ČVUT FJFI KLFF

Požadované znalosti pro přijímací zkoušku na PGS

Požadované znalosti pro přijímací zkoušku na PGS jsou obsažené ve vybraných přednáškách pro magisterské studium na FJFI. Tyto znalosti jsou požadované u státních závěrečných zkoušek magisterského studia. Názvy předmětů a jejich označení dle zaměření jsou v seznamu níže:

**ELEKTRODYNAMIKA**

**Elektromagnetické pole v homogenním prostředí.** Makroskopické Maxwellovy rovnice,

vektorový a skalární potenciál, Hertzovy vektory. Hustota náboje a proudu, rovnice kontinuity.

**Gaussova a Stokesova věta.** Fyzikální význam operátorů divergence a rotace. Ortogonální

křivočaré souřadnice, válcové a sférické souřadnice.

**Laplaceova a Helmholtzova rovnice.** Vyzařování elektromagnetického pole z časově harmonicky proměnné soustavy zdrojů. Obecná časová závislost – retardované potenciály.

**Vyzařování časově harmonického elementárního elektrického a magnetického dipólu.**

Charakter vzdáleného pole vyzářeného obecným rozložením harmonických zdrojů.

**Rovinné elektromagnetické vlny v homogenním izotropním prostředí**. Rovinné vlny s

komplexním vlnovým vektorem – uniformní a neuniformní vlny. Tok energie a zákon zachování

energie.

**Kulové vlny.** Řešení homogenní skalární Helmholtzovy rovnice ve sférických souřadnicích.

Legendrovy polynomy a Legendrovy funkce, sférické harmonické. Sférické Besselovy funkce.

Elektromagnetické vlny ve sférických souřadnicích.

**Dutinový rezonátor.** Vlastní vidy, vlastní frekvence. Energie pole v rezonátoru. Činitel jakosti

rezonátoru, komplexní rezonanční frekvence.

**Šíření elektromagnetického záření ve vlnovodech** s dokonale vodivými stěnami. Pojem

vlnovodného módu (vidu). TE a TM módy v kovovém vlnovodu.

**Šíření optického záření v mnohomódových optických vláknech**. Typy optických vláken.

Numerická apertura, V-parametr, vedené a vytékající módy.

**KVANTOVÁ ELEKTRONIKA A LASERY**

**Popis kvantových soustav** pomocí Diracova formalizmu, vlnové funkce a abstraktní stavové

vektory, základní axiomatika kvantové teorie, pravděpodobnostní interpretace, lineární hermitovské operátory, základy operátorové algebry, problém vlastních hodnot a vlastních čísel, diskrétní a spojité spektrum, Heisenbergův princip neurčitosti.

**Statistický operátor** a jeho vlastnosti, příklady: statistický operátor dvojhladinového prostředí,

Blochův vektor, statistický operátor systému ve stavu termodynamické rovnováhy, koherentního

stavu, ideálního laseru. Kvantová Liouvillova rovnice. Měření na čistých a smíšených stavech.

Redukovaný statistický operátor.

**Dynamický vývoj kvantové soustavy**, evoluční operátor, Schrödingerův, Heisenbergův a Diracův (interakční) formalismus popisu vývoje. Heisenbergova pohybová rovnice, Schrödingerova rovnice v interakčním obraze.

**Kvantový lineární harmonický oscilátor**, kreační a anihilační operátory, operátor počtu kvant,

uspořádání bozonových operátorů.

**Kvantování elektromagnetického pole**, operátor počtu fotonů, základy kvantové elektrodynamiky, Casimirův efekt, Fockovy a koherentní stavy elektromagnetického pole a jejich vlastnosti. Jednomódový a mnohomódový popis.

**Hamiltonián atomu a nabité částice** v elektromagnetickém poli, nerelativistické přiblížení.

Interakční hamiltoniány.

**Látka jako soubor kvantových soustav.** Energetické hladiny. Kvantové přechody. Populace energetických hladin. Interakce záření s látkou. Spontánní a stimulovaná emise. Einsteinovy koeficienty. Buzení aktivního prostředí. Zesílení. Součinitel zisku, podmínka prahu generace. Dynamika činnosti laseru-rychlostní rovnice.

