ale opäť bez zdrojov použitej literatúry.



Ukážky najstarších učebníc lekárskej fyziky a biofyziky z nášho pracoviska.

Zľava doprava: Úplne prvá učebnica (Teissler V.: Lékařská fysika. 1937), prvá slovenská učebnica (Teissler V., Križan Ž.: Vybrané kapitoly z fyziky (Úvod do biofyziky). 1955) a prvá učebnica biofyziky pre študentov v slovenčine (Hrazdira I. a kol.: Biofyzika. 1986).

Ďalšie dve učebnice autorského kolektívu prof. Ž. Križana vydané v rokoch 1955 a 1962 by sa teraz skôr uplatnili v rámci výučby voliteľného predmetu „Zobrazovacie metódy v medicíne“ [4], aj keď základy zobrazovacích metód jednoznačne patria aj do lekárskej fyziky. Ide o *Úvod do fyzikálnych základov lekárskej röntgenológie* [2] a *Röntgenové lekárske prístroje (Konštrukcia, údržba, obsluha)* [2]. Ich veľkou prednosťou je jednak detailné spracovanie problematiky, jednak slovenčina.

V rokoch 1939 – 1945 bol prednostom nášho ústavu prof. MUDr. Jozef Skotnický. Ako spoluautor participoval na učebnici z roku 1971 s názvom *Lekárska fyzika* [2]. Ide opäť o detailne spracovanú a obrázkami a názornými schémami dokumentovanú problematiku doplnenú registrom. Súčasťou úvodnej časti „Úvod do fyziky“ je opäť stanovenie chýb pri meraní. Potom nasledujú kapitoly „Mechanika“, „Akustika“, „Molekulová fyzika“, „Nauka o elektrine“, „Základy optiky pro lékařskou fyziku“ a prvýkrát samostatná kapitola „Základy atomové a jaderné fyziky“. Všetky kapitoly končia zoznamom použitej literatúry. Určitou zvláštnosťou tejto učebnice je jej „dvojazyčnosť“ – kapitola „Molekulová fyzika“ je v slovenčine, zvyšný text v češtine. (Ústav bol v roku 1968/69 premenovaný na Katedru fyziky a nukleárnej medicíny a v roku 1976 na Katedru biofyziky [1].)

„Dvojazyčnosť“ sa opäť objavila tentoraz v „postgraduálnej lekárskej príručke“ *Biofyzika pre lekárov* (1982) zostavenej prof. MUDr. Jozefom Holanom, DrSc. [3], ktorá by si skôr zaslúžila byť zaradená ako vedecká monografia. Ako vyplýva zo samotného názvu, je vhodná viac pre lekárov, pre študentov je trochu náročná, vyžaduje oveľa viac vedomostí aj z biológie a chémie. Je rozdelená do troch základných častí: „Základné biofyzikálne princípy živých systémov“, „Biofyzikálne mechanizmy jednotlivých systémov organizmu“ a „Novšie biofyzikálne metódy a prístroje“. Tu sa prvýkrát objavujú kapitoly o kybernetike a informatike, trochu komplikovanejšia štatistika (faktorová analýza) ako v niektorých predošlých učebniciach, kde bola iba doplnkom k chybám merania, ako aj niekoľko prvých poznatkov o umelej inteligencii – základu expertných systémov. Dalo by sa tiež povedať, že práve touto monografiou sa „preklopila“ lekárska fyzika do biofyziky pre lekárov a neskoršej lekárskej biofyziky.

Iba o rok neskôr (1983) bola vydaná učebnica *Biofyzika* v českom jazyku pod vedením prof. MUDr. Iva Hrazdiru, DrSc. [3]. V roku 1986 bola učebnica preložená aj do slovenčiny [3]. Bola rozdelená do troch základných častí „Úvod do biofyziky“, „Lekárska biofyzika“ a „Biofyzikálne meracie metódy a prístroje“. Znovu je tu krátka kapitola venovaná počítačom v lekárstve. Pre študentov môžu byť cenné aj kontrolné otázky na konci každej kapitoly, ktorými si môžu overiť svoje vedomosti.

Učebnica z roku 1983 bola vydaná v druhom prepracovanom vydaní v roku 1990 iba v českom jazyku [3]. Učebnica bola koncipovaná temer identicky ako prvé vydanie, ale pribudla kapitola „Základy matematické analýzy biofyzikálnych dejů“. Pre všetky štyri posledné spomenuté učebnice platí, že boli doplnené detailným registrom a zdrojmi použitej literatúry.

Zatiaľ poslednou učebnicou biofyziky pre študentov, ktorá vznikla na základe spolupráce partnerských pracovísk z viacerých lekárskejších fakúlt v spolupráci s našim pracoviskom, je *Medicínska biofyzika* (2005), ktorá vyšla v českom jazyku [3].

