

*Státní závěrečná zkouška se skládá ze 2 obecných částí (SZZTX, SZZAX) a jedné části specifické pro zvolenou specializaci (SZZCX, SZZFX, SZZJX).*

**Požadavky ke státní závěrečné zkoušce SLO/SZZTX „Teoretické základy aplikované fyziky“ navazujícího magisterského studia programu Aplikovaná fyzika: (KM2X, FVEX, STI1X, STI2X)**

1. Statistický operátor, Liouvilleova rovnice, matice hustoty, čisté a smíšené stavy. Časový vývoj v kvantové mechanice. Hamiltonián jako generátor časových translací, evoluční operátor. Propagátor volné částice, Greenova funkce. Schrödingerův a Heisenbergův obraz, Diracův obraz.
2. Systémy identických částic. Permutace, spin a statistika, fermiony a bosony. Kovalentní vazba, orto a para vodík. Fockův prostor, druhé kvantování, kreační a anihilační operátory.
3. Jednoduchá teorie rozptylu. Lippmann-Schwingerova rovnice. Amplituda rozptylu, účinný průřez. Bornova řada, Coulombický a Yukawovský potenciál. Optický teorém.
4. Částicový obsah standardního modelu. Základní objevy: elektron, jádro, neutron, pozitron, mion, piony, neutrino. Systematika částic, základní kameny hmoty a jejich interakce. Partony, hluboce nepružný rozptyl. Standardní model jako teorie elektroslabých a silných interakcí.
5. Interakce částic s prostředím (základy). Průchod nabitých částic prostředím v závislosti na energii. Ionizační, radiační ztráty, Čerenkovské záření, přechodové záření, mnohonásobný rozptyl. Elektromagnetické a hadronové spršky.
6. Detektory: Metody detekce částic, vybrané typy detektorů: scintilátory, Čerenkovské detektory, dráhové detektory, kalorimetry. Urychlovače částic: Principy urychlování, používaná zařízení, lineární a kruhové urychlovače, pevný terč a vstříčné svazky, urychlovače podle druhu urychlovaných částic.
7. Vymezení signálů, teorie signálů a přenosových soustav. Fourierova analýza determinovaných signálů a impulsů a její praktické provádění. Laplaceova a Hilbertova transformace. Korelace determinovaných signálů.
8. Vlastnosti lineárních a nelineárních přenosových soustav. Charakteristické funkce a veličiny náhodných procesů a jejich realizací. Výkonová spektra náhodných procesů a jejich realizací. Přenos náhodného signálu lineární soustavou.
9. Vliv šumu na signál. Číslíkové signály a jejich přenos. Číslíkové přenosové soustavy, jejich chybovost a modelování.
10. Základní znaky a druhy analogových modulací signálů. Amplitudové modulace a vliv šumu na amplitudově modulovaný signál. Úhlové modulace a vliv šumu na úhlově modulovaný signál. Vzorkování a impulsové modulace signálů. Kvantování a číslíkové modulace signálů. Mnohocestné signály.
11. Vymezení a základní pojmy teorie informace. Informace a její kvantitativní míry. Základní druhy a vlastnosti informační entropie. Střední vzájemná informace a její vlastnosti. Kódování a redundance informace. Přenos informace diskretním a spojitým kanálem.

## Požadavky ke státní závěrečné zkoušce SLO/SZZAX „Aplikovaná fyzika“ navazujícího magisterského studia programu Aplikovaná fyzika: (FPLX, FPOV, DES, PPO1X, AFX, MSPL)

