

**OPIS ŠTUDIJNÉHO ODBORU
LEKÁRSKA BIOFYZIKA**

Platný od: 24.2.2017

(a) Názov študijného odboru: Lekárska biofyzika (anglický názov "Medical Biophysics")

(b) Stupne vysokoškolského štúdia, v ktorých sa odbor študuje a štandardná dĺžka štúdia študijných programov pre tieto stupne vysokoškolského štúdia:

Navrhovaný študijný odbor Lekárska biofyzika sa môže podľa Sústavy študijných odborov študovať v:

- *treťom stupni* vysokoškolského štúdia /PhD/ so štandardnou dĺžkou štúdia **4** roky v dennom štúdiu a **5** rokov v externej forme štúdia

Predpokladá sa, že žiadateľ o doktorandské štúdium absolvoval druhý stupeň vysokoškolského vzdelávania v príslušnom odbore doktorského študijného programu (MUDr., MDD, MVDr.), vo vybraných odboroch inžinierskeho (Ing.), alebo magisterského (Mgr.) študijného programu.

(c) Obsah študijného odboru:

(c1) Všeobecná časť

Študijný odbor Lekárska biofyzika - 3. stupeň vysokoškolského štúdia - pripravuje vysokoškolských odborníkov, pôsobiacich na lekárskech, farmaceutických, veterinárnych a iných fakultách, ktorí sú schopní samostatne vedecky bádať najmä v oblasti experimentálnej lekárskej biofyziky.

Absolventi študijného odboru Lekárska biofyzika sú spôsobilí vykonávať profesiu:

- **Vedeckého pracovníka *Philosophiae doctor-PhD (Scientist)*** vo výskumných tímoch interdisciplinárneho zamerania a v príbuzných - najmä medicínskych odboroch ako fyziológia, patol. fyziológia, biochémia, farmakológia, ortopédia, neurológia, fyziatria, etc., tiež vo veterinárnej medicíne, farmácii a pod.

- Absolventsa uplatní aj ako **vedúci výroby** zameranej na medicínske biotechnológie a lekársku biokybernetiku, napr. pri vývoji a výrobe špeciálnych lekárskech prístrojov.

Vedecký pracovník: *Philosophiae Doctor (PhD) of Medical Biophysics*
vedecky báda, ovláda vedecké metódy výskumu Lekárskej biofyziky, princípy

moderných medicínskych technológií, konštrukcie lekárskeho prístrojov a praktickú aplikáciu informačných technológií. Absolvent je schopný predložiť optimálnu variantu riešenia nastoleného problému na základe integrácie biofyzikálnych a lekárskeho poznatkov a metód.

(c4) Obsah tretieho stupňa

Absolvent 3.stupňa (doktorandského štúdia) v odbore Lekárska biofyzika dokáže aplikovať základné znalosti zo *všeobecnej biofyziky a špeciálnych poznatkov lekárskej biofyziky, biokybernetiky a biotechnológií* na skúmanie otázok nastolených najmä lekárskeho vedami, pri štúdiu fyzikálnej a fyzikálno-chemickej podstaty fyziologických a patologických procesov prebiehajúcich v ľudskom organizme na úrovni buniek, tkanív, orgánov a orgánových systémov a s nimi súvisiacich princípov diagnostiky a terapie ochorení, pri štúdiu adaptačných mechanizmov ľudského organizmu vystavenému pôsobeniu fyzikálnych faktorov vonkajšieho prostredia, vrátane interakcií organizmu so špeciálnou lekárskeho technikou. Poznatky o stavbe a funkcii ľudského organizmu dokáže aplikovať na tvorbu moderných postupov v oblasti medicínskych biotechnológií, lekárskej biokybernetiky, biomechaniky a informačných technológií. Absolvent odboru v použiteľnej miere prakticky ovláda vybrané *vedecké metódy výskumu*, aplikované v celom zábere Lekárskej biofyziky (od modelovania orgánových systémov a ich interakcií až po problematiku signálovej komunikácie na úrovni bunky), ako aj *metódy vývoja a praktickej aplikácie* moderných biomedicínskych technológií, počítačových simulácií a lekárskej informatiky.