Zostavovateľmi učebnice boli Dr. h. c. prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, a prof. MUDr. Jozef Rosina, CSc.

Učebnice nášho pracoviska

Učebnicami vydanými do roku 1990 vrátane sa skončila éra celoštátnych učebníc schvaľovaných ministerstvami školstva. Spolupráca medzi jednotlivými pracoviskami so zameraním na výučbu lekárskej biofyziky však ešte nejakú dobu pokračovala. Dôkazom toho je už v roku 1991 vydaný *Biofyzikálny elixír pre študentov a absolventov medicíny* aj jeho anglický preklad [3]. Tieto učebnice, na príprave ktorých sa podieľali najmä pracovníci nášho ústavu pod vedením prof. MUDr. Eleny Kukurovej, CSc., predstavujú výber niektorých biofyzikálnych tém (v roku 1991/92 bola katedra opäť premenovaná na Ústav lekárskej fyziky a biofyziky [1]). Pre študentov v nich môžu byť veľmi užitočné aj otázky a odpovede zo stredoškolskej fyziky, ako aj otázky z biofyziky na overenie získaných vedomostí. Anglická verzia bola r. 1997 vydaná opakovane iba s nepodstatnými zmenami [3].

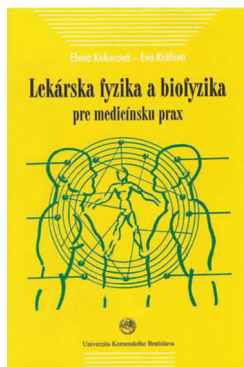
Medzitým však naši pracovníci nezháľali. Ako doplnujúcu literatúru k „Elixíru“ pripravila prof. E. Kukurová *Výkladový slovník fyzikálnych pojmov v medicínskej praxi* (1997), ktorý vyšiel aj v anglickej a r. 2001 aj v ruskej verzii [3]. K tomtu typu publikácií je vhodné priradiť aj *Slovensko-anglický súbor pamäťových máp základov fyziky & informatiky – Mind Maps Slovak-English Collection of Basic of Physics & Informatics* (2007), ktorý môže byť vhodnou pomôckou pre vyučujúcich v slovenskom aj anglickom jazyku na rýchle vyhľadanie potrebných fyzikálnych a informatických pojmov a ich ekvivalentov v druhom jazyku [3].

Po obsahovej stránke poslúžil „Elixír“ aj ako základ pre o niečo komplexnejšiu učebnicu *Lekárska fyzika a biofyzika pre medicínsku prax* (2004), ktorej autorkami boli prof. E. Kukurová a RNDr. Eva Kráľová, PhD. [4]. Jej novinkou bolo množstvo odkazov na internetové zdroje súvisiace s opisovanou problematikou. RNDr. E. Kráľová a kol. pripravili v súvislosti s výučbou informatiky na našom pracovisku aj učebnicu *Zdravotnícke informačné zdroje na internete* (2004) charakterizujúcu viaceré medicínske databázy a vyhľadávanie v nich [3]. Z dôvodov rozšírenia výučby o ďalšie predmety bol v r. 2006 ústav premenovaný na Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny [1]. Toto pomenovanie nesie doteraz.

Pri príprave učebnej literatúry sa nezabudlo ani na praktické cvičenia. V priebehu rokov bolo publikovaných viacero skrípt v slovenskom aj anglickom jazyku, ktoré možno považovať za pracovné zošity alebo pracovné listy, obsahujúce návod k jednotlivým praktickým úlohám. Výnimku z tohto prístupu predstavujú učebnice *Practicals on Biophysics* (2007) a *Theory and Tasks for Practicals on Medical Biophysics* (2010) autorov doc. RNDr. Mgr. Kataríny Kozlíkovej, CSc.

a MUDr. Juraja Martinku, PhD. [3], ktoré obsahujú aj rozsiahlejšie teoretické časti. V oboch učebniciach sú aj základy štatistického spracovania meraní, ktoré boli detailnejšie rozpracované v učebnici doc. K. Kozlíkovej *Základy spracovania biomedicínskych meraní I* (2003) a v učebnici oboch vyššie uvedených autorov *Základy spracovania biomedicínskych meraní II* (2009) [3]. Tieto sú orientované na parametrické štatistické metódy. Neparametrickými metódami v lekárskej štatistike a rôznymi typmi možno aj menej bežných grafov sa zaoberá vedecká monografia doc. K. Kozlíkovej a PhDr. Michala Trnku, PhD. *Úvod do spracovania a prezentovania dát v medicíne* (2018) [3], čím bola súčasne pripravená aj študijná literatúra pre ďalší povinne voliteľný predmet „Medicínska štatistika“, ktorý tiež zabezpečuje naše pracovisko.

