

Pro magisterský studijní program **FYZIKÁLNÍ ELEKTRONIKA SZZ** zahrnují ústní zkoušku ze tří předmětů.

### **Povinný předmět**

Elektrodynamika

### **Volitelný předmět 1**

1a) Optika a kvantová elektronika

1b) Počítačová fyzika

### **Volitelný předmět 2**

2a) Laserová fyzika a technika

2b) Fotonika

2c) Numerické metody v aplikované fyzice

2d) Fyzika laserového plazmatu a inerciální fúze

Tematické okruhy otázek pro povinný předmět  
**Elektrodynamika**

**Obsah tohoto předmětu státních závěrečných zkoušek je dán povinnými předměty studijního programu:**

12ELDY1 Elektrodynamika 1, 12ELDY2 Elektrodynamika 2

1. Elektromagnetické pole v homogenním prostředí. Makroskopické Maxwellovy rovnice, Gaussova a Stokesova věta.
2. Rovinné elektromagnetické vlny v homogenním izotropním prostředí, komplexní vlnový vektor – uniformní a neuniformní vlny. Válcové elektromagnetické vlny, Besselovy funkce.
3. Kulové vlny, elektromagnetické vlny ve sférických souřadnicích, Laplaceova a Helmholtzova rovnice, vyzařování elektromagnetického pole, retardované potenciály.
4. Vyzařování časově harmonického elementárního elektrického a magnetického dipólu, multipólový rozklad vzdáleného pole, dipólový a kvadrupólový moment.
5. Šíření elektromagnetického záření ve vlnovodech s dokonale vodivými stěnami, vlnovod s kruhovým a obdélníkovým průřezem, vlnonovodný TE a TM mód, vlastnosti a ortogonalita módů, přenos energie a útlum vlnovodu.
6. Teorém reciprocity v elektromagnetickém poli, impedanční, admitanční a rozptylové matice. Dutinové rezonátory.
7. Parabolická rovnice, Fresnelova difrakce a gaussovské svazky. Diagram stability, vlastní módy rezonátoru, nestabilní rezonátory.
8. Šíření optického záření v dielektrických vlnovodech, módy planárního vlnovodu. Vedené, zářivé a evanescentní módy. Typy a charakteristiky optických vláken.
9. Jednomódové vlákno se skokovým profilem. LP přiblížení, hybridní módy, disperze v optických vláknech, kompenzace disperze, solitony ve vláknech.
10. Fotonické krystaly, mikrostrukturální vlákna, optická vlákna na bázi fotonických krystalů.

