
UNIVERSITAS CAROLINA PRAGENSIS
FACULTAS MATHEMATICAE PHYSICAEQUE DISCIPLINAE

STUDIJNÍ PLÁNY
Matematicko-fyzikální fakulty
2019/2020

Magisterské studium

Obsah

Úvodní slovo	3
Průběh studia	4
Průběžná kontrola studia	5
Zápis do ročníku a zápis předmětů	6
Zkoušky a zápočty	7
Státní závěrečná zkouška	7
Výuka jazyků	8
Tělesná výchova	8
Péče o studenty se speciálními potřebami	9
Několik rad závěrem	9
Podrobný harmonogram akademického roku 2019/2020	11
Přehled studijních programů a oborů na MFF UK	15
Magisterské studium	15
Garanti studijních programů	16
Studijní plány studijního programu MATEMATIKA	17
Magisterské studium	18
1. Základní informace	18
Studijní obory magisterského studia studijního programu Matematika	18
Všeobecné zásady studia	19
2. Studijní plány jednotlivých oborů	21
2.1 Matematické struktury	21
2.2 Matematické metody informační bezpečnosti	24
2.3 Matematická analýza	25
2.4 Numerická a výpočtová matematika	29
2.5 Matematické modelování ve fyzice a technice	33
2.6 Pravděpodobnost, matematická statistika a ekonometrie	37
2.7 Finanční a pojistná matematika	42
2.8 Matematika pro informační technologie	45
Studijní plány studijního programu FYZIKA	51
Magisterské studium	52
1. Základní informace	52
2. Studijní plány jednotlivých oborů	53
1. Astronomie a astrofyzika	53
2. Geofyzika	59
3. Meteorologie a klimatologie	63
4. Teoretická fyzika	69
5. Fyzika kondenzovaných soustav a materiálů	75
6. Optika a optoelektronika	85
7. Fyzika povrchů a ionizovaných prostředí	91
8. Biofyzika a chemická fyzika	96
9. Jaderná a subjaderná fyzika	103
10. Matematické a počítačové modelování ve fyzice	109

11. Učitelství fyziky	117
Studijní plány studijního programu INFORMATIKA	119
Magisterské studium	120
Zahájení studia v roce 2015 nebo později	120
1. Základní informace	120
2. Studijní plány jednotlivých oborů	123
1. Diskrétní modely a algoritmy	123
2. Teoretická informatika	129
3. Softwarové a datové inženýrství	132
4. Softwarové systémy	138
5. Matematická lingvistika	142
6. Umělá inteligence	145
7. Počítačová grafika a vývoj počítačových her	152
Zahájení studia v roce 2014 nebo dříve	160
1. Základní informace	160
2. Studijní plány jednotlivých oborů	164
1. Teoretická informatika I1	164
2. Softwarové systémy I2	169
3. Matematická lingvistika I3	178
4. Diskrétní modely a algoritmy I4	181
5. Učitelství informatiky pro střední školy v kombinaci s odbornou informatikou I5	186
Studijní plány učitelského studia	187
Magisterské studium	188
Zahájení v roce 2015 nebo později	188
1. Základní informace	188
2. Studijní plány jednotlivých oborů	192
1. Učitelství fyziky	192
2. Učitelství matematiky	196
3. Učitelství deskriptivní geometrie	199
4. Učitelství informatiky	201
Zahájení v roce 2014 nebo dříve	204
1. Učitelství fyziky-matematiky pro střední školy	204
2. Učitelství matematiky-informatiky pro střední školy	213
3. Učitelství matematiky-deskriptivní geometrie pro střední školy	219
Vyučování všeobecně vzdělávacích předmětů	223
Průběh studia a způsob hodnocení	223
Studijní plány	232
Vyučování všeobecně vzdělávacího předmětu fyzika	232
Vyučování všeobecně vzdělávacího předmětu matematika	233
Vyučování všeobecně vzdělávacího předmětu informatika	234

Úvodní slovo

Vážené studentky a vážení studenti,

tato publikace, nazývaná též Oranžová Karolinka, slouží jako aktuální a důkladný průvodce studijními programy, které nabízí Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy. Publikace je každoročně aktualizovaná a obsahuje podrobné informace o studijních plánech těchto studijních programů. Další, detailnější, informace o jednotlivých předmětech naleznete ve Studijním informačním systému.

V letošním roce má tato publikace speciální formu - na rozdíl od let předchozích vycházejí odděleně studijní plány bakalářských a navazujících magisterských studijních programů. To je důsledkem velmi speciální situace, ve které se výuka na MFF v akademickém roce 2019/2020 nachází. V publikaci, kterou právě čtete, jsou již totiž představeny pouze navazující magisterské studijní programy a obory, které se otvírají naposledy ve verzi z doby před institucionální akreditací, kterou Univerzita Karlova získala jako první vysoká škola v České republice na jaře roku 2018. Výuka v nově akreditovaných navazujících magisterských programech bude zahájena až v akademickém roce 2020/2021.

Hlavními studijními programy na magisterské úrovni jsou Matematika, Fyzika a Informatika; každému z nich je věnována jedna kapitola této publikace. Každý z těchto programů se dále dělí na několik studijních oborů (viz dále) a v rámci jednoho oboru je v některých případech nabízeno ještě několik zaměření. Od ak. roku 2015/16 je otevřen zcela nový studijní program Bioinformatika, uskutečňovaný společně s Přírodovědeckou fakultou UK; studenti tohoto programu jsou zapsáni na PřF UK a proto studijní plány tohoto programu nejsou zařazeny do této publikace. Pokud vás zajímají, najdete je též na stránce <http://bioinformatika.mff.cuni.cz/>.

Tradičně naše fakulta nabízí také studijní obory určené budoucím učitelům. Tyto učitelské studijní obory jsou formálně začleněny do tří výše uvedených odborných studijních programů, ale pro větší přehlednost jim v této publikaci věnujeme samostatnou kapitolu. Jiné formě přípravy na učitelství nabízené na naší fakultě je věnována poslední kapitola této publikace: jedná se o kurzy Vyučování všeobecně vzdělávacího předmětu matematika, fyzika, informatika, nabízené v rámci celoživotního vzdělávání především (budoucím) absolventům odborných oborů na naší fakultě.

V akademickém roce 2016/17 došlo oproti minulým letům k jedné podstatné změně, která se dotýká prakticky každého studenta i pedagoga. V návaznosti na novelu Zákona o vysokých školách (Zákon č.111/1998 Sb.) byly vydány kompletní nové sady předpisů jak na úrovni Univerzity Karlovy, tak i na úrovni jednotlivých fakult. Tyto předpisy obsahují řadu změn, proto by se s nimi měl každý student i pedagog podrobně seznámit. Z hlediska průběhu studia jsou nejdůležitější dva předpisy, a to **Studijní a zkušební řád UK** a **Pravidla pro organizaci studia na MFF UK**; odkazy na tyto dokumenty najdete na fakultní webové stránce <http://www.mff.cuni.cz/fakulta/predpisy/studijni.htm>. Na stejném místě jsou i ostatní novelizované předpisy důležité pro úspěšný průběh studia, jako např. Stipendijní řád nebo Disciplinární řád pro studenty.

Na MFF se snažíme dodržovat zásadu, že student studuje podle pravidel a studijních plánů platných v době jeho nástupu na fakultu, tudíž ani v dalších letech by se změny způsobené novou akreditací neměly dotknout studentů navazujících magisterských oborů, kteří zahájili studium v akademickém roce 2019/20 nebo dříve. Protože ale při studiu mohou nastat různé nečekané situace, není vždy důsledné dodržení této zásady možné. Proto doporučujeme sledovat, zda nedošlo zejména ve studijních plánech na další rok ke změnám, a případným změnám se přizpůsobit. Zároveň upozorňujeme na možnost změnit studijní obor v rámci téhož studijního programu, pokud se rozhodnete svou pozornost zaměřit trochu jiným směrem, než jste plánovali na začátku studia.

