

# Navazující magisterský studijní program Fyzika

Navazující magisterský studijní program Fyzika se člení na následující obory:

1. Astronomie a astrofyzika
2. Geofyzika
3. Meteorologie a klimatologie
4. Teoretická fyzika
5. Fyzika kondenzovaných a makromolekulárních látek
6. Optika a optoelektronika
7. Fyzika povrchů a ionizovaných prostředí
8. Biofyzika a chemická fyzika
9. Jaderná a subjaderná fyzika
10. Matematické a počítačové modelování ve fyzice a technice
11. Učitelství fyziky pro SŠ v kombinaci s odbornou fyzikou
12. Učitelství fyzika-matematika pro SŠ
13. Učitelství fyziky pro SŠ v kombinaci s jiným aprobačním předmětem
14. Učitelství fyzika-matematika pro 2. stupeň základních škol

Jejich úspěšné studium předpokládá absolvování některých předmětů v rámci bakalářského studia. Pro každý obor jsou tyto předměty uvedeny na začátku odstavce Doporučený průběh studia. Předměty povinné ke státní závěrečné zkoušce jsou vtištěny tučně, výběrově povinné předměty normálním písmem, doporučené nepovinné kurzivou.

## Kurz bezpečnosti práce

Podmínkou pro samostatnou práci v laboratoři (zahájení praktik a experimentální diplomové práce) je získání zápočtu z kurzu bezpečnosti práce, který je organizován pro všechny studenty fyziky kabinetem výuky obecné fyziky. Platnost tohoto kurzu je dva roky.

## Diplomová práce

Diplomová práce se zadává v zimním semestru prvního ročníku. Téma diplomové práce si student volí z nabídky pracovišť zajišťujících výuku v příslušném oboru fyziky.

## Státní závěrečná zkouška

Zkouška se skládá ze dvou částí:

- z obhajoby diplomové práce
- z ústní zkoušky

Na některých studijních oborech se ústní zkouška skládá z bloku Společné požadavky a z bloku Užší zaměření. Oba bloky však tvoří nedílnou součást, která je hodnocena jedinou známkou.

## 1. Astronomie a astrofyzika

*Charakteristika studijního oboru:*

Obor astronomie a astrofyzika navazuje na základní znalosti z fyziky, matematiky a programování. Studium začíná šestým semestrem. Studenti získávají základní znalosti z oborů klasické astronomie, jako je astrometrie a nebeská mechanika, a klasické astrofyziky t.j. o fyzikálních vlastnostech astrofyzikálního plasmatu, stavbě a vývoji hvězd a

hvězdných soustav a o teorii hvězdných atmosfér, o fyzice těles sluneční soustavy a o stavbě a dynamice galaxií. Seznamují se rovněž se sluneční fyzikou, relativistickou astrofyzikou, extragalaktickou astronomií a kosmologií. Prostřednictvím pravidelných seminářů, praxí na observatořích a tematicky zaměřených přednášek externích odborníků získávají představu o vědecké práci a současných problémech řešených v jednotlivých oborech astronomie a astrofyziky.

#### *Cíle studia:*

Obor připravuje studenty především k profesionální vědecké kariéře, cílem je získat přehled o klasických i moderních oblastech výzkumu vesmíru a osvojit si návyky potřebné k vlastní vědecké práci. Studijní plán navazuje na základní přednášky z fyziky, zejména teoretickou mechaniku, termodynamiku, statistickou fyziku, kvantovou fyziku a relativitu, rozvíjí jejich aplikace na objekty ve vesmíru a využívá přitom i předchozí průpravu v matematice a ve výpočetních metodách.

#### *Profil absolventa:*

Absolventi tohoto oboru mají přehled o současném stavu výzkumu v základních oblastech poznávání vesmíru. Při práci na diplomovém úkolu získali představu o postupech a metodách vědecké práce, výsledkem jsou zpravidla odborné publikace. Nejčastěji absolventi nastupují do doktorandského studia na některém domácím či zahraničním astronomickém pracovišti. Všeobecný přehled o oboru a poměrně rozsáhlé dovednosti v programování dovolují absolventům zvolit též profesionální dráhu v popularizaci oboru (ve vzdělávacích institucích, v planetáriích a na lidových hvězdárnách) anebo při rozvoji či aplikacích výpočetní techniky. Schopnost abstraktního myšlení a orientace v nové problematice pomohou absolventům uplatnit se i v dalších oblastech přírodních věd a případně i mimo ně.

#### **Doporučený průběh studia**

Nezbytným předpokladem úspěšného magisterského studia je získání základních znalostí v oboru na úrovni následujících předmětů:

<b>Základy kvantové teorie</b>	4/2 Z,Zk	—
<b>Základy astronomie a astrofyziky I</b>	—	4/0 Zk
<b>Základy astronomie a astrofyziky II</b>	—	4/0 Zk
<b>Cvičení a praktikum z astronomie</b>	—	0/4 Z
<b>Metody zpracování fyzikálních měření</b>	—	2/0 Zk
<b>Odborná praxe</b>		Z

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím ročníku bakalářského studia a absolvování těchto předmětů nebo předmětů jim ekvivalentních je podmínkou pro přípuštění ke státní závěrečné zkoušce na magisterském studiu.

#### **1. rok magisterského studia**

<b>Astrofyzika I</b>	4/0 Zk	—
<b>Astrofyzika II</b>	—	4/0 Zk
<b>Seminář Astronomického ústavu UK</b>	0/2 Z	0/2 Z
<b>Speciální praktikum I (pro obor AA)</b>	0/2 Z	—
<b>Speciální praktikum II (pro obor AA)</b>	—	0/2 Z
<b>Diplomový seminář <sup>1</sup></b>	0/1 Z	0/1 Z
<b>Relativistická fyzika I</b>	4/2 Z, Zk	—
<b>Relativistická fyzika II</b>	—	4/2 Z, Zk
<b>Nebeská mechanika I</b>	4/0 Zk	—
<b>Nebeská mechanika II</b>	—	4/0 Zk
<b>Kosmická elektrodynamika</b>	3/1 Z, Zk	—
<b>Elementární procesy v kosmické fyzice</b>	—	2/1 Z,Zk

<sup>1</sup> Diplomový seminář lze zapisovat opakovaně tak, aby během studia posluchač absolvoval celkem 3 semestry.

Výběrově povinné předměty zapíší studenti tak, aby získali nejméně 13 bodů.

## 2. rok magisterského studia

<b>Galaktická a extragalaktická astronomie I</b>	3/0 Zk	—
<b>Galaktická a extragalaktická astronomie II</b>	—	2/0 Zk
<b>Cvičení z galaktické astronomie</b>	0/2 Z	—
<b>Seminář Astronomického ústavu UK</b>	0/2 Z	0/2 Z
<b>Diplomový seminář <sup>1</sup></b>	0/1 Z	0/1 Z
Kosmologie	3/0 Zk	—
Elementární procesy v kosmické fyzice	—	2/1 Z,Zk
Fyzika malých těles sluneční soustavy <sup>2</sup>	—	2/0 Zk
Vybrané kapitoly z astrofyziky <sup>2</sup>	2/0 Zk	
Cvičení ze stelární astronomie	—	0/2 Z
Dějiny astronomie <sup>2</sup>	1/1 Z	1/1/ Z
Dvojhvězdy <sup>3</sup>	—	2/0 Zk
Hvězdné atmosféry <sup>3</sup>	2/0 Zk	—
Vybrané kapitoly ze spektroskopie <sup>3</sup>	2/0 Zk	—
Sluneční fyzika <sup>3</sup>	2/0 Zk	—

<sup>1</sup> Diplomový seminář lze zapisovat opakovaně tak, aby během studia posluchač absolvoval celkem 3 semestry.

<sup>2</sup> Tyto předměty se zaměřují každý rok na jiná témata a studenti je mohou zapisovat opakovaně.

<sup>3</sup> Tyto předměty se zařazují ve dvouletém intervalu. Zapisuje se ten předmět, který se v daném školním roce koná.

## Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- absolvování předmětů povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium
- získání alespoň 13 bodů z výběrově povinných předmětů

## Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

### A. Společné požadavky

#### 1. Klasická a kvantová mechanika

Porovnání popisu systému v klasické a kvantové mechanice, popis stavu. Kauzalita a měření. Formalismus teoretické mechaniky a kvantové mechaniky – pohybové rovnice, Hamiltonův-Jacobiho formalismus, operátory fyzikálních veličin, zákony zachování. Variační principy. Fyzikální efekty, které nelze vysvětlit klasicky.

Rotace těles, setrvačníky; příklady z vesmírného prostředí.

Základy mechaniky kontinua, Navierova-Stokesova rovnice.

#### 2. Kvantování fyzikálních veličin

Operátory fyzikálních veličin, diskrétní a spojité spektrum. Hladiny energie v atomech, molekulách a pevných látkách. Moment hybnosti a jeho kvantování, orbitální a spinový moment hybnosti, skládání momentů hybnosti. Jemná a hyperjemná struktura hladin. Magnetický moment a jeho interakce s vnějším polem. Klasický a kvantově mechanický lineární harmonický oscilátor. Kvantování spinu. Pauliho princip. Interakce spinu s vnějším polem.

#### 3. Elektromagnetické pole

Maxwellovy rovnice. Lorentzova transformace. Semiklasický a kvantový popis elektromagnetického pole, fotony. Interakce atomu se zářením. Absorpce a emise, Einsteinovy koeficienty. Přirozená šířka spektrální čáry.

#### 4. Jaderná a subjaderná fyzika

Stavba atomového jádra. Klasifikace mikročástic. Slabá a silná interakce. Jaderné reakce.

### 5. Symetrie ve fyzice

Symetrie a zákony zachování. Energetické hladiny a invariance hamiltoniánu vůči rotacím a translacím. Grupy transformací. Štěpení hladin při snížení symetrie. Invariance pohybových rovnic vůči Lorentzově transformaci. Totožnost mikročástic.

### 6. Termodynamika a statistická fyzika

Stavové veličiny, zákony termodynamiky, entropie. Statistická interpretace termodynamiky. Kanonické rozdělení. Fermiony a bozony. Matice hustoty. Stavové rovnice. Termodynamika záření, záření absolutně černého tělesa.

### 7. Astronomie

Astrometrie a poziční astronomie: Souřadnicové systémy a jejich transformace. Pohyb pozorovatele a zdroje záření, aberace, Dopplerův jev. Vliv atmosféry na pozorování, refrakce, extinkce. Paralaxa. Precese, nutace. Vlastní pohyby hvězd. Metody určování souřadnic. Čas a jeho měření.

Efemeridová astronomie: Problém dvou těles, elementy dráhy, výpočet efemeridy. Určování drah těles sluneční soustavy a dvojhvězd. Zatmění a zákryty.

Sluneční soustava: Popis pohybu Měsíce. Planetky, satelity planet, komety. Meziplanetární plyn a magnetické pole, prach a drobná pevná tělíska, vliv záření na jejich pohyb. Meteority. Metody datování. Charakteristické procesy ve vývoji terestrických planet a planet velkých. Exoplanety. Představy o tvorbě planetárních soustav.

Přístroje a metody pozorování: Optické systémy, jejich vady, metody navrhování. Dalekohledy. Zpracování snímků fotografických, CCD. Fotometrie. Interferometry. Instrumenty družicových observatoří. Spektrografy, spektroskopie.

### 8. Astrofyzika

Fyzika plazmatu: Pohyb nabitě nerelativistické a relativistické částice v plazmatu. Základní rovnice magnetohydrodynamiky. Tepelné a netepelné záření. Synchrotronové záření, inverzní Comptonův jev.

Hvězdné atmosféry: spojitě a čárové spektrum. Stavba atomu vodíku, hélia a těžších prvků. Vlivy určující profily spektrálních čar. Zeemanův jev. Boltzmannova a Sahaova rovnice. Rovnice přenosu záření. Modelování hvězdných atmosfér. Redistribuce. Fyzika hvězd: Jaderné reakce ve hvězdách, přenos energie, stavové rovnice hvězdné látky. Rovnice modelů vnitřní stavby hvězd. Vývoj hvězd, vývojové stopy v HRD, závěrečné fáze hvězdného vývoje. Pulsace hvězd. Příčiny proměnnosti hvězd.

Sluneční fyzika: Globální charakteristiky Slunce, sluneční aktivita, magnetická pole na povrchu Slunce, procesy v erupcích. Pozorování Slunce v různých oborech spektra. Helioseismologie.

Dvojhvězdy: Fotometrie a spektroskopie dvojhvězd, určování elementů. Zvláštnosti vývoje těsných dvojhvězd. Kataklyzmické proměnné.

Mezihvězdná látka: Rozložení prachu a plynu v Galaxii, typy útvarů mezihvězdné látky, metody pozorování. Atomy a molekuly v mezihvězdném prostoru – spektra, chemické reakce. Oblasti ionizovaného vodíku (HII) a jejich fyzika. Prachová zrna, fyzikální vlastnosti a optické projevy. Dynamika mezihvězdné látky. Vícesložkový model mezihvězdného plynu, role supernov, fyzika rázových vln. Stabilita oblaků mezihvězdné látky, Jeansovo kritérium, fragmentace, tvoření hvězd.

### 9. Hvězdy, galaxie a stavba vesmíru

Přehled observačních výsledků: Fotometrické systémy, magnitudy. Určování hmotností kosmických objektů, dynamická paralaxa, funkce hmotnosti. Určování rozměrů hvězd, efektivní teplota, úhlové průměry. Teploty hvězd, spektrální klasifikace. Hertzsprungův-Russellův diagram (HRD). Vztah hmotnost – zářivý výkon.

Stavba Galaxie, hvězdné populace. Rotační křivky galaxií, Oortovy konstanty. Dráhy hvězd a jejich stabilita. Gravitační potenciál Galaxie. Pohybové integrály, ergodické chování drah, třetí integrál, distribuční funkce, Boltzmannova rovnice, Jeansova věta.

Čára 1420 MHz, rozložení a rychlosti vodíku HI. Hmotnost galaxií a skrytá hmota. Molekulární vodík, molekuly CO, molekulární oblaka, anomálie v rozdělení HI. Relaxační časy hvězdných soustav. Morfologická klasifikace galaxií.

Metody určování vzdáleností kosmických objektů a jejich návaznost. Rozložení galaxií ve vesmíru. Hubbleův zákon, funkce expanze, decelerační parametr. Robertson-Walkerova metrika. Einsteinovy rovnice. Friedmannovy modely vesmíru. Kosmologická konstanta. Inflační modely. Rané fáze vývoje vesmíru. Reliktní záření. Skrytá hmota a vývoj vesmíru.

## B. Užší zaměření

Posluchači si volí jeden z okruhů otázek 1.–3.

### 1. Kosmické plazma

Vlny v plazmatu: Popis vln, fázová a grupová rychlost, plazmová frekvence, zvukové vlny, elektrostatické elektronové a iontové vlny, elektromagnetické elektronové a iontové vlny, přehled elementárních vln, srovnání s Jeansovou teorií.

Difúze a odpor v plazmatu: Střední volná dráha, Fickův zákon, ambipolární difúze, difúze mezi rovnoběžnými stěnami a napříč magnetickým polem, plně ionizované plazma, specifický odpor plazmatu.

Stabilita plazmatu: Hydromagnetická rovnováha, parametr beta, difúze magnetického pole do plazmatu, klasifikace nestabilit, dvousvazková a gravitační nestabilita.

Základy kinetické teorie: Fyzikální smysl rychlostního rozdělení. Boltzmannova a Vlasovova rovnice, srovnání s magnetohydrodynamikou. Landauův útlum.

### 2. Nebeská mechanika

Problém dvou těles, rozvoje do řad. Restringovaný problém tří těles. Jacobiho integrál, Tisserandovo kritérium, přehled teorie poruch. Von Zeipelova metoda. Gravitační pole kosmických těles, Stokesovy konstanty, Hansenovy koeficienty. Přehled Hillovy teorie pohybu Měsíce. Lagrangeova-Laplaceova planetární teorie.

### 3. Relativistická astrofyzika

Matematický aparát diferenciální geometrie, metriky, Einsteinovy rovnice. Relativistická teorie vnitřní stavby hvězd, degenerace, bílí trpaslíci, neutronové hvězdy, supernovy, pulsary, gravitační kolaps. Tolmanova-Oppenheimerova-Volkovova rovnice. Kruskalův diagram. Fyzikální procesy v okolí černých děr. Relativistické akreční disky. Procesy v jádrech galaxií.

## 2. Geofyzika

*Charakteristika studijního oboru:*

Obor geofyzika zahrnuje studium Země a jejího blízkého okolí fyzikálními metodami. Soustřeďuje se na studium fyziky zemětřesení a šíření seismických vln, dynamiky Země, tíhového a elektromagnetického pole Země. K interpretaci geofyzikálních dat používá metod matematického modelování. Studium navazuje zejména na přednášky z mechaniky kontinua, teorie elektromagnetického pole a matematické fyziky. Metody experimentální geofyziky a práce na observatořích jsou vyučovány ve spolupráci s PŘF UK a ústavy AV ČR.

*Cíle studia:*

Cílem je získat široké znalosti v matematice a fyzice a schopnosti řešit problémy základního geofyzikálního výzkumu (studium fyzikálních procesů v Zemi). Znalosti je možno využít rovněž při posuzování přírodních rizik, řešení některých ekologických problémů a vyhledávání nerostných surovin.

*Profil absolventa studijního oboru:*

Absolvent má všeobecné znalosti fyziky a hlubší znalosti hlavních geofyzikálních disciplín. Absolventi se uplatňují ve výzkumných i komerčních pracovištích geofyzikálního a geodetického zaměření u nás a v zahraničí. Dobrá příprava v matematickém modelování, počítačové fyzice a pokročilých partiích programování vede k bezproblémovému uplatnění i v jiných oborech.

### Doporučený průběh studia

Nezbytným předpokladem úspěšného magisterského studia je získání základních znalostí v oboru na úrovni následujících předmětů:

<b>Mechanika kontinua</b>	2/1 Z,Zk	—
<b>Fourierova spektrální analýza</b>	2/1 Z,Zk	—
<b>Přehled geofyziky</b>	2/0 Zk	—
<b>Tíhové pole a tvar Země</b>	—	2/1 Z,Zk
<b>Seismologie</b>	—	2/2 Z,Zk
<b>Počítače v geofyzikální praxi</b>	—	0/2 Z
<b>Vybrané kapitoly z parciálních diferenciálních rovnic</b>	—	2/0 Zk

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím ročníku bakalářského studia a absolvování těchto předmětů nebo předmětů jim ekvivalentních je podmínkou pro připuštění ke státní závěrečné zkoušce na magisterském studiu.

### 1. rok magisterského studia

<b>Geomagnetismus a geoelektrina</b>	3/1 Z,Zk	—
<b>Numerické metody ve Fortranu</b>	2/2 KZ	—
<b>Šíření seismických vln</b>	2/1 Z,Zk	—
<b>Metody zpracování geofyzikálních dat</b>	—	2/1 Z,Zk
<b>Geotermika a radioaktivita Země</b>	—	2/1 Z,Zk
<b>Obrácené úlohy v geofyzice</b>	—	2/2 Z,Zk
Praktikum ze seismologie	0/2 Z	—
Fyzika seismického zdroje	2/0 Zk	—
Maticové metody v seismologii	1/1 KZ	—
Paprskové metody v seismice	—	2/1 Z,Zk
Užitá geofyzika - terénní měření	—	0/2 Z
Dynamika pláště a litosféry I	2/0 Zk	—
Dynamika pláště a litosféry II	—	2/0 Zk
Elektromagnetická indukce v zemském plášti	2/0 Zk	—
Rotace Země	—	2/0 Zk
Okrajové úlohy pro určení tíhového pole a tvaru Země I	—	2/0 Zk
Geodynamický seminář	0/2 Z	0/2 Z
Seismický seminář	0/2 Z	0/2 Z

### 2. rok magisterského studia

<b>Stavba Země</b>	3/0 Zk	—
Numerická předpověď zemětřesených pohybů půdy	2/0 Zk	—
Modelování seismických vln	2/0 Zk	—
Vysokofrekvenční modelování účinků seismického zdroje	2/0 Zk	—
Inverze seismických vlnových polí a časů šíření	—	2/0 Zk
Fortran 90 a paralelní programování	—	0/2 Z
Moderní instrumentální seismologie	—	2/0 Zk
Okrajové úlohy pro určení tíhového pole a tvaru Země II	2/0 Zk	—
Fyzika ionosféry a magnetosféry	2/0 Zk	—
Praktikum ze seismologie	—	0/2 Z
Geodynamický seminář	0/2 Z	0/2 Z
Seismický seminář	0/2 Z	0/2 Z
Seminář kvantové fyziky a chemie planet	—	0/2 Z

### Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- absolvování předmětů povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium
- získání alespoň 20 bodů z výběrově povinných předmětů

### Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

#### 1. Pohyby Země

Rotace Země. Průběh mechanických dějů na rotující Zemi. Země jako volný setrvačnik. Precese a nutace. Příliv a odliv, slapový potenciál.

