



Slezská univerzita v Opavě

Filozoficko-přírodovědecká fakulta v Opavě

Ústav fyziky

Státní závěrečná zkouška z teoretické fyziky UF/TF01 (magisterská) – okruhy otázek

Okruh A – Obecná fyzika

Klasická mechanika, elektrodynamika a teorie pole

Lagrangeovský a hamiltonovský formalismus. Hamiltonova-Jacobiho teorie. Základy hydrodynamiky a hydrostatiky, ideální a viskozní kapalina. Maxwellova teorie elektromagnetického pole, elektromagnetické vlny. Teorie elektromagnetického záření, záření urychleného náboje, multipólové rozvoje. Lagrangeovská klasická teorie pole, teorém Noetherové a zákony zachování.

Termodynamika a statistická fyzika

I. a II. princip termodynamiky, teplota, entropie, termodynamické potenciály, termodynamická rovnováha. Fázové přechody, základy popisu fázových přechodů I. a II. druhu, III. princip termodynamiky a jeho důsledky, Carnotův cyklus. Základy termodynamiky nevratných dějů, toky, síly, produkce entropie, Onsagerovy vztahy. Fázový prostor, rozdělovací funkce, operátor hustoty, Liouvilleův teorém. Boltzmannova rovnice a kinetická teorie. Statistická rozdělení, mikrokanonické, kanonické, grandkanonické. Ideální plyn klasický a kvantový, statistika Maxwellova-Boltzmannova, Fermiho-Diracova, Boseho-Einsteinova. Záření absolutně černého tělesa. Entropie ve statistické fyzice. Fluktuace termodynamických veličin. Základy teorie neideálních plynů. Fokkerova-Planckova rovnice, řídicí rovnice, lineární odezva.

Matematické metody ve fyzice

Funkce komplexní proměnné, Cauchyův teorém a Cauchyova formule, reziduová věta, Laurentova řada, obory prostoty a inverzní funkce. Hilbertův prostor a lineární operátory. Klasifikace diferenciálních rovnic, klasické a zobecněné řešení, rovnice matematické fyziky, speciální funkce. Fourierovy řady, Fourierova a Laplaceova transformace, jejich využití. Základy teorie distribucí, operace s distribucemi, Diracova delta distribuce a její vlastnosti. Grupy, zobrazení a reprezentace grup, fyzikální aplikace.

Okruh B – Relativistická fyzika

Speciální teorie relativity

Lorentzova transformace a její kinematické důsledky. Minkowského prostoročas, 4-dimenzionální formalismus. Relativistická dynamika, pohyb nabitě částice v elektromagnetickém poli. Tenzor energie-hybnosti, relativistické zákony zachování. Tenzor elektromagnetického pole, 4-potenciál, Maxwellovy rovnice v kovariantním tvaru, invarianty elektromagnetického pole.

Relativistická fyzika, astrofyzika a kosmologie

Základní principy obecné teorie relativity, fyzikální zákony v křivých prostoročasech, Einsteinův gravitační zákon. Schwarzschildovo řešení. Gravitační záření, jeho vlastnosti, generace a detekce. TOV rovnice. Gravitační kolaps, černé díry a fyzikální procesy v jejich okolí (nabitě a rotující černé



díry, vlečení inerciálních systémů, plocha statické limity, Carterovy pohybové rovnice, Penroseův proces). Zákony termodynamiky černých děr. FLRW kosmologické modely. Standardní model velkého třesku, teplotní historie vesmíru, prvotní jaderná syntéza. Problémy standardního modelu, inflační paradigma. Diferenciální formy a Cartanovy rovnice struktury. Riemannův tenzor křivosti a jeho vlastnosti. Paralelní, Lieův a Fermiho-Walkerův přenos. Lieova derivace a Killingovy vektory.

Okruh C – Částicová fyzika

Kvantová mechanika

Základní pojmy a principy kvantové fyziky, pojem stavu. Operátory základních fyzikálních veličin, střední hodnota. Komutátor a relace neurčitosti. Kvantování momentu hybnosti, spin. Schrödingerova rovnice a její přesná řešení, stacionární stavy. Lineární harmonický oscilátor. Vodíkupodobné atomy. Základy teorie reprezentací, unitární transformace, obraz Schrödingerův, Heisenbergův a Diracův. Schrödingerova rovnice pro částici v obecném elektromagnetickém poli, spin elektronu, Pauliho rovnice. Skládání momentů hybnosti, Clebschovy-Gordanovy koeficienty. Systémy identických částic, nerozlišitelnost a její důsledky, fermiony a bosony. Přibližné metody kvantové mechaniky (variační metoda, stacionární a nestacionární poruchová metoda). Jemná struktura hladin atomu vodíku. Starkův a Zeemanův jev. Atom helia, základní a vzbuzené stavy. Molekula vodíku. Teorie kvantových přechodů. Poloklasická teorie interakce kvantové soustavy se zářením, Einsteinovy koeficienty. Potenciálový rozptyl, Bornova formule.

Fyzika pevných látek

Pevná látka jako kvantově mechanický systém mnoha částic. Víceelektronové atomy, Hartreeho-Fockova metoda. Pásová teorie. Elektrony a fonony, základní typy kvazičástic v pevných látkách. Reakce elektronů v pevné látce na vnější pole. Základní typy vazeb.

Kvantová teorie pole

Relativistické vlnové rovnice (Kleinova-Gordonova, Diracova, Proca). Lagrangeův a Hamiltonův formalismus klasického skalárního a spinorového pole. Kvantování skalárního, spinorového a elektromagnetického pole ve Schrödingerově obraze, Fockův prostor, operátory energie, hybnosti a náboje. Polní operátory v Heisenbergově obraze a jejich kontrakce, Wickova věta. Interakce polí, Møllerův operátor a jeho poruchový rozvoj, S a T operátory a matice, amplituda procesu a její souvislost s účinným průřezem. Spinorová elektrodynamika, jednoduché procesy, Feynmanovy diagramy. Vektorové bosony, slabé interakce.