

Moderní fyzika

1. Kvantový stav, princip superpozice, matice hustoty, evoluce systému v kvantové teorii
2. Relace neurčitosti, kvantové měření, POVM
3. EPR paradox, kvantová nelokalita, Bellovy nerovnosti
4. Entanglement, jeho vlastnosti a jeho využití při kvantovém zpracování informace
5. Kvantová kryptografie - princip, bezpečnost, implementace
6. Kvantová teleportace
7. Kvantové počítače, kvantová logická hradla, kvantové algoritmy, implementace
8. Kvantová kryptografie, principy, důkazy bezpečnosti, implementace
9. Kvantová teorie informace, kvantová korekce chyb, kvantová komprese dat, kvantová teleportace, kvantové opakovače
10. Chladné atomy, modely a jejich aplikace (laserové chlazení atomů, atomové hodiny, optické mřížky, atomová interferometrie).
11. Atomární systémy a jejich využití v kvantové informatice.
12. Boseho-Einsteinova kondenzace atomárních plynů.
13. Relativistická kvantová mechanika a vlnové rovnice v kovariantním tvaru: Klein-Gordonova, Diracova a Maxwellovy rovnice a jejich řešení. Spinorový formalismus pro relativistický popis elektronu, antičástice, nerelativistická limita a anomální magnetický moment elektronu.
14. Lagrangeovská formulace relativistických rovnic, teorém Noeterové a zákony zachování, kalibrační transformace a elektromagnetická interakce. Kanonické kvantování skalárního, spinorového a elektromagnetického pole. Feynmanův drahový integrál.
15. Kvantová elektrodynamika a interakce elektromagnetického pole s látkou. Poruchová teorie, Fermiho zlaté pravidlo, úhinný průřez interakce, doba života excitovaného stavu, vybrané procesy interakce: emise a absorpce fotonu, fotoefekt, Comptonův rozptyl, Čerenkovovo záření, rozšíření spektrální šířky a self-energie, brzdné záření, vztah mezi spinem a statistikou, Casimirov efekt, Lambův posuv.
16. Základní projevy a modely nelineární dynamiky
17. Chaotické systémy v periodických vlnách
18. Synergetika a projevy samoorganizace v periodických vlnách Zákony paprskové optiky, rovnice eikonály, paprsková rovnice, paprskový popis šíření světla nehomogenním prostředím, nehomogenní prostředí s válcovou a sférickou symetrií, paraxiální zobrazování gradientní optikou, použití gradientních optických prvků.

Metody matematické fyziky

1. Vektorové prostory a lineární operátory
2. Metody řešení obyčejných diferenciálních rovnic
3. Parciální diferenciální rovnice 2. řádu, klasifikace, typy úloh
4. Princip superpozice, Fourierova metoda, metoda charakteristik
5. Pojem zobecněné funkce, integrální transformace zobecněných funkcí, využití zobecněných funkcí při řešení rovnic matematické fyziky

renční rovnice, Greenova funkce a její aplikace
enciál, potenciál jednoduché a dvojité vrstvy

8. Numerické metody řešení rovnic matematické fyziky
9. Optimalizační úlohy, minimalizace funkcí jedné a více proměnných, metoda simplexu, gradientní metody

Astronomie a astrofyzika

1. Astrometrie. Zeměpisné a astronomické souřadnicové soustavy, transformace souřadnic, souvislosti souřadnicových soustav, zdánlivý pohyb vesmírných těles, korekce souřadnic, paralaxa.
2. Nebeská mechanika. Pohyb těles v gravitačním poli, Keplerovy zákony, dráhové elementy, Keplerova rovnice, výpočet efemerid, pohyb umělých těles ve Sluneční soustavě, transfer mezi orbitami, "sling-shot" efekt.
3. Praktická astronomie. Podmínky výzkumu astronomie, metody výzkumu, astronomie v různých spektrálních oblastech, záření červeného tělesa, synchrotronové záření, astronomická fotometrie, základy astrooptiky, adaptivní systémy, speklová interferometrie.
4. Základní myšlenky obecné teorie relativity, princip ekvivalence a jeho experimentální ověření, souvislost s Newtonovou teorií gravitace a speciální teorií relativity.
5. Vlastnosti gravitačního pole v okolí sféricky symetrických a rotujících objektů, pohyb částic a fotonů, základní experimentální testy obecné teorie relativity.
6. Řešení Einsteinových rovnic pro homogenní a izotropní vesmír, Friedmannova-Robertsonova-Walkerova metrika a expanzní faktor, role základních parametrů (hustotní parametr, decelerační parametr, Hubbleova konstanta, kosmologická konstanta) pro vývoj vesmíru.
7. Helicita a helikální struktury. Bezsilová konfigurace, Beltramiho pole. Podmínky zachování magnetické helicity. Helikální struktury v přírodě.
8. Rekonekce magnetických siločar. Základní modely. Sluneční rekonekce, koronální výrony hmoty. Rekonekce v magnetosféře Země, podmínky pro její vznik.
9. Vlny v plazmatu, magnetoakustický a elektromagnetický komplex. Hvězdy v magnetosféře, van Allenovy pásy. Cyklotronní a synchrotronní emise. Radiové emise v magnetosférách planet.
10. Vznik a vývoj hvězd. Jeansovo kritérium, HR diagram, základní vývojové fáze. Závěrečná stádia, bílí trpaslíci a neutronové hvězdy.
11. Měření magnetických polí ve vesmíru. Základní metody detekce. Polarizace, záření, Faradayova rotace, Zeemanův jev.
12. Problémy současné kosmologie. Zrychlená expanze a temná energie, temná hmota. Reliktní záření a informace, které z něj lze získat. Fluktuace reliktního záření, anizotropie a polarizace.