#### 2. Základy nebeské mechaniky

Elementy dráhy planet. Poruchy elementů dráhy. Poruchy dráhy umělé družice vyvolané zploštěním planety a dalšími vlivy.

### 3. Reologie Země

Popis kontinua v křivočarých ortogonálních souřadnicích. Reologické vztahy. Viskoelastické prostředí.

### 4. Seismické vlny

Pohybová rovnice elastického anizotropního a izotropního prostředí. Separace pohybových rovnic, vlnové rovnice, podélné a příčné elastické vlny. Odraz a lom rovinných vln na rovinném rozhraní. Povrchové vlny Rayleighovy a Loveovy. Disperse. Vlny ve vertikálně nehomogenním prostředí, Fermatův princip a rovnice paprsku, rovnice hodochrony. Greenova funkce.

### 5. Řešení Maxwellových rovnic v úlohách geofyziky

Elektromagnetická indukce v Zemi vyvolaná změnami vnějšího magnetického pole.

### 6. Magnetohydrodynamika

Soustava rovnic magnetického dynamu v nitrech nebeských těles.

### 7. Pohyb nabitě částice v magnetickém poli

Pohyb v homogenním a nehomogenním poli. Pohyb v poli magnetického dipólu.

### 8. Termodynamické vlastnosti zemského nitra

Fázové přechody. Adiabatický gradient.

### 9. Newtonův potenciál

Vlastnosti Newtonových potenciálů. Legendrovy polynomy a sférické funkce. Věta o multipólovém rozvoji pro gravitační, elektrostatický a magnetostatický potenciál.

### 10. Metody zpracování časových řad

Fourierovy řady, Fourierův integrál. Spektrální analýza signálů s konečným výkonem. Klasické spektrální estimátory. Pronyova metoda. Filtrace časových řad. Lineární filtry. Digitální filtry. Nelineární systémy.

### 11. Statistické metody vyhodnocování geofyzikálních dat

Náhodné veličiny. Náhodné vektory. Hustoty. Věty o maticích. Normální rozdělení a rozdělení s ním související. Regrese. Korelace. Lineární model.

### 12. Řešení obrácených úloh

Lineární a nelineární obrácené úlohy. Úlohy přeřčené a podurčené. Aplikace.

### 13. Tíhové pole a tvar Země

Tíhový potenciál. Geoid a sféroid. Vzorec pro normální tíži. Clairautův teorém. Vzdálenost geoidu a sféroidu. Tíhová měření, jejich redukce, tíhové anomálie. Teorie isostase. Studium gravitačního pole Země pomocí umělých družic. Určování tvaru skutečného povrchu Země. Slapy Země.

### 14. Geomagnetismus a geoelektrina

Fenomenologický popis magnetického pole Země a jeho časových změn. Geomagnetická měření. Matematický popis geomagnetického pole. Paleomagnetismus, putování paleomagnetických pólů, inverze magnetického pole Země. Magnetické pole Slunce, planet a hvězd. Generování zemského magnetického pole, zemské magnetické dynamo. Vnější magnetické pole Země, jeho časové změny. Geoelektrina, výzkumy elektrické vodivosti v Zemi.

### 15. Fyzika ionosféry a magnetosféry

Struktura ionosféry a magnetosféry. Sluneční vítr. Polární záře.

### 16. Seismologie

Základní údaje o zemětřeseních, makroseismická stupnice, magnitudo a energie zemětřesení. Seismometrie a seismická pozorování. Seismické vlny ve sféricky symetrickém modelu Země, paprsky, hodochrony. Wiechert-Herglotzova metoda. Fyzika zemětřesení, seismicita a předpověď zemětřesení. Elastické vlastnosti Země jako celku, vlastní kmity Země.

### 17. Geotermika a radioaktivita Země

Přenos tepla v Zemi. Zdroje tepla v Zemi, tepelný tok. Radioaktivita hornin a stáří Země. Průběh teploty v Zemi.

### 18. Stavba a dynamika Země

Sféricky symetrické modely Země. Látkové složení zemského nitra. Laterální nehomogenity v Zemi. Povrchové projevy vnitřní dynamiky Země. Drift kontinentů, rozšiřování mořského dna. Tektonika litosférických desek.

## 3. Meteorologie a klimatologie

*Charakteristika studijního oboru:*

Obor meteorologie a klimatologie vychází především z hydrodynamiky a termodynamiky atmosféry, přičemž široce využívá poznatků dalších fyzikálních oborů a výpočetních metod zejména numerické matematiky a statistiky. Je

orientován na studium rozsáhlé škály atmosférických dějů včetně atmosférické optiky, akustiky a elektřiny, záření v atmosféře, fyziky oblaků a srážek apod. Soustřeďuje se především na aplikace dynamiky, energetiky a cirkulace atmosféry v oblasti meteorologických prognóz využívajících nejmodernějších metod numerické matematiky, dále na dnes silně aktuální problematiku znečištění ovzduší ve vztahu k ekologickým problémům, problematiku antropogenních vlivů na atmosféru, metody modelování klimatu, studium klimatických změn, problémů stratosférického i přízemního ozonu apod.

*Cíle studia:*

Cílem studia je vychovat absolventa se širokým spektrem znalostí a kompetencí v oblasti fyziky atmosféry, základního výzkumu i aplikované meteorologie a klimatologie s perspektivou uplatnění v ústavech Akademie věd, dalších výzkumných ústavech, na pracovištích vysokých škol, na pracovištích Českého hydrometeorologického ústavu, ve sféře ekologických aplikací poznatků v atmosféře, dále v řadě odvětví národního hospodářství ovlivňovaných atmosférickými procesy (doprava, zejména letecká, energetika, zemědělství atd.).

*Profil absolventa:*

Absolvent má široké znalosti ze základů fyziky, zejména s ohledem na fyziku atmosféry (hydrodynamika, termodynamika, šíření elektromagnetických vln, optika a elektřina, teorie nelineárních dynamických systémů, vlnové procesy apod.) a z potřebných matematických metod (řešení parciálních diferenciálních rovnic, numerická matematika, matematická statistika). Z hlediska vlastního oboru i příbuzných oborů je připraven pro řešení úkolů základního i aplikačního výzkumu i širokého spektra činností v praxi (povětrnostní služba, meteorologické zabezpečení v řadě odvětví národního hospodářství atd.). Obsahově je zaměřen především na problematiku dynamiky, energetiky a cirkulace atmosféry s perspektivou aplikací zejména v tematické oblasti numerických prognostických modelů, dále na oblast transportu, transformací a modelování znečišťujících příměsí v atmosféře a na oblast klimatologie vyznačující se aktuální problematikou modelování klimatu, antropogenních vlivů na klima, klimatické změny apod. Má rovněž znalosti z optiky a elektřiny atmosféry apod. umožňující mu uplatnění v řadě technických aplikací výzkumného i provozního charakteru.

**Doporučený průběh studia**

Nezbytným předpokladem úspěšného magisterského studia je získání základních znalostí v oboru na úrovni následujících předmětů:

<b>Hydrodynamika</b>	3/1 Z,Zk	—
<b>Metody zpracování fyzikálních měření</b>	—	2/0 Zk
<b>Seminář zpracování fyzikálních měření</b>	—	0/1 Z
<b>Dynamická meteorologie</b>	—	4/1 Z,Zk
<b>Synoptická meteorologie I</b>	—	3/0 Zk
<b>Všeobecná klimatologie</b>	—	4/0 Zk
<b>Meteorologické přístroje a pozorovací metody</b>	—	3/0 Zk

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím ročníku bakalářského studia a absolvování těchto předmětů nebo předmětů jim ekvivalentních je podmínkou pro připuštění ke státní závěrečné zkoušce na magisterském studiu.

**1. rok magisterského studia**

<b>Synoptická meteorologie II</b>	2/0 Zk	—
<b>Fyzika mezní vrstvy</b>	2/0 Zk	—
<b>Analýza povětrnostní mapy I</b>	1/3 KZ	—
<b>Metody numerické matematiky I</b>	2/1 Z,Zk	—
<b>Metody numerické matematiky II</b>	—	2/1 Z,Zk
<b>Analýza povětrnostní mapy II</b>	—	1/3 KZ
<b>Speciální klimatologický seminář</b>	—	0/3 Z
<b>Aplikace distančních pozorování a detekčních metod v meteorologii</b>	—	2/2 Z,Zk

<b>Synoptická interpretace diagnostických a prognostických polí</b>	—	2/2 Z,Zk
<b>Fyzika oblaků a srážek</b>	—	2/0 Zk
Statistické metody v meteorologii a klimatologii	2/1 Z,Zk	—
Šíření akustických a elektromagnetických vln v atmosféře	3/0 Zk	—
Regionální klimatologie a klimatografie ČR	4/0 Zk	—
Vlnové pohyby a energetika atmosféry	3/0 Zk	—
Turbulence v atmosféře	3/0 Zk	—
Dynamické předpovědní metody	3/0 Zk	—
Numerické řešení rovnic prognostických modelů	2/0 Zk	—

## 2. rok magisterského studia

<b>Chemismus atmosféry</b>	2/0 Zk	—
<b>Speciální meteorologický seminář I</b>	0/3 Z	—
<b>Speciální meteorologický seminář II</b>	—	0/3 Z
Speciální seminář realizace numerických předpovědních modelů	0/2 Z	0/2 Z
Letecká meteorologie	—	2/0 Zk
Elektrické jevy v atmosféře	2/0 Zk	—
Šíření exhalací v atmosféře	2/0 Zk	—
Atmosférické procesy mezosynoptického měřítka	3/0 Zk	—
Matematické modelování oblačných a srážkových procesů v atmosféře	2/0 Zk	—

### Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- absolvování předmětů povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium
- získání alespoň 12 bodů z výběrově povinných předmětů
- doporučuje se absolvování odborné praxe 2 týdny a předdiplomní praxe 3 týdny

### Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

#### A. Společné požadavky

Horizontální a vertikální rozdělení meteorologických prvků, denní a roční chody. Termodynamika suchého, vlhkého a nasyceného vzduchu – vlhkostní charakteristiky, stavové rovnice, vratné adiabatické děje, pseudoadiabatický děj, fázové přeměny vody. Atmosféra v hydrostatické rovnováze – homogenní, adiabatická, isothermální atmosféra. Vertikální stabilita atmosféry – metoda částice, metoda vrstvy, vtahování, teplotní inverze a příčiny jejich vzniku. Kinematika a dynamika proudění vzduchu, vliv tření na proudění, základní typy proudění (geostrofický, ageostrofický vítr a jeho složky, gradientový, divergentní, nedivergentní proud apod). Změny větru s výškou, stříh větru, termální vítr. Vzduchové hmoty – vznik, rozdělení, transformace, charakteristiky a podmínky počasí. Atmosférické fronty – definice, dynamická a kinematická podmínka, tlakové pole, druhy front, počasí. Tlakové útvary – barotropní a baroklinní instabilita. Stavba a vývoj tlakových útvarů, regenerace, změny tlaku, změny teplot, podmínky počasí v tlakové výši a níže, výškové frontální zóny, deformační pole. Tryskové proudění. Vorticitata a cirkulace – cirkulační teorémy, rovnice vorticity, divergenční teorém, balanční rovnice, použití. Druhy a metody výpočtu vertikálních pohybů, rovnice omega a její diskuse. Předpověď konvekce. Energetika atmosféry, transformace energie v atmosféře, dostupná potenciální energie, vlnové pohyby a kmity v atmosféře. Konstrukce přízemních a výškových map, metody předpovědi polí meteorologických prvků (synoptické, objektivní). Klimatický systém, pozorovaný stav atmosféry a oceánů (teplotní struktura, srážky, salinita), definice klimatu. Radiační a tepelná bilance zemského povrchu, atmosféry, soustavy Země-atmosféra (fyzikální zákony, sluneční radiace, dlouhovlnná radiace, rovnice radiačních přenosů, tok tepla do litosféry a hydrosféry). Denní a roční chody jednotlivých složek radiační a tepelné bilance. Vliv aktivního povrchu na radiační a tepelnou bilanci. Základní parametrizace členů radiační a tepelné bilance. Vodní bilance atmosféry, kontinentů, oceánů. Cirkulace atmosféry. Všeobecná cirkulace troposféry a stratosféry, pasátová a monzunová cirkulace, intertropická zona konvergence, místní cirkulační systémy. Cirkulace v oceánech, interakce atmosféra – oceán. Přírozené a antropogenní změny

klimatu, příčiny klimatických změn, citlivost klimatického systému na vnější a vnitřní vlivy, zpětné vazby, globální klimatické modely. Metody statistické analýzy klimatických prvků a polí.

Pojem mezní vrstvy atmosféry. Teorie vazkého proudění, Stokesovy a Navierovy rovnice, charakteristiky podobnosti. Turbulence v atmosféře, mechanické a termické příčiny turbulentní difúze, rovnice turbulentního proudění, Reynoldsova napětí, Prandtlůva teorie směšovací délky, koeficient turbulentní difúze, izotropní a neizotropní turbulence, intenzita turbulence, dynamická (frikční) rychlost. Teorie přízemní a spirální vrstvy, laminární podvrstva, vertikální profily proudění v přízemní vrstvě, Taylorova (Ekmanova) spirála a její zobecnění vzhledem k dějům v reálné atmosféře. Difúze tepla a vodní páry v mezní vrstvě, chody teploty a charakteristik vlhkosti vzduchu, konvekce v mezní vrstvě, turbulentní a konvekční toky tepla a vodní páry, podmínky výparu z hlediska dějů v mezní vrstvě, radiační děje v blízkosti zemského povrchu. Transformace kinetické energie v mezní vrstvě, kinetická energie turbulentních fluktuací rychlosti proudění, teorie podobnosti, Richardsonovo číslo, Moninova a Obuchovova délka, bezrozměrné vertikální profily složek hybnosti, teploty a vlhkosti, problém uzávěru. Proudění přes horské překážky, modely mezní vrstvy atmosféry.

Mikrostruktura a makrostruktura oblaků, úloha kondenzačních jader, koalescence, teorie vzniku srážek, lom, odraz a rozptyl elektromagnetických vln v atmosféře, šíření zvuku v atmosféře, oblačná elektřina, elektrické výboje v atmosféře, vysvětlení základních úkazů atmosférické optiky, akustiky a elektřiny, teorie meteorologické dohlednosti, radiolokační rovnice, radarové a družicové metody meteorologických pozorování.

## **B. Užší zaměření**

Posluchač si volí dva z okruhů otázek 1–3.

### *1. okruh*

Formulace rovnic předpovědních modelů, zjednodušující aproximace, zahrnutí vlnových pohybů, předpovědní model v hydrostatickém přiblížení, rovnice mělké vody, formulace počátečních a okrajových úloh předpovědních modelů (globální model, model na omezené oblasti), horizontální i vertikální souřadnice používané v modelech, transformovaná vertikální souřadnice kopírující terén, příprava vstupních údajů, objektivní analýza a asimilace dat, inicializace, normální módy, metody časové integrace rovnic meteorologických modelů (explicitní a semiimplicitní metody časové aproximace), stabilita aproximace a konvergence schémat časové integrace, prostorová aproximace rovnic – diferenční metody, Galerkinovy aproximace – spektrální metody a metoda konečných prvků, metody faktorizace, aproximace nelineárních členů rovnic v Eulerově tvaru semi-Lagrangeovou metodou, parametrizace některých fyzikálních dějů (fázových změn vody v atmosféře, srážek, konvekce, dějů v mezní vrstvě, záření apod.). Synoptická interpretace výstupů modelů, hlavní faktory limitující úspěšnou předpověď meteorologických polí, prediktabilita atmosférických procesů, teoretické a praktické meze prediktability.

### *2. okruh*

Struktura energetických a radiačně konvektivních modelů, parametrizace mezišířkových přenosů energie, radiačních procesů, zpětné vazby. Trojrozměrné cirkulační klimatické modely. Struktura modelů se směšovací vrstvou v oceánu, interpretace modelových výstupů. Struktura modelů atmosféra-oceán, parametrizace základních fyzikálních procesů, interpretace výstupů (kontrolní klima, experiment s růstem koncentrací skleníkových plynů a aerosolů v atmosféře). Statistické metody objektivní klasifikace cirkulace atmosféry.

### *3. okruh*

Antropogenní příměsi a jejich zdroje, emise, exhalace, imise, difúze příměsí v atmosféře, hlavní typy modelů pro transport znečišťujících příměsí v atmosféře a jejich aplikace, vstupní parametry, prostorová měřítko transportu znečišťujících příměsí, značkovací látky, suchá a mokrá depozice, chemické reakce znečišťujících příměsí, základy atmosférické chemie, znečištění srážkové a oblačné vody, přízemní a stratosférický ozon, prekursor ozonu, typizace meteorologických podmínek pro účely ochrany čistoty ovzduší, monitorování znečištění vzduchu, ekologické problémy související se znečištěním atmosféry.

## **4. Teoretická fyzika**

*Charakteristika studijního oboru:*

Pojem „teoretická fyzika“ znamená spíše přístup k vědeckému zkoumání, než specifickou oblast fyziky. Jako studijní obor seznamuje studenty hlouběji s matematickými metodami a základními pilíři moderní fyziky, teorií relativity a kvantovou teorií a jejich základními aplikacemi v kosmologii a astrofyzice, atomové fyzice a fyzice kondenzovaného

stavu. Podle zaměření diplomové práce se pak studenti seznamují s teoretickým zázemím dalších oblastí fyziky jako je fyzika plazmatu, chemická fyzika, jaderná a subjaderná fyzika, klasická mechanika kontinua atd.

#### *Cíle studia:*

Cílem studia je poskytnout absolventovi dobrou znalost základních matematických metod a základních metod teoretické fyziky, které mu umožní rychlé přizpůsobení výzkumným metodám v široké oblasti fyzikálních, ale i mimofyzikálních aplikací.

#### *Profil absolventa:*

Absolvent má dobré znalosti matematických metod i dobré základy základních fyzikálních teorií. Způsob studia, založený na poměrně značné volnosti ve výběru přednášek, zaručuje velkou přizpůsobivost absolventa a schopnost uplatnit se nejen v různých oblastech fyziky, ale i v jiných činnostech, ve kterých se uplatňují matematické metody.

#### **Doporučený průběh studia**

Nezbytným předpokladem úspěšného magisterského studia je získání základních znalostí v oboru na úrovni následujících předmětů:

<b>Termodynamika a statistická fyzika I</b>	3/2 Z,Zk	—
<b>Termodynamika a statistická fyzika II</b>	—	3/2 Z,Zk
<b>Kvantová teorie I <sup>1</sup></b>	4/2 Z,Zk	—
<b>Kvantová teorie II <sup>2</sup></b>	—	4/2 Z,Zk

<sup>1</sup> Místo této přednášky lze zapsat Kvantová mechanika I

<sup>2</sup> Místo této přednášky lze zapsat Kvantová mechanika II

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím ročníku bakalářského studia a absolvování těchto předmětů nebo předmětů jim ekvivalentních je podmínkou pro připuštění ke státní závěrečné zkoušce na magisterském studiu.

#### **1. rok magisterského studia**

<b>Relativistická fyzika I</b>	4/2 Z,Zk	—
<b>Relativistická fyzika II</b>	—	4/2 Z,Zk
<b>Kvantová teorie pole I <sup>1</sup></b>	4/2 Z,Zk	—
<b>Kvantová teorie pole II <sup>2</sup></b>	—	4/2 Z,Zk
<b>Teorie kondenzovaného stavu I</b>	2/0 Zk	—
Teorie kondenzovaného stavu II <sup>3</sup>	—	2/0 Zk
Cvičení z teorie kondenzovaného stavu I <sup>3</sup>	0/2 Z	—
Cvičení z teorie kondenzovaného stavu II <sup>3</sup>	—	0/2 Z

<sup>1</sup> Místo této přednášky lze zapsat Kvantová teorie pole I.

<sup>2</sup> Místo této přednášky lze zapsat Kvantová teorie pole II.

<sup>3</sup> Především pro studenty zaměřené na teorii kondenzovaného stavu.