1. Prostorové uspořádání krystalu, krystalová mřížka, primitivní buňka. Difrakce na krystalu, reciproká mřížka, Braggův zákon rozptylu, Brillouinova zóna. Krystalová vazba, iontové, kovalentní, kovové krystaly, krystaly inertních plynů. Kmity mřížky, akustické, optické fonony, disperzní závislosti, tepelné vlastnosti.
2. Kovy, Fermiho plyn volných elektronů, tepelné a elektrické vlastnosti. Energetické pásy, Blochův teorém, Blochovy funkce, ústřední rovnice. Polovodiče, disperzní závislosti reálných materiálů (Si, Ge, GaAs). Fermiho plochy v kovech, přiblížení téměř volných elektronů, metoda těsné vazby.
3. Kvazičástice, plazmony, polaritony, excitony. Supravodivost, elektrické a magnetické vlastnosti.
4. RTG prášková difrakce, elektronová a neutronová difrakce. Základní principy (Braggův zákon), instrumentace a příprava vzorků pro RTG práškovou difrakci, specifika měření nanokrystalických materiálů, měření velikosti částic pomocí nízkohúhlového rozptylu RTG záření (SAXS). RTG fluorescenční spektroskopie (XRF): základní principy (Moseleyův zákon, Rayleighův a Comptonův rozptyl, saturační hloubka a sekundární fluorescence), instrumentace a příprava vzorků, konstrukční typy XRF spektrometrů, elektronová mikroanalýza. Fotoelektronové spektroskopie (UPS, XPS/ESCA), spektroskopie Augerových elektronů, RTG absorpční spektroskopie (XAS - EXAFS, XANES).
5. Mössbauerova spektroskopie. Mössbauerův jev, interpretace spekter. Mössbauerova spektroskopie s registrací konverzních elektronů (CEMS) a konverzního rentgenového záření (CXMS), nízkoteplotní Mössbauerova spektroskopie a spektroskopie ve vnějším magnetickém poli. Magnetometrická měření. Magnetometr založený na supravodivém kvantovém interferenčním jevu (SQUID): základní principy, instrumentace a příprava vzorků, parametry hysteretzní smyčky, magnetické vlastnosti látek - specifika v případě nanomateriálů. Vibrační magnetometr (VSM). Nukleární magnetická rezonance. Jaderný magnetický moment. Magnetický moment v magnetickém poli: klasický přístup, kvantový přístup. Volná precese. Spinové a stimulované echo. CW a pulsní spektrometry. NMR spektra. Použití NMR ke studiu struktury pevných látek. Zobrazování metodou magnetické rezonance (MRI), kontrastní látky (SPIO).
6. Termická analýza. Termogravimetrická analýza, diferenční termická analýza, diferenční skenovací kalorimetrie; základní principy, instrumentace a příprava vzorků, měřené parametry. Analýza uvolněných (odchodích) plynů (hmotnostní spektroskopie, infračervená spektroskopie). Měření specifického povrchu pórovitých a práškových materiálů metodou BET. Základní principy, instrumentace a příprava vzorků pro měření specifické plochy povrchu, Langmuirova izoterma, měření porézních materiálů, fyzisorpce, chemisorpce, teplotně programovatelná oxidace/redukce.
7. Dynamický rozptyl světla. Základní principy rozptylu světla, instrumentace a příprava vzorků pro měření velikosti částic pomocí dynamického rozptylu světla, metody vyhodnocení. Stokesův zákon. Zeta potenciál a jeho závislost na pH, elektrokinetické jevy, izoelektrický bod, elektrická dvojrůvna. Vibrační spektroskopie. Úvod, základy vibračních spektroskopií. Infračervená a Ramanova spektroskopie - základy, instrumentace, spektroskopie s povrchově zesíleným Ramanovým rozptylem (SERS), UV-Vis absorpční spektroskopie a luminiscence.
8. Ideální a reálný povrch pevné látky. Krystalická struktura, čistota, získávání atomárně čistých povrchů, adsorpce, desorpce, elektronová struktura povrchů, typy vazeb, elektronegativita. Výstupní práce. Termoelektronová a termoiontová emise, povrchová ionizace. Dopad elektromagnetického záření. Fotoelektronová emise, základy fotoemisní spektroskopie. Dopad elektron. Sekundární elektron-elektronová emise, elektronově indukovaná desorpce, pružný odraz a difrakce elektronů, nepružná interakce elektronů s povrchem, základy elektronové spektroskopie. Vibrační excitace na povrchu pevné látky.
9. Metody studia povrchů pevných látek. Mikroskopie (AFM, STM, UHV STM), rentgenová fotoelektronová spektroskopie (XPS), Mössbauerova spektroskopie konverzních elektronů, BET fyzisorpce, chemisorpce, difrakce nízkenergetických elektronů (LEED), povrchová RTG difrakce (SXR), hmotnostní spektroskopie sekundárních částic (SIMS).
10. Základy radiometrie a fotometrie. Vnitřní a vnější fotoelektrický jev. Obecné vlastnosti detektorů světla, kvantová účinnost, šum, šířka pásma.
11. Fotodiody PIN a lavinové, režimy činnosti. Rychlé PIN detektory. Homodynní detektor. Fotonásobiče. Lavinové fotodiody. Detekce jednotlivých fotonů. - Vědecké CCD kamery. Intenzifikované CCD kamery a EMCCD kamery.

