

**Tematické okruhy k SZZ v magisterském studijním oboru Přístroje a metody pro  
biomedicínu navazujícího magisterského studijního programu  
N3921 „Biomedicínská a klinická technika“**

Dle čl. 7 odst. 2 Směrnice děkana pro realizaci bakalářských a navazujících magisterských studijních programů na Českém vysokém učení technickém v Praze – Fakultě biomedicínského inženýrství stanovuje děkan na základě návrhu vedoucí katedry přírodovědných oborů níže uvedené tematické okruhy.

Tematické okruhy jsou v souladu s obsahem schválené žádostí MŠMT o prodloužení platnosti akreditace navazujícího magisterského studijního programu N 3921 Biomedicínská a klinická technika a 2 letého magisterského studijního oboru „Přístroje a metody pro biomedicínu“ ze dne 20. 12. 2011 pod č. j. 40866/2011-M3.

Tematické okruhy jsou koncipovány jako nezbytné minimum znalostí (teoretických a praktických), které jsou nutné pro úspěšné uplatnění absolventa Fakulty biomedicínského inženýrství v praxi. Pro lepší orientaci studentů jsou na konci tematického okruhu uvedeny názvy závazných oborových předmětů, které níže uvedené okruhy obsahují. Na základě odst. 3 článku 7 uvedené směrnice jsou **pro studenta povinné uvedené okruhy I. a II.** Okruh III. je volitelný podle skladby absolvovaných povinně volitelných předmětů. Tento okruh se bude zužovat, na základě absolvovaných povinně volitelných předmětů tak, aby student absolvoval SZZ pouze z předmětů, které v rámci studia absolvoval. Během SZZ dostává student přiděleny min. 2 otázky z každého tematického okruhu mající zejména souvislost s tématem diplomové práce. Nejsou však vyloučeny ani otázky, které přímo souvisejí s okruhem, či s tématem diplomové práce, ale jsou obsahem osnov bezprostředně souvisejících problematik. Otázky zadávají členové komise, popř. člen komise určený předsedou komise. Odpovědi na otázky mohou následovat bezprostředně po zadání a bez písemné přípravy.

**OKRUH I. Teoretické základy biomedicínské techniky**  
**Theoretical fundaments of biomedical technology**

**OKRUH II. Využití techniky v biologii a medicíně**  
**Engineering applications in biology and medicine**

**OKRUH III. Nové technologie pro biomedicínu**  
**New technologies for biomedicine**

**OKRUH I. Teoretické základy biomedicínské techniky (TZB)**

Částicové vlastnosti vln. Vlnové vlastnosti částic. Struktura atomu. Bohrov model atomu. Schrödingerova rovnice. Základní řešení Schrödingerovy rovnice. Kvantová teorie atomu vodíku. Víceelektronové atomy. Atomová spektra. Chemická vazba. Struktura molekul. Molekulová spektra.

Ideální plyn, termodynamická soustava. Vnitřní energie soustavy, teplo, teplota, práce, tepelná rovnováha, stavová rovnice ideálního plynu, jednoduché děje s ideálním plynem. První Termodynamický zákon. Druhý termodynamický zákon, kruhový děj, Carnotův děj. Matematická

formulace 2. TD zákona, termodynamická stupnice, entropie. Třetí termodynamický zákon. Kinetická teorie plynu, model ideálního plynu, tlak plynu, teplota plynu, střední kvadratická rychlost molekul. Vnitřní energie jednoatomového plynu, ekvipartiční teorém, statistická interpretace entropie, Maxwellovo-Bolzanovo rozdělení rychlostí. Reálný plyn, barometrická rovnice.

Mechanika tekutin. Proudění. Proudění krve v cévách (Poiseuillův zákon, Fahraeusův-Lindquistův jev, Zweifach-Fung). Povrchové jevy. Kapilární jevy. Základy mechaniky kontinua. Osmóza, reverzní osmóza. Difuze. Fyzika membránového transportu. Klidový vs. Akční potenciál. Vlastnosti dýchací soustavy (vč. plicních objemů). Srdce a jeho fyzika. Základy akustiky. Audiometrie a parametry slyšitelného zvuku. Ultrazvuk a biomedicínské aplikace ultrazvuku. Základy radiologie. Radioaktivita a použití v medicíně. Šíření signálů v těle.