Absolvent nájde uplatnenie *interdisciplinárnych vedeckých kolektívov* základného aj aplikovaného výskumu pri riešení širokého spektra problémov počínajúc štruktúrou a funkciou orgánových systémov, pri ich modelovaní za podmienok fyziologických a patologických, pri vývoji nových diagnostických a liečebných metód, postupov, pri konštrukcii špeciálnych prístrojov v humánnej a veterinárnej medicíne, pri príprave nových liečiv a liekových foriem vo farmácii, ako aj pri monitorovaní fyzikálnych vplyvov životného prostredia na človeka.

Teoretické vedomosti

Absolvent odboru vedecky báda a prináša vlastné riešenia problémov najmä v oblasti:

biofyziky bunky, tkanív, orgánov a orgánových systémov u človeka, transportu

látok cez biomembrány, biomechaniky srdca, krvného obehu a dýchania, biomechaniky pohybového systému, mechanizmov svalovej kontrakcie, bioenergetiky výmeny tepla v ľudskom organizme a jeho terapeutického využitia v medicíne, generovania a šírenia nervového impulzu, vlastností a mechanizmu účinkov elektrických a magnetických polí na človeka a ich využitia pri diagnostike a liečbe ochorení, pri riešení biofyzikálnych otázok súvisiacich so zmyslovým vnímaním, zrakom, sluchom, čuchom, hmatom, ako aj pri štúdiu a modelovaní funkcií celulárnych, tkanivových a orgánových systémov a ich odpovedí na endogénne a exogénne noxy, pri skúmaní a ochrane človeka pred nežiadúcimi účinkami faktorov vonkajšieho prostredia, ako aj v oblasti medicínskych biotechnológií, bioinformačných technológií a lekárskej kybernetiky.

V závislosti od konkrétneho zamerania a obsahu skúmanej problematiky v danom odbore absolvent ovláda aj ďalšie špeciálne znalosti (uvedené heslovite) z oblasti: *molekulovej biofyziky bunky, tkanivovej a orgánovej fyziológie, fotobiofyziky a fototerapie, mechaniky dýchania, nervovej a chemickej regulácie dýchania, biofyzikálnych aspektov generovania rytmu a vzoru dýchania, ochranných a obranných reflexov dýchacích ciest, metód štúdia neurónových mechanizmov dýchania a reflexov z dýchacích ciest, bioelektro-chémie, metód spracovania a vyhodnocovania elektrického a neelektrického biosignálu, ako aj základy využitia experimentálnych a diagnostických metód - NMR, CT, SPECT, PET, RTG analýzy, optickej spektroskopie, metódy laserovej spektroskopie, biochemickej komunikácie, etc. , v humánnej medicíne.*

Doplňujúce vedomosti, schopnosti a praktické zručnosti

Absolvent odboru Lekárska biofyzika si osvojí kompletnú *metodológiu vedeckej práce*, pozná väzby výskum-vývoj-výroba-použitie, je schopný vedecky definovať problém a stanoviť reálne požiadavky na jeho úspešné vyriešenie, má dostatočné *jazykové predpoklady* na prezentovanie výsledkov svojej práce tlačou a prednáškou, a to najmä na zahraničných odborných fórach. Je schopný kriticky posúdiť a zaradiť svoj vedecký prínos do hierarchie poznatkov svetovej vedy. Pozná a dodržiava zásady práce v *interdisciplinárnych kolektívoch*, zásady tvorby vedeckých projektov, princípy medzinárodnej vedeckej spolupráce, *vedecké programy a charakteristiky Európskeho výskumného priestoru*, rozvoj študijného odboru a prínos pre prax. Prakticky si taktiež osvojí spoločenské, etické, environmentálne a právne stránky vedeckej práce.

Vymedzenie jadra znalostí

Nosné témy jadra znalostí študijného odboru

Doktorandské štúdium pozostáva zo študijnej časti a z vedeckej časti. Nosné témy jadra znalostí 3. stupňa vysokoškolského štúdia sú viazané na odbor Lekárska

biofyzika.

1.1. Študijná časť

Teoretický fundament, metodologický aparát, špecializácia:

Študijná časť doktorandského štúdia pozostáva z prednášok, seminárov a individuálneho štúdia odbornej literatúry potrebných z hľadiska zamerania dizertačnej práce. Pri štúdiu odboru Lekárska biofyzika v 3. stupni - doktorand absolvuje povinný predmet Všeobecná biofyzika a jeden voliteľný predmet z okruhu nižšie uvedených predmetov Lekárskej biofyziky. Uchádzači o štúdium s ukončeným druhým stupňom VŠ vzdelania s priznaným titulom magister (Mgr.) a inžinier (Ing.), (okrem uchádzačov biomedicínskeho inžinierstva) - absolvujú aj predmet Základy biológie, anatómie a fyziológie človeka.