Určitým unikátom je vysokoškolská učebnica *Otázky na overenie znalostí z vybraných kapitol lekárskej fyziky a biofyziky* (2013) autorského kolektívu pod vedením doc. K. Kozlíkovej, ktorá obsahuje vyše 1300 otázok s viacnásobným výberom pokrývajúcich prakticky kompletne lekársku biofyziku a rozdelených podľa tematického zamerania do 15 kapitol [3]. Jej cieľom bolo okrem iného umožniť študentom naučiť sa slovenskú odbornú terminológiu týkajúcu sa lekárskej biofyziky, ktorá v tom období veľmi absentovala, pretože drvivá väčšina dostupnej literatúry bola iba v českom, prípadne anglickom jazyku.



Ukážky nových učebníc lekárskej fyziky a biofyziky z nášho pracoviska.

Zľava doprava: Prvá učebnica s odkazmi na webové stránky (Kukurová E. a Kráľová E.: *Lekárska fyzika a biofyzika pre medicínsku prax*. 2004), učebnica lekárskej biofyziky spracovanej do otázok (Kozlíková K. a kol.: *Otázky na overenie znalostí z vybraných kapitol lekárskej fyziky a biofyziky*. 2013) a ionizujúce žiarenie ako dôležitá súčasť lekárskej fyziky (Dulanská S. a Pánik J.: *Ionizujúce žiarenie, jeho biologické účinky, radiačná ochrana a využitie*. 2022).

Výpočet vysokoškolských učebníc by sme radi uzavreli zatiaľ poslednou vydanou *Ionizujúce žiarenie, jeho biologické účinky, radiačná ochrana a využitie* (2022) autorov doc. RNDr. Silvie Dulanskej, PhD. a Mgr. Jána Pánika, PhD.,

ktorá má čo povedať nielen lekárom-rádiológom, ale aj študentom medicíny pri viacerých predmetoch vrátane lekárskej biofyziky [3].

Záver

V tomto popularizačnom príspevku sme sa zamerali najmä na literatúru, ktorá vznikla na našom pracovisku alebo je s ním spojená osobami spoluautorov. Pri menách autorov kníh sme pri prvej zmienke uviedli najvyššie dosiahnuté tituly bez ohľadu na to, kedy ich získali. Bližšie informácie o predstavenej literatúre sú dostupné v databázach [2] a [3] uvedených v odkazoch.

Záverom môžeme konštatovať, že v názvoch a v obsahu uvádzaných učebníc a monografií ako aj v zmenách názvu pracoviska vidíme postupný vývin. V polovici minulého storočia dominovala najprv fyzika, respektíve lekárska fyzika, ktorá sa postupne transformovala na biofyziku a neskôr lekársku biofyziku. Predmet s týmto názvom sa teraz vyučuje ako povinný v prvom semestri na všetkých štyroch lekárskech fakultách na Slovensku. Preto jeho zabezpečenie kvalitnou literatúrou je veľmi dôležité, čo je pre pedagógov výzvou nielen do blízkej ale aj do vzdialenejšej budúcnosti.

Podakovanie

Publikácia je podporená projektom KEGA 040UK-4/2022 MŠVVŠ SR „Obsahová inovácia a digitalizácia povinného predmetu lekárska biofyzika a súvisiacich povinne voliteľných predmetov“.

Odkazy

- [1] Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny LF UK. História ústavu. [cit. 15. 14. 2023]. Dostupné na internete: <https://www.fmed.uniba.sk/history/>
- [2] Historická zbierka (Akademická knižnica LF UK). [cit. 2023-06-19]. Dostupné na internete: <https://www.fmed.uniba.sk/pracoviska/kniznica/katalogy/historicka-zbierka/>
- [3] Súborný online katalóg UK. [cit. 2023-06-19]. Dostupné na internete: <https://alis.uniba.sk:8443/search/query?theme=Katalog>
- [4] K. Kozlíková, Podporný e-learningový kurz povinne voliteľného predmetu Zobrazovacie metódy v medicíne. 43. Dny lekárske biofyziky: sborník abstrakt. Bohunice: MU, (2022), 25-26.

Autorka



Katarína Kozlíková, doc. RNDr. CSc.

Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny,
Lekárska fakulta Univerzity Komenského v Bratislave.
Prezidentka Slovenskej spoločnosti lekárskej fyziky a biofyziky
Slovenskej lekárskej spoločnosti.

XVIII. Stručná história Slovenskej biofyzikálnej spoločnosti

Slovenská biofyzikálna spoločnosť [<https://skbs.sk/>] je spájajúcim a organizačným subjektom, ktorý v značnej miere prispieva k rozvoju biofyziky na Slovensku, ako aj k jej zviditeľneniu v medzinárodnom vedeckom priestore. V tomto príspevku sú zhrnuté základné aspekty viac ako dvadsaťročnej histórie tejto spoločnosti.