Struktura a funkce nukleových kyselin DNA, RNA. Replikace, transkripce, translace. Proteosyntéza, prokaryotická a eukaryotická genová exprese. Struktura a funkce proteinů. Enzymy. Reprodukce buněk, buněčný cyklus, buněčné dělení. Hybridomové technologie. Rekombinantní DNA, vektory, restriční enzymy. Změny genetické informace, mutace. Metody molekulární biologie – izolace DNA, centrifugace, ELFO, PCR. Průtoková cytometrie. Genové manipulace – genové inženýrství, modifikace genů, sestřih genů. Transgenní organismy.

Klinická laboratorní medicína. Typy klinických laboratoří. Analyty v medicíně a možnosti laboratorní diagnostiky. Preanalytické vlivy na výsledek laboratorního vyšetření, analytické vlastnosti laboratorní metody. Vlastnosti lab. metody z klinického hlediska. Referenční hodnoty laboratorních vyšetření. Specifika analýzy biologických materiálů. Chemické vlastnosti biologicky aktivních látek. Charakter bioafinitních reakcí. Bioanalytická činidla. Enzymy a enzymová analýza. Enzymy jako analyty i analytická činidla. Imunochemické reakce. Imunoanalýza. Současné imunoanalytické technologie. Imunochemie. Radioizotopové metody. Bioafinitní senzory. Bioselektivní povrchy. Elektrochemické biosenzory. Analýza xenobiotik, základy farmakokinetiky. Separační metody v analýze biologicky aktivních látek. Analýza sacharidů. Analýza lipidů a steroidů. Analýza nukleotidů a NK. Kontrola kvality laboratorních vyšetření.

Termodynamika živých systémů, principy a klasifikace biologických transportů. Vznik a užití chemické, mechanické, elektrické a tepelné energie. Fyzikální principy výměny a transportu látek. Srdeční automatismus, mechanika a energetika. Mikrocirkulace a kapilární výměna. Regulace dýchání a krevního oběhu. Vyšetřování dýchacích a oběhových funkcí. Fyzikální principy tvorby moči, funkční principy buněčné polarizace. Homeostáza objemu a složení elektrolytických oddílů organismu. Vztahy mezi ledvinou, dýchacím a oběhovým systémem. Fyzikální a chemické principy trávicích funkcí. Motilita trávicí trubice (animované modely) a její kontrola enterický nervový systém). Principy nervové A/D a D/A konverze (demonstrace binární povahy akčního potenciálu a jeho šíření). Modelování akčního potenciálu (elektrická, matematická a molekulární reprezentace). Fyzikální principy posturální a pohybové funkce; organizace motorického programu.

**Výchozí předměty:** Základy molekulární a atomové fyziky (17PMPZAF), Vybrané kapitoly z fyziky (17PMPVKF), Základy molekulární biologie (17PMPZMB), Biofyzika (17PMPBF), Biosystém člověka (17PMPBC).

## **OKRUH II. Využití techniky v biologii a medicíně (VTBM):**

Biofotonika, základy interakce světla a látky, aplikace laserů ve fotobiologii a v lékařství, bezpečnost práce s lasery. Optické biosenzory (principy, konstrukce, aplikace). Fototerapie, fotodynamická terapie, cytometrie. Rentgenová tomografie. Manipulace s buňkami pomocí optického záření. Detektory optického záření.

Neinvazivní snímání biosignálů v rámci lékařské diagnostiky. Základní optické parametry zemské atmosféry, optické parametry lidské kůže „in vivo“ a „in vitro“. Biofyzika vnímání světla. Spektrální intenzita záření, vyzařovací zákony, radiometrie, fotometrie, fyziologická optika, lidské oko jako detektor-array a jeho spektrální citlivost. Mechanizmy odrazu optického záření na biologické tkáni. Optika biologické tkáně. Charakterizace rozptylu světla a možnosti jeho měření. Barva tkáně a základy barevné analýzy. Prostup fotonů lidskou tkání, optický model lidské kůže. Biofyzikální a fyziologicko-anatomické základy lidského krevního oběhu. Funkční parametry a neinvazivní možnosti jejich měření. Žilní a arteriální testy v rámci funkční kardiovaskulární diagnostiky. Optická koherenční tomografie (OCT).