Průběh studia

Navazující magisterské studijní programy akreditované na MFF mají standardní dobu studia 2 roky. Standardní doba studia je doba, za kterou je možno studijní program zdárně vystudovat při studiu podle doporučených studijních plánů. Doporučený průběh studia je pro každý obor vypracován tak, aby na sebe povinné předměty navazovaly, aby student získal každý rok kredity potřebné pro zápis do dalšího roku studia a aby včas splnil podmínky pro přihlášení ke státní zkoušce. Doporučený průběh studia je podporován také při tvorbě celofakultního rozvrhu.

Studium je ukončeno státní závěrečnou zkouškou a její úspěšné složení vede v magisterských studijních programech k získání titulu magistr (Mgr.). Pokud standardní dobu studia přesáhnete o více než jeden rok, jste povinni hradit fakultě tzv. poplatek za delší studium, jehož výše je určena Přílohou č. 2 Statutu UK Poplatky spojené se studiem. Maximální doba studia je v magisterských studijních programech 5 let; pokud během této doby nesložíte státní závěrečnou zkoušku, bude vám studium ukončeno.

Studium je členěno do tzv. úseků studia, což jsou většinou ročníky (v bakalářských studijních programech v prvním roce studia semestry). Studium ve studijním programu se řídí studijním plánem příslušného studijního oboru, případně zaměření. Studijní plán určuje, které předměty jsou povinné (ty je třeba v každém případě před státní závěrečnou zkouškou úspěšně absolvovat), které předměty jsou povinně volitelné (těch je třeba úspěšně absolvovat tolik, abyste získali předepsaný počet kreditů), které jsou volitelné, jaké jsou mezi předměty časové návaznosti, a dále požadavky ke státní zkoušce. Na konci každého úseku studia probíhá tzv. průběžná kontrola studia, při které se ověřuje, zda výsledky vašeho dosavadního studia umožňují zápis do dalšího úseku studia. Pokud jste letos nastoupili ke studiu v nějakém bakalářském studijním programu, první průběžná kontrola vás čeká již po konci zkouškového období po prvním semestru (viz Podrobný harmonogram ak. roku).

Výuka předmětů probíhá v českém nebo anglickém jazyce. Povinné předměty jsou vyučovány každý rok, povinně volitelné předměty alespoň jednou za dva roky.

Pokud jste během svého bakalářského studia absolvovali nad rámec svých povinností některý z povinných nebo povinně volitelných předmětů magisterského studia, můžete v magisterském studiu požádat děkana o uznání kreditů za splnění této povinnosti. Přesné podmínky pro uznávání těchto kreditů se řídí čl. 12 Pravidel pro organizaci studia na MFF UK účinných od 1.10.2017.

Díky programu **Erasmus+** a některým dalším meziuniverzitním dohodám máte možnost jeden či dva semestry studia absolvovat na některé zahraniční univerzitě; podrobné informace najdete na stránce <http://www.mff.cuni.cz/studium/zahranici/>.

Průběžná kontrola studia

Průběžnou kontrolou studia se rozumí kontrola celkového počtu kreditů získaných za vaše dosavadní studium; tato kontrola se koná na konci každého úseku studia. Započítávají se do ní vždy pouze kredity získané do konce předchozího zkouškového období.

Získáte-li v dosavadních úsecích studia celkem nejméně tzv. minimální počet kreditů, máte právo na zápis do dalšího úseku studia. Pokud se vám ale podaří získat tzv. normální počet kreditů (odpovídající obvykle součtu kreditů při studijním plánu doporučeném průběhu studia v dosavadních úsecích studia) a zároveň dosáhnete určitého průměru, splníte tím základní podmínku pro přiznání **stipendia** za vynikající studijní výsledky; podrobnosti jsou popsány v Pravidlech pro přiznávání stipendií na MFF UK. Nezáskáte-li alespoň minimální počet kreditů, posuzuje se tato skutečnost jako nesplnění požadavků vyplývajících ze studijního programu, což vede k ukončení studia. Normální a minimální počty kreditů nutné pro zápis do dalšího úseku studia jsou stanoveny takto (bez závorky jsou uvedeny normální počty kreditů a v závorce minimální počty kreditů):

Normální a minimální počty kreditů

Bakalářské studijní programy - pro studenty zapsané od ak. roku 2014/2015 a později

- a) 30 (12) kreditů pro zápis do druhého úseku studia (tj. letního semestru 1. ročníku),
- b) 60 (45) kreditů pro zápis do třetího úseku studia (tj. 2. ročníku),
- c) 120 (90) kreditů pro zápis do čtvrtého úseku studia (tj. 3. ročníku),
- d) 180 (135) kreditů pro zápis do pátého úseku studia (tj. 4. ročníku),
- e) 240 (180) kreditů pro zápis do šestého úseku studia (tj. 5. ročníku),
- f) 300 (225) kreditů pro zápis do sedmého úseku studia (tj. 6. ročníku).

Magisterské studijní programy - pro všechny studenty

- a) 60 (45) kreditů pro zápis do druhého úseku studia (tj. 2. ročníku),
- b) 120 (90) kreditů pro zápis do třetího úseku studia (tj. 3. ročníku),
- c) 180 (135) kreditů pro zápis do čtvrtého úseku studia (tj. 4. ročníku),
- d) 240 (180) kreditů pro zápis do pátého úseku studia (tj. 5. ročníku).

Pro účely průběžné kontroly studia se započítávají všechny kredity za absolvované povinné a povinně volitelné předměty; za absolvované volitelné předměty se započítávají kredity až do následujícího rozsahu (v závorce je uveden procentuální podíl tohoto počtu kreditů vzhledem k normálnímu počtu kreditů příslušnému dané průběžné kontrole studia):

Maximální počty kreditů za volitelné předměty v oblastech vzdělávání Matematika, Fyzika a Informatika

Bakalářské studijní programy

- a) 4 kredity (15 %) pro zápis do druhého úseku studia,
- b) 9 kreditů (15 %) pro zápis do třetího úseku studia,
- c) 18 kreditů (15 %) pro zápis do čtvrtého úseku studia,

- d) 54 kreditů (30 %) pro zápis do pátého úseku studia,
- e) 72 kreditů (30 %) pro zápis do šestého úseku studia,
- f) 90 kreditů (30 %) pro zápis do sedmého úseku studia.

Magisterské studijní programy

- a) 18 kreditů (30 %) pro zápis do druhého úseku studia,
- b) 60 kreditů (50 %) pro zápis do třetího úseku studia,
- c) 126 kreditů (70 %) pro zápis do čtvrtého úseku studia,
- d) 167 kreditů (70 %) pro zápis do pátého úseku studia.

Maximální počty kreditů za volitelné předměty v oblasti vzdělávání Učitelství

Bakalářské studijní programy - pro studenty zapsané od ak. roku 2019/2020

- a) 3 kredity (10 %) pro zápis do druhého úseku studia,
- b) 6 kreditů (10 %) pro zápis do třetího úseku studia,
- c) 12 kreditů (10 %) pro zápis do čtvrtého úseku studia,
- d) 45 kreditů (25 %) pro zápis do pátého úseku studia,
- e) 60 kreditů (25 %) pro zápis do šestého úseku studia,
- f) 75 kreditů (25 %) pro zápis do sedmého úseku studia.

