

Součásti SZZ a jejich obsah

Státní závěrečné zkoušky zahrnují:

- obhajobu diplomové práce
- prezentaci písemných posudků vedoucího práce a alespoň jednoho oponenta s návrhy klasifikace práce
- ústní část zkoušky z jednoho předmětu obecného základu a ze dvou předmětů odborného zaměření studijního programu (s případnou možností výběru).

Pro studijní program **Matematická fyzika** je předmětem obecného základu studijního programu:

Kvantová fyzika

Prvním předmětem odborného zaměření studijního programu je:

Pokročilé geometrické metody fyziky

Druhým předmětem odborného zaměření studijního programu s možností výběru je:

Kvantová teorie pole

Lieovy algebry, grupy a jejich aplikace

Statistická fyzika

Předmět ***Kvantová fyzika*** státních závěrečných zkoušek má tyto okruhy otázek:

1. Popis stavu v kvantové mechanice – Hilbertův prostor, stavy a pozorovatelné, ortonormální báze, fyzikální význam stavu – de Broglieova hypotéza, Bornova interpretace vlnové funkce, souřadnicová, hybnostní a energetická reprezentace, jednoduché kvantové systémy – operátor kartézské složky souřadnice a hybnosti, princip korespondence – lineární harmonický oscilátor a báze vlastních stavů jeho Hamiltoniánu.
2. Lineární operátory v kvantové mechanice – samosdružené operátory, unitární operátory, projektoři, jaderné operátory, spektrální teorém, význam definičního oboru při hledání vlastních hodnot, projektorová míra a měření pozorovatelných s bodovým a spojitým spektrem, direktní součet a tenzorový součin operátorů, úplné soubory komutujících operátorů.
3. Postulát měření v kvantové mechanice – předpovědi výsledků měření, pravděpodobnostní interpretace stavu kvantové částice, pravděpodobnost přechodu mezi stavy, pravděpodobnost naměření dané množiny hodnot pozorovatelné, střední hodnota pozorovatelné, kompatibilní pozorovatelné, střední kvadratická odchylka, relace neurčitosti.
4. Čisté a smíšené stavy, matice hustoty – fyzikální odůvodnění statistického popisu pomocí matice hustoty, definice matice hustoty, smíšené stavy po průchodu měřicím přístrojem, matice hustoty dvouhladinového systému, Blochova sféra, časový vývoj matice hustoty, předpovědi výsledků měření pro smíšené stavy.
5. Částice ve sféricky symetrickém poli – kompatibilní pozorovatelné, operátory orbitálního momentu hybnosti, kulové funkce, hamiltonián částice v centrálně symetrickém potenciálu, efektivní potenciál, degenerace hladin, izotropní harmonický oscilátor, částice v Coulombickém poli.
6. Částice v elektromagnetickém poli – nabitá kvantová částice ve vnějším elektromagnetickém poli, atom vodíku ve vnějším homogenním magnetickém poli, Zeemanův jev, spin elektronu, operátory spinu a jejich komutační relace, Pauliho matice, Sternův-Gerlachův experiment, časová a bezčasová Pauliho rovnice.
7. Kvantování momentu hybnosti – algebraická teorie momentu hybnosti, posunovací operátory, orbitální a spinový moment hybnosti, skládání momentů hybnosti, ireducibilní tenzorové operátory, Wigner-Eckartův teorém.
8. Časový vývoj v kvantové mechanice – unitární propagátor, Schrödingerova rovnice, stacionární stavy, řešení časového vývoje rozkladem do stacionárních stavů, časový vývoj střední hodnoty pozorovatelné, integrály pohybu, Ehrenfestova věta, Schrödingerův, Heisenbergův a Diracův obraz kvantové mechaniky, přechod mezi obrazy, časový vývoj stavů a pozorovatelných v jednotlivých obrazech.
9. Feynmanův dráhový integrál a propagátor – poruchový rozvoj evolučního operátoru, retardovaný a advanceovaný propagátor, jejich časový vývoj, Greenova funkce, vyjádření propagátoru pomocí dráhového integrálu, popis rozptylu pomocí dráhového integrálu.
10. Složené systémy – tenzorový součin prostorů, stavů a pozorovatelných, stavy více nerozlišitelných částic, Pauliho princip, obsazovací čísla, anihilační a kreační operátory, Hamiltonián neinteragujících částic, druhé kvantování, Fockův prostor.