Princip šíření světla optickým vláknem (OV), rozdělení, užití a technologie přípravy OV. Definice optického vlákna, odvození základních parametrů v přístupu geometrické optiky. Šíření elektromagnetického záření OV – Maxwellovy rovnice pro válcově symetrické prostředí. Řešení Maxwellových rovnic – vidová struktura, jedno a více vidové optické vlákno, rozdělení výkonu vedené v jádře a obalu optického vlákna. Základní metody měření parametrů optických vláken. OV pro zobrazování a osvětlování, endoskop, optické vláknové sondy. Optické vláknové elementy, kónická a zúžená OV, speciální optická vlákna. Optické vláknové sensory.

Zdroje ionizujícího záření. Interakce ionizujícího záření s látkou. Detektory ionizujícího záření. Rozlišovací schopnost detekčního systému, zdroje chyb, radiační zátěž. Fyzikální principy zobrazovacích metod. Rekonstrukce obrazu pozorovaného objektu. Micro-radiografie a micro-tomografie s pomocí X-záření a neutronů. Nano-radiografie malých biologických objektů s pomocí elektronů a těžkých nabitých částic. Možnosti využití polovodičových polohově citlivých detektorů s vysokým rozlišením pro „in vivo“ zobrazování k diagnostickým účelům a k terapii. Hadronová terapie. Radiační zátěž zobrazovaného objektu a obsluhujícího personálu.

Přehled laserů používaných v medicínských aplikacích. Interakce laserového záření s tkání. Navedení laserového záření do interakčního prostoru. Lasery v oftalmologii. Lasery v dermatologii. Lasery v chirurgii. Lasery v kardiologii a angioplastice. Lasery v zubním lékařství. Lasery v urologii, ORL a ortopedii.

**Výchozí předměty:** Biofotonika (17PMPBFT), Aplikovaná optoelektronika v lékařství (17PMPAOL), Vláknová optika pro biologii a medicínu (17PMPVOB), Zobrazovací metody pomocí ionizujícího záření (17PMPZMI), Aplikace laserů v biomedicíně (17PMPALM).

**OKRUH III. NTB – Nové technologie pro biomedicínu NTB** – Tento okruh se zužuje na základě absolvovaných PV předmětů tak, aby student byl zkoušen pouze z předmětů, které v rámci studia absolvoval.

Optické záření a jeho vlastnosti. Zdroje optického záření. Základní pojmy a principy geometrické, vlnové a kvantové optiky. Zobrazování pomocí jednoduchých a složených optických prvků a soustav. Vady (aberrace) optických prvků a soustav. Základy vlnové optiky. Interference. Difrakce. Polarizace. Keplerův, Gaussův a Newtonův dalekohled. Mikroskop. Numerická apertura.

Typy vazeb v pevných látkách. Struktura pevných látek. Metody určování struktury. Elektrické vlastnosti kovů. Kmity mřížky a tepelné kapacity. Pásová teorie pevných látek. Luminiscence pevných látek. Fyzika polovodičů. Fyzika dielektrik. Fyzika magnetik. Mechanické vlastnosti kovů. Supravodivost. Kapalně krystalové materiály v medicíně.

Otevřený rezonátor. Vlastní módy (podélné a příčné). Stabilita rezonátoru. Relaxační doba rezonátoru. Energetické hladiny kvantové soustavy. Pravděpodobnost kvantového přechodu. Rezonanční kvantové přechody. Absorpce. Emise spontánní a stimulovaná. Inverze populace hladin. Součinitel zisku. Saturace zisku. Laser. Výstupní výkon. Optimální vazba. Selektce příčných a podélných módů.