12. Teorie koherence (Komplexní reprezentace reálných polí. Základní představy o časové a prostorové koherenci. Van Cittertova – Zernikeova věta a Wienerova – Chinčínova věta. Korelační funkce. Křížově spektrálně čistá pole. Syntéza korelační funkce. Interferometrie v bílém světle a profilometrie s prostorovou koherencí. Koherenční jevy čtvrtého řádu. Hanbury Brownův – Twissův jev.)
13. Holografie (Youngův pokus. Záznam a rekonstrukce vlnového pole. Záznamové materiály. Vlastnosti a třídění hologramů. Zobrazovací vlastnosti plošného hologramu. Objemový hologram. Holografická interferometrie. Vyhodnocení holografických interferogramů. Holografie časově proměnných jevů. Aplikace holografie. Nekoherentní korelační holografie, počítačová (digitální) holografie.)
14. Koherenční zrnitost (Posuv a dekorelace pole koherenční zrnitosti. Statistické vlastnosti koherenční zrnitosti, teoretický model. Aplikační potenciál koherenční zrnitosti. Redukce/potlačení koherenční zrnitosti. Vymezení pojmů plně a částečně vyvinuté pole koherenční zrnitosti. Gaussovská a negaussovská koherenční zrnitost. Fraktálová koherenční zrnitost.)
15. Kvantování elektromagnetického pole, Hamiltonián harmonického oscilátoru a jeho analýza, komutační relace, Heisenbergův princip neurčitosti.
16. Glauberova-Sudarshanova reprezentace statistického operátoru světla a definice neklasičnosti světla. Teorie detekce optických polí, fotonpulzní statistiky. Kvantová teorie koherence. Různé druhy neklasického světla a jejich vlastnosti (stlačené světlo, sub-Poissonovské světlo, anti-shlukované světlo). Jejich využití v ultrapřesné metrologii.
17. Jednoduchý popis nelineárních procesů na kvantové úrovni s využitím efektivních nelineárních interakčních Hamiltoniánů. Optické parametrické procesy, Ramanův a Brillouinův rozptyl, Kerrův jev. Nelineární fotonické struktury a jejich využití v nelineární kvantové optice.
18. Interakce atomů s optickými poli. Blochovy rovnice a jejich řešení, Rabiho oscilace. Koherentní přechodové jevy (fotonové echo, dozívání volné polarizace, samoindukovaná transparence, superradiance). Jaynesův-Cummingsův model. Spontánní emise.

**Požadavky ke státní závěrečné zkoušce SLO/SZZJX „Experimentální částicová fyzika a astrofyzika“ navazujícího magisterského studia programu Aplikovaná fyzika: (UMECX, EMCFX, KZDTX, EXKO, DIZX, SFVE, FUSZ, JAS, PMVE)**

1. Standardní model elektroslabých interakcí – objevy základních částic, beta rozpad neutronu; Fermiho teorie; kvark c, Cabibboův úhel; CKM matice, kvark b, Feynman-Gell-Mannova teorie; nabitý vektorový boson; Glashow-Salam-Weinbergův model; neutrální proudy, objev top kvarku a Higgsova bosonu, možná rozšíření standardního modelu. Oscilace neutrálních mezonů, oscilace neutrin.
2. Partonový model a QCD – podivné a půvabné částice, grupy a multiplety částic; model konstituentních kvarků; mezony a baryony; barva; struktura protonu, partonový model; distribuční funkce; fragmentační funkce; kvantová chromodynamika; běžící vazbová konstanta; asymptotická volnost.
3. Experimentální metody částicové fyziky: experimenty s pevným terčem, vstříčné svazky, typy svazků, urychlovač LHC a experiment ATLAS. Identifikace a kalibrace fyzikálních objektů v moderních detektorech, detekce neutrin a kosmického záření. Proces měření a simulace. Separace signálu a pozadí. Detekce temné hmoty.
4. Kosmické záření, jeho zdroje, mechanismy šíření a detektory – urychlovací mechanismy kosmického záření, šíření kosmického záření vesmírem, primární kosmické záření, nabitě záření, neutrinová astronomie - solární, atmosférická a neutrina ze supernov, astronomie záření gama a rentgenovská astronomie, sekundární kosmické záření, atmosférická sprška, detektory kosmického záření - čerenkovské a fluorescenční teleskopy, detekční zařízení ve vesmíru.
5. Kosmologie – vznik a raný vývoj vesmíru, inflace a její důsledky, temná hmota a temná energie, reliktní záření, jeho měření a jeho kosmologický význam, Hubbleův zákon a expanze vesmíru, stáří vesmíru, modely vesmíru – Friedmannovy modely, model shody, gravitační čočky a jejich kosmologický význam, metody určování kosmologických vzdáleností, současné výsledky a jejich význam, struktura vesmíru na velkých škálách, její vývoj a kosmologický význam.
6. Detektory ionizujícího záření ve fyzice částic – základní mechanismy ztrát energie nabitých částic v prostředí - elektrony, miony a hadrony; principy detekce gamma a rentgenového záření; rozdělení typů kalorimetrů a jejich výhody a nevýhody; druhy dráhových detektorů a jejich historický vývoj; typické geometrie a detekční techniky velkých částicových experimentů; detekce neutrin.
7. Statistika ve fyzice vysokých energií – hustota pravděpodobnosti náhodné proměnné; Monte Carlo metody; princip maximální věrohodnosti, odhad parametrů; statistické testy, kovarianční matice; stanovení limitů, multivarietní techniky, oddělení signálu a pozadí.
8. Fyzika urychlovačů a synchrotronové záření – vývoj a typy urychlovačů; synchrotronové záření; lineární optika synchrotronu; zdroje svazku – injecktáž; principy urychlovacího systému.
9. Jaderná astrofyzika – vývoj Vesmíru: éra záření a hmoty, reliktní záření, temná hmota a temná energie, primární syntéza jader, tvorba těžkých prvků; jaderné procesy ve hvězdách: sebe-gravitující objekty, jaderná syntéza ve hvězdách, sluneční neutrina a neutrina ze supernov, oscilace neutrin; experimentální výsledky: detekce kosmických fotonů a neutrin, přehled významných experimentů.
10. Počítačové metody fyziky vysokých energií – experimenty ve fyzice vysokých energií; náhodná čísla a jejich posloupnosti generátory náhodných čísel, transformace náhodných čísel; metody Monte Carlo, datové modely; nástroj Geant4; práce s programem ROOT – základy a využití v praxi.