#### **2. rok magisterského studia**

<b>Seminář matematické fyziky</b>	0/2 Z	0/2 Z
<b>Výběrové a výběrově povinné předměty</b>		

#### Výběrově povinné předměty

Cvičení z teorie kondenzovaného stavu I	0/2 Z	—
---	-------	---

Kvantová teorie pole II	—	4/2 Z,Zk
Relativistická fyzika II	—	4/2 Z,Zk
Teorie kondenzovaného stavu II	—	2/0 Zk
Cvičení z teorie kondenzovaného stavu II	—	0/2 Z
Kvantová teorie pole II	—	4/2 Z,Zk
Geometrické metody teoretické fyziky	—	3/2 Z,Zk
Kalibrační teorie polí	2/0 Zk	—
Teorie grup a symetrie ve fyzice I	3/0 Zk	—
Teorie grup a symetrie ve fyzice II	—	2/0 Zk
Základy teorie elektroslabých interakcí	—	2/2 Z,Zk
Teoretická atomová fyzika	2/0 Zk	—
Teorie plazmatu	2/0 Zk	—
Teorie fázových přechodů	2/0 Zk	—
Vybrané partie teorie kvantovaných polí I	3/0 Zk	—
Vybrané partie teorie kvantovaných polí II	—	3/0 Zk
Vybrané kapitoly z matematické fyziky	—	2/0 Zk
Deterministický chaos	—	2/0 Zk
Procesy v kosmickém plazmatu	—	2/0 Zk
Kvantové fázové přechody	—	2/0 Zk
Kvantová teorie molekul	—	3/2 Z,Zk
<hr/>		
Pravděpodobnostní metody ve fyzice I	2/0 Zk	—
Pravděpodobnostní metody ve fyzice II	—	2/0 Zk
Pravděpodobnost a matematika fázových přechodů I	2/0 Zk	—
Pravděpodobnost a matematika fázových přechodů II	—	2/0 Zk
Základy počítačové fyziky I	2/1 Z,Zk	—
Základy počítačové fyziky II	—	2/2 Z,Zk
Moderní aplikace statistické fyziky I	2/0 Zk	—
Moderní aplikace statistické fyziky II	—	2/0 Zk
Statistická fyzika kvantových mnohočásticových systémů I	2/0 Zk	—
Statistická fyzika kvantových mnohočásticových systémů II	—	2/0 Zk
Klasická teorie záření	—	2/0 Zk
Interpretace kvantové mechaniky	2/1 Zk	—
Počítačové simulace ve fyzice mnoha částic	2/0 Zk	—
Pokročilé simulace ve fyzice mnoha částic	—	2/0 Zk
Nebeská mechanika I	4/0 Zk	—
Nebeská mechanika II	—	4/0 Zk
Elementární procesy v kosmické fyzice	—	2/1 Zk
Seminář matematické fyziky	0/2 Z	0/2 Z
Relativistický seminář	0/2 Z	0/2 Z
Seminář atomové fyziky	0/2 Z	0/2 Z
Seminář teoretické fyziky II	—	0/2 Z

### Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- absolvování předmětů povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium
- získání alespoň 35 bodů z výběrově povinných předmětů (z toho alespoň 25 bodů z předmětů zakončených zkouškou)

### Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

#### A. Společné požadavky

##### 1. Relativistická fyzika

Lorentzovy transformace a jejich kinematické důsledky. Prostorčas, čtyřrozměrný formalismus. Elektrodynamika, tenzor energie a hybnosti, hydrodynamika. Základní principy obecné teorie relativity, Einsteinův gravitační zákon, Schwarzschildovo řešení, experimentální ověření obecné relativity. Standardní kosmologické modely.

#### 2. Statistická fyzika

Fázový prostor, rozdělovací funkce, operátor hustoty, Liouvilleův teorém a jeho důsledky. Boltzmannova rovnice a kinetická teorie. Základní statistická rozdělení: mikrokanonické, kanonické a grandkanonické, ideální plyn klasický a kvantový, statistika Maxwelllova-Boltzmannova, Fermiho-Diracova, Boseova-Einsteinova. Záření absolutně černého tělesa. Supratekutost. Entropie ve statistické fyzice. Fluktuační termodynamických veličin. Základy teorie neideálních plynů.

#### 3. Kvantová fyzika

Pojem stavu v kvantové teorii. Operátory základních fyzikálních veličin. Schrödingerova rovnice. Základy teorie reprezentací, unitární transformace, reprezentace Schrödingerova, Heisenbergova a interakční (Diracova). Moment hybnosti, zavedení a popis spinu v nerelativistické kvantové mechanice. Základy teorie skládání momentů hybnosti, Clebschovy koeficienty. Klasická limita kvantové teorie, princip korespondence. Systémy identických částic. Princip nerozlišitelnosti identických částic a jeho důsledky, fermiony a bosony. Základy teorie chemické vazby. Druhé kvantování, Boseova a Fermiho statistika. Základy teorie poruch, přiblížení WKB. Matice S a T, metoda parciálních vln, optický teorém. Relativistická kvantová mechanika. Rovnice Kleinova-Gordonova, Diracova rovnice a její důsledky, pohyb elektronu v elektromagnetickém poli. Kvantování volných polí, Fockův prostor. Interakce polí: interakční lagrangiány, typy vazeb, S-matice, Feynmanovy diagramy.

#### 4. Fyzika pevných látek

Pevná látka jako kvantově mechanický problém mnoha částic, elektrony a fonony – základní typy kvazičástic v pevných látkách. Reakce elektronů v pevné látce na vnější pole. Kohezní energie, základní typy vazeb.

#### 5. Počítačová fyzika

Přehled hlavních směrů počítačové fyziky. Numerické metody: aproximace, numerická integrace a derivace, řešení nelineárních rovnic, soustav lineárních rovnic, obyčejných a parciálních diferenciálních rovnic.

## B. Užší zaměření

Studenti si volí dva z okruhů otázek 1–7.

#### 1. Matematické metody

Základy teorie míry, základy funkcionální analýzy a teorie distribucí. Banachovy a Hilbertovy prostory, lineární operátory a funkcionály. Rovnice matematické fyziky, speciální funkce. Definice distribuce a základní operace s distribucemi, Fourierova transformace. Základy diferenciální geometrie na varietách. Základní pojmy teorie grup.

#### 2. Matematická fyzika

Grupy a jejich reprezentace, základní fyzikální aplikace. Geometrické metody ve fyzice (diferencovatelné variety, tenzory a diferenciální formy – příklady aplikací). Základní pojmy teorie dynamických systémů, ergodičnost. Základy teorie pravděpodobnosti, zákon velkých čísel, centrální limitní věta, podmíněné pravděpodobnosti. Základy matematické statistické fyziky, termodynamická limita, Gibbsovy stavy, fázové přechody, Isingův model, Onsagerovo řešení, nízko- a vysokoteplotní rozvoje, dualita. Kritické jevy, renormalizační grupa, Feynmanův integrál, euklidovská kvantová teorie pole a statistická fyzika.

#### 3. Hydrodynamika a teorie plazmatu

Pohybové rovnice dokonalé a viskózní kapaliny a jejich důsledky; turbulence. Základy teorie elektromagnetického záření. Boltzmannova kinetická rovnice, rovnice fluidové a magnetohydrodynamické. Rovnováha, stabilita a nestabilita plazmatu. Šíření vln v plazmatu, disperzní rovnice. Absorpce vln v plazmatu, Landauův útlum. Nelineární interakce vln s plazmatem.

#### 4. Relativistická fyzika a astrofyzika

Obecná teorie relativity: princip ekvivalence a princip obecné kovariance, rovnice geodetiky, gravitační rudý posuv. Tenzorová analýza, křivost. Einsteinův gravitační zákon. Schwarzschildovo řešení, černé díry a gravitační kolaps. Linearizovaná teorie gravitace, gravitační vlny. Relativistická astrofyzika: relativistické modely hvězd. Chandrasekharova mez a závěrečná stadia vývoje hvězd. Relativistická kosmologie: Hubbleova expanze. Kosmologický princip, Robertsonova-Walkerova metrika. Friedmannovy modely. Kosmologický rudý posuv. Počáteční stadia vývoje vesmíru, antropický princip.

#### 5. Kvantová teorie pole

Metoda výpočtu Greenových funkcí pomocí Feynmanovy funkcionální integrace. (Aktivní znalost alespoň pro případ kvantově mechanických systémů.) Transformace kvantových polí. Transformace C, P, T. Časoprostorová transformace, transformace vnitřních symetrií. Důsledky invariance vůči těmto transformacím. (Aktivní znalost

umožňující využití těchto důsledků při konstrukci lagrangianů, korelování pravděpodobnosti různých procesů, ap.) Poruchová teorie, Wickova věta a její aplikace. Výpočty pravděpodobnosti, resp. účinných průřezů konkrétních procesů v nejnižším řádu poruchové teorie (např. rozpad mionu, Comptonův rozptyl, rozptyl  $e+e-$ , mion elektron,  $e-e-$ , ...). Aktivní znalost kvantové elektrodynamiky alespoň v rozsahu umožňujícím spočítat pravděpodobnost jakéhokoliv elektromagnetického procesu na úrovni stromových diagramů. Základní znalosti v problematice ultrafialových a infračervených divergencí – renormalizace na úrovni jednosmyčkových diagramů.

#### 6. Fyzika pevných látek

Pevná látka jako kvantově mechanický problém mnoha částic. Zvláštnosti úlohy: hraniční podmínky, symetrie, celková energie a elementární excitace. Základní výsledky pásové teorie. Korelační energie. Přehled spojitých a mřížových modelů v teorii kondenzačních soustav. Metody výpočtu celkové energie PL. Elektronový plyn jako modelový systém PL. Pásová teorie: symetrie, interakce s vnějšími poli. Kvazičástice a jednočásticová GF. Nekonečné soustavy z hlediska kvantové statistiky a teorie pole. Nevratnost a relaxace. Rozpad korelací. Lineární odezva, flukтуаčně-disipační teorém.

#### 7. Počítačová fyzika

Numerické metody: aproximace a interpolace funkcí, integrace a derivace, řešení nelineárních rovnic a soustav lineárních rovnic, řešení obyčejných a parciálních diferenciálních rovnic. Počítačové simulace ve fyzice mnoha částic. Základy metody Monte Carlo (MC). Základy metody molekulární dynamiky. Základy kvantových simulací. Metody a prostředky programování: strukturované programování, objektově orientované programování, vektorizace a paralelizace, jazyky pro symbolické manipulace.

## 5. Fyzika kondenzovaných soustav a materiálů

*Charakteristika studijního oboru:*

Obor je věnován experimentálnímu i teoretickému studiu vlastností kondenzovaných soustav, jejich mikrofyzikální interpretaci a možnostem aplikací, zejména se zřetelem na současný rozvoj materiálového výzkumu. Po absolvování výuky společné pro celý obor si studenti mohou volit jeden ze studijních bloků: Fyzika atomových a elektronových struktur, Fyzika makromolekulárních látek, Fyzika materiálů, Fyzika nízkých teplot, Fyzika reálných povrchů. Každý z uvedených tematických bloků zabezpečuje obecné vzdělání v oboru na současné úrovni poznání a profiluje absolventa ve zvolené specializaci.

*Cíle studia:*

Cílem je poskytnout široké vzdělání v kvantové teorii, termodynamice a statistické fyzice ve vazbě na současné přístupy teorie kondenzovaných soustav a to soustav anorganických, tak organických a makromolekulárních. Současně poskytnout přehled o principech moderních experimentálních metod a technologických postupů. Ve vybraném studijním bloku poskytnout hlubší vzdělání a praktické dovednosti.

*Profil absolventa:*

Široké vzdělání v matematice, v teoretických fyzikálních disciplínách vázaných na fyziku kondenzovaných soustav a v experimentálních a počítačových metodách. Vzdělání zabezpečuje širokou flexibilitu absolventů. Vhodným uplatněním jsou zejména pracoviště základního fyzikálního, chemického a biomedicínského výzkumu, vysoké školy uvedeného zaměření, laboratoře aplikovaného materiálového výzkumu a vývoje, zkušební laboratoře strojírenského, elektrotechnického, elektrotechnického a chemického průmyslu (především v oblasti makromolekulárních látek a organické chemie), ústavy zaměřené na ochranu a modifikaci materiálů a pracoviště v hygienické a ekologické službě.

#### Doporučený průběh studia

Studenti si volí jedno ze zaměření Fyzika atomových a elektronových struktur, Fyzika makromolekulárních látek, Fyzika materiálů, Fyzika nízkých teplot a Fyzika reálných povrchů.

Nezbytným předpokladem úspěšného magisterského studia je získání základních znalostí v oboru na úrovni následujících předmětů:

<b>Kvantová teorie</b>	4/2 Z, Zk	—
<b>Úvod do fyziky kondenzovaných soustav</b>	—	6/0 Zk
<b>Experimentální cvičení</b>	—	0/2 Z

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím ročníku bakalářského studia a absolvování těchto předmětů nebo předmětů jim ekvivalentních je podmínkou pro připuštění ke státní závěrečné zkoušce na magisterském studiu.

## 1. rok magisterského studia

<b>Společné předměty</b>		
<b>Aplikovaná kvantová teorie</b>	3/2 Z, Zk	—
<b>Experimentální cvičení z fyziky kondenzovaného stavu I</b>	0/2 Z	—
<b>Experimentální cvičení z fyziky kondenzovaného stavu II</b>	—	0/2 Z
<b>Oborový seminář</b>	0/2 Z	0/2 Z
<b>Fyzika atomových a elektronových struktur</b>		
<b>Elektronové vlastnosti kondenzovaných látek</b>	4/2 Z, Zk	—
<b>Strukturální analýza</b>	2/2 Z, Zk	—
<b>Experimentální metody fyziky kondenzovaných soustav I</b>	3/2 Zk	—
<b>Experimentální metody fyziky kondenzovaných soustav II</b>	—	3/2 Zk
<b>Kolektivní jevy v kondenzovaných látkách</b>	—	4/2 Z, Zk
Základy krystalografie	2/0 Zk	—
Elektronová mikroskopie	2/0 Zk	—
Elektronová teorie kondenzovaných látek	—	3/1 Z, Zk
Fyzika magnetických látek	—	2/0 Zk
Fyzika dielektrik	—	2/0 Zk
Supravodivost	—	2/0 Zk
Elektronový transport v kvantových systémech	—	2/1 Z, Zk
Využití rozptylu neutronů v materiálovém výzkumu	—	2/0 Zk
Difrakční metody	—	2/0 Zk
<b>Fyzika makromolekulárních látek</b>		
<b>Statistická termodynamika kondenzovaných soustav</b>	2/1 Z, Zk	—
<b>Experimentální metody fyziky kondenzovaných soustav I</b>	3/0 Zk	—
<b>Experimentální metody fyziky kondenzovaných soustav II</b>	—	3/0 Z, Zk
<b>Semestrální práce</b>	0/2 Z	—
<b>Základy makromolekulární fyziky</b>	—	3/0 Zk
<b>Základy makromolekulární chemie</b>	2/1 Z, Zk	—
<b>Elektrické a optické vlastnosti polymerů</b>	—	2/0 Z
Pravděpodobnostní metody fyziky makromolekul	—	2/0 Zk
Rentgenová strukturální analýza biomolekul	2/0 Zk	—
Vybrané partie z infračervené spektroskopie	—	2/0 Zk
<i>Fyzika povrchů a tenkých vrstev polymerů</i>	2/0 Zk	—
<i>Měřicí metody elektrických vlastností polymerů</i>	—	2/0 Zk
<i>Automatizace experimentů</i>	—	2/1 Z
<i>Základy vytváření polymerních struktur</i>	—	2/0 Zk
<b>Fyzika materiálů</b>		
<b>Teorie kondenzovaných látek</b>	3/1 Z, Zk	—
<b>Struktura materiálů</b>	3/0 Zk	—
<b>Termodynamika materiálů</b>	—	2/0 Zk
<b>Fyzika materiálů I</b>	2/0 Zk	—
<b>Semestrální práce</b>	0/2 Z	—
<b>Technologie materiálů</b>	—	2/0 Zk
<b>Moderní experimentální metody fyziky materiálů</b>	3/0 Zk	—

<b>Fyzika materiálů II</b>	—	2/0 Zk
Základy krystalografie	2/0 Zk	—
Elektronová mikroskopie	2/0 Zk	—
Praktické užití elektronové mikroskopie	—	0/2 Z
Kinetika fázových transformací	—	2/0 Zk
Mechanické vlastnosti nekovových materiálů	—	2/0 Zk
Supravodivost	—	2/0 Zk
<hr/>		
Fyzika nízkých teplot		
<b>Statistická termodynamika kondenzovaných soustav</b>	2/1 Z,Zk	—
<b>Semestrální práce</b>	0/2 Z	—
<b>Experimentální metody fyziky kondenzovaných soustav I</b>	3/0 Zk	—
<b>Experimentální metody fyziky kondenzovaných soustav II</b>	—	3/0 Z,Zk
<b>Fyzika a technika nízkých teplot</b>	2/0 Zk	—
<b>Makroskopické kvantové jevy I</b>	2/0 Z	—
<b>Makroskopické kvantové jevy II</b>	—	2/0 Zk
<b>Hyperjemné interakce a jaderný magnetismus</b>	—	2/0 Zk
<b>Vybrané kapitoly z fyziky kondenzovaných látek</b>	—	4/0 Zk
Základy krystalografie	2/0 Zk	—
Aplikovaná strukturní analýza	2/0 Zk	—
Jaderné metody studia kondenzovaných soustav	—	2/0 Zk
Vybrané kapitoly z teorie a metodiky NMR	2/0 Zk	—
<hr/>		
Fyzika reálných povrchů		
<b>Statistická termodynamika kondenzovaných soustav</b>	2/1 Z,Zk	—
<b>Semestrální práce</b>	0/2 Z	—
<b>Experimentální metody fyziky kondenzovaných soustav I</b>	3/0 Zk	—
<b>Fyzika povrchů</b>	2/1 Z,Zk	—
<b>Experimentální metody studia povrchů</b>	—	3/0 Zk
<b>Fyzika přípravy tenkých vrstev</b>	2/0 Zk	—
Rentgenové difrakční studium reálné struktury tenkých vrstev	—	2/0 Zk
Procesy plazmové polymerace	2/0 Zk	—
Modifikace povrchů a její aplikace	—	2/0 Zk
Mikroskopie povrchů a tenkých vrstev	—	2/0 Zk
Vakuová technika a technologie	2/0 Zk	—
Základy makromolekulární chemie	2/1 Z,Zk	—

## 2. rok magisterského studia

Společný předmět		
<b>Oborový seminář</b>	0/2 Z	0/2 Z
<hr/>		
Fyzika atomových a elektronových struktur		
Magnetismus a elektronová struktura kondenzovaných látek	2/0 Zk	—
Interakce v magnetických látkách	2/2 Z,Zk	—
Fyzika korelovaných elektronů	2/0 Zk	—
Fyzika polovodičů pro optoelektroniku I	2/0 Zk	—
Nerovnovážná statistická fyzika a termodynamika	3/0 Zk	—
Neutronové a synchrotronové záření v magnetických látkách	2/2 Z,Zk	—
Aplikovaná strukturní analýza	2/0 Zk	—
Studium reálné struktury pevných látek	2/0 Zk	—
Difrakce rentgenového záření dokonalými krystaly	2/0 Zk	—
Metody řešení a upřesňování krystalových struktur monokrystalů	—	1/1 Zk
Fyzika ve vysokých tlacích	2/0 Zk	—
Fyzika ve vysokých magnetických polích	2/0 Zk	—
Magnetické struktury	2/0 Zk	—

Moderní materiály s aplikačním potenciálem	—	2/0 Zk
<b>Fyzika makromolekulárních látek</b>		
<b>Moderní směry ve fyzice makromolekul</b>	3/0 Zk	—
Teorie tvorby polymerních struktur	2/0 Zk	—
Základy molekulární elektroniky	2/0 Zk	—
<i>Experimentální cvičení III</i>	0/3 Z	—
<i>Strukturní teorie relaxačního chování polymerů</i>	2/0 Zk	—
<b>Fyzika materiálů</b>		
<b>Fyzika materiálů III</b>	2/0 Zk	—
Studium reálné struktury pevných látek	2/0 Zk	—
Vybrané problémy fyziky reálných povrchů	3/0 Zk	—
Moderní směry ve fyzice makromolekul	3/0 Zk	—
Základy mechaniky tekutin a turbulence	2/0 Zk	—
Seminář fyziky reálných povrchů	0/2 Z	0/2 Z
<b>Fyzika nízkých teplot</b>		
<b>Elektronový transport v kvantových systémech</b>	3/0 Zk	—
Základy mechaniky tekutin a turbulence	2/0 Zk	—
Mossbauerova spektroskopie	2/0 ZK	—
NMR v magneticky uspořádaných látkách	1/0 ZK	—
NMR v vysokého rozlišení v kapalinách	2/0 Zk	—
<b>Fyzika reálných povrchů</b>		
Vybrané problémy fyziky reálných povrchů	3/0 Zk	—
Seminář z fyziky polymerů	0/2 Z	0/2 Z
Tvrdé a supertvrdé vrstvy a jejich aplikace	2/0 Zk	—
Aplikace tenkých vrstev v optice a elektronice	2/0 Zk	—
Optické vlastnosti tenkých vrstev	2/0 Zk	—

### Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- absolvování předmětů povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium
- získání alespoň 10 bodů z výběrově povinných předmětů

### Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

#### A. Společné požadavky

##### 1. Principy kvantově mechanického popisu atomů, molekul a kondenzovaných soustav

Problém mnoha částic v kvantové mechanice, symetrie vlnové funkce, skládání momentu hybnosti. Hundova pravidla. Aproximativní metody, variační princip, poruchový počet, adiabatická aproximace, jednoelektronové přiblížení. Elektronové stavy v atomech, molekulách a kondenzovaných systémech, vliv symetrie, Blochův teorém. Typy vazeb v molekulách a kondenzovaných soustavách. Druhé kvantování. Kvazičástice v kondenzovaných soustavách. Interakce elektromagnetického záření s látkou. Absorpce a emise fotonu, stimulovaná a spontánní emise, výběrová pravidla. Doba života kvantových stavů, přirozená šířka spektrální čáry.