Tematické okruhy otázek pro volitelný předmět 1a

## Optika a kvantová elektronika

**Obsah tohoto předmětu státních závěrečných zkoušek je dán povinnými předměty studijního programu:**

12FOPT1 Fyzikální optika 1, 12NOP Nelineární optika, 12KVEN Kvantová elektronika

1. Základní pojmy a charakteristiky optické vlny, elementární elektrický dipól. Vlnová a Helmholtzova rovnice pro optická prostředí, paraxiální aproximace, Gaussovy svazky.
2. Okrajová podmínka pro přechod světla mezi dvěma homogenními prostředími, Snellovy zákony a Fresnelovy vzorce, Stokesovy vztahy reciprocity. Izotropní a anizotropní prostředí.
3. Statistika světla v optice, prostorová a časová koherence, dvouvlnová a vícevlnová interference světla, interferometry.
4. Skalární teorie difrakce, přístup fourierovské optiky, Fresnelova a Fraunhoferova difrakce, příklady, analytické a numerické metody výpočtu. Optické difrakční mřížky, tenká a objemová mřížka, holografie.
5. Nelineární susceptibilita, nelineární vlnová a Helmholtzova rovnice vázaných vln, mikroskopický a makroskopický pohled na nelinearity, parametrický a neparametrický proces, Millerovy relace.
6. Nelinearity 2 a 3. řádu - zákony zachování energie a hybnosti, fázové přizpůsobení vln. Manleyovy – Roweovy vztahy. Třívlnové a čtyřvlnové procesy.
7. Nelinearitami indukované změny indexu – Pockelsovy a Kerrovy jevy, elektrooptický jev a jeho aplikace, Ramanův a Brillouinův nelineární rozptyl, fotorefraktivní jev, optická fázová konjugace, nelineární absorpce, optická bistabilita.
8. Diracův formalismus kvantové teorie, statistický operátor, optické Blochovy rovnice, dynamický vývoj kvantové soustavy, Schrödingerův, Heisenbergův a Diracův formalismus popisu vývoje.
9. Stacionární a nestacionární poruchová teorie, poloklasická teorie interakce elektromagnetického záření s kvantovou soustavou, absorpce a stimulovaná emise, Einsteinovy koeficienty.
10. Kvantování elektromagnetického pole, základy kvantové elektrodynamiky, Casimirův efekt, Planckův vyzařovací zákon, Fockovy a koherentní stavy, kvantový popis optického záření, kvazidistribuční funkce.

Tematické okruhy otázek pro volitelný předmět 1b

## Počítačová fyzika

**Obsah tohoto předmětu státních závěrečných zkoušek je dán povinnými předměty studijního programu:**

12FP1 Počítačová fyzika 1, 12FP2 Počítačová fyzika 2

1. Programovací jazyky pro vědecké počítání, nástroje pro překlad, ladění a detekci chyb, paralelizace, superpočítače
2. Metody umělé inteligence v počítačové fyzice, expertní systémy, genetické algoritmy, neuronové sítě
3. Komplexní systémy, chaos, aplikace ve fyzice
4. Molekulární dynamika, potenciály a integrace pohybových rovnic
5. Metoda Monte Carlo, Metropolisův algoritmus, transport částic
6. Řešení transportu nabitých částic v plazmatu částicovou metodou Particle in Cell, stabilita a použitelnost metody, interpolace veličin na výpočetní síť
7. Metody řešení Maxwellových rovnic, metoda konečných diferencí v časové oblasti
8. Počítačová dynamika stlačitelných tekutin, zákony zachování, Eulerovy rovnice, Eulerovské numerické metody
9. Lagrangeovské a ALE metody, vyhlazování sítí, konzervativní interpolace
10. Základní modely fyzikálních jevů v hydrodynamických kódech, absorpce laseru, vedení tepla, stavové rovnice.

Tematické okruhy otázek pro volitelný předmět 2a

## Laserová fyzika a technika

**Obsah tohoto předmětu státních závěrečných zkoušek je dán povinnými předměty studijního programu:**

12FLA Fyzika laserů, 12OREZ Otevřené rezonátory, 12UKP Generace ultrakrátkých impulsů, 12PDBL Pevnolátkové, diodové a barvivoové lasery

1. Principy laserů – základy interakce záření s látkou, Einsteinovy koeficienty, stimulovaná emise, inverze populace hladin, zesilování záření, prahová podmínka laseru, rychlostní rovnice
2. Typy laserů podle aktivního prostředí a aplikace laserů
3. Otevřené rezonátory, spektrum laserového záření, módy podélné a příčné, Gaussovský svazek, diagram stability, rezonátory stabilní a nestabilní
4. Laserový oscilátor, režimy generace – volně běžící režim, Q-spínání, synchronizace módů
5. Laserový zesilovač, saturace zesílení, distorze zesilovaného signálu, typy a systémy laserových zesilovačů
6. Formy popisu světla, charakteristiky elektromagnetického pole a světelné vlny (amplituda, fáze, energie, intenzita světla, disperze světla, barva, polarizace). Vliv materiálu - lineární a nelineární chování světla, izotropní a anizotropní prostředí. Rovinné vlny - komplexní index lomu, vlnový vektor, charakteristická admitance vlny, disperze světla.
7. Světlo při průchodu dvou homogenních prostředí - Snellovy zákony, Fresnelovy vzorce, totální odraz, Brewsterův úhel a jejich aplikace. Světelné svazky – Gaussův svazek, šíření a divergence.
8. Jevy optické interference a difrakce, statistické optické jevy a podmínky pro interferenci, skalární teorie difrakce, Fresnelovo a Fraunhoferovo přiblížení, holografická metoda záznamu a rekonstrukce vlnoplochy.
9. Základy geometrické optiky, zobrazovací rovnice, paraxiální optická soustava, optická mohutnost optického systému, základní optické přístroje.
10. Generace nových vlnových délek pomocí up-konverze a nelineárních jevů – generace 2. harmonické, Ramanova jevu. Barvivoové lasery - oscilátory a zesilovače, diodové lasery.