Magisterské studijní programy - pro studenty zapsané od ak. roku 2019/2020

- a) 6 kreditů (10 %) pro zápis do druhého úseku studia,
- b) 24 kreditů (20 %) pro zápis do třetího úseku studia,
- c) 81 kreditů (45 %) pro zápis do čtvrtého úseku studia,
- d) 108 kreditů (45 %) pro zápis do pátého úseku studia.

Zápis do ročníku a zápis předmětů

Nárok na zápis do prvního úseku studia jste získali rozhodnutím děkana o přijetí na fakultu. Splníte-li požadavky průběžné kontroly studia, máte nárok na zápis do dalšího úseku studia. Zápis do úseku studia je potvrzením toho, že v daném úseku studia na fakultě studujete.

Každý rok studia je tvořen zimním a letním semestrem. Na jejich začátku máte během několika týdnů čas (viz Podrobný harmonogram akademického roku) vybrat si, které předměty chcete v daném semestru absolvovat, a tyto předměty si pak zapsat. Zápis předmětů probíhá elektronicky pomocí Studijního informačního systému. Období pro zápis předmětů je rozděleno do dvou fází: ve fázi tzv. přednostního zápisu (Pozor, toto období končí dva týdny před začátkem každého semestru!) si můžete zapisovat pouze ty předměty, které jsou pro vás primárně určené (stanovením oboru, kroužku v prvním ročníku), případně na ty, na něž zápis není takto omezen; ve fázi tzv. volného zápisu si můžete zapsat i libovolné další předměty (až do naplnění kapacity předmětu). Volba předmětů je ponechána na vás, ale je třeba zohledňovat požadavky vašeho studijního plánu i počty kreditů požadované při průběžné kontrole studia na konci každého úseku studia. U všech zapisovaných předmětů je povinný zápis do rozvrhu. Další podrobnosti o termínech zápisu předmětů i zápisu do rozvrhu najdete na stránce <http://www.mff.cuni.cz/studium/bcmgr/os/zapis.htm>.

Zápis předmětu může být omezen určitými podmínkami, z nichž nejčastější jsou následující:

prerekvizita – pro zápis předmětu X je vyžadováno absolvování jiného předmětu nebo předmětů,

korekvizita – pro zápis předmětu X je vyžadován současný zápis jiného předmětu nebo předmětů, nebo jejich absolvování

neslučitelnost – zápis předmětu X je vyloučen předchozím absolvováním nebo současným zápisem jiného předmětu

V některých případech je stanoveno, že absolvování jednoho předmětu Y je z hlediska plnění studijního plánu považováno za absolvování jiného předmětu X (tzv. **záměnnost**).

Informace o těchto vztazích mezi předměty jsou popsány ve Studijním informačním systému v modulu Předměty (<https://is.cuni.cz/studium/predmety>) a v Seznamu předmětů MFF UK (tzv. Bílá Karolínka). Protože tyto vztahy jsou nedílnou součástí studijních plánů, doporučujeme jim věnovat patřičnou pozornost: nesplnění předmětu, který je prerekvizitou jiného, který máte v úmyslu si zapsat, může mít za následek prodloužení studia.

Prerekvizity a korekvizity předmětu se nevztahují na studenty těch studijních programů, oborů nebo plánů, ve kterých daný předmět (ani žádný předmět s ním záměnný) není povinný ani povinně volitelný (viz Pravidla pro organizaci studia na MFF UK, čl. 6).

Zkoušky a zápočty

U většiny předmětů vyučovaných na fakultě potřebujete pro jejich úspěšné absolvování na konci semestru získat zápočet (klasifikace *započteno* - Z, v případě neúspěchu pak *nezapočteno* - K) nebo složit zkoušku (klasifikace *výborně*, *velmi dobře*, *dobře*, *neprospěl/a*) nebo obojí; u některých předmětů je formou kontroly studia předmětu klasifikovaný zápočet. Zkouška může obsahovat písemnou i ústní část. O úspěšné složení zkoušky se můžete pokusit nejvýše třikrát. Je-li pro absolvování předmětu předepsán zápočet i zkouška, není získání zápočtu podmínkou pro konání zkoušky z daného předmětu, pokud garant předmětu nestanoví na začátku semestru v SIS jinak. Je-li zápočet klasifikován K, není již možné v daném úseku studia předmět úspěšně absolvovat. Podmínky pro získání zápočtu oznamuje vyučující po schválení garantem předmětu na začátku semestru (viz Pravidla pro organizaci studia na MFF UK, čl. 8). Pokud se Vám některý zapsaný předmět nepodaří v daném semestru úspěšně absolvovat, máte možnost si ho zapsat v některém dalším úseku studia znovu, ale během celého studia celkem nejvýše dvakrát.

Státní závěrečná zkouška

Státní závěrečná zkouška se skládá z několika částí (podle odpovídajícího studijního plánu), z nichž jednou je v bakalářských studijních programech vždy obhajoba bakalářské práce a v magisterských studijních programech obhajoba diplomové práce. S výjimkou učitelských studijních oborů je předpokladem pro přihlášení se ke státní zkoušce absolvování povinných a povinně volitelných předmětů v rozsahu stanoveném studijním plánem a dále v případě bakalářského studia získání alespoň 180 kreditů a v případě magisterského studia získání alespoň 120 kreditů; předpoklady pro konání státní závěrečné zkoušky na jednotlivých učitelských oborech jsou podrobně rozepsány

v kapitole Studijní plány učitelského studia. Požadované znalosti ke státní zkoušce a přesné podmínky pro přihlášení se ke státní zkoušce nebo její části jsou součástí studijních plánů a jsou podrobně popsány u jednotlivých studijních oborů.

Další informace o zadání, vypracování, odevzdání a obhajobě bakalářské (diplomové) práce najdete v Průvodci po bakalářské (diplomové) práci na stránkách http://www.mff.cuni.cz/studium/bcmgr/prace/bp_pruvodce.htm (http://www.mff.cuni.cz/studium/bcmgr/prace/dp_pruvodce.htm).

Výuka jazyků

Výuku jazyků na fakultě zajišťuje Katedra jazykové přípravy (KJP). Ve všech bakalářských studijních programech poskytuje výuku angličtiny na různých úrovních jako přípravu na povinnou zkoušku z anglického jazyka.

Po složení povinné zkoušky se studentům doporučuje dále pokračovat ve specializovaných kurzech odborné angličtiny (Angličtina pro matematiky, Angličtina pro fyziky, Angličtina pro informatiky, Obchodní angličtina, Akademická angličtina) a v přípravných kurzech na mezinárodní zkoušky (First Certificate in English, Certificate in Advanced English, Certificate of Proficiency in English).

KJP, jako člen mezinárodní organizace CERCLES (Confédération Européenne des Centres de Langues de l'Enseignement Supérieur) a akreditované testovací centrum Unicert (Unicert[®] Language Accreditation Unit for Universities in Central Europe), umožňuje svým studentům skládat mezinárodní univerzitní zkoušku z odborného anglického jazyka English for Mathematicians, UNICert[®] III na úrovni C1 dle mezinárodní klasifikace úrovní jazykových zkoušek. Studenti mohou navštěvovat další jazykové kurzy (francouzština, němčina, španělština, ruština a čeština pro cizince) na různých stupních pokročilosti. Podrobnosti najdete na webové stránce <http://www.mff.cuni.cz/fakulta/kjp/>.

Tělesná výchova

Výuku tělesné výchovy zajišťuje Katedra tělesné výchovy (KTV). Student v bakalářském studijním programu musí povinně získat 4 kredity z tělesné výchovy, z toho alespoň 3 kredity za absolvování pravidelné semestrální výuky. Čtvrtý kredit lze získat formou absolvování dalšího semestru, nebo účasti na letním nebo zimním výcvikovém kurzu.