Obsah tohoto předmětu státních závěrečných zkoušek je dán povinným předmětem studijního programu:

02KFA Kvantová fyzika

Předmět ***Pokročilé geometrické metody fyziky*** státních závěrečných zkoušek má tyto okruhy otázek:

1. Diferencovatelná varieta, tečné vektory, tečný prostor, vektorové pole a jeho integrální křivky, Lieova algebra vektorových polí, tečné zobrazení
2. Vnější algebra diferenciálních forem, vnější a Lieova derivace, Poincaréovo lemma, pullback forem
3. Fibrovaný prostor, jeho konstrukce pomocí přechodových zobrazení, tečný a kotečný fibrovaný prostor, fázový prostor jako kotečný fibrovaný prostor vybavený kanonickou 2-formou, Hopfova fibrace
4. Hlavní fibrovaný prostor, strukturní grupa, existence globálních řezů a trivializovatelnost
5. Přidružené vektorové fibrované prostory
6. Konexe v hlavním fibrovaném prostoru, její abstraktní geometrická definice a souřadnicové vyjádření
7. Forma křivosti konexe, Cartanova strukturní rovnice
8. Paralelní přenos
9. Lokální forma konexe a křivosti jako kalibrační pole, kalibrační transformace
10. Kovariantní derivace v přidruženém fibrovaném prostoru, minimální elektromagnetická interakce, klasické Yang-Millsovo pole

Obsah tohoto předmětu státních závěrečných zkoušek je dán povinným předmětem studijního programu:

02GMF2 Geometrické metody fyziky 2

a úvodními tematickými okruhy povinného předmětu studijního programu

02LIAG Lieovy algebry a grupy.

Předmět **Kvantová teorie pole** státních závěrečných zkoušek má tyto okruhy otázek:

1. Relativistická vlnová rovnice pro skalární částici, Klein-Gordonova rovnice, Klein-Gordonova rovnice ve Feshbach-Villarsově reprezentaci, řešení pro volnou skalární částici, rovnice kontinuity a její problémy, nerelativistická limita, Kleinův paradox.
2. Relativistická vlnová rovnice pro částici se spinem $\frac{1}{2}$, Diracova rovnice, Lorentzova grupa a její reprezentace, invariance Diracovy rovnice vůči vlastním Lorentzovým transformacím a bilineární formy, řešení Diracovy rovnice pro volnou částici, Diracova, Weylova a Majoranova reprezentace, rovnice kontinuity a její problémy, zitterbewegung, nerelativistická limita.
3. Relativistická částice ve vnějším elektromagnetickém poli, princip minimální vazby, relativistická částice ve sféricky symetrickém poli, kompatibilní pozorovatelné, řešení vodíkového (a vodíku podobného) atomu pomocí Diracovy rovnice, relativistické korekce energetického spektra atomu vodíku, spektrum s jemnou strukturou.
4. Kanonické kvantování skalárního pole, algebra pozorovatelných a částicová interpretace, kanonické kvantování Diracova pole, nerelativistická limita, Fockův prostor a reprezentace obsazovacích čísel.
5. Symetrie a zákony zachování, teorém E. Noetherové a Wardovy identity, diskrétní P, T a C symetrie, explicitní tvary P, T a C operátorů pro Diracovskou částici, antičástice.
6. Normální uspořádání, Feynmanův propagátor pro skalární a Diracovo pole, interagující pole, Wickův teorém a poruchová teorie, rozptylové procesy, S a T matice a Feynmanova pravidla, optický teorém a unitárnost, účinný průřez a rozpad nestabilní částice, renormalizace pro teorii ϕ^4 .
7. První kvantování pomocí dráhového integrálu, druhé kvantování a funkcionální integrál, partiční suma a Wickův teorém, Wardovy identity a anomálie, funkcionální integrál a nerelativistická limita, poruchový počet Greenových funkcí prostřednictvím Feynmanových diagramů pro skalární pole, dimenzionální regularizace, generující funkcionály W a Γ , souvislé a 1PI diagramy, práce s Feynmanovými diagramy a jejich výpočet.
8. Grassmannovy proměnné a Berezinův funkcionální integrál pro fermionovská pole, poruchový počet Greenových funkcí prostřednictvím Feynmanových diagramů pro fermionovská pole, Feynmanovy diagramy a jejich výpočet.
9. Kvantová elektrodynamika, základní rozptylové procesy v QED, výpočet S-matice pro Comptonův rozptyl, elektron-pozitronovou anihilaci, Møllerův rozptyl a Bhabhův rozptyl, S-matice a LSZ formalismus, Lehmanova reprezentace pro Greenovy funkce.
10. Yang-Millsova pole a jejich kvantování, Faddeev-Popovova duchová pole, kalibrace a 't Hooftův trik, Goldstonův teorém a Higgsův mechanismus, Callan-Symanzikova rovnice renormalizační grupy a β funkce, poruchový výpočet β funkce pro skalární pole, koncept asymptotické svobody, pojem efektivní teorie.