Založenie a definovanie cieľov SKBS

Rozvoj biofyzikálneho bádania a tiež biofyzikálneho vzdelávania na Slovensku viedol prirodzene k požiadavke formalizácie aktivít na národnej i medzinárodnej úrovni. Aktivita v tejto oblasti bola na strane košických pracovníkov. Z ich iniciatívy bol v roku 2001 ustanovený prípravný výbor Slovenskej biofyzikálnej spoločnosti (SKBS) pod vedením prof. Pavla Miškovského (členovia výboru: doc. Vladimír Lisý, RNDr. Jana Staničová), ktorého úlohou bolo pripraviť všetky náležitosti týkajúce sa registrácie a fungovania tejto spoločnosti. Stanovy spoločnosti boli zaregistrované Ministerstvom vnútra SR dňa 10. 10. 2001.

Na prvom zhromaždení SKBS dňa 12. apríla 2002 v Košiciach bol zvolený prvý predseda a výbor SKBS v tomto zložení: Predseda: prof. RNDr. Pavol Miškovský, DrSc. (Katedra biofyziky, PF UPJŠ, Košice), členovia výboru: RNDr. Ivan Zahradník, CSc. (Ústav molekulevej fyziológie SAV, Bratislava) – podpredseda, doc. RNDr. Vladimír Lisý, CSc. (Katedra biofyziky, PF UPJŠ, Košice) – tajomník, RNDr. Diana Fedunová, PhD. (Oddelenie biofyziky, ÚEF SAV, Košice) – pokladník, prof. RNDr. Tibor Hianik, DrSc. – člen výboru, prof. MUDr. Ján Jakuš, DrSc. (Ústav biofyziky, JLF UK, Martin) – člen výboru. Pre vznik SKBS bola rozhodujúca aktivita prof. Miškovského, ktorého manažérska zručnosť a vedecká erudícia (viď rámček) zohrali kľúčovú úlohu pri vytýčení, dôslednom sledovaní a zavŕšení cieľa. Osobnosť prof. Miškovského, spolu s ďalšími vedeckými a pedagogickými osobnosťami slovenských univerzít a SAV, bola dôležitá aj pri etablovaní SKBS v slovenskej vedeckej komunite a jej akceptácii medzinárodným spoločenstvom.

Slovenská biofyzikálna spoločnosť vznikla ako dobrovoľná nezisková organizácia vedeckých, pedagogických a odborných pracovníkov – biofyzikov, združených spoločným záujmom o rozvoj biofyziky na Slovensku, čo zahŕňa slobodné vedecké bádanie a šírenie dosiahnutých výsledkov, včítane ich aplikovania v spoločenskej praxi, expertíznu činnosť, vzdelávanie a popularizáciu biofyziky v spoločnosti.

Doterajší predsedovia SKBS boli: prof. Pavol Miškovský (2002 – 2008), prof. Tibor Hianik (2008 – 2014), prof. Ján Jakuš (2015 – 2016), doc. Daniel Jancura (2017 – 2018), doc. Erik Sedlák (2019 – 2020), prof. Alžbeta Marček Chorvátová (2021 – 2022), Dr. Michal Cagalinec (2023 –).



prof. RNDr. Pavol Miškovský, DrSc.

Predseda predstavenstva a riaditeľ Košického klastra nového priemyslu, riaditeľ Technologického a inovačného parku UPJŠ, profesor Univerzity P.J. Šafárika v Košiciach.

Pavol Miškovský získal vedeckú hodnosť PhD. v odbore biofyzika na Karlovej Univerzite v Prahe v r. 1986 a titul DrSc. v biofyzike na Univerzite Komenského v Bratislave v r. 2000. Pedagogický titul profesor získal v r. 2001 v odbore Fyzika na UPJŠ v Košiciach. V r. 2002 – 2005 získal kvalifikáciu profesor vo Francúzsku.

Postdoktorandské pobyty absolvoval na Univerzite P. et M. Curie (1987 – 1988, 1992) a na Bolonskej univerzite (1993). Neskôr absolvoval viacero zahraničných pracovných pobytov. Ako pozvaný profesor pôsobil na Univerzite P. et M. Curie v Paríži, Univerzite Orleans a na Ústave štruktúry hmoty v Madride. V roku 2006 získal prestíž-

ne Fulbrightovo štipendium na pobyt na Štátnej univerzite Iowa, USA.

Vedecky sa prof. Miškovský realizuje v odboroch biofyzika, biofotonika a nanotechnológie. Jeho hlavným vedeckým zameraním je terapia nádorových ochorení, kde vyvíja nanotransportné systémy s cieľovým účinkom fotoaktívnych látok. V oblasti aplikovanej vedy sa venuje vývoju a aplikácii senzorickej povrchov na detekciu organických polutantov v životnom prostredí (patentovaná PickMoTM technológia). Celkovo je autorom a spoluautorom 150 vedeckých prác so súhrnným ohlasom viac ako 1 800 SCI citácií a H-indexom 27 (WOS). Je spoluautorom štyroch patentov (USA, Kanada, Rusko, Európa, Japonsko). Vedecké výsledky svojho tímu prezentoval ako pozvaný prednášateľ na 68 medzinárodných kongresoch, technologických veľtrhoch a univerzitách viacerých kontinentov.