## Tematické okruhy otázek pro volitelný předmět 2b

**Fotonika**

**Obsah tohoto předmětu státních závěrečných zkoušek je dán povinnými, resp. povinně volitelnými předměty studijního programu:**

12SOP Statistická optika, 12KOP Kvantová optika, 12OZS Optické zpracování signálů, 12NF Nanofyzika

1. Skalární teorie optické koherence v časové a spektrální doméně, korelační funkce, časová a prostorová koherence, Michelsonova interferometrie a Youngův pokus, koherenční doba a plocha, Wienerova-Chinčinova věta.
2. Dynamika korelačních funkcí – Wolfovy rovnice, Van Cittert-Zernikeův teorém a jeho aplikace, kvazihomogenní Schellovy zdroje, teorém reciprocity.
3. Vektorová teorie koherence, obecné korelační tenzory, statistická teorie polarizace, polarizační matice, Stokesovy parametry, sjednocená teorie polarizace a koherence. Teorie koherence vyšších řádů
4. Fourierova a nefourierovské transformace v optice, vzorkování signálů a Shannonův teorém, lineární optické systémy, impulzní odezva a přenosová funkce, rozlišovací limit, superrozlišení.
5. Fotonické struktury pro manipulaci s optickým signálem, záznam a modulace optické informace, optické modulátory, analogové, diskrétní a logické zpracování optické informace, optické korelátory a přizpůsobené filtry,
6. Kvantový popis nanostruktur, Bornova-Oppenheimerova a Hartreeho-Fockova aproximace, Blochův teorém, pásová energetická struktura, metody popisu pevných látek a nanostruktur, lineární a nelineární optické vlastnosti, (vícenásobné) kvantové jámy, kvantové jámy, supermřížky, kvantové dráty a kvantové tečky.
7. Plazmonika – šířivý a lokalizovaný povrchový plazmon, disperzní modely, heterostrukтуры IMI a MIM. Přírodní a syntetické fotonické krystaly, fotonická pásová struktura, metamateriály, metapovrchy.
8. Kvantování elektromagnetického pole, poloklasická a plně kvantová teorie interakce, Einsteinovy koeficienty, kvantová teorie rozptylu. Thompsonův, Rayleighův a Ramanův rozptyl, rezonanční fluorescence.
9. Kvantový popis optického záření, kvazidistribuční a charakteristické funkce, optický teorém ekvivalence, stavy kvantovaného optického pole, kvantová teorie detekce a koherence, fotodetekční rovnice.
10. Wienerovo-Weiskopfova kvantová teorie tlumení, Heisenbergův-Langevinův tlumený oscilátor v rezervoáru, Langevinovy síly, teorém ekvivalence fluktuace a disipace. Neklasické měřicí metody, aplikace kvantové optiky - kvantová kryptografie, teleportace, kvantové zpracování informace.