Navrhované predmety štúdia:

I/a. Všeobecná biofyzika

(Od uchádzača sa vyžaduje všeobecná orientácia v uvedenej problematike)

Základné jednotky SI. Biologické funkcie nukleových kyselín, štruktúra a funkcia DNA a RNA. Biofyzika bunky, štruktúra a funkcia, charakteristika a veľkosť buniek, bunka ako otvorený systém, bunkové organely. Biofyzika membrán a membránový transport, štruktúra a transportné vlastnosti membrán, pasívny a indukovaný transport iónov, difúzia a Fickove zákony, transport neelektrolytov, osmóza, filtrácia, prenos látok cez bielkovinový kanál, aktívny membránový transport, Na⁺-K⁺pumpa, Donnanova rovnováha, Nernstov difúzny potenciál, Goldmanova rovnica. Biofyzika nervového impulzu, pokojový potenciál, činnosť potenciál - vznik a šírenie axónom, synaptický prenos. Základy termodynamiky biologických procesov, entropia a enthalpia, usporiadanosť biologických systémov, termoregulácia. Mechanické vlastnosti tkanív, vzťah medzi štruktúrou a funkciou, štruktúra a vlastnosti svalového a nervového tkaniva. Hydrodynamika krvného obehu, energetika srdcovej činnosti, biomechanika dýchania, Človek a okolie, tok informácií - biosignály, receptory, zmyslové orgány, prenos informácie v živých systémoch. Ekobiofyzika: vplyv gravitácie, hyper a hypobarie, klimatické faktory, ionizujúce žiarenie. Radiačná biofyzika: rádioaktivita prirodzená a umelá, druhy ionizujúceho žiarenia, charakteristiky rôznych druhov ionizujúceho žiarenia, ochrana pred ionizujúcim žiarením, dozimetria. Neionizujúce žiarenie: svetlo a fotobiofyzika- fotometrické jednotky, geometrická optika videnia, fotobiofyzika, regulačné mechanizmy (adaptácia, akomodácia), energetika procesu videnia. Infračervené a ultrafialové žiarenie, rádiové vlny, mikrovlny - vznik, fyzikálne vlastnosti, biologické účinky, ochrana. Zvuk a bioakustika - vlastnosti zvuku, parametre, hluk, Metódy skúmania a modelovanie biologických procesov, Metódy

štúdiá buniek, tkanív, orgánov u živých organizmov, základy bioinformatiky, štatistika.

I/ b. Základy biológie, anatómie a fyziológie (jadro znalostí)

(Od doktoranda sa vyžaduje pochopenie pojmov a základná orientácia)

Organizácia živých systémov, bunkové organizmy, molekulová a bunková biológia. Nukleové kyseliny a proteíny. Molekulová genetika (genetická informácia, replikácia, transkripcia, translácia, mutácie). Genetické inžinierstvo. Cytológia (bunka ako systém, biologické membrány, cytoskeleton). Bunkový cyklus, mitóza, a ich regulácia. Typy reprodukcie, meióza. Fenotyp a genotyp, dedičnosť. Základy ľudskej genetiky. Ľudský karyotyp, génové mapovanie. Moderné metódy štúdiá ľudskeho genómu. Genetika a medicína, genetické poradenstvo. Základy lekárskeho názvoslovía. Všeobecná anatómia. Prehľad tkanív. Skelet. Anatómia svalov, svalová kontrakcia. Tráviace ústrojenstvo a jeho fyziológia. Dýchacie ústrojenstvo a fyziológia dýchania. Močové a pohlavné ústrojenstvo a fyziológia obličiek. Srdce a fyziológia srdcovej činnosti. Anatómia ciev, hlavné tepny tela, prehľad žíl, fyziológia krvi. Prehľad nervov, CNS. Zrakové ústrojenstvo a fyziológia zraku. Sluchové a vestibulárne ústrojenstvo a fyziológia sluchu a rovnováhy. Koža, žľazy s vnútornou sekréciou.