Vedecko-organizačná činnosť. Pre vedný odbor biofyzika je veľmi významné pôsobenie prof. Miškovského vo funkcii predsedu Komisie pre realizáciu habilitácií a inaugurácií na UPJŠ v Košiciach (od 2005) a predsedu Slovenskej komisie pre udeľovanie titulu DrSc. (2011 – 2021). Ako garant magisterského a doktorandského štúdia biofyziky na UPJŠ v Košiciach sa zaslúžil o získanie akreditácie na Univerzite P. et M. Curie, Paríž. Implementoval program dvojitých diplomov v doktorandskom štúdiu biofyziky s UPMC a Univerzitou Autonóma, Madrid, kde bol členom komisií pre obhajoby dizertačných prác a členom habilitačných komisií. Sám vyškolil 28 doktorandov.

Prof. Miškovský založil na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ študijný program Biofyzika a Katedru biofyziky, ktorú viedol v období rokov 1998 – 2017. Neskôr na UPJŠ založil a viedol Centrum interdisciplinárnych biovied (2014 – 2019) a Technologický inovačný park (od 2017). Hlboký záujem o aplikovanie výsledkov vedy ho viedol k založeniu Košického klastra nového priemyslu (2021), kde sa stal riaditeľom a predsedom predstavenstva. V tomto období tiež založil a viedol ako technologický

riaditeľ spoločností SAFTRA photonics a SAFTRA biosensors.

Rozhodujúcou mierou sa zaslúžil o založenie Slovenskej biofyzikálnej spoločnosti, v ktorej pôsobil ako predseda v období rokov 2002 – 2008, a na založení Slovenskej spoločnosti pre biozobrazovanie, ktorú viedol v rokoch 2014 – 2017. Na medzinárodnej úrovni pôsobil vo výboroch Európskej asociácie biofyzikálnych spoločností (2013 – 2019) a Európskej siete excelentnosti v biozobrazovaní (2013 –).

Intenzívne sa venoval tvorbe a riešeniu vedeckých projektov. Pôsobil ako hlavný riešiteľ 4 projektov v rámci programov Európskej komisie (FP6, FP7, H2020) a ako spoluriešiteľ 10 medzinárodných projektov (EÚ, NSF, NATO, bilaterálne). Pracoval tiež ako zodpovedný riešiteľ viacerých domácich projektov (APVV, VEGA, ŠF) a ako expert EÚ pre programy FP6, FP7, H2020, Horizont Európa. Ocenenia. Dvojnásobný laureát ocenenia Vedec roka SR v kategórii Osobnosť roka v programoch Európskej Únie (2014) a Technológ roka (2017). Víťaz Start-up Award 2017, Slovensko. Cena investorov a druhé miesto Vodafon Idea of the Year 2018, Česká republika. Víťaz súťaže Európskej rady pre inovácie 2018, Brusel.

Začlenenie SKBS do medzinárodného prostredia

Významnou udalosťou v činnosti SKBS bolo jej prijatie za člena Európskej asociácie biofyzikálnych spoločností (EBSA, založená 1984) a zvolenie prof. Pavla Miškovského za člena výboru EBSA v roku 2013. Takto SKBS významne prispela k stabilizácii a zviditeľneniu biofyziky v prostredí iných vedeckých

spoločností na Slovensku, ale predovšetkým prispela k rozpoznaní našich aktivít na medzinárodnej úrovni. Členovia SKBS sa v hojnom počte zúčastňujú kongresov EBSA, kde prezentujú svoje vedecké výsledky v rámci pozvaných prednášok a posterových prezentácií.

K ďalšiemu etablovaniu slovenskej biofyziky v európskom priestore biofyzikálnych spoločností v značnej miere prispelo zapojenie sa do série Regionálnych biofyzikálnych konferencií (RBC) pod vedením prof. Tibora Hianika v roku 2014. Konferencie RBC pravidelne organizujú spoločnosti zo Slovinska (Zreče 2005, 2018), Maďarska (Balatonfüred 2007, Pécs 2022), Rakúska (Linz 2009), Chorvátska (Primošten 2010), Srbska (Kladovo 2012), Slovenska (Smolenice 2014) a Talianska (Terst 2016) so zámerom posilňovať regionálnu spoluprácu v strednej a južnej Európe.