Kromě těchto aktivit nabízí KTV zájmovou tělesnou výchovu, která je určena zejména pro studenty se splněnými studijními povinnostmi z TV, buď ve formě pravidelné semestrální výuky nebo letních a zimních výcvikových kurzů.

V nabídce KTV najdete mimo jiné plavání, volejbal, fotbal, basketbal, florbal, softbal, tenis, stolní tenis, badminton. Další podrobnosti najdete na webové stránce <http://ktv.mff.cuni.cz/>.

Péče o studenty se speciálními potřebami

Prvním předpokladem toho, aby se fakulta mohla postarat o studenty se speciálními potřebami, je to, že o nich musí vědět. Typicky se to dozví již prostřednictvím přihlášek uchazečů ke studiu. Uchazeči mohou vyznačit již při podání přihlášky, zda mají nějaké znevýhodnění a zda potřebují modifikaci přijímacího řízení (např. prodloužený čas, technická úprava zadání).

Jsou-li studenti přijati, jsou informováni o možnosti podpůrných služeb, a v případě, že je potřebují, jsou studijním oddělením odkázáni na kontaktní osobu, která je bude jejich studiem provázet. Kontaktní osoba s každým studentem vždy dělá osobní pohovor, aby zjistila vše potřebné, a domluví se na dalším postupu, frekvenci dalších konzultací apod. Student je poslán na funkční diagnostiku a následně s hotovou diagnostikou na studijní oddělení, kde se registruje jako student se speciálními potřebami. Kontaktní osoba pak pomáhá studentovi zajistit služby a modifikace, které z funkční diagnostiky vyplynou.

Pokud by se nutnost speciálního přístupu objevila až v průběhu studia, může student kdykoliv kontaktovat buď svou příslušnou referentku studijního oddělení, nebo přímo kancelář kontaktní osoby, která je v současnosti personálně obsazená kontaktní osobou Mgr. Lukášem Krumpem, PhD., a asistentkou Kateřinou Šauflovou.

Několik rad závěrem

Na tomto místě bych rád využil rady, které do předešlých vydání této publikace napsal můj předchůdce ve funkci, doc. Kolman. Dávají totiž podle mého názoru nejlepší návod na překonání potíží, které vás zejména při studiu v prvním ročníku bakalářských oborů mohou potkat. Proto je doporučuji zejména těm z vás, kteří se studiem na naší fakultě letos začínáte.

Ptejte se. Nikdo učený z nebe nespádl. Nebojte se zeptat, když něčemu nerozumíte. Ptejte se přednášejícího na přednášce nebo po ní, cvičícího na cvičení nebo po něm, spolužáků, kteří (dělají, že) tomu rozumí. Domluvte si konzultaci s vyučujícím a ptejte se tam. Máte-li otázky týkající se skladby předmětů na vašem studijním oboru, ptejte se garanta vašeho oboru, případně garanta programu. Máte-li obecné otázky týkající se studia, ptejte se na Studijním oddělení.

Pište si. Většinou se toho více naučíte, když si budete nejen číst a poslouchat, ale také psát. K řadě přednášek jsou dnes k dispozici výborné psané materiály, přesto pro řadu z vás bude užitečné dělat si při přednášce vlastní poznámky. Především si ale pište a počítejte při učení na zkoušky. Myslíte si, že už rozumíte důkazu? Celý si ho pěkně z hlavy napište, s potřebnými detaily. A chcete-li se naučit dobře programovat, programujte.

Pracujte. A to i tehdy, když vás k tomu nikdo nenutí. Na rozdíl od střední školy vás během semestru písemka či domácí úkol potká spíše ojediněle, zato na konci semestru vás toho na vyzkoušení bude čekat hromada. Počítejte s tím a nenechte si všechno učení až na zkuškové období, ale pracujte už během semestru. Ze školy si toho více odnesete a zkuškové bude lehčí.

Plánujte. Souvisí s předešlým. Na zkoušku se málokdy naučíte za jednu noc. Počítejte s tím a učení si rozvrhněte. Nechte si dost času na přípravu na zkoušky, na zápočtové programy a úkoly, na protokoly a měření. Ať máte čas i na případné opravné termíny. Strategické plánování zkouškových termínů je důležitým krokem k úspěchu. Neodkládejte na další semestr či rok, co byste měli udělat teď. Často už to nedohoníte.

Přemýšlejte. Ne vše, co se dočtete na internetu, je dobře. Dokonce ne vše, co uslyšíte na přednášce, je vždy správně (i mistr tesař se někdy utne). Snažte se všemu porozumět. Nespokojte se s odpověďmi na otázky jak, ptejte se proč? Máte-li otázku, snažte se nejdřív najít odpověď sami, než sáhnete po knize či začnete hledat na internetu.

S přáním zdárného akademického roku

doc. RNDr. Vladislav Kuboň, Ph.D.
proděkan pro koncepci studia

Podrobný harmonogram akademického roku 2019/2020

1. – 10. 9. 2019 Přípravné soustředění a zápis studentů do 1. ročníku Bc. studia (prezenční forma studia) - Albeř
2. – 13. 9. 2019 Podzimní termín bakalářských státních závěrečných zkoušek
4. – 17. 9. 2019 Podzimní termín magisterských státních závěrečných zkoušek - promoce absolventů se bude konat v prosinci 2019
9. – 22. 9. 2019 Elektronický zápis předmětů vyučovaných v ZS (studenti si zapisují předměty výhradně prostřednictvím systému UK SIS) - přednostní
11. 9. 2019 Zápis studentů do 1. ročníku Bc. studia, kteří již studovali na MFF
13. 9. 2019 Zápis studentů do 1. ročníku Bc. studia (zápis studentů, kteří se nezúčastnili soustředění na Albeři)
18. 9. 2019 Zápis studentů do 1. ročníku Mgr. studia
23. 9. – 13. 10. 2019 Elektronický zápis předmětů vyučovaných v ZS (studenti si zapisují předměty výhradně prostřednictvím systému UK SIS) - volný
- do 30. 9. 2019 Odevzdání ročního hodnocení Ph.D. studentů za rok 2018/19, včetně aktualizace individuálních studijních plánů na ak. rok 2019/2020
- Průběžná kontrola studia za ak. r. 2018/2019 a zápis studentů do 2. a vyšších ročníků Bc., Mgr. studia do ak. r. 2019/2020
1. 10. 2019 Zahájení akademického roku a zimního semestru akademického roku 2019/2020
1. – 4. 10. 2019 Zápis studentů do 1. ročníku Ph.D. studia
1. – 15. 10. 2019 Zpracování ISP doktorandy prvního ročníku
1. 10. – 31. 12. 2019 Zpracování ISP školiteli
1. 10. 2019 – 12. 1. 2020 Výuka v zimním semestru
1. 10. 2019 – 31. 1. 2020 Projednání ISP oborovými radami
- do 2. 10. 2019 Doporučený termín vypsání témat diplomových a bakalářských prací
14. – 25. 10. 2019 Studijní oddělení provede kontrolu a potvrzení elektronického zápisu předmětů
29. 10. 2019 Imatrikulace studentů 1. ročníku Bc. a Mgr. studia
- do 1. 11. 2019 Doporučený termín zadání bakalářských prací
12. 11. 2019 Děkanský sportovní den