##### 2. Termodynamika a statistická fyzika kondenzovaných soustav

Termodynamická rovnováha, stavové veličiny, hlavní termodynamické věty a jejich důsledky. Termodynamické potenciály, podmínky rovnováhy a stability, kritické jevy, fázové přechody, Landauova teorie. Popis nerovnovážných procesů, lineární nerovnovážná termodynamika. Statistický popis stavu, distribuční funkce a matice hustoty. Liouvilleova rovnice. Gibbsovy stacionární soubory, souborové středování, stavová suma. Klasické a kvantové systémy neinteragujících částic, ideální plyny. Langevinova rovnice, teorie Brownova pohybu.

### 3. Struktura

Symetrie, základy krystalografie, tenzorový popis makroskopických vlastností látek. Reálná struktura látek a způsoby jejího popisu.

### 4. Experimentální metody

Základní difrakční a zobrazovací metody, difrakce rtg záření, elektronů a neutronů a metody určování struktury, elektronová mikroskopie. Základní typy spektroskopických metod, spektroskopie s Fourierovou transformací. použití radiofrekvenční, mikrovlnné, infračervené, optické, rentgenové a gama spektroskopie. Fyzikální základy experimentů využívaných při studiu elektronových, atomových, mechanických, tepelných, dielektrických, optických a transportních vlastností látek. Mikroskopické a makroskopické metody. Analýza experimentálních dat.

## B. Užší zaměření

Student si volí okruh otázek odpovídající jeho zaměření.

### 1. Fyzika atomových a elektronových struktur

#### *Atomová a elektronová struktura látek a metody jejího studia*

Operace symetrie, bodové a prostorové grupy. Používání strukturních databází. Symetrie krystalů, kvazikrystalů, modulovaných struktur a amorfních látek. Symetrie fyzikálních vlastností. Kinematická teorie difrakce: rozptyl na elektronu, atomu a molekule; rozptyl na periodických a nízkodimenzionálních strukturách. Rentgenová, elektronová a neutronová difrakce, rozptyl částic. Fázový problém, určování struktur krystalů a magnetických struktur. Základy dynamické teorie difrakce. Difrakční metody studia atomové, reálné a magnetické struktury látek. Fyzikální základy experimentů: rentgenová spektroskopie a absorpce, elektronová mikroskopie a spektroskopie, Ramanova a IČ spektroskopie, fotoemisní a magnetooptická spektroskopie, radiofrekvenční spektroskopie, mikroskopie povrchů, rozptyl iontů, jaderné metody, Mossbauerova spektroskopie, pozitronová anihilační spektroskopie a mionová rezonanční spektroskopie. Využití neutronů a synchrotronového záření. Analýza experimentálních dat. Synergie mikroskopických a makroskopických metod. Počítačové simulace fyzikálních procesů. Ab initio výpočty elektronové struktury a fyzikálních vlastností.

#### *Elektronové vlastnosti kondenzovaných látek*

Elektronová struktura, strukturní, magnetické a další elektronové vlastnosti. Hyperjemné interakce. Elektronové korelace. Magnetické momenty, magnetizace a susceptibilita reálných materiálů. Interakce s krystalovým polem a výměnná interakce. Magnetické uspořádání a struktury. Elektronová struktura a magnetické vlastnosti. Kondův jev. Magnetické materiály pro aplikace. Elektrická permitivita polárních a nepolárních látek. Feroelektrika. Dynamika elektronů ve vnějších polích. Mechanismy rozptylu elektronů a zavedení relaxační doby. Mikroskopická interpretace elektrické a tepelné vodivosti. Hallův jev. Termoeltrické vlastnosti. Rovnovážné a nerovnovážné nosiče náboje. Fotoelektrické vlastnosti. Kvantový transport elektronů při nízkých teplotách. Mezipásové a vnitropásové přechody elektronů. Odrazivost a její mikroskopický popis. Optická absorpční hrana v nekovových materiálech a plazmová hrana v kovech. Fotoemise. Elektrooptické a magnetooptické jevy.

#### *Termodynamika kondenzovaných systémů a kolektivní jevy*

Termodynamika kondenzovaných systémů, konstitutivní vztahy, vícesložkové systémy, fázové přechody, fázové diagramy. Spontánní narušení symetrie a parametr uspořádání. Landauova teorie fázových přechodů. Kritické jevy. Mikroskopický popis fázových přechodů, teorie středního pole, fluktuace. Strukturní a magnetické fázové přechody. Spontánní uspořádání jaderných momentů. Kondo mřížka a systémy s těžkými fermiony. Bose-Einsteinova kondenzace atomů. Supravodivost a supratekutost. Kooperativní jevy mimo rovnováhu, lasery.

### 2. Fyzika makromolekulárních látek

#### *Struktura makromolekulárních systémů*

Prostorová a elektronová struktura organických molekul a makromolekul. Základní druhy makromolekulárních systémů: lineární polymery, polymerní roztoky, polymerní sítě a gely, biopolymery, membrány, kopolymery, polymerní směsi a kompozity, kapalně-krystalické polymery. Metody studia struktury a vlastností makromolekulárních systémů: metody stanovení molekulové hmotnosti, optická, infračervená a Ramanova spektroskopie, jaderná magnetická rezonance, elektronová paramagnetická rezonance, dynamický a statický rozptyl světla, malo- a širokoúhlový rozptyl paprsků X a neutronů, elektronová a optická mikroskopie, diferenciální skanovací kalorimetrie, dynamická mechanická a dielektrická spektroskopie. Způsoby přípravy makromolekulárních systémů.

#### *Termodynamika makromolekulárních systémů*

Flory-Hugginsova teorie polymerních roztoků, mísitelnost polymerních směsí, teorie mikrofázové separace a krystalizace, skelný přechod, přechody v kapalně-krystalických polymerech, kaučuková elasticita. Experimentální metody termodynamiky.

#### *Dynamika makromolekulárních systémů*

Korelační funkce, teorie lineární odezvy, strukturní metody relaxačního chování. Dynamika makromolekuly ve zředěných a koncentrovaných roztocích, polymerních sítích a gelech. Experimentální metody studia dynamiky makromolekul.

#### *Elektrické a optické vlastnosti polymerů*

Generace a transport náboje v organických strukturách. Senzibilizace fotovodivosti. Polymerní polovodiče, vodivé polymery. Vícevrstvé polymerní systémy a kompozity polymer - kov a jejich aplikační využití. Základy molekulární elektroniky. Fotofyzikální procesy v polymerních strukturách, absorpce, emise, přenos excitační energie. Excitony, excitované dimery. Studium molekulárních pohybů pomocí časově rozlišené luminiscence.

### **3. Fyzika materiálů**

#### *Mechanické vlastnosti a fázové transformace v materiálech*

Plastická deformace, zpevnění, creep a lom čistých látek. Statické a dynamické odpevnění. Deformace a zpevnění slitin. Superplasticita, nestability plastické deformace. Akustická emise. Precipitace. Intermetalické sloučeniny. Jev tvarové paměti. Kompozitní materiály. Keramické materiály. Makromolekulární materiály.

#### *Magnetické a dielektrické vlastnosti*

Diamagnetismus a paramagnetismus. Výměnná interakce, lokalizované a itinerantní magnetické momenty. Magnetické struktury, molekulární pole, magnetokrystalová anizotropie. Magnetizační procesy ve feromagnetikách. Elektrická permitivita polárních a nepolárních látek. Feroelektrika.

#### *Transportní jevy*

Dynamika elektronů ve vnějších polích, relaxační doby, mechanismy rozptylu, supravodivost. Rovnovážné a nerovnovážné nosiče náboje, fotoelektrické vlastnosti. Polovodičové struktury. Tepelná vodivost v pevné fázi.

#### *Optické vlastnosti*

Optická absorpční hrana v nekovových materiálech, plazmová hrana v kovech a na volných nosičích, reflexe. Elektrooptické a magnetooptické jevy. Luminiscence. Nelineární optické jevy.

#### *Fyzika povrchů a rozhraní*

Ideální a reálný povrch. Povrchové stavy. Katodové rozprašování, iontová implantace.

### **4. Fyzika nízkých teplot**

#### *Elektronové vlastnosti krystalických látek*

Struktura a magnetické momenty volného atomu, interakce s krystalovým polem, korelační jevy, výměnné interakce. Diamagnetismus, paramagnetismus, magnetické uspořádání. Magnetizace, magnetická susceptibilita a permeabilita reálných látek. Elektrická permitivita nepolárních a polárních látek, feroelektrika. Dynamika elektronů v elektrickém a magnetickém poli, mechanismy rozptylu, transportní jevy a jejich mikroskopická interpretace, transport v 2D a 1D strukturách, kvantový Hallův jev. Optická absorpční hrana v nekovových, plazmová hrana v kovech. Elektrooptické a magnetooptické jevy.

#### *Experimentální technika*

Metody získávání a měření nízkých a velmi nízkých teplot, vlastnosti kryokapalin, použití metody NMR pro studium mikrostruktury kondenzovaných látek a pro nízkoteplotní termometrii, nízkoteplotní jaderná orientace.

#### *Makroskopické kvantové jevy*

Supravodivost a supratekutost, Boseova-Einsteinova kondenzace. Cooperovy páry, Meissnerův jev, supravodiče I. a II. druhu, vysokoteplotní supravodivost. Makroskopická vlnová funkce, slabá supravodivost.

#### *Hyperjemné interakce a jaderný magnetismus*

Elektrické a magnetické momenty atomových jader. Hyperjemné interakce ve volném atomu a v krystalech, jejich charakteristiky v různých typech látek. Experimentální metody jejich studia a využití pro získávání a měření nízkých teplot.

### **5. Fyzika reálných povrchů**

#### *Fyzika povrchů*

Vazba molekuly na povrchu, absorpce, ideální a reálný povrch, elektronová struktura povrchu, povrchové stavy, výstupní práce, emise nabitých částic, emise elektronů, princip elektronové spektroskopie, interakce částic a záření s povrchem, fotoemise, princip fotoelektronové spektroskopie, sekundární elektronové emise, difrakce. Energie povrchů a rozhraní.

#### *Experimentální metody studia povrchů*

Metody elektronové spektroskopie (AES, REED), metody iontové spektroskopie (SIMS, SNMS), metody fotoelektronové spektroskopie (UPS, XPS) a jejich praktické použití. Metody elektronové mikroskopie - prozařovací (TEM), pozorování na odraz (SEM), povrchová mikroskopie STM, AFM. Měření povrchové energie: statické a dynamické metody měření kontaktního úhlu. Infračervená spektroskopie ATR FTIR, metody rtg. difrakce - malouhlový rozptyl.

#### *Příprava tenkých vrstev*

Definice tenké vrstvy, pojem tloušťky tenké vrstvy, počáteční stadium a mechanismy růstu vrstvy. Základní metody jejich přípravy: vypařování ve vakuu, stejnoměrné a vysokofrekvenční rozprašování, CVD, PE CVD anorganických a organických vrstev (plazmová polymerace). Metody diagnostiky růstu tenké vrstvy, měření rychlosti nanášení a tloušťky, určování struktury a morfologie, mechanických, elektrických a optických vlastností. Modifikace povrchů, změny povrchové energie a chemické aktivity. Použití tenkých vrstev - tvrdá, oděruvzdorná povrchová, ochranná a pasivační vrstvy, optické tenké vrstvy, vrstvy pro mikroelektroniku.

## 6. Optika a optoelektronika

### *Charakteristika studijního oboru:*

Studijní obor Optika a optoelektronika je nabízen studentům, kteří po absolvování bakalářského studia chtějí pokračovat v tomto navazujícím magisterském studiu a rozšířit si tak základní fyzikální vzdělání o vlnovou a kvantovou optiku, koherenční a statistické vlastnosti světla, metody a prvky pro optické komunikace (lasery, vlákna, kvantové detektory) a optické zpracování informace.

### *Cíl studia:*

Cílem studia je vychovat odborníky se znalostmi jak o elektronových a fotonových procesech probíhajících v materiálech významných pro optoelektroniku, tak z oblasti kvantové optiky a fotoniky.

### *Profil studenta:*

Absolvent oboru má základní znalosti z kvantové optiky, optoelektroniky a fotoniky. Podrobné pochopení fyzikální podstaty funkce prvků a technologických procesů pro optoelektroniku a fotoniku podstatně zvyšuje možnosti uplatnění absolventů. Ze stejných důvodů jsou významné získané znalosti matematického modelování fyzikálních procesů.

### **Doporučený průběh studia**

Studenti si volí jedno ze zaměření Kvantová a nelineární optika, Optoelektronika a fotonika a Teorie a modelování pro kvantovou optiku a elektroniku.

Nezbytným předpokladem úspěšného magisterského studia je získání základních znalostí v oboru na úrovni následujících předmětů:

<b>Kvantová teorie I</b>	4/2 Z,Zk	—
<b>Vlnová optika</b>	—	4/2 Z,Zk
<b>Základy optické spektroskopie</b>	—	2/0 Zk
<b>Numerické metody zpracování experimentálních dat</b>	—	2/0 Zk

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím ročníku bakalářského studia a absolvování těchto předmětů nebo předmětů jim ekvivalentních je podmínkou pro připuštění ke státní závěrečné zkoušce na magisterském studiu.

## 1. rok magisterského studia

Společné předměty		
<b>Teorie pevných látek</b>	4/2 Z,Zk	—
<b>Základy kvantové a nelineární optiky I</b>	3/1 Z	—
<b>Základy kvantové a nelineární optiky II</b>	—	3/1 Z,Zk
<b>Optoelektronické materiály a technologie</b>	2/0 Zk	—
<b>Speciální praktikum pro OOE I</b>	0/3 KZ	—
<b>Speciální praktikum pro OOE II</b>	—	0/3 KZ
<b>Exkurze (sudý kalendářní rok)</b>	—	0/1 Z
<b>Seminář (lichý kalendářní rok)</b>	—	0/1 Z
Kvantová a nelineární optika		
<b>Kvantová optika I</b>	2/1 Z	—
<b>Kvantová optika II</b>	—	2/1 Z,Zk
<b>Atomární a molekulární systémy pro fotoniku</b>	2/0 Zk	—
Fyzika polovodičů pro optoelektroniku I	2/0 Zk	—
Fyzika polovodičů pro optoelektroniku II	—	2/0 Zk
Elektronový transport v kvantových systémech	—	2/1 Z,Zk
Základy konstrukce a výroby optických prvků	0/1 Z	—
Spektroskopie s vysokým časovým rozlišením	2/0 Zk	—
Nelineární optika polovodičů	—	2/0 Zk
Holografie	2/0 Zk	—
Kvantová teorie koherence	—	2/0 Zk
Optoelektronika a fotonika		
<b>Fyzika polovodičů pro optoelektroniku I</b>	2/0 Zk	—
<b>Fyzika polovodičů pro optoelektroniku II</b>	—	2/0 Zk
<b>Elektronový transport v kvantových systémech</b>	—	2/1 Z,Zk
Atomární a molekulární systémy pro fotoniku	2/0 Zk	—
Kvantová optika I	2/1 Z	—
Kvantová optika II	—	2/1 Z,Zk
Základy konstrukce a výroby optických prvků	0/1 Z	—
Spektroskopie s vysokým časovým rozlišením	2/0 Zk	—
Nelineární optika polovodičů	—	2/0 Zk
Optika tenkých vrstev a vrstevnatých struktur	—	2/0 Zk
Teorie a modelování pro kvantovou optiku a elektroniku		
<b>Kvantová optika I</b>	2/1 Z	—
<b>Kvantová optika II</b>	—	2/1 Z,Zk
<b>Nerovnovážná statistická fyzika a termodynamika</b>	3/0 Zk	—
Spektroskopie s vysokým časovým rozlišením	2/0 Zk	—
Kvantová teorie molekul	—	3/2 Z,Zk
Elektronový transport v kvantových systémech	—	2/1 Z,Zk
Základy teorie přenosu energie v molekulárních systémech I	2/0 Zk	—
Holografie	2/0 Zk	—
Nelineární optika polovodičů	—	2/0 Zk
Fyzika polovodičů pro optoelektroniku I	2/0 Zk	—
Fyzika polovodičů pro optoelektroniku II	—	2/0 Zk
Kvantová teorie II	—	4/2 Z,Zk

## 2. rok magisterského studia

Kvantová a nelineární optika		
<b>Integrovaná a vláknová optika</b>	2/0 Zk	—
<b>Nelineární optika polovodičových nanostruktur</b>	2/1 Z,Zk	—

<b>Speciální seminář z kvantové a nelineární optiky</b>	0/2 Z	0/2 Z
Fyzika polovodičů pro optoelektroniku III	2/0 Zk	—
Luminiscenční spektroskopie polovodičů	2/0 Zk	—
Integrovaná optika	2/0 Zk	—
Teorie laseru	2/0 Zk	—
<hr/>		
Optoelektronika a fotonika		
<b>Fyzika polovodičů pro optoelektroniku III</b>	2/0 Zk	—
<b>Nelineární optika polovodičových nanostruktur</b>	2/1 Z,Zk	—
<b>Speciální seminář z optoelektroniky</b>	0/2 Z	0/2 Z
Integrovaná a vláknová optika	2/0 Zk	—
Luminiscenční spektroskopie polovodičů	2/0 Zk	—
<hr/>		
Teorie a modelování pro kvantovou optiku a elektroniku		
<b>Speciální seminář z kvantové a nelineární optiky</b>	0/2 Z	0/2 Z
Teorie laseru	2/0 Zk	—
Fyzika polovodičů pro optoelektroniku II	—	2/0 Zk
Statistická fyzika kvantových mnohačasticových systémů I	2/0 Zk	—
Statistická fyzika kvantových mnohačasticových systémů II	—	2/0 Zk
Moderní metody počítačové fyziky	1/1 Z	—

#### Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- absolvování předmětů povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium
- absolvování předmětů dvou okruhů, společného a jednoho volitelného

#### Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

##### A. Společné požadavky

###### 1. Pokročilá kvantová mechanika

Variační princip a poruchový počet.

Symetrie vlnové funkce, bosony a fermiony. Pauliho princip. Symetrie a zákony zachování. Štěpení hladin při snížení symetrie.

Oddělení pohybu elektronů a jader. Jednočasticová aproximace. Hladiny atomů, molekul a pevných látek. Typy vazeb v molekulách a kondenzovaných systémech. Molekula vodíku.

Pauliho a Diracova rovnice. Orbitální a spinový moment hybnosti, jejich operátory a kvantování. Skládání momentů hybnosti. Orbitální a spinový magnetický moment a jejich interakce s vnějším polem.

Druhé kvantování. Kvantování elektromagnetického pole. Koherentní stavy. Interakce elektromagnetického záření s látkou. Zlaté pravidlo, Absorpce, stimulovaná a spontánní emise. Výběrová pravidla. Doby života kvantových stavů.

Absorpce a emise. Šířka a tvar spektrální čáry.

###### 2. Kvantová teorie molekul a pevných látek

Typy vazeb. Bornova–Oppenheimerova a adiabatická aproximace. Vibrační a rotační spektra molekul. Atomové a molekulové orbitály. Metoda LCAO a metoda valenčních vazeb. Dvouatomové molekuly. Klasifikace elektronových vibračních a rotačních hladin. □ -elektronová aproximace.

Základy kvantové teorie pevných látek se zaměřením na elektronovou strukturu a dynamiku elementárních excitací. Geometrie, atomová struktura a kvantová chemie kondenzovaných soustav. Kvantový problém mnoha částic. Fotony a elektrony v periodických strukturách. Rozměrové vlivy, dimenze soustavy a vliv okrajových podmínek. Započtení interakcí metodou středního pole. Metody Ab initio. Jellium, elektrony a plasmony.

###### 3. Termodynamika a statistická fyzika molekulárních soustav

Zákon působících hmot. Gibbsovo fázové pravidlo. Rovnice Clausiova–Clapeyronova. Ehrenfestovy rovnice. Landauova teorie. Kritické jevy. Povrchové jevy, povrchové napětí a Laplaceův tlak.

Termodynamika nevratných dějů. Produkce entropie. Onsagerovy relace. Termodynamická teorie fluktuací. Stavová suma. Entropie ve statistické fyzice. Neideální plyn. Boltzmannova rovnice. Kinetika rychlých dějů. Pauliho řídicí rovnice.