II. Lekárska biofyzika *(doktorand si vyberie jeden z uvedených voliteľných predmetov. Budú sa požadovať podrobné znalosti obsahu predmetu)*

II/1. Biochemické základy lekárskej biofyziky

Biochémia a medicína, Voda viazaná a voľná, dehydratácia, hydratácia, katióny a anióny, polarita, kyslík, oxidy uhlíka, fosfor, oxidy dusíka, silné a slabé medzimolekulové interakcie, Elektrolyty, Aminokyseliny, Štruktúra a funkcie bielkovín, peptidická väzba, Nukleové kyseliny, štruktúra ľudskej DNA, Cukry, tuky, bielkoviny a ich biotransformácia v ľudskom organizme, Základné biochemické procesy - Krebsov cyklus, dýchací reťazec, glykolýza, Vitamíny, Hormóny, Enzýmy, Koenzýmy, radikály a vychytávače radikálov, systémy degradácie cudzorodých látok.

II/ 2. Biofyzikálne aspekty bunkovej komunikácie

Bunkové membrány ich štruktúra a funkcie u človeka, konformačné vlastnosti membrán, signálne dráhy viazané na povrch membrán, mimobunkové signálne molekuly a receptory, Genom a proteom, Neurotransmitery, Úloha druhých poslov, cyklické AMP a cyklické GMP, protein-kinázy a protein-fosfatázy, fosforylácia a defosforylácia G-proteíny ako signálne molekuly, vápnik ako intracelulárna signálna molekula, oxid dusnatý ako signálna molekula, inozitoltrifosfát. Experimentálne metódy, tkanivové preparáty, väzba rádioligandov, použitie

fluorescenčných sond. Spracovanie experimentálnych dát, matematické modely.

II/ 3. Lekárska fotobiofyzika a fototerapia

Slnko jako prirodzený zdroj svetelného žiarenia na Zemi. Umelé zdroje svetelného žiarenia, chromofóry a fluorofóry v nukleových kyselinách, v proteínoch, v lipidoch a v pigmentoch. Biologický účinok a ochrana pred infračerveným a ultrafialovým žiarením, fyziologické fotobiologické procesy, fotochemické reakcie v ľudskom organizme. Fotorecepcia (štruktúra a funkcia jednotlivých elementov ľudského oka, zrakové receptory a pigmenty, rodopsínový cyklus, vnímanie svetelného toku a vlnovej dĺžky svetla, fototerapia, tepelné a fotochemické účinky laserového žiarenia na človeka, využitie laserov v oftalmológii, otorinolaryngológii, gastroenterológii, angiológii, v dermatológii a plastickej chirurgii, liečba polarizovaným svetlom, biolampy, fotodynamická liečba rakovinových buniek.

II/ 4. Neurobiofyzika a Elektrobiofyzika

Biofyzika elektrických procesov v ľudskom organizme. Periférny a centrálny nervový systém. Neuróny (membránové potenciály, kľudový a činnostný potenciál, iónové koncentrácie, kanály). Vzťah kľudového potenciálu a priepustnosti membrány pre ióny. Donnanova rovnováha, Goldmanova rovnica, iónová pumpa., Synaptický prenos. Elektrobiofyzika - elektrické vlastnosti tkanív a orgánov, vedenie elektrického prúdu tkanivami, elektrický model bunkovej membrány (odporové a kapacitné vlastnosti, zmeny membránového potenciálu so vzdialenosťou stimulácie), základy teórie objemového vodiča, Hodgkin-Huxleyho model činnostného potenciálu, elektrická stimulácia tkanív v podmienkach humánnej medicíny, druhy a vlastnosti AC a DC stimulačných prúdov, bioelektrické prejavy, úrazy elektrickým prúdom, Elektrofyzikálne metódy v lekárskej diagnostike a terapii: biopotenciály srdca (EKG), svalu (EMG), periférnych nervov (ENG), biopotenciály mozgu (EEG), sietnice (ERG), žalúdka (EGG), evokované potenciály mozgu, pacemaking, elektrokonvulzívna terapia, defibrilácia, elektrostimulácia pri liečbe neurologických a reumatických ochorení, chronaximetria, diatermia, diadynamické prúdy, iontoforéza, galvanoterapia, metódy molekulej biofyziky bunky- metóda napätového zámku (voltage and patch clamp).