Domáce sympóziá SKBS

Najvýznamnejšou udalosťou v živote spoločnosti sú Slovenské biofyzikálne sympóziá, tradičné podujatia SKBS organizované s dvojročnou periodicitou. Hlavným poslaním týchto stretnutí biofyzikov zo Slovenska je prezentovať najnovšie výsledky dosiahnuté v biofyzikálnom výskume, posilniť spoluprácu medzi jednotlivými vedeckými tímami pôsobiacimi v tejto oblasti, upevniť a nadviazať kolegiálne a priateľské vzťahy medzi členmi spoločnosti a oceniť najvýznamnejšie práce mladých výskumníkov do 35 rokov, ako aj celoživotné úsilie „bardov“ biofyziky na Slovensku pre rozvoj a propagáciu tejto vednej disciplíny. V rámci Sympóziá SKBS sa koná pravidelné valné zhromaždenie spoločnosti.

Miestami doterajších Sympózií SKBS boli Herľany (2004, 2006), Modra (2010), Bratislava (2012), Martin (2014), Nový Smokovec (2016), Košice (2018), Trnava (2020), Smolenice (2022).

V rámci týchto sympózií boli Cenou SKBS za prínos k rozvoju biofyziky na Slovensku ocenení:

2006 – prof. RNDr. Dušan Chorvát, DrSc.

2008 – prof. Mgr. Pavol Balgavý, CSc.

2016 – RNDr. Marián Fabián, CSc.

2018 – prof. RNDr. Pavol Miškovský, DrSc.

2020 – prof. RNDr. Tibor Hianik, DrSc.

2022 – RNDr. Ivan Zahradník, CSc.

Súčasnú členskú základňu SKBS tvorí približne sto aktívnych členov, z čoho 25 percent sú doktorandi. Spoločnosť je od roku 2017 registrovaná do zoznamu prijímateľov 2 % z daní fyzických osôb.

Autori



Daniel Jancura, doc. Mgr. PhD.

Katedra biofyziky, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach.
Vedúci katedry.



Gregor Bánó, doc. Mgr. PhD.

Katedra biofyziky, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach.

XIX. Editorický súhrn

Zborník Rozvoj biofyziky na Slovensku je hotový. Je príjemné konštatovať, že zámer sa podarilo naplniť. Obsahuje 17 originálnych príspevkov od 32 autorov. Príspevky mapujú 15 pracovísk. Je to veľa, viac než sme očakávali, nie však všetko. Prezieravo sme zvolili okrem knižnej aj elektronickú formu publikácie, ktorá nie je uzavretá dňom vydania a môže prijímať nové príspevky. Určite sú ešte vítané príspevky z pracovísk, kde sa biofyzika rozvíja alebo rozvíjala.

Biofyzika dala o sebe vedieť ako odbor aplikovanej fyziky koncom 19. storočia (kap. II, VII, X). Na Slovensku začínala, podobne ako lekárska fyzika, v roku 1923. Stalo sa tak na prvej slovenskej lekárskej fakulte zásluhou Viktora Teisslera (kap. IV, XVII). Medzi svetovými vojnami to bol počín ojedinelý, pochopiteľne, keď Slovensko malo existenčné starosti a nestíhalo rýchly rozvoj biofyziky vo svete.

Po 2. svetovej vojne sa začali formovať ďalšie biofyzikálne vedecké a pedagogické pracoviská na univerzitách (kap. V) a na SAV (kap. VII). Biofyzika už vtedy zaujala širší okruh fyzikov, biológov a lekárov. Jej rôzne aspekty sa začínali rozvíjať a učiť na viacerých fakultách v Bratislave v 60-tych rokoch. K študijnému odboru lekárska fyzika pribúda biofyzika (kap. V, XI) a neskôr biomedicínska fyzika (kap. XIV). Rozbieha sa vedecká výchova v biofyzike (CSc.), neskôr doktorandské štúdium (PhD.). Vzniká prvá Katedra biofyziky (kap. V). Extenzívne obdobie rozvoja biofyziky vrcholí založením biofyzikálnych tímov, oddelení a katedier v Košiciach a končí spolu s érou budovania socializmu v 1989 roku. Nová éra sa intenzívne rozbieha po vstupe SR do EÚ a je charakterizovaná modernizáciou prístrojového parku a novým mechanizmom grantového financovania (kap. VII, VIII, X).

Príbeh biofyziky v Košiciach mapujú 3 kapitoly. V kapitole X, autori podávajú širší vedecko-manažersky pohľad na úlohu kľúčových osobností v kontexte univerzita-akadémia-SKBS. Pohľad do zákulisia zakladania biofyzikálneho ústavu v Košiciach v rámci ÚEF SAV podáva kap. XI. Pútavý osobnú výpoveď o osude košickej biofyziky mimo hlavného prúdu podáva kapitola XII.

Snaženie biofyzikov mimo hlavných centier, teda v Martine a v Trnave, opisujú kapitoly IX a XIII. Rozvoj biofyziky mimo štandardného priestoru zachytáva zaujímavý príbeh Medzinárodného laserového centra (kap. VIII).