**Otevřené rezonátory.** Prvky otevřených rezonátorů. Základní charakteristiky a použití. Ztráty v otevřeném rezonátoru. Fresnelovo číslo a činitel jakosti rezonátoru. Rozložení elmg. pole v optickém rezonátoru. Módy optického rezonátoru. Stabilita. Rezonátory stabilní a nestabilní. Módy podélné a příčné, Metody selekce příčných a podélných módů. Gaussovský svazek jako aplikace základního příčného módu. ABCD metoda. M2 faktor, momenty intenzity pro popis a šíření svazků, popis a šíření obecných svazků. Poloměr a divergence obecných svazků.

**Typy laserů.** . Pevnolátkové lasery – matrice a aktivátory, skupina přechodových prvků a lanthanoidů, druhy matric a jejich charakteristika, lasery využívající stimulovaného Ramanova rozptylu, generace 2. harmonické, up-konverzní lasery, princip optického parametrického zesilování a generace. Barvivové lasery, způsoby buzení, aktivní prostředí, excitační konfigurace lineární a koaxiální. Polovodičové lasery, spektrální a prostorové vlastnosti záření plovodičových laserů, konfigurace vysokovýkonových polovodičových laserů, VECSEL lasery. Plynové, plazmatické a rentgenovské lasery. Zesílená spontánní emise. Laser bez zrcadel.Lasery s parami kovů. Iontové lasery. Rentgenové (XUV) lasery. Lasery s volnými elektrony. Excimerové lasery. Chemické buzení laserů. Gazodynamické lasery.

**Metody generace laserových impulzů.** Režimy generace laseru, volně běžící režim, Q-spínání, synchronizace módů.

**Ultrakrátké impulsy (UKP),** charakteristiky UKP, Gaussovský čerpovaný impulz, femtosekundové impulzy.

**Měření UKP,** Autokorelační,FROG a SPIDER.

**Využití disperse a její kompenzace**, tvarování laserových impulzů, metody zesilování UKP.

**OPTIKA**

**Vlnová a Helmholtzova rovnice** pro optická prostředí s dielektrickou konstantou a vodivostí.

Paraxiální Helmoltzova vlnová rovnice - kulová parabolická vlna, Gaussovy svazky.

**Energie v optické vlně** jak rovinné postupné, tak stojaté. Reálný, resp. komplexní Poyntingův

vektor, pojem intenzity světla.

**Pojmy u postupné rovinné optické vlny**: vlnový vektor, komplexní index lomu, charakter pole

TEM a polarizace, charakteristická admitance prostředí, fázová a grupová rychlost.

**Elementární elektrický dipól** a Rayleighův rozptyl. Vyzařovací charakteristika elementárního

dipólu v zářivém poli. Aplikace na Rayleighův rozptyl.

**Okrajová podmínka** pro přechod světla mezi dvěma homogenními prostředími. Snellovy zákony a Fresnelovy vzorce, využití totálního odrazu světla. Stokesovy vztahy reciprocity.

**Statistika světla v optice.** Prostorová a časová koherence, vliv na pozorovanou intenzitní

strukturu, koherenční parametry (délka, šířka). Dopad na koherentní a nekoherentní sledování

fyzikálních jevů a parametrů daného zařízení (např. interferometry, aj.).

**Dvouvlnová interference světla.** Interferenční útvar, interferenční vektor, perioda interferenčních proužků, interferometry.

**Vícevlnová interference.** Fabry-Perotův interferometr, obecná dielektrická vrstva, vícenásobné

vrstvy a jejich aplikace.

**Skalární teorie difrakce,** základy skalární teorie difrakce, přechod ke skalární teorii, Huygensův

princip, Fresnelův, Kirchhoffův a Sommerfeldův přístup k odvození difrakčního integrálu.

**Fresnelova a Fraunhoferova difrakce.** Fresnelovo a Fraunhoferovo přiblížení skalárního

difrakčního integrálu, limity přiblížení, základní příklady, analytické a numerické výpočty difrakce a grafická interpretace.

**Tenká difrakční mřížka**, klasifikace difrakčních mřížek, přístupy k popisu difrakce na tenké mřížce, mřížková rovnice a její interpretace, difrakční účinnost tenké mřížky, prostorově omezená tenká mřížka, příklady tenkých mřížek.

**Holografie**, základy holografie, záznam a rekonstrukce hologramu, transmisní a reflexní

hologramy, kopírování hologramů.