**Témata ke státní závěrečné zkoušce SZZFX „Fotonika a její aplikace“  
navazujícího magisterského studia programu Aplikovaná fyzika: (OVPLX,  
EXLNO, ZSFX, PPO2X, KNFX, OVSX, ZKIX)**

1. Optické konstanty, popis interakce světla s látkou, Maxwellovy rovnice. Dělení materiálu podle optických parametrů. Vztahy mezi optickými veličinami, index lomu, permitivita, vodivost, susceptibilita. Materiálové vztahy, Kramersovy - Kronigovy disperzní relace.
2. Anizotropie, zavedení tenzorových veličin. Šíření světla v anizotropním prostředí, lineární a cirkulární anizotropie. Řešení standardních úloh, jednoosé a dvouosé materiály. Lineární a cirkulární dichroismus. Napětím indukovaná nebo modifikovaná anizotropie (elektrické pole, magnetické pole, napětí).
3. Mezipásové optické přechody, Fermiho zlaté pravidlo. Absorpční pásy, popis absorpčních pásů, kritické body. Příspěvek fononu, experimentální absorpční pásy, vliv excitonu. Mřížková reflexe, modely popisu. Popis interakce světla s látkou v jednotlivých spektrálních oblastech.
4. Lasery a laserové diody, principy a režimy činnosti. Laser v kontinuálním režimu. Q-spinání. Synchronizace módů. Ultrakrátké impulsy. Měření výkonu a energie. Diagnostika ultrakrátkých impulsů. Základy spektrometrie.
5. Elektrooptické a akustooptické jevy. Lineární (Pockelsův jev) a kvadratický (Kerrův jev). Braggův zákon pro difrakci, režimy difrakce, difrakční řády, účinnost prvku. Amplitudová a fázová modulace světla. Prostorová modulace. Diagnostika a tvarování ultrakrátkých optických impulsů.
6. Speciální zdroje fotonů pro fotoniku. Zeslabené laserové impulsy. Zdroje korelovaných fotonů. Zdroje fotonů s ohlášením. Molekulární zdroje. Defekty v nanokrystalech. Kvantové jámy a kvantové tečky. Atomy nebo ionty v pastech. Srovnání jednofotonových zdrojů.
7. Zobrazování nanobjektů, konfokální mikroskopie, mikroskopie v blízkém poli.
8. Optická metrologie na bázi koherenční zrnitosti. Fotografie na bázi koherenční zrnitosti. Metoda korelace polí koherenční zrnitosti. Interferometrie na bázi koherenční zrnitosti. Techniky analýzy korelogramů a interferogramů.
9. Optické měřicí metody v experimentální praxi. Fotoelasticimetrie. Stereofotogrammetrie. Digitální korelace obrazů. Moderní metody vizualizace proudění v kapalinách a plynech.
10. Kvantové nelineární jevy jako zdroje neklasického světla. Popis nelineárních procesů pomocí efektivních Hamiltoniánů. Heisenbergovy pohybové rovnice a jejich operátorová řešení. Popis statistických vlastností kvantových polí. Neklasické jevy v optických polích, jejich identifikace a kvantifikace.
11. Nelineární jevy druhého řádu: Generace druhé harmonické a subharmonické frekvence, frekvenční konverze nahoru a dolů, parametrické zesílení, parametrické oscilace v rezonátoru.
12. Nelineární jevy třetího řádu: Kerrův jev, samofokusace, generace solitonů. Čtyřvlnové směšování a zpětné rozptyly, fázová konjugace.
13. Využití moderních fotonických struktur pro zesílení a modulování nelineární interakce (vlnovody, tenké vrstvy, fotonické krystaly). Kvázifázové sladění nelineárních interakcí. Kvantový popis generace fotonových párů v procesu spontánní sestupné frekvenční konverze, vlastnosti kvantově korelovaných fotonových párů.
14. Kvantově provázané stavy, míry kvantové provázanosti, Bellovy nerovnosti. Příprava kvantových stavů. Kvantové počítače - základní koncepty, kvantové obvody, kvantové žíhání. Kvantová Fourierova transformace, Shorův algoritmus. Kvantové vyhledávací algoritmy.
15. Fyzikální implementace kvantových počítačů. Kvantové komunikace – kvantová teleportace, kvantové klonování. Kvantová kryptografie. Kvantový šum a informace, Dekoherece. Kvantová oprava chyb.