12. – 13. 11. 2019	Promoce - Bc. studium
21. 11. 2019	Den otevřených dveří
5. – 6. 12. 2019	Promoce - Mgr. studium (pro absolventy letního a podzimního termínu SZZ)
13. 12. 2019	Promoce - Ph.D. studium
21. 12. 2019 – 3. 1. 2020	Vánoční prázdniny
do 6. 1. 2020	Odevzdání bakalářských a diplomových prací pro zimní termín státních závěrečných zkoušek - elektronická verze práce
do 7. 1. 2020	Odevzdání bakalářských a diplomových prací pro zimní termín státních závěrečných zkoušek - listinná verze práce
13. 1. – 16. 2. 2020	Zkouškové období v ZS
do 17. 1. 2020	Kontrola splnění všech podmínek závěrečných ročníků bakalářského a magisterského studia pro připuštění k zimnímu termínu SZZ
	Přihlášení se k zimnímu termínu bakalářských a magisterských státních závěrečných zkoušek
3. – 14. 2. 2020	Zimní termín bakalářských a magisterských státních závěrečných zkoušek
3. – 9. 2. 2020	Elektronický zápis předmětů vyučovaných v LS (studenti si zapisují předměty výhradně prostřednictvím systému UK SIS) - přednostní
10. 2. – 8. 3. 2020	Elektronický zápis předmětů vyučovaných v LS (studenti si zapisují předměty výhradně prostřednictvím systému UK SIS) - volný
do 14. 2. 2020	Doporučený termín zadání diplomových prací
17. 2. – 24. 5. 2020	Výuka v letním semestru (u předmětů zařazených v doporučeném průběhu Bc. studia do 6. semestru jen do 15. 5. 2020)
do 28. 2. 2020	Průběžná kontrola studia po 1. úseku studia bakalářského studia a zápis do 2. úseku bakalářského studia
2. – 3. 3. 2020	Zápis studentů do 1. ročníku Ph.D. studia
9. – 20. 3. 2020	Studijní oddělení provede kontrolu a potvrzení elektronického zápisu předmětů
21. 4. 2020	Promoce - Mgr. studium (pro absolventy ze zimního termínu SZZ)
6. 5. 2020	Rektorský den
do 7. 5. 2020	Odevzdání diplomových prací pro letní termín státních závěrečných zkoušek - elektronická verze práce
do 11. 5. 2020	Odevzdání diplomových prací pro letní termín státních závěrečných zkoušek - listinná verze práce
do 14. 5. 2020	Odevzdání bakalářských prací pro letní termín bakalářských státních závěrečných zkoušek - elektronická verze práce
15. 5. 2020	Promoce - Ph.D. studium

do 18. 5. 2020	Odevzdání bakalářských prací pro letní termín bakalářských státních závěrečných zkoušek - listinná verze práce
do 25. 5. 2020	Kontrola splnění všech podmínek závěrečných ročníků magisterského studia pro připuštění k letnímu termínu SZZ Přihlášení se k letnímu termínu magisterských státních závěrečných zkoušek
25. 5. – 30. 6. 2020	Zkouškové období v LS
28. 5. – 8. 6. 2020	Doktorandský týden - konkrétní termín bude sdělen dodatečně
do 7. 6. 2020	Kontrola splnění všech podmínek závěrečných ročníků bakalářského studia pro připuštění k letnímu termínu SZZ Přihlášení se k letnímu termínu bakalářských státních závěrečných zkoušek
8. – 19. 6. 2020	Letní termín státních závěrečných zkoušek magisterského studia - promoce absolventů se bude konat v prosinci 2020
15. – 26. 6. 2020	Letní termín státních závěrečných zkoušek bakalářského studia
1. 7. – 31. 8. 2020	Letní prázdniny
1. 7. – 30. 9. 2020	Roční hodnocení ISP Ph.D. studentů ze strany studentů
1. 7. – 15. 10. 2020	Roční hodnocení ISP Ph.D. studentů ze strany školitelů
1. 7. – 31. 10. 2020	Roční hodnocení ISP Ph.D. studentů oborovými radami
do 23. 7. 2020	Odevzdání bakalářských a diplomových prací pro podzimní termín státních závěrečných zkoušek - elektronická verze práce
do 24. 7. 2020	Kontrola splnění všech podmínek závěrečných ročníků bakalářského a magisterského studia pro připuštění k podzimnímu termínu SZZ Přihlášení se k podzimnímu termínu bakalářských a magisterských státních závěrečných zkoušek
do 27. 7. 2020	Odevzdání bakalářských a diplomových prací pro podzimní termín státních závěrečných zkoušek - listinná verze práce
1. – 11. 9. 2020	Podzimní termín bakalářských státních závěrečných zkoušek
2. – 15. 9. 2020	Podzimní termín magisterských státních závěrečných zkoušek - promoce absolventů se bude konat v prosinci 2020
21. – 25. 9. 2020	Zkouškové období
do 30. 9. 2020	Odevzdání ročního hodnocení Ph.D. studentů za rok 2019/20, včetně aktualizace individuálních studijních plánů na ak. r. 2020/2021 Průběžná kontrola studia za ak. r. 2019/2020 a zápis studentů do 2. a vyšších ročníků Bc., Mgr. studia do ak. r. 2020/2021
30. 9. 2020	Konec akademického roku 2019/2020

Přehled studijních programů a oborů na MFF UK

Pro větší přehlednost uvádíme všechny učitelské obory v samostatném odstavci, ač jsou formálně součástí různých studijních programů.

Magisterské studium

Studijní program Matematika

- Finanční a pojistná matematika
- Matematická analýza
- Matematické metody informační bezpečnosti
- Matematika pro informační technologie
- Matematické modelování ve fyzice a technice
- Matematické struktury
- Numerická a výpočtová matematika
- Pravděpodobnost, matematická statistika a ekonometrie

Studijní program Fyzika

- Astronomie a astrofyzika
- Geofyzika
- Meteorologie a klimatologie
- Teoretická fyzika
- Fyzika kondenzovaných soustav a materiálů
- Optika a optoelektronika
- Fyzika povrchů a ionizovaných prostředí
- Biofyzika a chemická fyzika
- Jaderná a subjaderná fyzika
- Matematické a počítačové modelování ve fyzice

Studijní program Informatika

- Diskrétní modely a algoritmy
- Teoretická informatika
- Softwarové a datové inženýrství
- Softwarové systémy
- Matematická lingvistika
- Umělá inteligence
- Počítačová grafika a vývoj počítačových her

Učitelské obory

- Učitelství fyziky (dvouoborové studium)
- Učitelství matematiky (dvouoborové studium)
- Učitelství informatiky (dvouoborové studium)
- Učitelství deskriptivní geometrie (dvouoborové studium)

Studijní obor Učitelství matematiky je možno studovat v kombinaci také s některými studijními obory Přírodovědecké fakulty (Učitelství biologie pro střední školy, Učitelství geografie pro střední školy a Učitelství chemie pro střední školy - spadá pod PřF) a Fakulty tělesné výchovy a sportu (Učitelství tělesné výchovy pro střední školy - spadá pod FTVS).

Studijní program Bioinformatika

Uskutečňován spolu s Přírodovědeckou fakultou UK. Studenti jsou zapsáni na PřF UK.

Garanti studijních programů

Magisterské studium matematiky:	doc. Mgr. Petr Kaplický, Ph.D.
Magisterské studium fyziky:	prof. RNDr. Jiří Podolský, CSc., DSc.
Magisterské studium informatiky:	doc. RNDr. Tomáš Bureš, Ph.D.

Studijní plány studijního programu MATEMATIKA

Magisterské studium

Garant studijního programu: doc. Mgr. Petr Kaplický, Ph.D.

1. Základní informace

Studijní obory magisterského studia studijního programu Matematika

Studijní program Matematika nabízí osm odborných oborů magisterského studia.