II/ 5. Neurotechnológie

Nervová sústava, ľudský mozok. Neurónové siete, Základy merania a spracovania elektrických signálov. Spracovania signálov v reálnom čase. Elektronické mikro- a nanosenzory v medicíne. EEG a evokované potenciály. Elektrostimulačné metodiky, snímanie, spríemerňovanie, monitorovanie a vyhodnocovanie biopotenciálov neurónov z periférnych nervov, mozgu a miechy, Počítačový záznam a spracovanie biopotenciálov, Voltametria, Iónovoselektívne elektródy,

Antidrómná stimulácia a mapovanie projekcií neurónov, retrográdne, anterográdne a intracelulárne značkovacie metódy, metóda krížovej korelácie, metóda „spike-triggered averaging“, metóda funkčnej NMR, SPECT, PET, Štúdium neurónov difrakciou rtg lúčov, rádioizotopové detekčné metódy, Neurohistochemické metódy c - Fos a c-Junk, Audiovizuálna stimulácia, Blokády prenosu nervového signálu- typy blokad, Biologická spätná väzba s využitím EEG - Neurofeedback, Rozhranie človek (ľudský mozok) - počítač, virtuálna realita.

II/ 6. Biomechanika pohybového systému (lokomícia)

Biofyzika pohybového systému, spojivové tkanivo: väzivo, chrupka, kolagén a tropokolagén, mechanická pevnosť kolagénnych vlákien, elastické vlákna, tropoelastín, pružnosť elastických vlákien, šľachy väzy, chrupavka, kĺbová, elastická a väzivová chrupavka, kosť, štruktúra - kompakta a spongióza, diafýza a epifýza, funkcia kostí, ľudská kostra- zloženie, funkcia, remodelácia, Wolfov zákon transformácie kostí, regulačné mechanizmy tvorby a udržiavania kostnej matrix, diagnostické metódy kostnej denzitometrie, kĺby - guľový, elipsoidný, valcový, sedlový, kladkový, pohyby kĺbov-kĺzavý, valivý, rotačný, svaly priečne pruhované, svalové vlákno, motorická jednotka, svalová kontrakcia, pružnosť sarkoméry - titin a nebulin, kontrakcia sarkoméry- Ca^{2+} , troponin C, tropomyozin, aktin a myozin, Ca^{2+} pumpa, kontrakcia izometrická a izotonická, statická a dynamická práca svalu, svalový test, dynamometria, kineziológia, liečebný telocvik, ergoterapia-masáž.

II/ 7. Biomechanika pohybu krvi a telesných tekutín

Zloženie a fyzikálne vlastnosti ľudskej krvi, deformácia, viskozita, šmykové napätie, agregácia červených krviniek, Zákony reológie-Bernoulliho zákon, vzťahy medzi prietokom, tlakom, viskozitou krvi a odporom cievneho riečiska, Poiseuillov-Hagenov zákon, prúdenie laminárne a turbulentné, Reynoldsovo číslo, mechanické vlastnosti ciev, pružníkový efekt, elasticita, Laplaceov zákon, artériový, kapilárny a venózný tlak, hydrostatický tlak, filtrácia a rezorbcia v kapilárnej kľučke, srdce ako pumpa, systolický a diastolický tlak, energetika a meranie srdcového výdaja, farebné dilučné metódy, Fickova metóda, ultrazvuková a rádioizotopová metóda, metódy funkčnej NMR, Biofyzikálne aspekty kardio-pulmonálnej resuscitácie.

II/ 8. Biofyzika dýchania a respiračných reflexov

Vonkajšie a vnútorné dýchanie, ventilácia pľúc a mechanika dýchania, výmena dýchacích plynov, nervová a chemická regulácia dýchania, obranné reflexy dýchacích ciest (kašeľ, kýchanie, aspiračný a expiračný reflex). Funkcia laryngu počas dýchania a respiračných reflexov. Biofyzikálna podstata vzniku dýchania, klasifikácia respiračných neurónov, oscilačné vlastnosti neurónov, recipročná a rekurentná inhibícia v neurónových sieťach. Synaptické prepojenia, excitačné

a inhibičné neurotransmitery, generátor rytmu a vzoru dýchania, centrálné mechanizmy kašľa, aspiračného a expiračného reflexu, gaspingu, apnoe, biofyzikálne príčiny spánkových porúch dýchania, Biofyzikálne metódy štúdia neurónových mechanizmov regulácie dýchania, princípy funkcie prístrojov používaných pri resuscitácii dýchania a prevencii spánkového apnoe, Metódy hodnotenia a spracovania bioelektrických parametrov pri štúdiu regulácie dýchania a ich štatistické spracovanie.