Najviac príbehov je prirodzene z hlavného mesta Slovenska. Vedecký aj pedagogický osud Katedry biofyziky na FMFI UK podáva kap. V a XIV. Úlohu biofyziky vo výučbe farmaceutov a v farmakologickom výskume odhaľujú kap. VI a XV. Svedectvo o rozvoji experimentálnej a teoretickej biofyziky paralelne

so všeobecnou fyziológiou podáva v širšom kontexte kap. VII. Inšpiratívny spätný presah biofyziky na fyziku rozoberá kap. XVI.

V súčasnosti je biofyzika súčasťou 5 ústavov SAV a učí sa na 8 univerzitných fakultách (viď Obrázok nižšie).

Zborník umožňuje rozpoznať osobnosti mimoriadneho významu pre rozvoj slovenskej biofyziky v historických, teda zárodočných etapách. Ako otca zakladateľa slovenskej biofyziky môžeme jednoznačne identifikovať a prijať prof. PhDr. Viktora Teisslera, českého fyzika a pedagóga, ktorý v roku 1923 založil na Lekárskej fakulte UK v Bratislave štúdium, bol dlhoročným prednostom a napísal prvú učebnicu lekárskej fyziky. Jeho škola je súčasťou prípravy lekárov už 100 rokov.

Na Slovenskej akadémii vied v Bratislave založil v 60. rokoch osobitú biofyzikálnu vedeckú školu akademik Jozef Zachar, lekár vedec a manažér. Stimuloval multidisciplinárny biomedicínsky výskum v Československu, napísal obsiahlu monografiu svetovej úrovne a dosiahol medzinárodné uznanie. Žiaci jeho žiakov rozvíjajú biofyziku v lekárskejších vedách bez prerušenia dodnes.

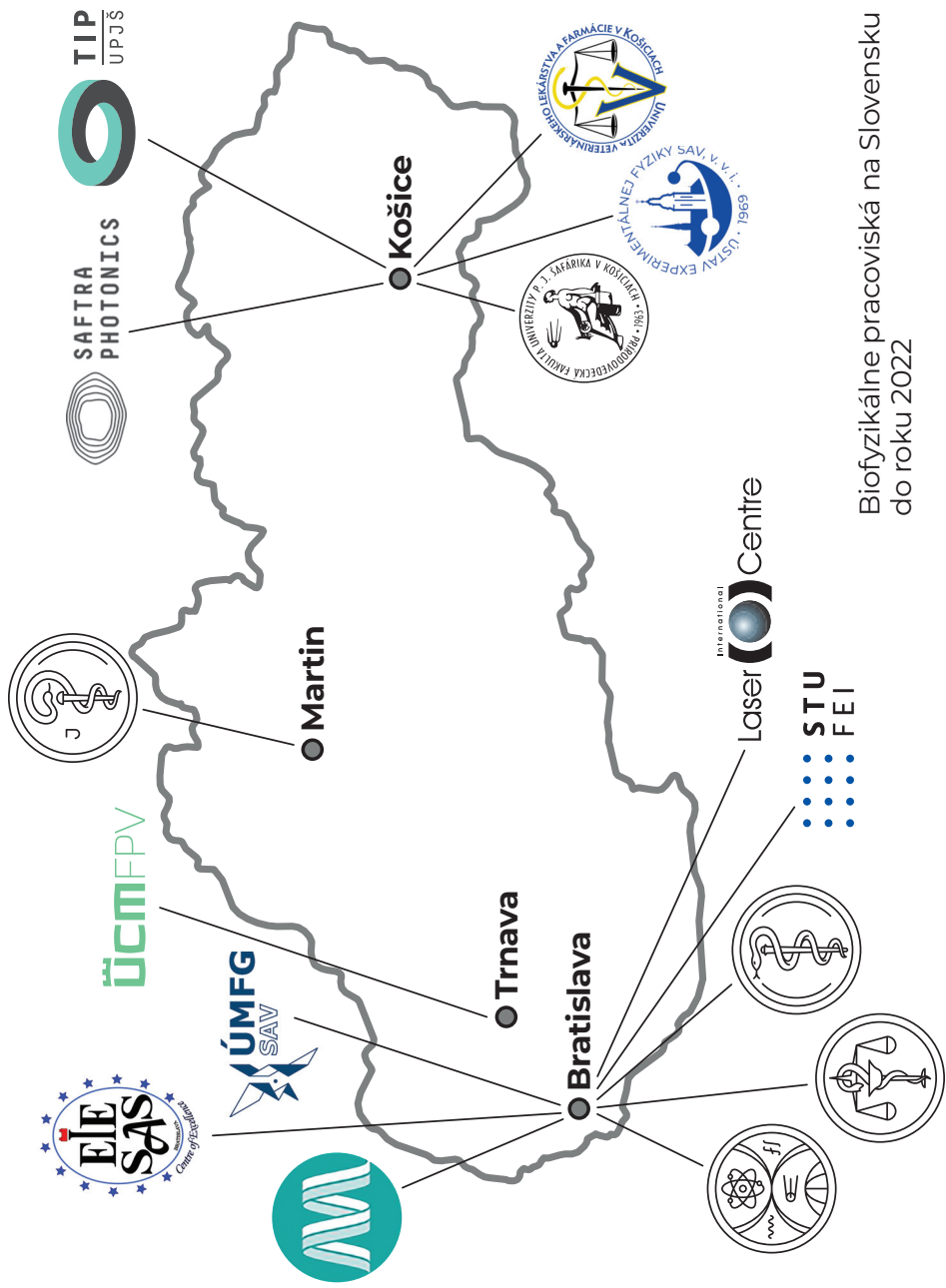
Víziu Košíc ako centra slovenského biofyzikálneho výskumu implementoval v 70. rokoch a dlhodobo podporoval akademik Vladimír Hajko (fyzik vedec a pedagóg, predseda SAV). Jeho odkaz našiel nadšených pokračovateľov v nasledujúcich generáciách vedcov, pedagógov a manažérov v rámci SAV a UPJŠ v Košiciach.