Matematické struktury	2.1
Matematické metody informační bezpečnosti	2.2
Matematická analýza	2.3
Numerická a výpočtová matematika	2.4
Matematické modelování ve fyzice a technice	2.5
Pravděpodobnost, matematická statistika a ekonometrie	2.6
Finanční a pojistná matematika	2.7
Matematika pro informační technologie	2.8

Součástí studijního programu Matematika jsou i obory připravující budoucí učitele, zejména „Učitelství matematiky“ a „Učitelství deskriptivní geometrie“. Studijní plány učitelských oborů jsou uvedeny ve zvláštní části této publikace.

V souvislosti s minulými změnami akreditace bylo potřeba na studijních oborech magisterského studia zavést různé studijní plány. To je důvod proč stále existují tři studijní plány dobíhajícího oboru Matematické metody informační bezpečnosti.

Obor *Matematické struktury* navazuje na bakalářský obor „Obecná matematika“, zaměření „Matematické struktury“. Tento obor má studijní plán

Matematické struktury	2.1
-----------------------	-----

Obor *Matematické metody informační bezpečnosti* navazuje na stejnojmenný bakalářský obor. Tento obor má tři studijní plány:

Matematické metody informační bezpečnosti, plán NN (zahájení studia v roce 2015)	2.2.1
Matematické metody informační bezpečnosti, plán N (zahájení studia v letech 2013 a 2014)	2.2.2
Matematické metody informační bezpečnosti, plán S (zahájení studia do roku 2012)	2.2.3

Obor *Matematická analýza* navazuje na bakalářský obor „Obecná matematika“, zaměření „Matematická analýza“. Tento obor má studijní plán

Matematická analýza	2.3
---------------------	-----

Obor *Numerická a výpočtová matematika* navazuje na bakalářský obor „Obecná matematika“, zaměření „Numerická analýza a matematické modelování“. Tento obor má studijní plán

Numerická a výpočtová matematika 2.4

Obor *Matematické modelování ve fyzice a technice* navazuje na bakalářský obor „Obecná matematika“, zaměření „Numerická analýza a matematické modelování“. Tento obor má studijní plán

Matematické modelování ve fyzice a technice 2.5

Obor *Pravděpodobnost, matematická statistika a ekonometrie* navazuje na bakalářský obor „Obecná matematika“, zaměření „Stochastika“. Tento obor má studijní plán

Pravděpodobnost, matematická statistika
a ekonometrie 2.6

Obor *Finanční a pojistná matematika* navazuje na bakalářský obor „Obecná matematika“, zaměření „Stochastika“. Tento obor má studijní plán

Finanční a pojistná matematika 2.7

Obor *Matematika pro informační technologie* navazuje na stejnojmenný bakalářský obor a také na obor Matematické metody informační bezpečnosti. Má studijní plán

Matematika pro informační technologie 2.8

Všeobecné zásady studia

Přechod z bakalářského studia

Jednotlivé obory mají specifické vstupní požadavky na znalosti, které se předpokládají na počátku studia. Studenti, kteří tyto požadavky nesplňují, studují podle individuálního studijního plánu stanoveného garantem studijního programu dle čl. 5 Pravidel pro organizaci studia na Matematicko-fyzikální fakultě.

Některé povinné či povinně volitelné předměty magisterského studia mohl student absolvovat již v průběhu studia bakalářského. Splnění těchto předmětů může být uznáno na základě podané žádosti o uznání splněných studijních povinností. Převádění kreditů za předměty absolvované v bakalářském studiu do magisterského studia upravuje čl. 12 Pravidel pro organizaci studia na Matematicko-fyzikální fakultě. *Pokud převedení kreditů za předměty absolvované v bakalářském studiu není možné, důrazně doporučujeme, aby si studenti nechali uznat tyto předměty bez kreditů a kredity do magisterského studia získávali výhradně zápisem a splněním předmětů, které v bakalářském studiu neabsolvovali.*

Základní informace

Standardní doba studia magisterských oborů je dva roky. Celkem je požadováno získání minimálně 120 kreditů za celé studium. Pro úspěšné ukončení studia je nutné

absolvovat všechny předměty, které jsou studijním plánem stanoveny jako povinné, nebo předměty s nimi záměnné. Studijní plán může též vyžadovat získání určitého počtu kreditů z jednotlivých skupin povinně volitelných předmětů.

Studijní plány

Studijní plán předepisuje povinné předměty oboru, požadované počty kreditů z jednotlivých skupin povinně volitelných předmětů, podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce a požadavky u státní závěrečné zkoušky. Průběh studia není studijními plány pevně určen. Student si zapisuje povinné, povinně volitelné a volitelné předměty tak, aby průběžně splňoval kreditní limity pro zápis do dalšího roku studia a aby splnil podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce.

Předmětové rekvizity

Zápis předmětů může být podmíněn splněním určitých podmínek stanovených v předmětových rekvizitách. Některé předměty vyžadují předchozí absolvování (pre-reqvizita) nebo alespoň zápis (korekvizita) jiných předmětů. Naopak, předchozí zápis jiného předmětu může znemožnit zápis předmětu, o který má student zájem (neslučitelnost). Předchozí absolvování jiného předmětu může být automaticky uznáno jako splnění předmětu, který student potřebuje (záměnnost). Předmětové rekvizity jsou uvedeny v Seznamu předmětů MFF UK („bílé Karolince“) a předmětovém modulu Studijního informačního systému.

Doporučujeme všem studentům, aby při zápisu předmětů věnovali předmětovým rekvizitám nejvyšší pozornost.

Doporučený průběh studia

V následujících částech jsou uvedeny studijní plány pro jednotlivé obory a doporučené průběhy studia, které rozepisují povinné předměty a některé povinně volitelné předměty do jednotlivých ročníků a uvádějí další podrobnosti studijních plánů. Povinné předměty jsou v tabulkách uvedeny **tučně**, povinně volitelné předměty obyčejným písmem a volitelné předměty *kurzívou*. V této kapitole jsou rovněž specifikovány podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce a požadavky k ústní části SZZ.

Doporučený průběh studia není závazný, je však vhodné jej co nejvíce dodržovat, protože je sestaven s ohledem na rekvizity, návaznosti předmětů, tvorbu rozvrhu a na podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce.

Ukončení studia

Magisterské studium je ukončeno státní závěrečnou zkouškou.

Na odborných oborech má státní závěrečná zkouška dvě části: *obhajobu* diplomové práce a *ústní zkoušku*. Známkou je hodnocena jak každá část státní závěrečné zkoušky zvlášť, tak celá zkouška dohromady. Při neúspěchu opakuje student ty části státní závěrečné zkoušky, ve kterých dosud neuspěl. Každou část SZZ lze opakovat nejvýše dvakrát.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky jsou uvedeny u studijních plánů jednotlivých oborů.

Diplomová práce je zadávána zpravidla v průběhu 1. ročníku. Doporučujeme vybrat si téma především z nabídky pracoviště garantujícího zvolený studijní obor; v případě zájmu o téma z nabídky jiného pracoviště nebo o téma vlastní důrazně doporučujeme konzultovat vhodnost tématu s garantem studijního oboru. V souvislosti s diplomovou prací jsou vyžadovány zápočty z předmětů

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ023	Diplomová práce I	6	0/4 Z	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	0/6 Z
NSZZ025	Diplomová práce III	15	0/10 Z	0/10 Z

Tyto předměty si posluchač zapisuje po dohodě s vedoucím práce, nejdříve však v letním semestru 1. ročníku a nejpozději během posledního semestru svého studia. Nezbytnou podmínkou pro zapsání kteréhokoli z těchto předmětů je předchozí zadání tématu diplomové práce. Jinak lze tyto předměty zapisovat v libovolném semestru a v libovolném pořadí. Zápočty z těchto předmětů uděluje vedoucí diplomové práce. Podmínkou udělení zápočtu z posledního z těchto předmětů je dovedení diplomové práce do téměř dokončené formy.