II/9. Biofyzikálne základy interakcie elektromagnetického žiarenia s biologickými systémami

Spektrum elektromagnetického žiarenia, ionizačné elektromagnetické žiarenie, neionizačné elektromagnetické žiarenie, stacionárne magnetické pole, stacionárne elektrické pole, generácia elektrických a magnetických polí, indukované elektrické a magnetické polia v ľudskom organizme, elektromagnetické polia v životnom prostredí, účinky elektromagnetických polí na subcelulárne štruktúry, bunky, tkanivá orgány a ľudský organizmus, vzťah neionizačného elektromagnetického žiarenia a nádorových ochorení, elektro-magnetické žiarenie v diagnostike a terapii

II/10. Biokybernetické systémy, lekárska prístrojová technika

Princípy regulácie a riadenia životných funkcií v ľudskom organizme, homeostáza a funkčná rezerva organizmu, proces rozhodovania, vlastnosti biokybernetických regulačných systémov, systém ako množina subsystémov a ich vzťahov, reálne systémy, stabilita systémov, analýza a modelovanie, formulácia hypotéz, dynamické systémy, lineárne a nelineárne systémy, vzťah medzi vstupom a výstupom. Spätná väzba - sériová, paralelná, priama, sprostredkovaná, pozitívna, negatívna, transformácia vstupného signálu, prechodová a frekvenčná charakteristika, matematické modely dynamických systémov, diferenciálne rovnice, Booleovské funkcie, logické siete, modely rozhodovacích procesov, analógové modely, modely kinetiky rezorbcie, vylúčenia, biotransformácie látok z organizmu, simulačné PC experimenty, diagnostická a liečebná technika v medicíne - mechanická, elektrická, elektro-mechanická, optická a optoelektrická, rentgenová, ultrazvuková, magnetická...

Znalosti uvedené v jadre majú rozsah 1/3 v študijnej časti a 2/3 vo vedeckej časti. Doktorandské štúdium prebieha podľa individuálneho študijného plánu. Študijný plán doktoranda zostavuje školiteľ.

1.2. Vedecká časť

Pozostáva z tímovej a individuálnej práce doktoranda, ktorá sa viaže na zvolenú tému dizertačnej práce. Doktorand rieši aktuálny a otvorený vedecký problém pod dohľadom školiteľa. Požaduje sa teoretické spracovanie aktuálneho stavu témy doktorandskej práce v medzinárodnom kontexte. Doktorand si osvojí kompletnú

metodológiu vedeckej práce - zvládne experimentálne metódy a metodiky potrebné k získaniu experimentálnych údajov a metódy štatistického vyhodnotenia experimentálnych údajov. Zúčastňuje sa vedeckých seminárov, prezentuje čiastkové zistenia a v diskusii získava informácie o možnosti aplikácie rôznych fyzikálnych, fyzikálno-chemických, imunohistochemických, počítačových a ďalších metód pri riešení témy svojej doktorandskej práce.

Spracováva výsledky do formy pôvodných vedeckých prác. Prednáša doma i v zahraničí. Spolupracuje pri príprave vedeckých projektov a participuje na ich príprave. Pripravuje a podáva projekty grantových agentúr pre mladých vedeckých pracovníkov.

Študijná a vedecká časť sa po formálnej stránke organizuje a hodnotí podľa Študijného poriadku kreditového systému doktorandského štúdia schváleného jednotlivými univerzitami podľa § 54 zákona 131 o VŠ z 21.2.2002 a ďalšími právnymi upravami.

Hodnotenie vedomostí získaných v študijnej a vedeckej časti

A/ Dizertačná skúška pozostáva :

1/ z vlastnej skúšky, pri ktorej doktorand obdrží spravidla po jednej otázke zo Všeobecnej a z Lekárskej biofyziky, na ktoré odpovedá ústne.