V Bratislave od 80. rokov húževnato presadzoval víziu študijného odboru Biofyzika a Katedry biofyziky prof. Dušan Chorvát, fyzik pedagóg a manažér. Založil Medzinárodné laserové centrum a medziodborové štúdium biomedicínska fyzika. Žiaci, kolegovia, ale aj potomkovia prof. Chorváta úspešne implementujú jeho odkaz v meniacich sa podmienkach súčasného Slovenska.

Zborník dáva do povedomia slovenskej odbornej verejnosti významné počiny slovenských biofyzikov, vedcov a pedagógov oboch rodov, v prospech rozvoja vzdelanosti a uplatňovania v širšej spoločenskej praxi. Celá publikácia je voľne prístupná na web stránke SKBS (<https://skbs.sk>) a ako knižné vydanie, ktoré slúži hlavne pre potreby členov Slovenskej biofyzikálnej spoločnosti, vedecko-pedagogických inštitúcií a knižníc na Slovensku.

Záver: Historická mapa slovenskej biofyziky je na stole. Sú v nej zapísané skúsenosti generácií biofyzikov. Nie je úplná a ani presná, ale je dobrá. Tak ako dobré boli prvé mapy, ktoré pojímali skúsenosti moreplavcov z plavby pri pevnine. Načrtáva prebádané obzory. Možno raz bude inšpiráciou pre odvážlivcov vydať sa na širé more za veľkou vedou. Určite však už dnes dáva biofyzike pevné miesto v systéme slovenskej vedy a pedagogiky.

*Editori
Bratislava, 15. septembra 2023*



Biofyzikálne pracoviská na Slovensku do roku 2022



Bratislava

Katedra biofyziky, informatiky a telemedicíny
Lekárska fakulta
Univerzita Komenského v Bratislave



Katedra fyzikálnej chémie liečiv
Farmaceutická fakulta
Univerzita Komenského v Bratislave



Katedra jadrovej fyziky a biofyziky
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzita Komenského v Bratislave



Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Slovenská technická univerzita v Bratislave



Ústav experimentálnej endokrinológie
Biomedicínske centrum
Slovenská akadémia vied, v. v. i.



Ústav klinického a translačného výskumu
Biomedicínske centrum
Slovenská akadémia vied, v. v. i.



Ústav molekulárnej fyziológie a genetiky
Centrum biovied
Slovenská akadémia vied, v. v. i.



Oddelenie biofotoniky
Medzinárodné laserové centrum
Centrum vedecko-technických informácií SR

ÜcmFPV

Trnava

Katedra biofyziky
Fakulta prírodných vied
Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave



Martin

Ústav lekárskej biofyziky
Jesseniova lekárska fakulta v Martine
Univerzita Komenského v Bratislave



Košice

Katedra biofyziky
Prírodovedecká fakulta
Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach



Katedra chémie, biochémie a biofyziky
Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie
v Košiciach



Oddelenie biofyziky
Ústav experimentálnej fyziky
Slovenská akadémia vied, v. v. i.



Saftra photonics, s. r. o.



Technický a inovačný park
Centrum interdisciplinárnych biovied
Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

Alžbeta Marček Chorvátová,
Mária Klacsová,
Ivan Zahradník
(eds.)

ROZVOJ BIOFYZIKY NA SLOVENSKU (1923 – 2023)

Vydala Univerzita Komenského v Bratislave, 2023
Za obsahovú stránku príspevkov a autorské práva
použitých obrázkov a fotodokumentácie zodpovedajú autori.
Technická redakcia, návrh obálky: Marián Sekela

Rozsah 157 strán, prvé vydanie,
vyšlo ako elektronická publikácia

ISBN 978-80-223-5738-8 (tlač)
ISBN 978-80-223-5739-5 (online)