Termíny pro zadání diplomové práce, odevzdání diplomové práce a podání přihlášky ke státní závěrečné zkoušce určuje harmonogram školního roku.

Projekt

Student může požádat děkana o zadání projektu. Jeho ohodnocení (max. 9 kreditů) stanoví děkan na základě doporučení zadávajícího učitele a garanta studijního programu Matematika.

2. Studijní plány jednotlivých oborů

2.1 Matematické struktury

Garantující pracoviště: Katedra algebry

Garant oboru: doc. RNDr. Jan Šťovíček, Ph.D.

Obor matematické struktury je na magisterské úrovni zaměřen na rozšíření všeobecného matematického základu (algebraická geometrie a topologie, Riemannova geometrie, universální algebra a teorie modelů) a na získání hlubších znalostí ve zvolených partiích algebry, geometrie, logiky, či kombinatoriky. Cílem je poskytnout na jedné straně dostatečnou všeobecnou znalost moderní strukturní matematiky, na straně druhé dovést posluchače na práh samostatné tvůrčí činnosti. Důraz je kladen na disciplíny, ve kterých jsou k dispozici vyučující, kteří se světové špičce blíží nebo do ní přímo patří.

Absolvent má velmi pokročilé znalosti algebry, geometrie, kombinatoriky a logiky, které mu v rámci hlouběji studovaného zvoleného užšího zaměření umožnily být v tvůrčím kontaktu s aktuálními vědeckými výsledky. Abstraktní povaha, rozsah a náročnost studia u absolventa podpořily rozvoj schopnosti analyzovat, strukturovat a řešit problémy složité a náročné povahy. Uplatnění nalezne vedle akademické sféry v nejružnějších oblastech lidské činnosti na místech, kde je potřeba zvládat a využívat nové poznatky a rozsáhlé systémy.

Obor Matematické struktury má jeden studijní plán.

Vstupní požadavky

Předpokládáme, že student tohoto oboru má na počátku prvního ročníku dostatečné znalosti z následujících oborů a oblastí:

- Kvalitní základy lineární algebry, komplexní a reálné analýzy, teorie pravděpodobnosti.

- Základy teorie grup (Sylowovy věty, volné grupy, nilpotence), Lieových grup, analýzy na varietách, teorie okruhů a modulů nad okruhy (podmínky konečnosti, projektivita a injektivita modulu), komutativní algebry (Galoisova teorie a celistvá rozšíření).
- Mírně pokročilá znalost matematické logiky (výroková logika a logika prvního řádu, neúplnost, nerozhodnutelnost).
- Pasivní znalost angličtiny umožňující dostatečné porozumění matematickým přednáškám a odborným textům.

Studentům, kteří tyto požadavky nesplňují, může garant studijního programu stanovit způsob jejich doplnění, například absolvováním vybraných předmětů bakalářského studia v rámci individuálního studijního plánu.

Doporučený průběh studia

Podrobnější informace k doporučenému průběhu studia lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_str.shtml

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMAG401	Algebraická geometrie	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG403	Kombinatorika	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG405	Universální algebra 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG409	Algebraická topologie 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG411	Riemannova geometrie 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG407	Teorie modelů	3	2/0 Zk	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	26		

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	36		

Shrnutí studijního plánu

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMAG401	Algebraická geometrie	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG403	Kombinatorika	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG405	Universální algebra 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG407	Teorie modelů	3	2/0 Zk	—
NMAG409	Algebraická topologie 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG411	Riemannova geometrie 1	5	2/2 Z+Zk	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—

NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
---------	----------------------------	----	---	--------

Povinně volitelné předměty

Je třeba získat alespoň 35 kreditů z povinně volitelných předmětů.

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMAG462	Modulární formy a L-funkce I	3	2/0 Zk	—
NMAG473	Modulární formy a L-funkce II	3	—	2/0 Zk
NMAG455	Kvadratické formy a třídová tělesa I	3	2/0 Zk	—
NMAG456	Kvadratické formy a třídová tělesa II	3	—	2/0 Zk
NMAG431	Kombinatorická teorie grup 1	1	2/0 Z	—
NMAG432	Kombinatorická teorie grup 2	5	—	2/0 Zk
NMAG433	Riemannovy plochy	3	2/0 Zk	—
NMAG434	Kategorie modulů a homologická algebra	6	—	3/1 Z+Zk
NMAG435	Teorie svazů 1	3	2/0 Zk	—
NMAG436	Křivky a funkční tělesa	6	—	4/0 Zk
NMAG437	Seminář z diferenciální geometrie	3	0/2 Z	0/2 Z
NMAG438	Reprezentace grup 1	5	—	2/2 Z+Zk
NMAG440	Binární systémy	3	—	2/0 Zk
NMAG442	Teorie reprezentací konečně-dimenzionálních algeber	6	—	3/1 Z+Zk
NMAG444	Kombinatorika na slovech	3	—	2/0 Zk
NMAG446	Logika a složitost	3	—	2/0 Zk
NMAG448	Teorie invariantů	5	—	2/2 Z+Zk
NMAG450	Universální algebra 2	4	—	2/1 Z+Zk
NMAG452	Úvod do diferenciální topologie	3	—	2/0 Zk
NMAG454	Fibrované prostory a kalibrační pole	6	—	3/1 Z+Zk
NMAG531	Aproximace modulů	3	2/0 Zk	—
NMAG532	Algebraická topologie 2	5	—	2/2 Z+Zk
NMAG533	Harmonická analýza 1	6	3/1 Z+Zk	—
NMAG534	Harmonická analýza 2	6	—	3/1 Z+Zk
NMAG536	Důkazová složitost a P vs. NP problém	3	—	2/0 Zk
NMMB401	Automaty a konvoluční kódy	6	3/1 Z+Zk	—
NDMI013	Kombinatorická a výpočetní geometrie II	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI028	Aplikace lineární algebry v kombinatorice	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI045	Analytická a kombinatorická teorie čísel	3	—	2/0 Zk
NDMI073	Kombinatorika a grafy III	6	2/2 Z+Zk	—
NTIN022	Pravděpodobnostní techniky	6	2/2 Z+Zk	—
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—

Státní závěrečná zkouška

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- Získání alespoň 120 kreditů.
- Splnění všech povinných předmětů studijního plánu.
- Splnění povinně volitelných předmětů v rozsahu alespoň 35 kreditů.
- Odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu.

Ústní část státní závěrečné zkoušky

Ústní část státní závěrečné zkoušky studijního oboru Matematické struktury se skládá ze společných požadavků z tematického okruhu 1. Matematické struktury a z požadavků užšího zaměření. Toto zaměření si posluchač určí volbou jednoho z tematických okruhů 2A, 2B, 2C nebo 2D uvedených níže.

Podrobnější vysvětlení požadavků k ústní části státní závěrečné zkoušky lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_str_szz.shtml.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

Společné požadavky

1. Matematické struktury

Základy algebraické geometrie, univerzální algebry, Riemannovy geometrie, algebraické topologie, teorie modelů a kombinatoriky.

Užší zaměření

2A. Geometrie

Harmonická analýza a invarianty klasických grup. Riemannovy plochy. Algebraická topologie. Fibrované prostory a kovariantní derivace.

