**SZZ – BAKALÁŘSKÉ STUDIUM – obor BIOFYZIKA**

**specializace Molekulární biofyzika**

**Fyzika (KBF/SZZ1B)**

1. *Kinematika a dynamika hmotného bodu*. Newtonovy pohybové zákony. Práce, energie, zákon zachování mechanické energie. Mechanika soustavy hmotných bodů. Mechanika tuhého tělesa. Všeobecná gravitace.

2. *Mechanika tekutin*. Volné netlumené a tlumené harmonické kmity. Nucené harmonické kmity. Stojaté vlny.

3. *Základní poznatky molekulové fyziky*. Stav soustavy, pravděpodobnost rovnovážného stavu, rovnovážný děj, děje vratné a nevratné. Vnitřní energie soustavy, děje v ideálním plynu, stavová rovnice, měrná a molární tepelná kapacita.

4. *Základní poznatky kinetické teorie plynů*. Základní rovnice pro tlak plynu, vztah mezi teplotou a kinetickou energií soustavy. Maxwellův zákon o rozdělení rychlostí molekul v plynu, rozdělovací funkce, Maxwell-Boltzmanovy statistiky. Termodynamické zákony, pojem entropie. Transport tepla vedením, prouděním a radiací. Základy kinetické teorie kapalin a pevných látek.

5. *Elektrostatické pole ve vakuu a v dielektriku, elektrostatická indukce*. Potenciál elektrostatického pole, nenabitý vodič v elektrostatickém poli. Kapacita vodičů, kondenzátory.

6. *Stacionární elektrické pole*. Rovnice spojitosti elektrického proudu, Kirchhoffovy zákony a jejich užití při řešení elektrických sítí. Ustálený elektrický proud v kovových vodičích, polovodičích, elektrolytech, plynech a ve vakuu.

7. *Stacionární magnetické pole*. Biotův-Savartův-Laplaceův zákon, Lorentzova síla. Síly působící v magnetickém poli na nabitou částici a vodič s proudem.

8. *Nestacionární elektromagnetické pole*. Faradayův zákon elektromagnetické indukce, vlastní a vzájemná indukce. Střídavé proudy, řešení obvodů s ideálními prvky R, L, C. Elektromagnetické kmity a vlny.

9. *Maxwellova teorie nestacionárního elektromagnetického pole*. Aplikace teorie na zvláštní typy polí, pole oscilujícího dipólu a elektromagnetické vlny, šíření vln v neomezených prostředích: bezztrátovém, ztrátovém a elektricky anizotropním, vlny na rozhraní a Kirchhoffova teorie ohybu.

10. *Teorie šíření světla v izotropním dielektriku*. Rozptyl a absorpce světla, fotometrie. Zákony paprskové optiky, jejich projevy a využití.

11. *Elektromagnetická teorie odrazu a lomu světla* a jeho šíření v anizotropním dielektriku. Polarizace světla a optická aktivita látek, koherence a interference světla. Difrakce světla a optická holografie, korpuskulárně-vlnový dualismus světla a látky, kvantové generátory světla (lasery). Základní nelineární optické jevy.

12. *Elektromagnetické záření*. Atomový obal, modely atomu, atomy s více elektrony, zářivé jevy v atomovém obalu, lasery.

13. *Jádro atomu*, složení, vlastnosti, modely. Jaderné procesy a energetika. Dozimetrie. Elementární částice, interakce, zákony zachování.

**Základy experimentálních metod biofyziky (KBF/SZZ2B)**

1. *Klasická světelná mikroskopie*. Teorie optického zobrazení. Konstrukce a konstrukční prvky. Zobrazovací metody (polarizační, fluorescenční, UV a IČ). Fázový, Nomarského a Hoffmanův kontrast. Příprava preparátů. Zásady při mikroskopování.

2. *Moderní světelná mikroskopie*. Konfokální laserová a tandemová mikroskopie, fluorescenční mikroskopie. Mikroskopie blízkého a evanescentního pole. Měření a záznam obrazu, počítačová analýza obrazu.

3. *Teorie struktury ideálního krystalu*. Grupy symetrie. Značení bodů, směrů a rovin v krystalu, omezení četnosti vlastních os otáčení. Bravaisovy elementární buňky. Projekce krystalu. Reálné krystaly, poruchy v krystalech. Kvazikrystaly.