Přeladování laserů. Dynamika laseru (provoz kontinuální, impulzní). Q-spínání. Synchronizace módů. Generace femtosekundových impulzů. Pevnolátkové lasery (rubínový, Nd: YAG, Ti: safír). Plynové lasery: molekulární, atomové, iontové (CO<sub>2</sub>, He-Ne, Argonový). Excimerové lasery. Chemické lasery. Plazmatické – rentgenové lasery.

Digitální zpracování obrazu vs. počítačové vidění. Objekty v obraze. Digitální obraz. Vzdálenostní transformace. Histogram jasu. Pořízení obrazu z geometrického i radiometrického hlediska. Fourierova transformace ve zpracování obrazu. Odvození vzorkovací věty. Frekvenční filtrace obrazu. Transformace jasu, geometrické transformace, interpolace. Registrace. Zpracování v prostorové oblasti. Konvoluce, korelace. Filtrace šumu. Detekce hran. Lineární a nelineární metody. Matematická morfologie. Kompresce obrazu. Barevné obrazy. Textura. Segmentace objektu v obrazech. Popis objektu v obrazech a jejich rozpoznávání.

Interakce vysokofrekvenčního elektromagnetického pole s hmotou. Biologické účinky EM pole. Hypertermie – princip a technické vybavení. Hypertermické aplikátory. Vlnovodné aplikátory. Aplikátory s evanescentním videm. Aplikátory pro intrakavitární léčbu. Aplikátory pro regionální léčbu. Modelové výpočty. Plánování léčby. Mikrovlnná neinvazivní termometrie. Perspektivní lékařské aplikace mikrovln.

Definice biomateriálů, definice biokompatibility, definice biologických materiálů. Pevné látky – vlastnosti atomů, chemické vazby, skupenství, amorfni a krystalické látky. Klasifikace materiálů aplikovaných v lékařství. Materiály pro náhradu kyčlí. Textilní materiály v lékařství. Hydroxyapatit, uhlík. Materiály ve stomatologii. Etické otázky vývoje nových biomateriálů. Právní aspekty biomateriálů. Biodegradabilní polymerní biomateriály. Biologické biomateriály.

Interakce elektromagnetického záření s molekulami. Kvantový popis molekuly, elektronové, vibrační a rotační hladiny. Přechody molekul mezi energetickými hladinami, výběrová pravidla, dipólový moment přechodu. Absorpce elektromagnetického záření molekulami, Lambert-Beerův zákon. Jablonskiho diagram. Instrumentální vybavení pro optickou spektroskopii, monochromátory, zdroje a detektory světla. Ramanův rozptyl a IR absorpce. Elektronové přechody a absorpce ve viditelné a UV oblasti. Luminiscence, fluorescence, fosforescence. Fluorescenční emisní a excitační spektra. Kvantový výtěžek fluorescence. Doba života fluorescence a metody jejího měření. Polarizace (anizotropie) fluorescence. Statické a dynamické zhášení fluorescence. Försterův rezonanční přenos energie.

Obecné zásady přípravy experimentu. Základní metody pro sledování pohybu. Měření sil v biomechanice. Měření tlaků a jejich rozložení v biomechanice. Analýza mechanických vlastností měkkých tkání (reologie), jednoduché, dvouprvkové a více prvkové reologické modely. Experimentální analýza mechanických vlastností měkkých a tuhých tkání. Nanoindentace. Moderní zobrazovací metody v medicíně a jejich využitelnost v experimentální biomechanice.

**Výchozí předměty:** Optika geometrická a vlnová (17PMPOGV), Pevné látky pro biomedicínu (17PMPPLB), Laserová technika (17PMPLT), Zpracování a analýza obrazu (17PMPZAO), Aplikace mikrovlnného pole v medicíně (17PMPAMP), Biokompatibilní materiály (17PMPBKM), Spektroskopie pro biologii a lékařství (17PMPSBL), Fluorescenční spektroskopie v biologii a lékařství (17PMPFSB), Základy experimentu v biomechanice (17PMPZEB).

V Kladně dne 19. 12. 2016

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.  
děkan fakulty

prof. Ing. Miroslava Vrbová, CSc.  
vedoucí katedry přírodovědných oborů