2/ z 20 min. vystúpenia doktoranda v ktorom prednesie podstatné myšlienky k písomnej práci a uvedie tézy projektu svojej dizertačnej práce.

3/ doktorand zodpovie pripomienky z oponentských posudkov k písomnej práci a reaguje na otázky členov skúšobnej komisie

4/ v rozprave (bez účasti doktoranda) sa komplexne zhodnotí vlastná skúška, kvalita písomnej práce i odpovede doktoranda a posúdi reálnosť navrhovaných cieľov dizertácie.

B/ Obhajoba dizertačnej práce (ods.14, § 54, zákon č. 131/2002 v znení ďalších novelizácií a predpisov) musí jednoznačne preukázať, že doktorand je schopný samostatne vedecky pracovať, formulovať vedecké problémy a získavať ďalšie teoretické a praktické poznatky.

Doktorand môže požiadať o obhajobu dizertačnej práce ak splnil predpísané požiadavky kreditového systému štúdia a publikoval tlačou minimálne 2 práce *in extenso*.

Úspešný absolvent doktorandského štúdia musí získať minimálne 180 kreditov, vrátane kreditového ohodnotenia jeho dizertačnej práce, ak bola prijatá

k obhajove.

INDIKÁTORY ŠTUDIJNÉHO ODBORU

1. Študijné programy doktorandského štúdia v odbore Biofyzika sú vypracované komisiou popredných odborníkov v danej oblasti poznania s cieľom zabezpečiť vysokú kvalitu riešených tém a tým aj zabezpečenia mobility absolventov štúdia v Európskom a v celosvetovom priestore.

2. Počet kreditov, ktorých získanie je podmienkou riadneho ukončenia štúdia sa riadi Vyhláškou č. 614 MŠ SR z 27. septembra 2002 o kreditovom systéme a na Univerzite Komenského Smernicou rektora č. 6/2004. Štruktúra a limity pridelovania kreditov sú individuálne schvaľované vedeckými radami príslušných vysokých škôl a fakúlt.

3. Študijné programy 3. stupňa vysokoškolského vzdelávania obsahujú pomer študijnej a vedeckej časti študijného programu 1:2. O akceptovaní študijného programu v študijnom odbore rozhoduje Ministerstvo školstva SR, ktoré priznáva právo konať doktorandské štúdium, dizertačné skúšky, záverečnú skúšku vo forme obhajoby dizertácie a tiež prideluje právo Vedeckej rade príslušnej fakulty udeľovať vedecko - akademický titul).

4. Absolventom doktorandského vysokoškolského štúdia v odbore **Lekárska Biofyzika** sa udeľuje akademický titul „doktor“ („philosophiae doctor“, v skratke „PhD.“).

(d) Zdôvodnenie potreby vzniku študijného odboru:

Navrhovaný študijný odbor **Lekárska biofyzika** je súčasťou aplikovanej biofyziky. V teoretickej rovine nadväzuje na Biofyziku a Lekársku fyziku. Rieši biofyzikálne problémy na úrovni funkcií bunky, tkanív a orgánov, ktoré majú bezprostredný vzťah ku zdraviu a chorobe človeka. Ide najmä o 1) štúdium fyzikálnochemickej podstaty fyziologických a patologických procesov a s nimi súvisiacich princípov diagnostiky a terapie chorôb ako aj 2) o analýzu pôsobenia fyzikálnych faktorov na ľudský organizmus z hľadiska tvorby a ochrany životného a pracovného prostredia. Spoločným znakom oboch typov štúdií je využívanie moderných biotechnológií a špeciálnej prístrojovej techniky. V súčasnosti je Lekárska biofyzika jedným zo základných odborov medicínskeho štúdia na mnohých európskych i amerických univerzitách. V českom vysokom školstve má svoje nezastupiteľné miesto aj pri postgraduálnej výchove v rámci biomedicínskeho výskumu. Na Slovensku Lekárska biofyzika ako študijný odbor vysokoškolského lekárskeho štúdia zatiaľ chýba. V sústave študijných odborov VŠ vzdelávania vydanéj MŠ SR 16.12.2002 bola dokonca *Biofyzika* zaradená medzi vedy o neživej prírode.