## **Požadavky ke státní závěrečné zkoušce SLO/SZZJX „Jaderná spektroskopie“ navazujícího magisterského studia programu Aplikovaná fyzika: (ANAMX, VSAM, ACAI, MBSX, REF, FUSZ, DLPJZ)**

1. Základní charakteristiky výstupního signálu z detektorů při registraci záření a částic: teoretický impulz, simulace reálných signálů, vliv šumu, amplitudová, časová a tvarová analýza impulzů, potlačení a korekce překryvu impulzů.
2. Principy registrace nabitých a neutrálních částic: Interakce záření a částic s hmotou, Bethe-Blochova formule, ionizační a brzdné ztráty, radiační délka, Molierův poloměr, jaderná interakční délka.
3. Statistický charakter měření: binomické rozdělení, Gaussovo rozdělení, Poissonovo rozdělení, charakteristiky rozdělení.
4. Základní principy rozptylových experimentů, jejich klasifikace, teoretický popis. Rozptyl v energetické a časové doméně. Příklady rozptylových experimentů (NMR, Mössbauerova spektroskopie, rentgenová difrakce, neelastický rozptyl).
5. Koincidenční a antikoincidenční měřicí systémy: určení doby příletu fotonu/částice do detektoru, měření doby života excitovaných jader a poločasu rozpadu radioaktivních látek.
6. Mössbauerova spektroskopie: Mössbauerův jev, hyperjemné interakce, typy mössbauerovských měření.
7. Spektroskopie záření gama: interakce záření gama s látkou, spektrum záření gama a jeho měření, využití spektroskopie záření gama.
8. Spektroskopie elektronů a pozitronů: interakce lehkých nabitých částic s látkou, spektrum záření beta, využití spektroskopie záření beta.
9. Spektroskopie záření alfa a těžkých částic: interakce těžkých nabitých částic s hmotou, využití spektroskopie těžkých částic.
10. Spektroskopie neutronů: interakce neutronů s hmotou, detektory neutronů, využití neutronů a spektroskopie neutronů.
11. Neutrina: interakce neutrin s látkou, detekce neutrin.
12. Dozimetrie: dozimetrické jednotky, biologické účinky ionizujícího záření, radiační ochrana.
13. Synchrotronové záření a jeho využití, fyzika urychlovačů.
14. Nukleární magnetická rezonance a její využití.
15. Měřicí aplikace a moduly analogové a digitální zpracování signálů (předzesilovače, zesilovače, filtry, tvarovače) a analýzu dat, systémy pro paralelní a deterministické provádění úloh.
16. Techniky synchronizace a řízeného spouštění procesů měření a generování signálů (typy analogových a digitálních spouštěcích signálů), manipulace s daty (analýza, ukládání), stavový automat, pán-sluha, správa událostí, identifikace a minimalizace mrtvé doby spektrometrického systému.
17. Atomové a jaderné analytické metody: XRF, PIXE, XPS, neutronová aktivační analýza, hmotnostní spektroskopie.