4. *Teorie difrakce rentgenového záření*. Braggova rovnice, reciproká mříž, Laueho podmínky, Ewaldova konstrukce. Intenzita difrakčních maxim, atomový a strukturní faktor. Vyhasínání reflexí. Friedelův zákon. Funkce elektronové hustoty. Řešení problému fáze.

5. *Základní metody rentgenové strukturní analýzy*. Vlastnosti, zdroje a detektory rtg. záření. Debye-Scherrerova metoda, Laueho metoda, metody Weissenbergova, otáčeného krystalu a precesní. Maloúhlový rozptyl.

6. *Základy elektronové mikroskopie*. Elektron jako vlna ve vakuu, interakce elektronu s pevnou látkou. Difrakce elektronů. Stavba elektronového mikroskopu. Elektronová optika. Rozlišovací schopnost a hloubka ostrosti elektronového mikroskopu. Konstrukce a pracovní režimy elektronového mikroskopu, TEM, REM. Analytická elektronová mikroskopie, elektronová mikroanalýza EDS a WDS. Příprava vzorků pro elektronový mikroskop.

7. *Mikroskopie se skenující sondou*. Skenující tunelová mikroskopie. Mikroskopie atomárních sil. Mikroskopie magnetických sil. Mikroskopie elektrostatických sil. Mikroskopie laterálních sil. Skenovací kapacitní mikroskopie. Skenovací teplotní mikroskopie. Skenovací optická mikroskopie v blízkém poli. Příbuzné metody ze skupiny SPM metod.

8. *Absorpční spektroskopie v UV-VIS oblasti*. Kvantově mechanický popis stavů molekul, aproximace. Franck-Condonův princip. Elektronové struktury molekul, typy přechodů. Rychlost absorpce. Barevné komplexy. Izobestické body.

9. *Teorie luminiscence*. Rozdělení luminiscencí a základní zákony. Jablonského schéma excitovaných stavů organických molekul. Základní charakteristiky fluorescence. Intenzita, emisní a excitační spektra, kvantový výtěžek a kinetika dohasínání fluorescence. Metody jejich měření. Fosforescence. Zpožděné typy emisí.

10. *Pokročilé fluorescenční techniky*. Statické a dynamické zhášení fluorescence, Stern-Volmerova rovnice. FRET, FCS a FRAP. Měření s polarizovaným světlem.

11. *Spektrometry pro UV/VIS/NIR absorpční a fluorescenční spektroskopii*. Zdroje světla, jejich spektrální a časové charakteristiky. Detektory světla, princip jejich fungování. Konstrukce absorpčních a fluorescenčních spektrometrů, součásti a geometrické uspořádání. Jednopaprskový a dvoupaprskový režim absorpčních spektrometrů. Dispersní a „diode array“ metody.

12. *Spektroskopie polarizovaného světla*. Teorie, cirkulární dvojlom (optická otáčivost), cirkulární dichroismus (elipticita). Spektra, spektra optické rotační disperze (ORD), spektra cirkulárního dichroismu (CD). Metody, ORD (magnetický), CD (elektronový, vibrační, magnetický), luminiscence polarizovaného světla, rozptyl polarizovaného světla (Ramanova optická aktivita). Experimentální uspořádání, polarizátor, analyzátor. Použití v biologii.

13. *Fotoakustická spektroskopie*. Teorie, šíření tepelných vln, přímý a nepřímý fotoakustický jev. Metody, modulační a pulzní, přímá a nepřímá, fototermální deflekční spektroskopie, time-resolved thermal lensing, fotoakustická mikroskopie. Porovnání absorpční a fotoakustické spektroskopie. Experimentální uspořádání. Použití v biologii.

14. *Spektroskopie založené na rozptylu, ohybu, odrazu a lomu*. Elastický rozptyl, teorie Rayleighova a Mieova rozptylu, elastický rozptyl na malých a velkých molekulách, spektra Rayleighova a Mieova rozptylu, metody (rezonanční a hyper-Rayleighův rozptyl). Kvazielastický rozptyl, teorie a spektra Brillouinova rozptylu (Dopplerův posun). Rozptyl na difúzních vzorcích (nefelometrie a turbidimetrie), experimentální uspořádání. Spektroskopická interferometrie, reflektometrie a refraktometrie. Použití v biologii.