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

02KTP1 Kvantová teorie pole 1

02KTP2 Kvantová teorie pole 2

Předmět **Lieovy algebry, grupy a jejich aplikace** státních závěrečných zkoušek má tyto okruhy otázek:

1. Lieova grupa a Lieova algebra – definice, exponenciální zobrazení, toky levoinvariantních vektorových polí, maticové grupy a algebry
2. Nejednoznačnost ve vztahu Lieových grup a algeber, klasifikace souvislých Lieových grup s danou algebrou
3. Podgrupy a podalgebry, akce grupy, cosety, podgrupa izotropie, homogenní prostory, příklady prostorů a prostoročasů s tranzitivní akcí grupy symetrií jako homogenních prostorů
4. Reprezentace Lieovy grupy, resp. algebry, adjungovaná reprezentace, ireducibilita reprezentací, Schurovo lemma, příklady úplně reducibilních reprezentací
5. Základní třídy Lieových algeber, Leviho věta o rozkladu na radikál a poloprostý Leviho faktor, klasifikace Lieových algeber nad $\mathbb{R}$ a nad $\mathbb{C}$ v dimenzích 1, 2, 3 a jejich vlastnosti
6. Nilpotentní Lieovy algebry, Engelova věta a její formulace pro maticové Lieovy algebry
7. Řešitelné Lieovy algebry, Lieova věta, vlastnosti derivované algebry řešitelné algebry
8. Killingova forma, Cartanova kritéria na určení poloprostoty resp. řešitelnosti dané algebry, rozložitelnost poloprostých algeber na prosté ideály
9. Cartanova podalgebra a systém kořenů, jejich vlastnosti, Weylova-Chevalley normální forma poloprosté Lieovy algebry, klasifikace prostých Lieových algeber nad $\mathbb{C}$, kořenové a Dynkinovy diagramy
10. Konečněrozměrné reprezentace prostých Lieových algeber nad $\mathbb{C}$, váhy a váhové diagramy, grupa $SU(3)$ a její aplikace pro klasifikaci elementárních částic.

Obsah tohoto předmětu státních závěrečných zkoušek je dán povinným předmětem studijního programu:

02LIAG Lieovy algebry a grupy

Předmět ***Statistická fyzika*** státních závěrečných zkoušek má tyto okruhy otázek:

1. Statistický popis fyzikálních procesů, rozdělovací funkce, Liouvillův teorém
2. Nejpravděpodobnější rozdělení, partiční suma ve statistické fyzice
3. Fluktuace fyzikálních veličin
4. Bosonový plyn
5. Fermionový plyn
6. Neideální plyny, konfigurační integrál
7. Matice hustoty ve statistické fyzice
8. Fázové přechody, Isingův model
9. Fermionový plyn a gravitující objekty
10. Ekvipartiční teorém

Obsah tohoto předmětu státních závěrečných zkoušek je dán povinným předmětem studijního programu:

02VPSF Vybrané partie ze statistické fyziky a termodynamiky