**Nelineární optika,** nelineární pojetí susceptibility, Helmoltzova rovnice vázaných vln, zákony

zachování.

**Nelineární jevy** (např. generace vyšších harmonických, parametrický oscilátor, fázová konjugace, solitony).

**Aproximace fyzikální optiky geometrickou optikou.** Co je paprsek; rovnice eikonalu a historická forma postulátů geometrické optiky. Základní body a roviny systému při ideálním zobrazení, fokální a afokální soustava.

**METODY POČÍTAČOVÉ FYZIKY**

**Programovací jazyky používané ve fyzice**, překladače, ladění, operační systémy.

**Numerické knihovny,** knihovny programů pro fyziku.

**Programy pro vědeckou vizualizaci,** virtuální realita.

**Numerické metody řešení fyzikálních modelů**, metoda konečných diferencí, konečných objemů a konečných prvků.

**Fluidní modely**, hydrodynamika tekutin, eulerovské, lagrangeovské a ALE metody.

**Kinetické modely**, Vlasovova rovnice.

**Metody řešení Maxwellových rovnic**, metoda konečných diferencí v časové oblasti.

**Paralelní počítání,** MPI, PVM, Cuda, prostředky pro intenzívní počítání.

**Integrované výpočetní systémy**, počítačová algebra.

**Metoda Monte Carlo ve statistické fyzice**, Metropolisův algoritmus.

**Neuronové sítě a genetické algoritmy**, fyzikální aplikace.

**Expertní systémy**, možnosti aplikace ve fyzice.

**Techniky prezentace a publikace vědeckých dokumentů,** tvorba webových dokumentů s

matematickým textem.

**Vědecké databáze,** vyhledávání a hodnocení vědeckých informací, impakt faktor, H-index, citační analýza.

**NUMERICKÉ METODY**

**Korektnost a podmíněnost úlohy**, stabilita numerické metody, zaokrouhlovací chyby,

reprezentace reálných čísel v počítači, zaokrouhlovací chyba při aritmetických operacích, chyba a řád přesnosti numerické metody.

**Iterační a gradientní metody řešení lineárních rovnic**, Gauss-Seidelova a superrelaxační metoda, podmínky konvergence, řídké matice a metody řešení soustav s řídkou maticí, soustava s tridiagonálnální maticí.

**Řešení nelineárních rovnic v jedné a více dimenzích**, metoda bez a s využitím derivace, Newton-Raphsonova metoda.

**Numerické řešení obyčejných diferenciálních rovnic s počáteční podmínkou**, Runge-

Kuttovy metody, stabilita řešení obyčejných diferenciálních rovnic.

**Numerické řešení obyčejných diferenciálních rovnic s okrajovou podmínkou**, metoda

střelby, metoda přesunu okrajové podmínky, metoda sítí.

**Základní diferenční schemata pro řešení advekční rovnice**, jejich vlastnosti.

**Konvergence, konzistence, stabilita,** podmíněnost PDR, Lax-Richtmyerova věta.

**Explicitní a implicitní diferenční schemata**, Courant-Friedrichs-Lewyho podmínka.

**Stabilita diferenčních schemat**, Fourierova metoda, von Neumannova podmínka stability,

stabilita pro PDR s proměnnými koeficienty, vícekrokové schema, systém PDR.

**Návrh diferenčního schematu**, řád přesnosti, odvození Lax-Wendroffova schematu.

**Parabolické rovnice**, podmíněnost, diferenční schemata pro řešení rovnice vedení tepla.

**Numerické řešení okrajových úloh pro PDR parabolického typu**, metoda přímek.

**Eliptické rovnice**, Laplaceova rovnice, Poissonova rovnice, podmínka integrability, okrajové podmínky, princip maxima.

**Numerické řešení okrajových úloh pro PDR eliptického typu**, konvergence, odhad chyby.

**Zákony zachování**, typy vln, slabé řešení, integrální a diferenciální tvar.

**Diferenční schemata pro zákony zachování,** konzervativita, Riemannův problém.

**Rankine-Hugoniotova podmínka pro zákony zachování**, rovnice mělké vody, Eulerovy

rovnice.

**Lagrangeovské metody pro Eulerovy rovnice**, ALE metody.