Tematické okruhy otázek pro volitelný předmět 2c  
**Numerické metody v aplikované fyzice**

**Obsah tohoto předmětu státních závěrečných zkoušek je dán povinnými předměty studijního programu:**

12DRP Diferenciální rovnice na počítači, 01MKP Metoda konečných prvků, 12RNA Robustní numerické algoritmy

1. Výpočty s konečnou přesností - typy a hromadění / interakce chyb, zpřesňování výsledků, stabilita, návrh stabilního algoritmu, reprezentace čísel v počítači.
2. Numerické metody řešení systémů lineárních rovnic, metody přímé a iterační.
3. Numerická integrace, kvadratury.
4. Numerické řešení obyčejných diferenciálních rovnic s počáteční podmínkou, Runge-Kuttovy metody, stabilita řešení.
5. Metoda konečných diferencí, metoda konečných prvků, Galerkinova metoda.
6. Hyperbolické parciální diferenciální rovnice (PDR), charakteristiky, systém, Courant-Friedrichs-Lewyho podmínka.
7. Konvergence, konzistence, stabilita, podmíněnost PDR, Lax-Richtmyerova věta, stabilita diferenčních schemat, Fourierova metoda, modifikovaná rovnice, numerická difuze, disperze.
8. Parabolické rovnice, podmíněnost, diferenční schemata pro řešení rovnice vedení tepla.
9. Eliptické rovnice, Laplaceova a Poissonova rovnice, podmínka integrability, okrajové podmínky, princip maxima, slabé řešení okrajové úlohy pro eliptickou PDR.
10. Zákony zachování, typy vln, slabé řešení, integrální a diferenciální tvar, diferenční schemata pro zákony zachování, konzervativita, Riemannův problém, Rankine-Hugoniotova podmínka, rovnice mělké vody, Eulerovy rovnice.

Tematické okruhy otázek pro volitelný předmět 2d  
**Fyzika laserového plazmatu a inerciální fúze**

**Obsah tohoto předmětu státních závěrečných zkoušek je dán povinnými předměty studijního programu:**

12ZFPL Základy fyziky laserového plazmatu, 12FIF Fyzika inerciální fúze

1. Jaderná syntéza: paliva a palivové cykly pro fúzi, podmínky pro zapálení a vysoký zisk energie, inerciální udržení, ideální zápalná teplota, výkonová bilance a vliv optické tloušťky.
2. Hydrodynamika: Eulerovy a Lagrangeovy rovnice, rázové vlny, rázová adiabata, rázová vlna v ideálním plynu, slabé a silné rázové vlny, hydrodynamické nestability na rozhraní.
3. Absorpce energie: srážková absorpce laserového záření, generace a vliv horkých elektronů, parametrické nestability, absorpce energie iontových svazků, porovnání s laserovou absorpcí.
4. Transport energie: elektronová tepelná vodivost, radiační transport, lokální termodynamická rovnováha, difúzní aproximace, typy tepelných vln, model sférické rakety.
5. Koncepty fúze: přímá a nepřímá fúze, izobarická a izochorická konfigurace paliva, zapálení horkými elektrony "Fast ignition" a rázovou vlnou "Shock ignition", lasery pro inerciální fúzi.
6. Základní pojmy a přístupy popisu ve fyzice laserového plazmatu: srážky mezi nabitými částicemi, elektrický potenciál nabitě částice, kinetický, částicový a fluidní popis.
7. Ionizace atomů a pohyb elektronu v poli laserové vlny: způsoby ionizace, jevy v důsledku ionizace, pohyb elektronu v poli lineárně a kruhově polarizované laserové vlny.
8. Šíření laserového pulzu v plazmatu a bezsrážková absorpce: kritická hustota, elektromagnetická vlna v plazmatu, generace rychlých elektronů a jejich transport.
9. Relativistický režim interakce laseru s plazmatem: relativistická ponderomotorická síla, relativistická transparentnost plazmatu, self-fokuzace laserového svazku, síla radiační reakce.
10. Aplikace interakce velmi krátkých laserových svazků s hmotou: generace harmonických frekvencí, vysokoenergetických fotonů a urychlování nabitých částic a jejich aplikace.