#### 4. Vlnová optika

Elmg. optické vlnění v prostředí: vakuum, dielektrikum, bezztrátové, ztrátové, vodivé prostředí, prostředí homogenní–nehogenní, izotropní–anizotropní, lineární–nelineární. Jevy na rozhraní mezi prostředími. Fresnelovy vzorce. Optické konstanty, Kramersovy–Kronigovy relace. Přiblížení paprskové optiky (vlnové a paprskové aberace). Komplexní reprezentace polychromatických polí. Vlnová teorie koherence, částečná koherence, stupeň koherence, koherenční matice, částečně polarizované vlnění, stupeň polarizace, Stokesovy parametry. Teorie difrakce, skalární teorie. Přenosová funkce zobrazovací soustavy. Optické transformace a optické zpracování informace. Holografie. Gaussovské svazky, nedifrakční svazky, jejich šíření a transformace. Optické rezonátory. Optické vlnovody. Integrovaná optika, aktivní prvky, optické paměti, optické komunikace. Vlákňové senzory.

#### 5. Experimentální metody

Měření optických konstantních látek. Spektroskopické metody zkoumání látek (podle druhu interakce – absorpční, emisní, reflexní, rozptylů atd.). Spektroskopické přístroje. Detektory optického záření (principy, parametry). Šумы, jejich typy a zdroje. Zdroje optického záření. Základy fotometrie. Měření výkonu, energie, časového průběhu, polarizačních a koherenčních vlastností světla. Základní experimenty kvantové optiky.

### B. Užší zaměření

Student si volí okruh otázek odpovídající jeho zaměření.

#### 1. Kvantová a nelineární optika

Laser: popis v aproximaci kinetických rovnic, semiklasická teorie, základy kvantové teorie laseru. Laserové rezonátory. Dynamické vlastnosti laseru (relaxační oscilace, Q-spínání, modová synchronizace, ultrakrátké pulsy, chaos v laseru). Typy laserů. Metody měření parametrů v laseru. Aplikace laseru. Základy laserové spektroskopie. Lineární a nelineární optika. Tenzor nelineární susceptibility. Semiklasický popis, základy kvantového popisu. Nelineární jevy druhého a třetího řádu. Spontánní a stimulované rozptyly, hyperrozptyly. Optická fázová konjugace. Optická bistabilita. Nestacionární koherentní jevy. Nelineárně optické materiály.

#### 2. Optoelektronika a fotonika

Krystalová struktura. Pásové schéma polovodičů, kvantové jámy a supermřížky, kvantové body a dráty. Volné elektrony. Stacionární transportní jevy v polovodičích, vodivost a Hallův jev. Fotovodivost, základní mechanismy excitace a rekombinace nosičů. Optické vlastnosti polovodičů. Absorpční hrana. Příměsi a excitony, kmity mříže. Optické vlastnosti polovodičů ve vnějších polích. Zdroje optického záření, luminiscence, luminiscenční diody a polovodičové lasery. Polovodičové detektory záření. Polovodičové struktury kov–polovodič, přechod P-N, MIS, FET (JFET, MOSFET, HEMT). Metody přípravy monokrystalů, tenkých vrstev a superstruktur, optoelektronických prvků a systémů, technologie polovodičových systémů. Základy laserové a nelineární optiky. Nelineární optické vlastnosti polovodičů. Optická bistabilita, optické spínání.

#### 3. Teorie a modelování pro kvantovou optiku a elektroniku

Kvantování elektromagnetického pole, kvantové teorie koherence. Koherentní stavy, stlačené stavy, atomové koherentní stavy. Kvantová teorie fotoelektrické detekce. Kvantové korelace a fotonová statistika. Kvantový popis interakce světla s dvouhladinovým systémem. Interakce světla s kmity látky. Kvantová teorie polovodičů. Interakce světla s polovodiči.

## 7. Fyzika povrchů a ionizovaných prostředí

*Charakteristika studijního oboru:*

Fyzika povrchů a ionizovaných prostředí je oborem interdisciplinárního charakteru, který zahrnuje základní poznatky o pohybu neutrálních a nabitých částic ve vakuu, plynu i kondenzované fázi a o jejich interakcích s těmito prostředími, s jejich rozhraními i mezi sebou navzájem. Spojením vakuové fyziky, fyziky povrchů, fyziky laboratorního a kosmického plazmatu a fyziky tenkých vrstev poskytuje obor základ pro řady aplikací jako jsou moderní diagnostické metody v materiálovém výzkumu, vakuové a plazmové technologie, výroba elektronických prvků, řízená termonukleární fúze nebo kosmický výzkum. Jednotlivé disciplíny mohou být studovány jak experimentálně, tak teoreticky nebo metodami počítačové fyziky. Témata diplomových prací si studenti vybírají ve

shodě se zvoleným studijním plánem z těchto oblastí: vakuová fyzika, fyzika plazmatu, kosmická fyzika, fyzika povrchů, fyzika tenkých vrstev, počítačová fyzika, automatizace a kybernetizace experimentu.

*Cíle studia:*

Cílem studia je vychovat odborníka orientujícího se v moderních experimentálních metodách, metodách matematického a počítačového modelování a ve využití počítačů k řízení a automatizaci. Absolvent s dobrým teoretickým základem širokého spektra moderních disciplin úzce navázaných na materiálový výzkum a nové technologie má perspektivu dobrého uplatnění na vysokých školách, v ústavech Akademie věd i dalších pracovištích zabývajících se fyzikou povrchů, kosmickým i materiálovým výzkumem nebo aplikujících vakuové a plazmové technologie.

*Profil absolventa:*

Absolvent má široké teoretické i experimentální znalosti ze základů fyziky i matematiky, je odborníkem v užití moderních měřících metod jak hardwarových, tak i softwarových včetně dobré znalosti příslušného matematického aparátu. Z pohledu vlastního oboru Fyzika povrchů a ionizovaných prostředí ovládá odpovídající teoretické i experimentální metody, které dokáže využít také v jiných oborech zaměřených jak na základní, tak i aplikovaný výzkum na vysokých školách, ústavech akademie, ale i v průmyslu a managementu různých společností.

**Doporučený průběh studia**

Nezbytným předpokladem úspěšného magisterského studia je získání základních znalostí v oboru na úrovni následujících předmětů:

<b>Základy kvantové teorie</b>	4/2 Z,Zk	—
<b>Teorie pevných látek</b>	—	3/0 Zk
<b>Vakuová technika</b>	—	2/0 Zk
<b>Povrchové vlastnosti pevných látek</b>	—	2/0 Zk
<b>Metody fyziky plazmatu</b>	—	2/0 Zk

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím ročníku bakalářského studia a absolvování těchto předmětů nebo předmětů jim ekvivalentních je podmínkou pro připuštění ke státní závěrečné zkoušce na magisterském studiu.

**1. rok magisterského studia**

<b>Společné předměty</b>		
<b>Fyzika povrchů</b>	2/1 Z,Zk	—
<b>Vakuová fyzika</b>	2/1 Z,Zk	—
<b>Fyzika plazmatu I</b>	2/0 Zk	—
<b>Kybernetizace experimentu</b>	—	2/0 Zk
<b>Základy počítačové fyziky I</b>	2/2 KZ	—
<b>Diplomový seminář EVF I</b>	0/2 Z	—
<b>Diplomový seminář EVF II</b>	—	0/2 Z
<b>Experimentální metody EVF I</b>	0/5 KZ	—
<b>Experimentální metody EVF II</b>	—	0/5 KZ
<b>Odborné soustředění</b>	0/2 Z	—
<b>Blok A <sup>1</sup></b>		
Adsorpce na pevných látkách	—	2/1 Z,Zk
Elektronové spektroskopie	—	2/0 Zk
Fyzika tenkých vrstev I	2/0 Zk	—
Elektronová difrakce	—	2/0 Zk

Blok B <sup>1</sup>		
Fyzika plazmatu II	—	2/0 Zk
Plazma v kosmickém prostoru	2/0 Zk	—
Elektronika pro fyziky	2/0 Zk	—
Modelování ve fyzice plazmatu	—	1/1 KZ

<sup>1</sup> Posluchači zapisují zpravidla jeden z bloků A nebo B.

## 2. rok magisterského studia

Společné předměty		
<b>Diplomový seminář EVF III</b>	0/2 Z	—
<b>Diplomový seminář EVF IV</b>	—	0/2 Z
<b>Odborné soustředění</b>	0/2 Z	—

Blok A <sup>1</sup>		
Řádkovací mikroskopie - STM, AFM	2/0 Zk	—
Iontové a molekulové spektroskopie	2/0 Zk	—

Blok B <sup>1</sup>		
Vysokofrekvenční a kvantová elektronika	2/0 Zk	—
Kybernetizace experimentu II	2/0 Zk	—
Doporučené předměty	10 bodů	

<sup>1</sup> Posluchači zapisují zpravidla jeden z bloků A nebo B.

## Doporučené předměty

<i>Elektronová a iontová optika <sup>1</sup></i>	—	2/0 Zk
<i>Interakce molekul s aktivními povrchy</i>	2/0 Zk	—
<i>Statistika a teorie informace <sup>1</sup></i>	2/0 Zk	—
<i>Fyzika tenkých vrstev II</i>	2/0 Zk	—
<i>Hmotnostní spektroskopie <sup>1</sup></i>	2/0 Zk	—
<i>Fyzika plazmatu III</i>	2/0 Zk	—
<i>Vysokofrekvenční elektrotechnika</i>	2/0 Zk	—
<i>Kvantová elektronika a optoelektronika</i>	2/0 Zk	—
<i>Elementární procesy a reakce v plazmatu <sup>1</sup></i>	—	2/0 Zk
<i>Vybrané partie z fyzikální chemie <sup>1</sup></i>	—	2/0 Zk
<i>Technologie vakuových materiálů <sup>1</sup></i>	—	2/0 Zk
<i>Vakuové systémy <sup>1</sup></i>	—	2/1 Z,Zk
<i>Vakuové měřicí metody <sup>1</sup></i>	—	2/0 Zk
<i>Praktikum výpočetních metod fyziky I</i>	0/3 Z	—
<i>Praktikum výpočetních metod fyziky II</i>	—	0/3 Z
<i>Proseminář k přednášce Modelování ve fyzice plazmatu</i>	—	1/1 KZ
<i>Praktická elektronika <sup>1</sup></i>	2/0 Zk	—
<i>Základy počítačové fyziky I</i>	2/2 KZ	—
<i>Základy počítačové fyziky II</i>	—	2/0 Zk
<i>C<sup>++</sup> pro fyziky</i>	—	1/1 Z
<i>Programování v IDL</i>	1/1 Z	—
<i>Technologie počítačových sítí</i>	2/0 Zk	—
<i>Fortran 90/95 pro fyziky</i>	—	1/1 Z
<i>Úvod do fyziky plazmatu a počítačové fyziky</i>	2/0	2/0 Zk

<sup>1</sup> Předměty vhodné i pro studenty bakalářského studia.

## Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- absolvování předmětů povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium
- získání alespoň 13 bodů z výběrově povinných předmětů studijního oboru
- získání 4 zápočtů za diplomové semináře

## Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

### A. Společné požadavky

#### 1. Kvantová mechanika a elektronika

Systémy více částic, princip nerozlišitelnosti, jednočásticová přiblížení, periodický systém prvků. Přibližné metody kvantové teorie. Elektron v periodickém prostředí, pásová struktura. Základy teorie rozptylu. Jednoduchá představa chemické vazby. Stimulovaná emise, inverze hladin. Lasery a masery.

#### 2. Termodynamika a statistická fyzika

Teorie fluktuací. Statistická rozdělení. Vztah termodynamických a statistických veličin. Entropie ve statistické termodynamice. Neideální plyn. Náhodné procesy, fluktuace a šумы. Korelace, charakteristická rovnice rozdělení. Vlastnosti a chyby odhadů.

#### 3. Teorie pevných látek

Krystalografie a struktura pevných látek. Typy vazeb, struktura prvků a jednoduchých sloučenin. Kmity krystalové mřížky, fonony. Sommerfeldův model kovu, elektronový plyn, hustota stavů, Fermiho energie. Elektronová struktura pevných látek, pásová teorie, lokální stavy. Transportní jevy, rovnice continuity, difúzní rovnice, relaxační doby, mechanismy rozptylu. Optické a fotoelektrické vlastnosti polovodičů.

#### 4. Fyzika plazmatu

Definice a druhy plazmatu. Kinetický a hydrodynamický popis plazmatu. Elementární procesy, typy srážek, srážkové průřezy. Ionizace, excitace, rekombinace, přeměna iontů. Chemické reakce v plazmatu. Záření v plazmatu. Transportní jevy, vodivost, difúze a ambipolární difúze. Výboje v plynech (výboj doutnavý, obloukový a vysokofrekvenční).

#### 5. Vakuová fyzika

Kinetická teorie zředěného plynu. Transportní jevy při nízkých tlacích. Vypařování a kondenzace, reálné plyny. Interakce plynu s pevnou látkou, sorpce, rozpustnost plynů v pevné látce, difúze a permeace. Vakuový systém a jeho parametry, zdroje plynu. Teorie čerpacího procesu, mezní tlak. Fyzikální principy metod získávání a měření nízkých tlaků. Trajektorie nabitých částic v elektrických a magnetických polích, metody určování polí a trajektorií, základní elektronové optické soustavy.

#### 6. Fyzika tenkých vrstev a povrchů

Povrch pevné látky: atomární čistota, krystalická struktura, jevy rekonstrukce a relaxace. Elektronová struktura povrchu, rozdíly mezi kovy a polovodiči, povrchové stavy, ohyb pásů, výstupní práce. Emise nabitých částic: termoemise, termiontová emise, povrchová ionizace, tunelová emise, ionizace v silném poli, fotoemise. Interakce elektronů a iontů s pevnou látkou: pružný a nepružný rozptyl, sekundární emise. Vytváření definovaných povrchů a tenkých vrstev: základní metody, mechanismy růstu, relaxační jevy.

### B. Užší zaměření

Student si volí jeden z okruhů otázek 1–2 a jeden z okruhů otázek 3–4.

#### 1. Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí

Kinetický popis zředěného plazmatu, Maxwellova-Boltzmannova rovnice. Zákony zachování, rovnovážné stavy, drift a difúze v různých konfiguracích elektrického a magnetického pole. Iont-iontové a iont-molekulové reakce. Kosmické plazma, plazma ve sluneční soustavě. Diagnostické metody plazmatu, metody používané v kosmickém výzkumu. Magnetohydrodynamika. Problematika fúze. Plazma v technice a technologiích. Šíření vysokofrekvenčního vlnění, teorie dlouhých vedení, vlnovodů a rezonátorů. Generace vysokofrekvenčních kmitů.

## 2. Fyzika povrchů a rozhraní

Vazba molekuly na povrchu, absorpce. Adsorpční isothermy, kinetický model sorpce, potenciálová teorie sorpce, dvourozměrný plyn. Stimulovaná desorpce. Ideální a reálný povrch, povrchové stavy. Emise elektronů, elektronová spektroskopie. Interakce částic a záření s povrchem, difrakce, sekundární emise. Katodové rozprašování, iontová implantace. Povrchová ionizace. Odlišnost vlastností tenkých vrstev a objemového materiálu, transport náboje tenkou vrstvou. Diagnostické metody: elektronová mikroskopie, elektronová a iontová spektroskopie, difrakční metody.

## 3. Principy a aplikace počítačů

Fyzikální základy elektronických a optoelektronických prvků a struktur a technologie jejich zhotovení. Analogové a číslicové zpracování signálů, zlepšování poměru signál - šum. Architektura mikroprocesorů a podpůrných obvodů. Standardní sběrnice. Přídavná zařízení osobních počítačů. Počítačové sítě (principy přenosu dat po síti, technologie počítačových sítí, komunikace v počítačových sítích). Principy řízení fyzikálních experimentů a technologických procesů.

## 4. Počítačová fyzika

Hlavní směry počítačové fyziky. Metodika programování. Základní numerické metody. Spojité počítačové modelování. Částicové počítačové modelování - metoda Monte Carlo, metoda molekulární dynamiky. Integrované transformace. Počítačová grafika. Zpracování obrazu. Použití postupů počítačové fyziky při řešení fyzikálních problémů - zpracování experimentálních dat, počítačové experimenty.

# 8. Biofyzika a chemická fyzika

### *Charakteristika studijního oboru:*

Těžiště těchto oborů leží na rozhraní fyziky, biologie a chemie. Výuka navazuje na základní fyzikální vzdělání, které prohlubuje v oblastech teoretické a experimentální fyziky důležitých pro popis a zkoumání molekul, biopolymerů, nadmolekulárních soustav a biologických objektů, a zároveň je doplňuje předměty pokrývajícími potřebné vybrané partie z chemie a biologie. Absolvent získá teoretické znalosti zejména z kvantové teorie, kvantové chemie, modelování molekul a molekulárních procesů, a dále znalosti experimentálních metod biofyziky a chemické fyziky, zejména optických a dalších spektroskopických metod, strukturní analýzy a zobrazovacích technik. Podle výběru studijního plánu a diplomové práce se rovněž dostává absolventům vzdělání ve vybraných oblastech obecné a fyzikální chemie, biochemie, molekulární a buněčné biologie. Díky širokému okruhu znalostí mají absolventi dobré možnosti uplatnění ve výzkumných i aplikovaných oborech souvisejících s fyzikou, biologií, chemií a medicínou.

### *Cíle studia:*

Cílem studia je vychovat absolventa se širokým spektrem znalostí na rozhraní fyziky, biofyziky a chemické fyziky s perspektivou uplatnění v ústavech Akademie věd i dalších ústavech, na pracovištích vysokých škol, a dalších pracovištích, která se zabývají fyzikou, biofyzikou, chemickou fyzikou, fyzikou v medicíně a ekologii.

### *Profil absolventa:*

Absolvent má široké teoretické i experimentální znalosti ze základů fyziky (mechanika, elektřina a magnetismus, optika, fyzika kondenzovaného stavu, jaderná fyzika, kvantová fyzika) i matematiky (diferenciální a integrální počet, algebra, metody matematické fyziky aj.). Z hlediska vlastního oboru biofyzika a chemická fyzika ovládá odpovídající teoretické (kvantová fyzika, výpočty molekul, modelování molekulárních procesů) a experimentální metody (optické a další spektroskopické metody, strukturní analýza aj.) Díky svému zaměření je absolvent připraven k práci na pracovištích zaměřujících se na fyziku, biofyziku, chemickou fyziku, fyziku v medicíně a ekologii.

## **Doporučený průběh studia**

Studenti si volí jedno ze zaměření Biofyzika nebo Chemická fyzika.

Nezbytným předpokladem úspěšného magisterského studia je získání základních znalostí v oboru na úrovni následujících předmětů:

<b>Kvantová teorie I</b>	4/2 Z,Zk	—
<b>Kvantová teorie II <sup>1</sup></b>	—	3/2 Z,Zk
<b>Kvantová teorie molekul</b>	—	3/2 Z,Zk
<b>Obecná chemie</b>	—	2/1 Z,Zk
<b>Experimentální metody biofyziky II <sup>2</sup></b>	—	3/0 Zk
<b>Úvod do problémů současné biofyziky <sup>2</sup></b>	—	0/2 Z
<b>Numerické metody zpracování experimentálních dat</b>	—	2/0 Zk

<sup>1,2</sup> Předmět označený 1 si volí studenti chemické fyziky. Předměty označené 2 si volí studenti biofyziky.

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím ročníku bakalářského studia a absolvování těchto předmětů nebo předmětů jim ekvivalentních je podmínkou pro připuštění ke státní závěrečné zkoušce.

### 1. rok magisterského studia

<b>Společný předmět</b>		
<b>Bioorganická chemie</b>	2/1 Z,Zk	—
<b>Biofyzika</b>		
<b>Rentgenová strukturní analýza biomolekul</b>	2/0 Zk	—
<b>Experimentální metody biofyziky III</b>	4/0 Zk	—
<b>Praktikum z experimentálních metod biofyziky a chemické fyziky I</b>	0/5 KZ	—
<b>Praktikum z experimentálních metod biofyziky a chemické fyziky II</b>	—	0/5 KZ
<b>Seminář z biofyziky</b>	0/2 Z	0/2 Z
<b>Biochemie</b>	—	1/1 Zk
Experimentální metody biofyziky IV	—	2/0 Zk
Biofyzika fotosyntézy	—	2/0 Zk
Rozptylové metody v optické spektroskopii	—	2/0 Zk
Exkurze <sup>1</sup>	—	0/1 Z
Seminář <sup>1</sup>	—	0/1 Z

<sup>1</sup> Zapisuje se pouze jeden z předmětů, podle toho, která akce se v daném školním roce koná.