Praktickým dôsledkom bolo, že pri posudzovaní žiadosti Lekárskej fakulty o akreditáciu doktorandského štúdia v 3.stupni tohoto odboru, bol záver pracovnej skupiny AK MŠ SR negatívny a to aj z dôvodu, že riešená problematika a dosiahnuté výsledky žiadateľa zostali nepochopené, keďže členovia pracovnej skupiny AK MŠ SR uprednostňujú pohľad na biofyziku zo zorného uhla vied o neživej prírode. Takto lekárske fakulty sú v procese priznania práva uskutočňovať doktorandské štúdium v odbore *Biofyzika* znevýhodnené, keďže ich garanti spravidla nie sú len biofyzici (resp. fyzici), ale aj lekári. Je to aj napriek tomu, že ich pracoviská dlhodobo realizujú špičkový medzinárodný výskum v oblasti lekárskej biofyziky a ich pracovníci dlhé roky pôsobia ako profesori a docenti pri výučbe tohto predmetu. Dôležitým aspektom zriadenia odboru Lekárska biofyzika je aj nutnosť zachovať kontinuitu vedeckej výchovy prírodovedne a technicky nadaných lekárov- vedeckých pracovníkov a učiteľov a posilňovať integračné tendencie pri riešení biomedicínskych problémov. Pritom existuje predpoklad zachovania kontinuity vzdelávania, keďže predmet Lekárska biofyzika je organickou súčasťou výučby poslucháčov Všeobecného lekárstva na lekárske fakultách v Martine ,v Košiciach i v Bratislave. Z vyššie uvedených dôvodov je zriadenie študijného odboru Lekárska biofyzika a jeho zaradenie do podskupiny študijných odborov 7.1 Lekárske, zdravotnícke a farmaceutické vedy, veľmi žiadúce.

(e) Príklady podobných študijných odborov v zahraničí:

Napr. Česká republika: Univerzita Karlova, 3. Lékařská fakulta Praha, LF Hradec Králové, Univerzita Palackého, LF, Olomouc, **Nemecko:** University of Heidelberg, Medicine faculty, **Rakúsko:** Univ. in Gratz, Faculty of Medicine Univ. in Innsbruck, Fac. of Med., **Švédsko:** Univerzity Ulmea, Fac. of Med., **Veľká Británia:** University of Aberdeen, Fac. of Med., **Rusko:** Moskovská štátna Univerzita, Med. fakultet, **Taliansko:** University of Milan, Fac of Med., **Belgicko:** Univ. of Liege, Fac of Med., **Francúzsko:** University of Nantes, Faculty of Medicine, **USA:** Indiana University, School of Medicine, Univ. of Cincinnati, Fac. of Med., Rusch Univ., Chicago, Fac of Med., Wayne Univ. Fac. of Med., Detroit, Suffolk Univ. Boston, Fac. of Med., National Institute of Health, Dpt. of Med. Biophysics, Maryland, **Kanada:** University of Toronto, Faculty of Medicine, University of Western Ontario, Faculty of Medicine and Dentistry, etc.

(f) Vymedzenie príbuzných študijných odborov a rozdielov medzi nimi:

Lekárska biofyzika je interdisciplinárny vedný odbor využívajúci poznatky biofyziky, lekárske vied, bioniky a informatiky na štúdium problémov súvisiacich s objasnením príčin fyzikálnej podstaty biologických dejov a fyziologických

procesov, ako aj spôsobu diagnostiky a liečenia ochorení u človeka. Preto zasahuje do viacerých *teoretických* medicínskych vedných odborov: Fyziológia, Biológia, Biochémia, i *klinických* lekárskeho odborov: Nukleárna medicína, Rádiológia, Fyziatria, Ortopédia, Urológia, Neurológia, Onkológia, etc., ako aj do oblasti *technických a informačných vied, lekárskej biokybernetiky, mikro - a nanotechnológií*.

Príbuznými odbormi podľa Sústavy študijných odborov sú: zo skupiny lekárskeho vied: Normálna a patologická fyziológia, Röntgenológia a rádiológia, Nukleárna medicína, Klinická biochémia, zo skupiny vied o neživej prírode: Biofyzika, Fyzika, Biochémia, zo skupiny vied o živej prírode: Biológia a Molekulárna biológia so zameraním na oblasť lekárskeho biológie, prípadne skupina Informatické vedy, informačné a komunikačné technológie so zameraním na oblasť bioinformatiky.