15. *Vibrační absorpční spektroskopie a Ramanova spektroskopie*. Teorie, klasická a kvantová teorie malých vibrací, rozdělení normálních vibrací. Spektra, počet píků (vibrační stupně volnosti) a poloha píků (atomová hmotnost a vazebná energie). Metody, klasická IČ a FTIR. Princip Ramanovy spektroskopie (Stokesův a Anti-Stokesův Ramanův rozptyl, výběrová pravidla), metody (rezonančně a povrchově-zesílený, stimulovaný, koherentní a nelineární Ramanův rozptyl), porovnání IČ a Ramanových spekter. Použití v biologii.

16. *Spektrometry pro vibrační absorpční spektroskopii a Ramanovu spektroskopii*. Disperzní IČ spektrometry, FTIR spektrometry. Klasický Ramanův spektrometr, CARS spektrometr, SERS.

**Základy molekulární biofyziky (KBF/SZZ4B)**

1. *Struktura a funkce nukleových kyselin*. Struktura monomerních složek nukleových kyselin. Primární a sekundární struktura DNA. Stabilita DNA. Kruhová DNA. Neobvyklé struktury. "Svět RNA". Typy RNA a struktura. Katalytická aktivita nukleových kyseliny - ribozymy a deoxyribozymy. Aptamery.

2. *Struktura a funkce bílkovin*. Funkce bílkovin. Složení bílkovin, struktura a vlastnosti aminokyselin, konfigurace peptidické vazby. Primární, sekundární, terciární struktura bílkovin, síly stabilizující strukturu bílkovin, kvarterní struktura. Chaperony, chaperoniny. Metody studia struktury bílkovin.

3. *Struktura a funkce sacharidů*. Sacharidy - funkce sacharidů, typy sacharidů. Monosacharidy - struktura, konformace, optická aktivita. Polysacharidy - konformace glykosidické vazby. Glykoproteiny.

4. *Lipidy*. Složení, vztah mezi fyzikálními vlastnostmi a strukturou. Složené lipidy, steroly.

5. *Molekulární biofyzika buněčných membrán*. Složení a struktura membrán. Integrální, transmembránové a periferní proteiny. Transport přenašečovými proteiny. Endocytóza a exocytóza. Pasivní a aktivní transport. Difúze, osmóza, sodno-draselná pumpa. Iontové kanály. Membránový potenciál.

6. *Uchovávání genetické informace*. Molekulární struktura genů a chromozomů. Replikace DNA. Porovnání replikace u prokaryot a eukaryot. Chyby a opravy DNA.

7. *Transkripce*. Principy kontroly genové exprese u prokaryot a eukaryot. Regulační sekvence, aktivátory a represory. Zpracování eukaryotní mRNA.

8. *Translace*. Struktura ribosomů. Genetický kód a jeho význam. Struktura tRNA. Aktivace aminokyselin. Iniciace translace u prokaryot a eukaryot. Elongace. Terminace. Postranslační modifikace proteinů. Chaperony a chaperoniny.

9. *Základní metodiky molekulární biologie*. Izolace DNA a RNA. Elektroforetická analýza nukleových kyselin. Restrikční enzymy, mapování genomů. Polymerázová řetězcová reakce (PCR) in vitro. Sekvenční analýza DNA, genomové sekvenování. Northern a Southern hybridizace.

10. *Klonovací strategie*. Přenos DNA do bakteriálních a eukaryotních buněk. Příprava rekombinantních proteinů. Cílená mutageneze. Transgenní organismy.

11. *Buňka*. Chemické složení buňky. Struktura buňky (anatomie, morfologie). Buňky prokaryotní a eukaryotní. Buňky rostlinné a živočišné.

12. *Fluorescenční značení biomolekul a buněk*. Fluorescenční značky a sondy. Fluorescenční zobrazení nukleových kyselin a proteinů, lipidů, membránového potenciálu, pH a exprese genů. Zelený fluorescenční protein, jeho deriváty a jejich použití.

13. *Metody studia struktury a hybridizace nukleových kyselin*. Elektroforetické metody. Metody optických spektroskopií. Metody molekulární biologie.

14. *Metody studia struktury a interakcí proteinů*. Rentgenová krystalografie. Vybrané spektroskopické metody pro analýzu sekundární a terciární struktury proteinů. Biochemické metody. Sledování molekulárních interakcí a aktivity enzymů.