<b>Chemická fyzika</b>		
<b>Molekulární spektroskopie I</b>	2/0 Zk	—
<b>Molekulární spektroskopie II</b>	—	2/0 Zk
<b>Symetrie molekul</b>	—	2/0 Zk
<b>Seminář <sup>1</sup></b>	0/2 Z	0/2 Z
Praktikum z experimentálních metod biofyziky a chemické fyziky I	0/5 KZ	—
Praktikum z experimentálních metod biofyziky a chemické fyziky II	—	0/5 KZ
Molekulární simulace v chemické fyzice	2/1 Z,Zk	—
Ab initio výpočty v chemii a biochemii	3/2 Z,Zk	—
Teoretické základy molekulární spektroskopie	2/1 Z,Zk	—
Rentgenová strukturní analýza a elektronová mikroskopie	2/0 Zk	—
Praktická cvičení z kvantové chemie	—	0/3 Z
<i>Biofyzika fotosyntézy</i>	—	2/0 Zk

<sup>1</sup> Volbu semináře se doporučuje konzultovat s vedoucím diplomové práce.

### 2. rok magisterského studia

<b>Biofyzika</b>		
------------------	--	--

<b>Molekulární biofyzika</b>	3/0 Zk	—
<b>Seminář z biofyziky</b>	0/2 Z	0/2 Z
Přenos energie v biosystémech	2/0 Zk	—
Struktura, dynamika a funkce biologických membrán	2/0 Zk	—
Význam a funkce kovových iontů v biologických systémech	2/0 Zk	—
<hr/>		
Chemická fyzika		
<b>Seminář<sup>1</sup></b>	0/2 Z	0/2 Z
Detekce a spektroskopie jednotlivých molekul	2/0 Zk	—
Základy klasické radiometrie a fotometrie	2/0 Zk	—
Klasická a kvantová molekulová dynamika	2/0 Zk	—
Úvod do nelineární fyziky a synenergetiky	2/0	2/0 Zk
Výpočetní experimenty v teorii molekul	—	0/4 KZ

<sup>1</sup> Volbu semináře se doporučuje konzultovat s vedoucím diplomové práce.

### Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- absolvování předmětů povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium
- pro studenty biofyziky: získání alespoň 9 bodů z výběrově povinných předmětů
- pro studenty chemické fyziky: získání alespoň 15 bodů z výběrově povinných předmětů

### Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

#### A. Společné požadavky

##### 1. Pokročilá kvantová mechanika

Variační princip a poruchový počet. Symetrie vlnové funkce, bosony a fermiony. Pauliho princip. Symetrie a zákony zachování. Štěpení hladin při snížení symetrie. Oddělení pohybu elektronů a jader. Jednočásticová aproximace. Hladiny atomů, molekul a pevných látek. Typy vazeb v molekulách a kondenzovaných systémech. Molekula vodíku. Pauliho a Diracova rovnice. Orbitální a spinový moment hybnosti, jejich operátory a kvantování. Skládání momentů hybnosti. Orbitální a spinový magnetický moment a jejich interakce s vnějším polem. Druhé kvantování. Kvantování elektromagnetického pole. Interakce elektromagnetického záření s látkou. Zlaté pravidlo. Absorpce, stimulovaná a spontánní emise. Výběrová pravidla. Doby života kvantových stavů. Absorpce a emise. Šířka a tvar spektrální čáry.

##### 2. Kvantová teorie molekul

Typy vazeb. Bornova-Oppenheimerova a adiabatická aproximace. Vibrační a rotační spektra molekul. Atomové a molekulové orbitály. Metoda LCAO a metoda valenčních vazeb. Klasifikace elektronových hladin. Hückelova metoda. Hartreeho a Hartreeho-Fockovy rovnice. Roothaanovy rovnice. Metoda konfigurační interakce. Korelační energie. Přehled ab initio a semiempirických metod. Slabé mezimolekulové interakce.

##### 3. Termodynamika a statistická fyzika molekulárních soustav

Termodynamická rovnováha, stavové veličiny, hlavní termodynamické věty a jejich důsledky. Termodynamické potenciály, podmínky rovnováhy a stability, kritické jevy, fázové přechody, Landauova teorie. Popis nerovnovážných procesů. Statistický popis stavu, distribuční funkce a matice hustoty. Liouvilleova rovnice. Gibbsovy stacionární soubory, souborové středování, stavová suma. Klasické a kvantové systémy neinteragujících částic, ideální plyny. Boltzmanova rovnice, Pauliho kinetická rovnice.

##### 4. Základy molekulární fyziky

Typy základních intra- a intermolekulárních interakcí. Konformace molekul. Fázové stavy a přechody u molekulárních systémů. Biopolymery a membránové systémy.

##### 5. Experimentální metody

Difrakce rtg. záření elektronů a neutronů. Určení struktury krystalů, molekul a částečně neuspořádaných struktur. Základní difrakční a zobrazovací metody. Elektronová mikroskopie. Magnetická rezonance. Princip spektrometru. Spektra NMR organických látek. EPR volných radikálů. Teoretické základy a technika optické spektroskopie. Mnohoatomová molekula, rotační, vibrační a elektronové stavy molekul. Měření absorpčních spekter. Vibrační absorpční spektroskopie a chiroptické metody. Rozptyl elastický, kvazielastický, Ramanův. Metody emisní

spektroskopie. Přechody v mnohaelektronových molekulách. Kinetika luminiscence a kvantový výtěžek. Polarizovaná luminiscence. Vliv mezimolekulárních interakcí na parametry luminiscence.

## **B. Užší zaměření**

Student si volí okruh otázek odpovídající jeho zaměření.

### **1. Biofyzika**

*Experimentální metody v biofyzice*

NMR vysokého rozlišení a její aplikace. NMR zobrazování. Optická absorpční a Ramanova spektra biomolekul. Vlastní a nevlastní fluorofory; vlastní luminiscence buněk, fluorescenční sondy a značky. Optická a elektronová mikroskopie.

*Molekulární biofyzika*

Prokaryotická, eukaryotická buňka, chromatin. Genetický kód, geny, přenos genetické informace. Centrální dogma molekulární biologie. DNA, RNA. Ribosóm. Transkripce, translace, úpravy. Regulace genové exprese. Úpravy genové dóze. Bílkoviny, enzymy. Kinetika enzymových reakcí. Evoluce prebiotická a biotická. Genové inženýrství. Klonování a sekvenování DNA - genomika. Rekombinace in vitro, opravné systémy. Genová exprese přenosných fragmentů, genové banky. Imunitní systémy, viry - HIV, rakovina

*Bioenergetika*

Přenos energie na buněčné úrovni. Přenos chemické energie. Typy transportu biologickou membránou. Bioelektrické jevy. Dýchání a fotosyntéza, struktura a funkce antén a reakčních center, energetika transportu elektronů a protonů. Přeměna chemické energie v mechanickou. Bioenergetika vidění.

### **2. Chemická fyzika**

*Struktura kondenzovaných soustav a spektroskopické metody*

Struktura a symetrie molekul, biopolymerů, nadmolekulárních struktur a pevných látek. Určování struktur molekul a pevných látek. Kinetika chemických reakcí, katalýza. Laserové spektroskopické metody. Časově rozlišená optická spektroskopie.

*Molekulární simulace v chemické fyzice*

Molekulární mechanika a dynamika. Empirická silová pole. Modelování struktur molekul a krystalů a predikce jejich fyzikálních, chemických a biologických vlastností. Aplikace v materiálovém výzkumu.

*Ab initio výpočty v chemii a biochemii*

Hartreeho-Fockova metoda. Metody výpočtu korelačních energií: konfigurační interakce, vázané klastry, poruchová teorie. Aplikace na biochemické systémy a slabé mezimolekulové interakce.

## **9. Jaderná a subjaderná fyzika**

*Charakteristika studijního oboru:*

Subjaderná fyzika (fyzika vysokých energií, částicová fyzika) přináší fundamentální poznatky o struktuře hmoty na nejhlubší úrovni a základních interakcích. Jaderná fyzika ji doplňuje výzkumem hmoty na úrovni jaderných systémů a jejich změn. Základem studia je kurs experimentální jaderné a částicové fyziky, opřený o rozsáhlý kurs fyziky teoretické, především kvantové mechaniky a kvantové teorie pole. Důraz je kladen na metody získávání experimentálních dat a na jejich zpracování, včetně efektivního zvládnutí výpočetní techniky. Pomocí výběrových přednášek a diplomové práce pak student získává hlubší vzdělání ve vybrané oblasti a volí tak příklon k teorii nebo experimentu.

*Cíle studia:*

Poskytnout absolventům ucelené vzdělání v teoretické i experimentální částicové a jaderné fyzice, včetně základů aplikované jaderné fyziky. Ve výběrových přednáškách pak absolventy dovést na práh vědeckého výzkumu.

*Profil absolventa:*

Absolvent oboru má dobré základní znalosti experimentální i teoretické částicové a jaderné fyziky. Nachází uplatnění v základním i aplikovaném výzkumu v těchto oblastech i v práci s jadernými zařízeními v medicíně a průmyslu. Absolventi jsou připraveni začlenit se do velkých mezinárodních vědeckých týmů, které jsou v současné době typické pro experimentální základní výzkum v daném oboru. Zběhllost v práci s výpočetní technikou otevírá absolventům rovněž možnost kariéry v oblasti informačních technologií.

### Doporučený průběh studia

Nezbytným předpokladem úspěšného magisterského studia je získání základních znalostí v oboru na úrovni následujících předmětů:

<b>Kvantová mechanika I</b> <sup>1</sup>	4/2 Z,Zk	—
<b>Kvantová mechanika II</b> <sup>1,4</sup>	—	4/2 Z,Zk
<b>Kvantová mechanika I</b> <sup>2</sup>	4/2 Z,Zk	—
<b>Kvantová mechanika II</b> <sup>2,4</sup>	—	4/2 Z,Zk
<b>Kvantová teorie I</b> <sup>3</sup>	4/2 Z,Zk	—
<b>Kvantová teorie II</b> <sup>3,4</sup>	—	4/2 Z,Zk
<b>Fyzika jádra</b>	—	3/1 Z,Zk
<b>Experimentální metody jaderné a subjaderné fyziky</b>	—	4/0 Zk
<b>Praktikum z jaderné fyziky</b>	—	0/4 KZ
<b>Metody zpracování fyzikálních měření</b>	—	2/0 Zk

<sup>1,2,3</sup> Student zapisuje jednu z dvojice předmětů označených 1, 2 nebo 3.

<sup>4</sup> Absolvování cvičení není podmínkou připuštění ke státní závěrečné zkoušce.

<sup>5</sup>

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím ročníku bakalářského studia a absolvování těchto předmětů nebo předmětů jim ekvivalentních je podmínkou pro připuštění ke státní závěrečné zkoušce.

### 1. rok magisterského studia

<b>Teorie jádra a jaderných reakcí I</b>	4/0 Zk	—
<b>Aplikovaná jaderná fyzika</b>	4/0 Zk	—
<b>Fyzika elementárních částic</b>	3/1 Z,Zk	—
<b>Seminář částicové a jaderné fyziky I</b>	0/2 Z	—
<b>Seminář částicové a jaderné fyziky II</b>	—	0/2 Z
<b>Kvarky, partony a kvantová chromodynamika</b> <sup>1</sup>	—	2/2 Z,Zk
<b>Základy teorie elektroslabých interakcí</b> <sup>1</sup>	—	2/2 Z,Zk
Úvod do kvantové teorie pole <sup>2</sup>	3/1 Z,Zk	—
Kvantová teorie pole I <sup>2</sup>	4/2 Z,Zk	—
Laboratorní práce I	0/3 Z	—
Kvantová teorie pole II	—	4/2 Z,Zk
<b>Další výběrově povinné předměty</b>		

<sup>1</sup> Absolvování cvičení není podmínkou připuštění k SZZ.

<sup>2</sup> Student zapisuje jeden z těchto předmětů.

### 2. rok magisterského studia

<b>Seminář částicové a jaderné fyziky I</b>	0/2 Z	—
<b>Seminář částicové a jaderné fyziky II</b>	—	0/2 Z
<b>Výběrově povinné předměty</b>		

## Další výběrově povinné předměty

Proseminář částicové a jaderné fyziky I	0/2 Z	—
Proseminář částicové a jaderné fyziky II	—	0/2 Z
Kvarky, partony a kvantová chromodynamika	—	2/2 Z,Zk
Základy teorie elektroslabých interakcí	—	2/2 Z,Zk
Seminář částicové a jaderné fyziky I	0/2 Z	—
Seminář částicové a jaderné fyziky II	—	0/2 Z
Matematické metody kvantové teorie I	2/0 Zk	—
Matematické metody kvantové teorie II	—	2/0 Zk
Vybrané partie z kvantové teorie pole	—	2/1 Zk
Biologické účinky ionizujícího záření	2/0 Zk	—
Jaderná a radiační bezpečnost	2/0 Zk	—
Fyzika jaderných reaktorů	2/1 Zk	—
Vybrané partie ze subjaderné fyziky	2/0 Zk	—
Relativistická jaderná fyzika	2/0 Zk	—
Radioanalytické metody	2/0 Zk	—
Laboratorní práce II	—	0/2 Z
Automatizace experimentu	2/0 Zk	—
Urychlovače nabitých částic	2/0 Zk	—
Elektroslabé interakce II	2/1 Zk	—
Detektory pro fyziku vysokých energií	2/0 Zk	—
Teorie jádra a jaderných reakcí II	—	2/2 Z,Zk
Statistická jaderná fyzika	2/0 Zk	0/2 Z
Experimentální prověrka standardního modelu II	2/0 Zk	—
Praktická fyzika vysokých energií	0/2 Z	—
Použití PC v laboratorní praxi	1/2 Zk	—
Pravděpodobnost a stochastické procesy ve fyzice elementárních částic	2/0 Zk	—
Výpočetní technika ve fyzice vysokých energií	1/1 Zk	—
Problém mnoha těles ve struktuře jádra	2/0 Zk	—
Jaderné reakce s těžkými ionty	2/0 Zk	—
Matematické metody užití jaderné fyziky	—	2/0 Zk
Elektronika pro jaderné fyziky	—	2/1 KZ
Jaderné metody v astrofyzice	—	2/0 Zk
Kvantová teorie pole při konečné teplotě	—	2/0 Zk
Klasický a kvantový chaos	—	2/0 Zk
Experimentální prověrka standardního modelu I	—	2/1 Z,Zk
Seminář aplikované jaderné fyziky	—	0/2 Z
Praktická kvantová teorie pole	—	2/1 Z,Zk
Základní symetrie v jádře	—	2/0 Zk
Od hledání původu za standardní model	—	2/0 Zk
Vybrané partie teorie kvantovaných polí I	3/0 Zk	—
Vybrané partie teorie kvantovaných polí II	—	3/0 Zk
Statistická fyzika	—	2/1 Z,Zk

## Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- absolvování předmětů povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium
- získání alespoň 20 bodů z výběrově povinných předmětů

## Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

### 1. Kvantový obraz světa

Popis systému v klasické a kvantové mechanice (KM). Formální schema KM. Popis stavu, kauzalita a měření v klasické a kvantové mechanice. Fyzikální efekty, které nelze vysvětlit klasicky. Schrödingerova rovnice.

### 2. Kvantování fyzikálních veličin

Diskrétní a spojité spektrum fyzikálních veličin. Vázané stavy, energetické hladiny. Přibližné metody výpočtu energetických hladin: poruchový počet, variační metody.

### 3. Moment hybnosti

Kvantování a skládání momentu hybnosti. Clebsch-Gordanovy koeficienty.

### 4. Rozptylová úloha v kvantové mechanice

Diskrétní a spojité spektrum energie. Časový a nečasový popis rozptylu: amplituda rozptylu a účinný průřez, T-matice, S-matice, integrální rovnice rozptylu, Bornova aproximace, metoda parciálních vln.

### 5. Nestacionární problémy v kvantové mechanice

Interakce s časově proměnnými poli: rezonanční jevy, absorpce a emise záření. Popis evoluce kvantového systému. Nestacionární poruchová teorie kvantových přechodů.

### 6. Elektromagnetické pole v kvantové mechanice

Kvantování elektromagnetického pole. Interakce atomu se zářením. Absorpce, emise, přirozená šíře čáry, fotoefekt.

### 7. Relativistická kvantová mechanika

Klein-Gordonova a Diracova rovnice, jejich řešení pro volné částice a částice v elektromagnetickém poli.

### 8. Spin v nerelativistické a relativistické kvantové mechanice

Pauliho a Diracova rovnice. Spinový magnetický moment, interakce spinu s vnějším polem. Spin a štěpení hladin. Role spinu při objasnění magnetismu a supravodivosti.

### 9. Systémy identických částic

Princip nerozlišitelnosti. Symetrie fermionových a bosonových stavů. Reprezentace obsazovacích čísel.

### 10. Symetrie a jejich projevy

Symetrie a zákony zachování. Energetické hladiny a invariantnost hamiltoniánu. Štěpení hladin při snížení symetrie. Princip totožnosti mikročástic a jeho důsledky.

### 11. Matematický aparát relativistické kvantové teorie

Reprezentace Lorentzovy grupy. Poincarého grupa. Kinematika rozpadu částic a reakcí.

### 12. Kvantová teorie pole

Kvantování volných polí (skalární, spinorové, elektromagnetické a vektorové), propagátory. Kvantování interagujících polí. S-matice, poruchová teorie. Feynmanovy diagramy, pravidla korespondence. Účinný průřez, pravděpodobnost rozpadu. Procesy kvantové elektrodynamiky v nejnižším řádu.

### 13. Fyzika atomového jádra a jaderných reakcí

Základní charakteristiky jader a jejich měření. Hamiltonián jádra, kvantová čísla jaderných stavů. Jaderné síly, teorie deuteronu a dvounukleonového rozptylu.

Jaderná struktura: střední pole, jednočásticové a kolektivní stupně volnosti, zbytková interakce, BCS teorie, započtení sil dlouhého dosahu, rotační pohyby.

Alfa rozpad: pravděpodobnost přechodu. Beta rozpad: klasifikace, zákony zachování, Fermiho teorie (dovolené a zakázané přechody), nezachování parity, V-A teorie slabých interakcí. Gama rozpad: pravděpodobnosti přechodů, výběrová pravidla, multipolarita. Elektronová konverze.

Mechanismus reakcí: přímé reakce, složené jádro, reakce přes předrovnovážné stavy, resonance a fluktuace při jaderných reakcích, Breit-Wignerova formule. Štěpení jader.

### 14. Fyzika elementárních částic

Klasifikace částic (leptony, kvarky, kvanta kalibračních polí, hadrony a jejich multiplety), a měření jejich základních charakteristik. Zákony zachování, CPT teorém, nezachování parity a narušení C a T invariantnosti, problém neutrálních kaonů. Interakce ve fyzice částic. Kvarkový model (reprezentace grupy SU(2) a SU(3), hmotové formule, mixing mezonů, evidence pro barvu). Partonový model (hluboce nepružný rozptyl, strukturální funkce, Bjorkenovo škálování, sumační pravidla, evidence pro gluony). Základy kvantové chromodynamiky (interakční langrangián, běžící vazbová konstanta). Standardní model elektroslabých interakcí (interakční langrangián, hmotová formule pro intermediální bosony, mixing v kvarkovém sektoru, Higgsův boson). Mnohonásobná produkce částic.

### 15. Aplikovaná jaderná fyzika

Základy neutronové fyziky a fyziky jaderných reaktorů. Fyzikální principy jaderně analytických metod (metody RBS, PIXE, PIGE, NMR, gama-fluorescence). Dozimetrie ionizujícího záření (měření dozimetrických veličin, účinky záření). Interakce záření s prostředím (ionizace, brzdné záření, Čerenkovovo záření).

### 16. Základy měřících metod

Metody registrace záření: plynem plněné, scintilační, polovodičové a Čerenkovovy detektory, dráhové komory, elektromagnetické a hadronové kalorimetry. Detekce záření gama. Detekce neutrin. Detektory částic s vysokou energií. Systém sběru dat.

Spektrometry jaderného záření: charakteristiky spektrometrů, scintilační, polovodičové a magnetické spektrometry, spektrometrie záření bez náboje (záření gama, neutrony). Urychlovače částic: lineární a cyklické urychlovače, urychlovače se vstřícnými svazky. Zdroje neutronů, detekce a spektrometrie neutronů.

## 10. Matematické a počítačové modelování ve fyzice a technice

*Charakteristika studijního oboru:*

Studijní obor Matematické a fyzikální modelování je mezioborovým studiem, které spojuje matematiku a fyziku. Studenti absolvují přednášky z obecných i speciálních fyzikálních disciplín, zejména z mechaniky a termodynamiky kontinua a kvantové a statistické fyziky, a získají tak přehled, jak jsou fyzikální modely vytvářeny. V matematické části pak studenti získávají znalosti v moderních partiích matematiky s důrazem na diferenciální rovnice a numerické metody. Fyzikální předměty jsou přednášeny odborníky z řad fyziků, matematické předměty jsou pak prezentovány specialisty z řad matematiků. Část fyzikální i matematická jsou zastoupeny vyváženým způsobem. Studijní obor je svou náplní obdobný oboru Matematické modelování ve vědě a v technice studijního programu matematika, liší se tím, že absolventi bakalářského studia fyziky vstupují do magisterského studia s hlubším základem z fyziky a naopak si více doplňují svůj matematický rozhled. Obor je svým pojetím perspektivní z celosvětového měřítka.

*Cíle studia:*

Cílem studia je příprava studentů, kteří jsou jednak schopni problémy reálného světa formulovat, vytvářet modely či je umět modifikovat ve spolupráci se specialisty nematematiky. Zároveň však studenti získají znalosti, které jim umožní fyzikální modely analyzovat, navrhnout numerická schémata k jejich aproximaci i provést počítačové simulace.

*Profil absolventa:*

Velmi dobré znalosti matematických i fyzikálních disciplín, vysoká flexibilita, schopnost problémy formulovat, analyzovat a následně i numericky řešit, jsou zárukou velmi dobrého uplatnění v řadě oblastí a to jak akademických (nejen v oblastech aplikované matematiky a fyziky, ale i v jiných vědních oborech jako např. věda o materiálech, biologie, lékařství), tak i v komerčních sférách (bankovníctví, softwarové firmy, průmysl, aj.)

### Doporučený průběh studia

Nezbytným předpokladem úspěšného magisterského studia je získání základních znalostí v oboru na úrovni následujících předmětů:

<b>Mechanika kontinua</b>	3/2 Z,Zk—
<b>Matematické modelování ve fyzice</b>	2/0 2/0 Zk
<b>Úvod do funkcionální analýzy<sup>1</sup></b>	2/2 Z,Zk—
<b>Obyčejné diferenciální rovnice I</b>	— 2/2 Z,Zk
<b>Základy numerické matematiky</b>	— 4/2 Zk
<b>Klasická teorie parciálních diferenciálních rovnic</b>	— 2/2 Z,Zk

<sup>1</sup> Přednáší se v obou semestrech. Doporučuje se zapsat v zimmím semestru.

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím ročníku bakalářského studia a absolvování těchto předmětů nebo předmětů jim ekvivalentních je podmínkou pro připuštění ke státní závěrečné zkoušce.

### 1. rok magisterského studia

<b>Kvantová teorie I</b>	4/2 Z,Zk —
<b>Obyčejné diferenciální rovnice II</b>	2/2 Z,Zk —

<b>Přibližné a numerické metody 1</b>	2/2 Z,Zk	—
<b>Termodynamika kontinua</b>	—	3/2 Z,Zk
Kvantová teorie II	—	3/2 Z,Zk
Matematické metody v klasické a kvantové mechanice 1	2/0 Zk	—
Matematické metody v klasické a kvantové mechanice 2	—	2/0 Zk
Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice 1	2/1 Z,Zk	—
Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice 2	—	2/1 Z,Zk
Seminář z mechaniky kontinua	0/2 Z	0/2 Z
Numerický software 1	2/2 Z,KZ	—
Numerický software 2	—	2/2 Z,Zk
<i>Úvod do fyziky plazmatu a počítačové fyziky</i>	2/0	2/0 Zk
<i>Vybrané problémy matematického modelování</i>	—	0/2 Z

## 2. rok magisterského studia

Matematická teorie pružnosti 1	2/0 Zk	—
Matematická teorie pružnosti 2	—	2/0 Zk
Biotermodynamika	2/2 Z,Zk	—
Seminář z mechaniky kontinua	0/2 Z	0/2 Z
Vybrané problémy matematického modelování	—	0/2 Z
Další výběrově povinné předměty		

## Další výběrově povinné předměty

Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice I	2/1 Z,Zk	—
Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice II	—	2/1 Z,Zk
Vybrané kapitoly z nelineárních diferenciálních rovnic	2/0	2/0 Zk
Vybrané kapitoly z teorie optimalizace	2/0	2/0 Zk
Nelineární funkcionální analýza	2/0 Zk	—
Matematická teorie pružnosti 1	2/0 Zk	—
Matematická teorie pružnosti 2	—	2/0 Zk
Matematické metody v mechanice a termodynamice 1	2/0 Zk	—
Matematické metody v mechanice a termodynamice 2	—	2/0 Zk
Matematické metody v mechanice tekutin	2/0	2/0 Zk
Seminář z mechaniky kontinua	0/2 Z	0/2 Z
Vybrané problémy matematického modelování	—	0/2 Z
Víceúrovňové metody	2/0	2/0 Zk
Matematické modely přenosu částic	2/0	2/0 Zk
Tvarová a materiálová optimalizace	2/0	2/0 Zk
Numerické modelování problémů elektrotechniky 1	2/0 Zk	—
Numerické modelování problémů elektrotechniky 2	—	2/0 Zk
Geometrická teorie míry	—	2/0 Zk
Geometrické metody teoretické fyziky	—	3/2 Z,Zk
Úvod do analýzy na varietách	2/2 Z,Zk	—
Kalibrační pole a nekomunikativní geometrie	—	2/0 Zk
Pravděpodobnost a matematická statistika	—	4/2 Z,Zk
Úvod do fyziky plazmatu a počítačové fyziky	2/0	2/0 Zk
Pravděpodobnost a matematika fázových přechodů I	2/0 Zk	—
Pravděpodobnost a matematika fázových přechodů II	—	2/0 Zk
Deterministický chaos, nelineární oscilace a vlny	—	2/0 Zk
Kvantová teorie I	4/2 Z,Zk	—
Kvantová teorie II	—	3/2 Z,Zk
Biotermodynamika	2/2 Z,Zk	—
Vybrané aspekty operačního systému UNIX	2/0 Z	—
Pokročilé metody programování	—	1/1 Z
Programování II pro neinformatiky	2/2 Z,Zk	—

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- absolvování předmětů povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium
- získání alespoň 20 bodů z výběrově povinných předmětů

## Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

### 1. Moderní analýza a diferenciální rovnice

#### *Teorie funkcí komplexní proměnné*

Derivace, holomorfní funkce, Cauchyova věta a Cauchyův vzorec, izolované singularity, reziduová věta, meromorfní funkce, konformní zobrazení, Riemannova věta.

#### *Funkcionální analýza*

Metrické prostory, vektorové prostory, normované lineární prostory, teorie lineárních operátorů, Hilbertovy a Banachovy prostory, spojité nelineární funkcionály, Hahn - Banachova věta, Fredholmovy věty, řešení integrálních rovnic, řešení nelineárních operátorových rovnic: metoda monotonních operátorů, Banachova věta, věty Browerova a Schauderova, Lebesgueovy a Sobolevovy prostory a jejich duály.

#### *Obyčejné diferenciální rovnice*

Lokální existence řešení obyčejných diferenciálních rovnic prvního řádu (klasická a zobecněná teorie), jednoznačnost, maximální řešení, lineární rovnice vyšších řádů, soustavy lineárních rovnic prvního řádu a jejich řešení.

#### *Parciální diferenciální rovnice*

Lineární rovnice 1. řádu, metoda charakteristik, klasifikace rovnic 2. řádu, formulace základních úloh pro jednotlivé typy vlastností harmonických funkcí, slabá řešení eliptických úloh, metoda monotonních operátorů, zobecněná řešení pro parabolickou a hyperbolickou rovnici, integrální transformace.

### 2. Matematické modelování a numerické metody

#### *Numerické metody řešení diferenciálních rovnic*

Diskrétní metody řešení obyčejných diferenciálních rovnic; metoda sítí pro řešení eliptických, parabolických a hyperbolických úloh; konvergence, stabilita, iterační metody pro řešení velkých Metoda konečných prvků pro řešení eliptických rovnic: triangulace oblastí, po částech polynomiální aproximace, interpolace v Sobolevových prostorech, odhad chyby, příklady konečných prvků.

#### *Základní matematické modely mechaniky tuhé a kapalné fáze*

Formulace zákonů zachování ve tvaru diferenciálních rovnic, Eulerovy a Navierovy-Stokesovy rovnice, nevazké nevířivé proudění - formulace pomocí potenciálu rychlosti a proudové funkce, úloha pro vazké nestlačitelné proudění. Základní pojmy z teorie pružnosti, tenzor napětí, tenzor deformace, Hookův zákon, Lamého rovnice.

### 3. Vybrané partie fyziky

#### *Mechanika kontinua*

Tenzorová algebra a analýza, tenzory velké deformace, infinitesimální deformace. Bilanční rovnice, Cauchyho věta, tenzor napětí, konstituční vztahy, princip objektivity, symetrie. Tekutiny, pevné látky, elastické látky, ideální, newtonovské a newtonovské tekutiny, elastické pevné látky. Formulace okrajových úloh a jejich řešení.

#### *Termodynamika*

Termodynamické veličiny, stav systému - I. zákon termodynamiky. Termodynamický proces, entropie - II. zákon termodynamiky. Důsledky principu časové nevrátlosti procesů a principu maximální pravděpodobnosti stavu. Konstitutivní vztahy pro termoviskoelastické těleso, termoviskoelastickou tekutinu a termodynamické podmínky stability jejich stavů. Klasická nerovnovážná termodynamika, princip minimální disipace energie a minimální produkce entropie. Rozšířená nerovnovážná termodynamika, zobecněná definice entropie pro lokálně nerovnovážné stavy.

#### *Statistická fyzika*

Soubory ve statistické fyzice, Liouvilleova rovnice, mikrokanonický, kanonický a velký kanonický soubor, Maxwellovo - Boltzmannovo, Fermiho - Diracovo a Boseovo - Einsteinovo rozdělení, záření černého tělesa, stavová rovnice plynů.

#### *Kvantová mechanika*

Základní pojmy a postuláty kvantové mechaniky, Schrödingerova rovnice, relace neurčitosti, jednočásticové a dvoučásticové problémy, lineární harmonický oscilátor, částice v potenciálové jámě, atom vodíku. Teorie reprezentací. Hilbertův prostor, Schrödingerova, Heisenbergova a interakční reprezentace. Spin a jeho popis. Pauliho rovnice, skládání orbitálního a spinového momentu. Zeemanův jev. Přibližné metody kvantové mechaniky. Poruchový počet, variační metody. Systémy mnoha částic. Mnohočásticová vlnová funkce a její interpretace. Systémy stejných částic. Bosony a fermiony, Pauliho princip. Slaterův determinant.

## 11. Učitelství fyziky pro SŠ v kombinaci s odbornou fyzikou

### *Charakteristika studijního oboru:*

K odbornému magisterskému studiu fyziky ve zvolené disciplíně umožňuje tento obor získat aprobaci pro výuku fyziky na střední škole. Zahrnuje výuku předmětů nezbytných pro profesní přípravu učitele (pedagogicko-psychologické disciplíny a pedagogická praxe) a předmětů orientovaných na výuku fyziky (didaktika fyziky a praktika školních pokusů). Absolventi se vedle svého specializovaného oboru fyziky uplatní i jako učitelé fyziky na středních školách.

### *Cíle studia:*

Cílem je připravit absolventy, kteří vedle své specializace budou plně kvalifikováni k výuce fyziky na střední škole, nejen po odborné, ale i po profesní stránce. Z absolventů by měli vyrůst učitelé, kteří budou umět zaujmout žáky pro svůj předmět, dokáží je podněcovat k aktivní práci, budou s nimi schopni komunikovat i mimo svou odbornost a vést je a vychovávat po lidské stránce, budou se chtít sami dále rozvíjet a zvládnou měnící se roli učitele v dnešním i budoucím světě.

### *Profil absolventa:*

Absolvent má plnohodnotné vzdělání v některém z „učitelských“, studijních oborů (studijní obory 1.-10.) magisterského studijního programu fyzika. Kromě toho získal vzdělání jak v pedagogicko-psychologických disciplínách, tak v oblasti vyučování fyzice a absolvoval příslušné pedagogické praxe, takže je aprobován učit fyziku na střední škole. Umí předávat znalosti a dovednosti z oboru fyziky, zvládá dostatečně široké spektrum metod a forem výuky, umí řídit práci studentů a reagovat na nejrůznější situace vzniklé ve výuce. Má potřebné znalosti z pedagogicko-psychologických předmětů tvořících základ jeho profesní orientace a umí těchto znalostí aktivně využívat. Získal praktické zkušenosti s výukou ve škole a základní znalosti o organizaci práce střední školy.

### **Doporučený průběh studia**

Student si k povinné výuce zapisuje ještě výběrovou výuku a doporučené předměty minimálně v takovém rozsahu, aby za celé studium získal alespoň počet bodů nutných k přípuštění ke státní závěrečné zkoušce.

Studijní plán oboru Učitelství fyziky pro SŠ v kombinaci s odbornou fyzikou se skládá ze studijního plánu některého ze studijních oborů (1-10) navazujícího magisterského studijního programu Fyzika a předmětů povinných k získání učitelské aprobace podle následujících tabulek:

#### **1. rok studia**

<b>Pedagogika</b>	2/0	0/2 Z,Zk
<b>Psychologie</b>	2/0 Zk	0/2 Z
<b>Praktikum školních pokusů I</b>	0/3 Z	—
<b>Praktikum školních pokusů II</b>	—	0/3 Z
<b>Didaktika fyziky I</b>	—	2/1 Z,Zk
<b>Pedagogická praxe z fyziky I</b>	1 týden Z	—

<b>Pedagogická praxe z fyziky II</b>	—	2 týdny Z
Doporučené přednášky a semináře		
<i>Relativistická astrofyzika a kosmologie</i>	—	2/0 Zk
<i>Problémy fyzikálního vzdělávání</i>	0/2 Z	0/2 Z
<i>Pedagogický seminář I</i>	0/2 Z	—
<i>Pedagogický seminář II</i>	—	0/2 Z
<i>Sociální psychologie</i>	-	0/2 Z
<i>Psychologické praktikum</i>	0/2 Z	—
<i>Rétorika a komunikace s lidmi</i>	—	0/2 Z

## 2. rok studia

<b>Didaktika fyziky II</b>	0/2 Z	—
<b>Pedagogická praxe z fyziky III</b>	2 týdny Z	—
Doporučené přednášky a semináře		
<i>Školský management</i>	0/2 Z	—
<i>Dějiny fyziky I</i>	2/0 Zk	—
<i>Dějiny fyziky II</i>	—	2/0 Zk
<i>Problémy fyzikálního vzdělávání</i>	0/2 Z	0/2 Z
<i>Praktikum školních pokusů III</i>	0/3 Z	—
<i>Praktikum školních pokusů IV</i>	—	0/3 Z

### Kurz bezpečnosti práce

Podmínkou pro samostatnou práci v laboratoři (zahájení praktik a experimentální diplomové práce) je získání zápočtu z kurzu bezpečnosti práce, který je organizován pro všechny studenty fyziky kabinetem výuky obecné fyziky. Platnost tohoto kurzu je dva roky.

### Diplomová práce

Diplomová práce ze zvoleného oboru navazujícího magisterského studia fyziky se zadává v zimním semestru prvního ročníku.

### Státní závěrečná zkouška

Zkouška se skládá ze tří částí:

- z obhajoby diplomové práce
- z ústní zkoušky z fyziky odpovídající zvolenému oboru navazujícího magisterského studia fyziky (1-10)
- z ústní zkoušky z didaktiky fyziky (s praktickou částí)

### Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky z fyziky

jsou shodné s požadavky uvedenými u zvoleného oboru navazujícího magisterského studia fyziky (1-10)

### Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky z didaktiky fyziky

zahrnují didaktická témata uvedená v požadavcích ke státní závěrečné zkoušce u studijního oboru 12 Učitelství fyzika-matematika pro SŠ.

## 12. Učitelství fyzika-matematika pro SŠ

*Charakteristika studijního oboru:*

Magisterské studium připravuje učitele kombinace matematika-fyzika pro střední školy. Navazuje na bakalářské studium, z něhož si student přinesl základní odborné znalosti potřebné pro výuku těchto předmětů na střední škole.

Studium vedle některých náročnějších partií matematiky a fyziky zahrnuje zejména profesní přípravu (pedagogicko – psychologické předměty, základy školního managementu, didaktiky obou předmětů, metody řešení úloh, praktika školních pokusů, pedagogická praxe). Široká nabídka volitelných předmětů a volba tématu diplomové práce (z fyziky nebo z matematiky) umožňuje studentům rozšířit si vzdělání v oblastech, které je zajímají.

#### *Cíle studia:*

Cílem je vychovat kvalitní středoškolské učitele fyziky a matematiky, velmi dobře připravené po odborné i profesní stránce. Rozvinout jejich osobnost, aby uměli jak zaujmout žáky pro své předměty, tak vést je a vychovávat po lidské stránce. Z absolventů by měli vyrůst učitelé, kteří dokážou podněcovat své žáky k aktivní práci, budou s nimi schopni komunikovat i mimo svou odbornost, budou se chtít sami dále rozvíjet a zvládnou měnící se roli učitele v dnešním i budoucím světě.

#### *Profil absolventa:*

Absolvent je plně kvalifikovaným učitelem matematiky a fyziky pro střední školu. Má dostatečně široké a hluboké odborné znalosti základů matematiky a fyziky, aby dokázal pracovat i s talentovanými žáky. Umí tyto znalosti aplikovat na řešení problémů, využívat při provádění a vyhodnocování experimentů a v diskusích zahrnujících souvislosti s moderními technologiemi a běžným životem. Umí předávat znalosti a dovednosti z těchto oborů, zvládá dostatečně široké spektrum metod a forem výuky, umí řídit práci studentů a reagovat na nejrůznější situace vzniklé ve výuce. Má dobrou úroveň počítačové gramotnosti. Má potřebné znalosti z pedagogicko-psychologických předmětů tvořících základ jeho profesní orientace a umí těchto znalostí aktivně využívat. Získal praktické zkušenosti s výukou ve škole a základní znalosti o organizaci práce střední školy. V rámci diplomové práce získal hlubší vědomosti z některé části matematiky nebo fyziky nebo z problematiky vzdělávání v těchto oborech. To mu umožňuje komunikovat se specialisty a může být východiskem jeho dalšího vzdělávání.

#### **Doporučený průběh studia**

Student si k povinné výuce zapisuje ještě výběrovou výuku a doporučené předměty minimálně v takovém rozsahu, aby za celé studium získal alespoň počet bodů nutných k připuštění ke státní závěrečné zkoušce.

#### **1. rok studia**

<b>Pedagogika</b>	2/0	0/2 Z,Zk
<b>Psychologie</b>	2/0 Zk	0/2 Z
<b>Fyzika kondenzovaného stavu</b>	3/0 Zk	—
<b>Jaderná fyzika <sup>1</sup></b>	—	2/0 Zk
<b>Praktikum školních pokusů I</b>	0/3 Z	—
<b>Praktikum školních pokusů II</b>	—	0/3 Z
<b>Didaktika fyziky I</b>	—	2/1 Z,Zk
<b>Pedagogická praxe z fyziky I</b>	1 týden Z	—
<b>Pedagogická praxe z fyziky II</b>	—	2 týdny Z
<b>Didaktika matematiky</b>	2/0	0/2 Z,Zk
<b>Matematická analýza III</b>	2/2 Z,Zk	—
<b>Algebra II</b>	—	2/2 Z,Zk
<b>Metody řešení matematických úloh</b>	0/2 Z	—
<b>Pedagogická praxe z matematiky I</b>	1 týden Z	—
<b>Pedagogická praxe z matematiky II</b>	—	2 týdny Z
<hr/>		
Doporučené přednášky a semináře		
<i>Výběrová výuka z matematiky <sup>2</sup></i>		
<i>Elektronika</i>	2/0 Zk	—
<i>Kurz praktické elektroniky</i>	0/2 Z	0/2 Z
<i>Jaderná fyzika</i>	—	0/2 Z
<i>Relativistická astrofyzika a kosmologie</i>	—	2/0 Zk
<i>Problémy fyzikálního vzdělávání</i>	0/2 Z	0/2 Z

<i>Pedagogický seminář I</i>	0/2 Z	—
<i>Pedagogický seminář II</i>	—	0/2 Z
<i>Sociální psychologie</i>	-	0/2 Z
<i>Psychologické praktikum</i>	0/2 Z	—
<i>Rétorika a komunikace s lidmi</i>	—	0/2 Z

<sup>1</sup> Tuto studijní povinnost by místo absolvování přednášky Jaderná fyzika v rozsahu 2/0 mohl posluchač splnit absolvováním přednášky Fyzika V v bakalářském studijním programu Fyzika nebo přednášky Fyzika VI pro studium Učitelství fyziky pro druhý stupeň ZŠ.

<sup>2</sup> Posluchači zapíší výuku po dohodě s pracovištěm garantujícím výuku matematiky pro učitelské obory.

## 2. rok studia

<b>Astronomie a astrofyzika</b>	2/0 Zk	—
<b>Fyzikální obraz světa</b>	2/0 Z	—
<b>Didaktika fyziky II</b>	0/2 Z	—
<b>Pedagogická praxe z fyziky III</b>	2 týdny Z	—
<b>Logika a teorie množin</b>	2/0 Zk	—
<b>Dějiny matematiky I</b>	2/0 KZ	—
<b>Geometrie III</b>	2/2 Z,Zk	—
<b>Pedagogická praxe z matematiky III</b>	2 týdny Z	—
<hr/>		
Doporučené přednášky a semináře		
<i>Výběrová výuka z matematiky<sup>1</sup></i>		
<i>Školský management</i>	0/2 Z	—
<i>Dějiny fyziky I</i>	2/0 Zk	—
<i>Dějiny fyziky II</i>	—	2/0 Zk
<i>Problémy fyzikálního vzdělávání</i>	0/2 Z	0/2 Z
<i>Meteorologie a geofyzika</i>	2/0 Zk	—
<i>Praktikum školních pokusů III</i>	0/3 Z	—
<i>Praktikum školních pokusů IV</i>	—	0/3 Z

<sup>1</sup> Posluchači zapíší výuku po dohodě s pracovištěm garantujícím výuku matematiky pro učitelské obory.

## Kurz bezpečnosti práce

Podmínkou pro samostatnou práci v laboratoři (zahájení praktik a experimentální diplomové práce) je získání zápočtu z kurzu bezpečnosti práce, který je organizován pro všechny studenty fyziky kabinetem výuky obecné fyziky. Platnost tohoto kurzu je dva roky.

## Diplomová práce

Diplomová práce se zadává v zimním semestru prvního ročníku. Téma diplomové práce z fyziky nebo matematiky nebo didaktik těchto oborů si student volí po dohodě s pracovištěm garantujícím výuku fyziky pro učitelské obory.

## Státní závěrečná zkouška

Zkouška se skládá ze tří částí:

- z obhajoby diplomové práce
- z ústní zkoušky z fyziky a didaktiky fyziky s praktickou částí týkající se didaktiky fyziky
- z ústní zkoušky z matematiky a didaktiky matematiky

## Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- absolvování předmětů magisterského studia povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium

## Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky z fyziky a didaktiky fyziky

### Odborná témata

Student musí prokázat dostatečný fyzikální nadhled nad partii fyziky, které bude ve své praxi vyučovat. Musí proto prokázat znalost klíčových experimentů a základních fyzikálních teorií a jejich vzájemných souvislostí. Musí umět vysvětlit a ilustrovat podstatu a význam základních fyzikálních veličin, zákonů a jejich důsledků, experimentálních metod a praktických aplikací. K tomu patří pochopení pojmů a zákonů prolínajících celou fyzikou (energie, hybnost, zákony zachování, rovnice kontinuity, potenciály, pohybové rovnice, oscilace, vlny, postuláty základních teorií), vztahů jednotlivých partií a mezi jejich platnosti a znalost jednotek veličin a hodnot základních fyzikálních konstant.

#### 1. Klasická mechanika a teorie relativity

Základní principy nerelativistické mechaniky. Kinematický popis a pohybové rovnice soustavy částic, tuhého tělesa a kontinua. Zákony zachování. Inerciální a neinerciální soustavy souřadnic. Pohyb částic v homogenním a centrálním silovém poli; kmity. Vlny v pružném prostředí a tekutinách. Meze klasické mechaniky. Základní postuláty speciální teorie relativity, význam a důsledky Lorentzovy transformace. Relativistická dynamika. Pokusy ověřující důsledky STR. Vztah klasické mechaniky a STR. Prostor, čas a kauzalita; čtyřrozměrný prostoročas. Základní ideje obecné teorie relativity.

#### 2. Elektrodynamika

Základní elektrické a magnetické jevy a jejich kvantitativní formulace. Náboje a látky v elektrických a magnetických polích. Elektromagnetické pole jako samostatný objekt. Maxwellovy rovnice. Energie a hybnost elektromagnetického pole. Rovinné elektromagnetické vlny. Polarizace. Ohyb, interference a lom rovinných elektromagnetických vln. Generování elektromagnetických vln; retardace, koherence vlnění. Meze klasické elektrodynamiky.

#### 3. Termodynamika a statistická fyzika

Principy termodynamického a statistického popisu fyzikálních systémů a dějů, příklady jejich aplikací.

#### 4. Fyzika mikrosvěta

Experimentální východiska kvantové fyziky, základní myšlenky kvantové mechaniky, jejich důsledky a uplatnění v technické praxi. Svět atomů a molekul. Atomové jádro (složení, charakteristiky). Vazebná energie jádra, vazebná síly. Modely jader. Radioaktivita. Jaderné reakce (s využitím v energetice). Elementární částice, jejich vlastnosti a interakce. Experimenty jaderné a částicové fyziky.

#### 5. Fyzika kondenzovaného stavu

Vazebné síly a struktura látek v kondenzovaném stavu. Mechanické vlastnosti látek. Elektrony a fonony; základy pásové teorie pevných látek. Elektrony kondenzovaných látek ve vnějších polích, interakce záření s pevnými látkami; spontánní a vynucená emise. Tepelné, elektrické a optické vlastnosti pevných látek. Magnetické vlastnosti pevných látek. Praktické aplikace fyziky pevných látek (polovodičové prvky, lasery, fotoelementy, supravodiče, kapalné krystaly).

#### 6. Fyzika hvězd a vesmíru

Základy moderních astronomických a astrofyzikálních představ o hvězdách a vesmíru.

### Didaktická témata

Student musí mikrovýstupem prokázat schopnost samostatně vyložit zadané téma z níže uvedených okruhů učiva zahrnující demonstrační pokus ze středoškolské fyziky. Musí umět vysvětlit souvislost pokročilejších partií s příslušnými částmi látky probíranými na střední škole a bez nepřipustného zkreslení objasnit danou problematiku na úrovni přístupné středoškolákům. Musí prokázat znalost cílů a obsahu fyzikálního vzdělávání na střední škole a schopnost navrhnout alternativní způsoby projekce fyzikálních poznatků do učiva střední školy. Předmětem diskuse může být i struktura učiva fyziky na SŠ, zavádění fyzikálních veličin, zákonů a teorií do učivu SŠ, metody a prostředky ve výuce středoškolské fyziky metodika řešení fyzikálních úloh a didaktické funkce pokusů, diagnostické metody.

Student také musí při mikrovýstupu prokázat znalost obsluhy a fyzikálního principu činnosti přístrojů, užívaných ve výuce fyziky na školách. Zejména jde o následující přístroje: Ruhmkorffův transformátor, indukční elektrika, van de Graaffův generátor, vysokonapěťový zdroj, elektroskop, měřič náboje, elektrostatický voltmetr, univerzální zdroj, školní trafousměrňovač, rotační odporový měnič, reostat, rozkladný transformátor s příslušenstvím, ampérmetr, voltmetr, wattmetr, ohmmetr, teslametr, RC generátor, osciloskop, souprava pro pokusy s mikrovlnami, WSP 220, vývěva, manometr, pVT přístroj, vzduchová dráha, souprava GAMABETA. Student musí zvládat i základy práce se systémy typu ISES nebo IP Coach pro počítačem podporované školní experimenty.

*Okruhy učiva:*

Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb. Rovnoměrný pohyb po kružnici. Newtonovy zákony. Skládání sil. Mechanická práce a mechanická energie. Archimédův zákon. Proudění tekutin. Mechanické kmity a vlny. Tepelné děje s ideálním plynem. Elektrostatické pole. Vedení elektrického proudu v látkách. Magnetické pole. Elektromagnetická indukce. Střídavé proudy. Elektrické stroje. Elektrické kmity a vlny. Odraz a lom světla. Interference a ohyb světla. Registrace alfa-, beta-, gama částic.

### **Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky z matematiky a didaktiky matematiky**

Požadavky jsou shodné s požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky z matematiky a didaktiky matematiky v magisterském studijním oboru Učitelství matematika-fyzika studijního programu Matematika.

## **13. Učitelství fyziky pro SŠ v kombinaci s jiným aprobačním předmětem**

Studium fyziky v rámci tohoto oboru se shoduje se studiem aprobačního předmětu Fyzika v rámci oboru 12 včetně povinných předmětů a požadavků ke státní zkoušce. Studium je zamýšleno v kombinaci s dalším aprobačním předmětem zpravidla v rámci mezifakultního studia. Bude ho též možno použít jako doplňující nebo rozšiřující studium v rámci celoživotního vzdělávání.

## **14. Učitelství fyzika-matematika pro 2. stupeň základních škol**

*Charakteristika studijního oboru:*

Magisterské studium připravuje učitele kombinace fyzika-matematika pro 2. stupeň základní školy. Navazuje na bakalářské studium, z něhož si student přinesl základní odborné znalosti potřebné pro vyučování těchto předmětů na základní škole. Studium vedle některých dalších partií matematiky a fyziky zahrnuje zejména předměty nutné pro profesní přípravu učitele (pedagogicko-psychologické předměty a základy školského managementu) a předměty orientované na výuku (didaktiky obou předmětů, praktika školních pokusů, pedagogické praxe). Široká nabídka volitelných přednášek, seminářů a praktik a volba tématu diplomové práce (z fyziky nebo z matematiky) umožňuje studentům rozšířit si vzdělání v oblastech, které je zajímají.

*Cíle studia:*

Cílem je vzdělat učitele matematiky a fyziky pro základní školy dobře připravené jak po odborné, tak po profesní stránce, kteří budou podněcovat aktivní práci svých žáků, komunikovat s nimi i mimo svou odbornost. Absolventi musí umět zaujmout žáky pro své předměty, vést je a vychovávat po lidské stránce a dokáží se tomuto umění v průběhu své kariéry učitele dále učit.

*Profil absolventa:*

Absolvent je plně kvalifikovaným učitelem matematiky a fyziky pro základní školu. Má potřebné odborné znalosti základů matematiky a fyziky pro výuku na základní škole. Zvládá dostatečně široké spektrum metod a forem výuky, umí řídit práci žáků a reagovat na nejrůznější situace, které se ve výuce vyskytnou. Má potřebné znalosti z pedagogicko-psychologických předmětů tvořících základ jeho profesní orientace a umí těchto znalostí aktivně využívat. Má praktické zkušenosti s výukou ve škole a základní znalosti o organizaci práce základní školy. V rámci diplomové práce získal absolvent hlubší vědomosti z některé části matematiky nebo fyziky nebo z problematiky týkající se vzdělávání v těchto oborech. To mu umožňuje v případě potřeby komunikovat se specialisty a může být východiskem jeho celoživotního vzdělávání.

### **Doporučený průběh studia**

Student si k povinné výuce zapisuje ještě výběrovou výuku a doporučené předměty minimálně v takovém rozsahu, aby za celé studium získal alespoň počet bodů nutných k připuštění ke státní závěrečné zkoušce.

## 1. rok studia

<b>Pedagogika</b>	2/2 Z	0/2 Z,Zk
<b>Didaktika matematiky I</b>	0/2 Z	2/2 Z,Zk
<b>Metody řešení matematických úloh I</b>	—	0/2 Z
<b>Pedagogická praxe z matematiky I</b>	1 týden Z	—
<b>Pedagogická praxe z matematiky II</b>	—	2 týdny Z
<b>Vybrané partie z fyziky I</b>	2/0 Zk	—
<b>Kurz bezpečnosti práce</b>	Z	—
<b>Praktikum školních pokusů I</b>	0/2 Z	—
<b>Praktikum školních pokusů II</b>	—	0/2 Z
<b>Didaktika fyziky I</b>	2/2 Z, Zk	—
<b>Pedagogická praxe z fyziky I</b>	1 týden Z	—
<b>Pedagogická praxe z fyziky II</b>	—	2 týdny Z
<hr/>		
Doporučené přednášky a semináře		
<i>Výběrová výuka z matematiky<sup>1</sup></i>		
<i>Elektronika</i>	2/0 Zk	—
<i>Kurz praktické elektroniky</i>	0/2 Z	0/2 Z
<i>Fyzikální obraz světa</i>	0/2 Z	—
<i>Jaderná fyzika</i>	—	0/2 Z
<i>Relativistická astrofyzika a kosmologie</i>	—	2/0 Zk
<i>Problémy fyzikálního vzdělávání</i>	0/2 Z	0/2 Z
<i>Psychologické praktikum</i>	0/2 Z	—
<i>Rétorika a komunikace s lidmi</i>	—	0/2 Z

<sup>1</sup> Posluchači zapíší výuku po dohodě s pracovištěm garantujícím výuku matematiky pro učitelské obory.

## 2. rok studia

<b>Logika a teorie množin</b>	2/0 Zk	—
<b>Dějiny matematiky I</b>	2/0 KZ	—
<b>Didaktika matematiky II</b>	2/2 Z,Zk	—
<b>Metody řešení matematických úloh II</b>	0/2 Z	—
<b>Pedagogická praxe z matematiky III</b>	2 týdny Z	—
<b>Didaktika fyziky II</b>	2/1 Z, Zk	-
<b>Vybrané partie z fyziky II</b>	4/0 Zk	—
<b>Vybrané partie z fyziky III</b>	—	0/2 Z
<b>Astronomie a astrofyzika</b>	2/0 Zk	—
<b>Praktikum školních pokusů III</b>	0/2 Z	—
<b>Pedagogická praxe z fyziky III</b>	2 týdny Z	—
<hr/>		
Doporučené přednášky a semináře		
<i>Školský management</i>	0/2 Z	—
<i>Výběrová výuka z matematiky<sup>1</sup></i>		
<i>Dějiny fyziky I</i>	2/0 Zk	—
<i>Dějiny fyziky II</i>	—	2/0 Zk
<i>Problémy fyzikálního vzdělávání</i>	0/2 Z	0/2 Z
<i>Meteorologie a geofyzika</i>	2/0 Zk	—
<i>Praktikum školních pokusů IV</i>	—	0/3 Z

<sup>1</sup> Posluchači zapíší výuku po dohodě s pracovištěm garantujícím výuku matematiky pro učitelské obory.

## Kurz bezpečnosti práce

Podmínkou pro samostatnou práci v laboratoři (zahájení praktik a experimentální diplomové práce) je získání zápočtu z kurzu bezpečnosti práce, který je organizován pro všechny studenty fyziky kabinetem výuky obecné fyziky. Platnost tohoto kurzu je dva roky.

### **Diplomová práce**

Diplomová práce z fyziky nebo matematiky nebo didaktik těchto oborů se zadává v zimním semestru prvního ročníku.

### **Státní závěrečná zkouška**

Zkouška se skládá ze tří částí:

- z obhajoby diplomové práce
- z ústní zkoušky z fyziky a didaktiky fyziky s praktickou částí týkající se didaktiky fyziky
- z ústní zkoušky z matematiky a didaktiky matematiky

### **Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce**

- absolvování předmětů magisterského studia povinných pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce
- podání diplomové práce v předepsané úpravě
- získání alespoň 60 bodů za celé studium

### **Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky z fyziky a didaktiky fyziky**

#### **Odborná témata**

Student musí prokázat dostatečný fyzikální nadhled nad partii fyziky, které bude ve své praxi vyučovat. Musí proto prokázat základní znalosti klíčových experimentů, fyzikálních teorií a jejich vzájemných souvislostí, umět vysvětlit základní fyzikální veličiny a způsob jejich měření, prokázat pochopení fyzikálních pojmů a zákonů, které se vází k výuce fyziky na základní škole. Umět vysvětlit nejdůležitější praktické aplikace. Okruhy témat:

#### *1. Mechanika*

Základní principy a zákony nerelativistické mechaniky, výchozí principy speciální teorie relativity a jejich důsledky.

#### *2. Elektrodynamika*

Základní elektrické a magnetické jevy a jejich kvantitativní popis; elektromagnetické vlny.

#### *3. Termodynamika, molekulová fyzika a fyzika kondenzovaného stavu*

Základní termodynamické veličiny a zákony pro plyny, základy kinetické teorie látek, mechanické vlastnosti pevných látek, fázové změny.

#### *4. Fyzika mikrosvěta*

Experimentální východiska kvantové fyziky, základní myšlenky kvantové mechaniky a jejich důsledky, stavba a metody studia elektronového obalu atomu. Složení a charakteristiky atomového jádra a jeho přeměny; klasifikace elementárních částic, jejich vlastnosti a interakce.

#### *5. Fyzika hvězd a vesmíru*

Základy moderních astronomických a astrofyzikálních představ o hvězdách a vesmíru.

#### **Didaktická témata**

Student navrhne postup výkladu zadaného tématu pro ZŠ a předvede praktický výstup včetně příslušných pokusů. Musí při tom bez nepřipustného zkreslení objasnit příslušné partie fyziky na úrovni přístupné žákům ZŠ. Při této příležitosti prokáže i znalost přístrojů a pomůcek, principů jejich činnosti a didaktického využití ve výuce na ZŠ.

Na závěr vzorově vyřeší zadanou fyzikální úlohu a didakticky vhodně vysvětlí postup řešení. V průběhu diskuse prokáže znalost zásad vyučování fyzice na ZŠ a schopnost prakticky je aplikovat. Posluchač má rovněž prokázat, že zná úkoly, cíle a obsah výuky fyziky na ZŠ a že si osvojil organizaci vyučování fyzice, charakteristické metody a formu práce učitele fyziky, že ovládá metodiku pokusů a řešení fyzikálních úloh a umí pracovat s učebními pomůckami. Předmětem diskuse může být i struktura učiva fyziky na ZŠ, fyzikální veličiny, elementarizace fyzikálních zákonů a vyvozování pojmů.

Seznam témat určených k výkladu:

Závislost dráhy rovnoměrného pohybu na době pohybu. Rychlost rovnoměrného pohybu. Zákon setrvačnosti. Třecí síla. Těžiště pevného tělesa. Otáčivý účinek síly; rovnoramenné váhy. Tlak v kapalině vyvolaný vnější silou; hydraulický lis. Hydrostatický tlak; hydrostatické paradoxon. Archimédův zákon. Atmosférický tlak. Aerodynamická odporová síla. Aerodynamická vztlaková síla na křídlo letadla. Vodič a izolant v elektrickém poli. Elektrické pole a jeho modelování. Elektrostatické zdroje (indukční elektrika, van de Graafův generátor). Ohmův zákon. Odpor vodiče. Tepelná pojistka. Užití reostatu k regulaci proudu a napětí. Zapojení spotřebičů za sebou a vedle sebe. Vedení elektrického proudu vodným roztokem látek. Vedení elektrického proudu v plynech. Polovodičová dioda. Tranzistor. Elektromagnet. Působení magnetického pole na vodič s proudem. Elektromagnetická indukce. Lenzův zákon. Střídavý proud. Transformátor. Trojfázový proud. Elektromotor. Odraz světla. Lom světla. Zobrazení kulovými zrcadly. Čočky. Rozklad světla hranolem. Teplotní roztažnost těles. Tepelná výměna. Tání krystalické látky. Var. Vypařování. Tepelné motory. Zdroje zvuku. Rychlost zvuku ve vzduchu. Odraz zvuku. Odraz a ohyb vlnění na vodní hladině. Kmitavý pohyb, kyvadlo.

### **Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky z matematiky a didaktiky matematiky**

#### **Odborná témata**

Přehledná znalost témat uvedených v požadavcích k ústní části státní závěrečné zkoušky z matematiky studijního plánu fyzika – matematika pro základní vzdělávání oboru fyzika zaměřená na vzdělávání bakalářského studijního programu fyzika.

Kardinální čísla, spočetné a nespočetné množiny.

Konstrukce tělesa reálných čísel.

#### **Didaktická témata:**

Čísla a číselné obory – čísla reálná a komplexní, Moivreova věta, řešení binomických a kvadratických rovnic

Funkce – lineární, kvadratická, mocninná, exponenciální, logaritmická, goniometrické, nepřímá úměrnost.

Diferenciální počet – spojitost, limita, derivace funkce, užití na průběh a extrémy.

Integrální počet – primitivní funkce, určitý integrál a jeho užití na výpočet obsahů a objemů

Posloupnosti – aritmetická a geometrická posloupnost, limita, nekonečná geometrická řada

Rovnice, nerovnice a jejich soustavy - metody řešení lineárních, kvadratických, logaritmických, exponenciálních a goniometrických rovnic příp. nerovnic, řešení s parametry

Planimetrie a stereometrie - shodnost, podobnost stejnoolehlost, řešení úloh, množiny bodů dané vlastnosti, řešení stereometrických úloh. Rovinné obrazce, obvody, obsahy, tělesa, povrch, objem, síť

Analytická geometrie – přímka, rovina, odchylky a vzdálenosti, kuželosečky a kvadriky (v zákl. tvaru)

Kombinatorika, pravděpodobnost, statistika – kombinace, variace, permutace, binomická věta, náhodný jev a jeho pravděpodobnost, základy statistiky

Metody středoškolské matematiky – Vytváření představ a pojmů a jejich klasifikace, definice, hypotézy, druhy důkazů, axiomatická metoda v matematice