2B. Teorie reprezentací

Reprezentace grup. Reprezentace konečně dimenzionálních algeber. Kombinatorická teorie grup. Křivky a funkční tělesa. Homologická algebra.

2C. Obecná a kombinatorická algebra

Konečné grupy a jejich reprezentace, kombinatorická teorie grup, binární systémy (pologrupy, kvazigrupy, aj.). Pokročilá universální algebra (svazy, klony, malcevovské podmínky, aj.). Složitost a vyčíslitelnost, nerozhodnutelnost v algebraických systémech.

2D. Kombinatorika

Aplikace lineární algebry v kombinatorice a teorii grafů. Užití pravděpodobnostní metody v kombinatorice a teorii grafů. Analytická a kombinatorická teorie čísel. Kombinatorická a výpočetní geometrie. Strukturální a algoritmická teorie grafů.

2.2 Matematické metody informační bezpečnosti

Garantující pracoviště: Katedra algebry

Garant oboru: prof. RNDr. Aleš Drápal, CSc., DSc.

Obor Matematické metody informační bezpečnosti má tři studijní plány.

Plán NN (zahájení v roce 2015)	2.2.1
Plán N (zahájení v roce 2013 a 2014)	2.2.2
Plán S (zahájení do roku 2012)	2.2.3

Studijní plány těchto oborů už v této Oranžové karolině neuvádíme. Podrobnosti je možné nalézt v Oranžové karolině 2017/18.

2.3 Matematická analýza

Garantující pracoviště: Katedra matematické analýzy

Garant oboru: prof. RNDr. Ondřej Kalenda, Ph.D., DSc.

Matematická analýza zahrnuje řadu oblastí matematiky — teorii funkcí reálné a komplexní proměnné, teorii míry a integrálu, funkcionální analýzu, obyčejné i parciální diferenciální rovnice, teorii potenciálu aj. Jejich vývoj byl inspirován také potřebami fyziky, biologie, ekonomie a jiných věd. Díky velmi vysoké adaptabilitě získané studiem a schopnosti podílet se tvořivě na řešení problémů z celé řady oborů je uplatnění absolventů značně univerzální a není omezeno na pracoviště s čistě badatelským zaměřením.

Obor Matematická analýza má jeden studijní plán.

Vstupní požadavky

Předpokládáme, že student tohoto oboru má na počátku prvního ročníku dostatečné znalosti z následujících oborů a oblastí:

- Diferenciální počet jedné a několika reálných proměnných. Integrální počet jedné reálné proměnné. Teorie míry, Lebesgueova míra a Lebesgueův integrál. Základy algebry (maticový počet, vektorové prostory).
- Základy obecné topologie (metrické a topologické prostory, úplnost a kompaktnost), komplexní analýzy (Cauchyova věta, reziduová věta, konformní zobrazení), funkcionální analýzy (Banachovy a Hilbertovy prostory, duály, omezené operátory, kompaktní operátory, základy teorie distribucí).
- Základy teorie obyčejných diferenciálních rovnic (základní vlastnosti řešení a maximálních řešení, soustavy lineárních rovnic, stabilita) a parciálních diferenciálních rovnic (kvazilineární rovnice prvního řádu, Laplaceova rovnice a rovnice vedení tepla – fundamentální řešení a princip maxima, vlnová rovnice – fundamentální řešení, konečná rychlost šíření vlny).
- Pasivní znalost angličtiny umožňující dostatečné porozumění matematickým přednáškám a odborným textům.

Studentům, kteří tyto požadavky nesplňují, může garant studijního programu stanovit způsob jejich doplnění, například absolvováním vybraných předmětů bakalářského studia v rámci individuálního studijního plánu.

Doporučený průběh studia

Podrobnější informace k doporučenému průběhu studia lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_ma.shtml.

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA401	Funkcionální analýza 1	8	4/2 Z+Zk	—
NMMA405	Parciální diferenciální rovnice 1	6	3/1 Z+Zk	—
NMMA407	Obyčejné diferenciální rovnice 2	5	2/2 Z+Zk	—
NMMA403	Reálné funkce 1	4	2/0 Zk	—
NMMA402	Funkcionální analýza 2	6	—	3/1 Z+Zk
NMMA406	Parciální diferenciální rovnice 2	6	—	3/1 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z

NMMA408	Komplexní analýza 2	5	—	2/2 Z+Zk
NMMA404	Reálné funkce 2	4	—	2/0 Zk
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	10		

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NMMA501	Nelineární funkcionální analýza 1	5	2/2 Z+Zk	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
NMMA502	Nelineární funkcionální analýza 2	5	—	2/2 Z+Zk
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	26		

Shrnutí studijního plánu**Povinné předměty**

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA401	Funkcionální analýza 1	8	4/2 Z+Zk	—
NMMA402	Funkcionální analýza 2	6	—	3/1 Z+Zk
NMMA403	Reálné funkce 1	4	2/0 Zk	—
NMMA404	Reálné funkce 2	4	—	2/0 Zk
NMMA405	Parciální diferenciální rovnice 1	6	3/1 Z+Zk	—
NMMA406	Parciální diferenciální rovnice 2	6	—	3/1 Z+Zk
NMMA407	Obyčejné diferenciální rovnice 2	5	2/2 Z+Zk	—
NMMA408	Komplexní analýza 2	5	—	2/2 Z+Zk
NMMA501	Nelineární funkcionální analýza 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMMA502	Nelineární funkcionální analýza 2	5	—	2/2 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Povinně volitelné předměty**Skupina I.**

Tuto skupinu tvoří přednášky, které jsou úvodem do jednotlivých oblastí výzkumu v matematické analýze, do aplikací matematické analýzy či do vybraných oblastí jiných oborů, které s matematickou analýzou souvisejí. Za předměty z této skupiny je třeba získat alespoň 12 kreditů.

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMAG409	Algebraická topologie 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG433	Riemannovy plochy	3	2/0 Zk	—
NMMA433	Deskriptivní teorie množin 1	4	2/0 Zk	—

NMMA434	Deskriptivní teorie množin 2	4	—	2/0 Zk
NMMA435	Topologické metody ve funkcionální analýze 1	4	2/0 Zk	—
NMMA436	Topologické metody ve funkcionální analýze 2	4	—	2/0 Zk
NMMA437	Derivace a integrál pro pokročilé 1	4	2/0 Zk	—
NMMA438	Derivace a integrál pro pokročilé 2	4	—	2/0 Zk
NMMA440	Diferenciální rovnice v Banachových prostorech	4	—	2/0 Zk
NMMA531	Parciální diferenciální rovnice 3	4	2/0 Zk	—
NMMA533	Úvod do teorie interpolací 1	4	2/0 Zk	—
NMMA534	Úvod do teorie interpolací 2	4	—	2/0 Zk
NMMA401	Mechanika kontinua	6	2/2 Z+Zk	—
NMMA532	Matematická teorie Navierových-Stokesových rovnic	3	—	2/0 Zk
NMMA536	Matematické metody v mechanice stlačitelných tekutin	3	—	2/0 Zk
NMNV405	Metoda konečných prvků 1	5	2/2 Z+Zk	—

Skupina II.

Tuto skupinu tvoří vybrané vědecké či pracovní semináře. Za předměty z této skupiny je třeba získat alespoň 12 kreditů (za každý z těchto seminářů lze získat 3 kredity za každý semestr). Semináře lze zapisovat opakovaně.

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA431	Seminář z diferenciálních rovnic	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA451	Seminář z geometrické analýzy	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA452	Seminář z parciálních diferenciálních rovnic	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA454	Seminář z prostorů funkcí	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA455	Seminář z reálné a abstraktní analýzy	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA456	Seminář z teorie reálných funkcí	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA457	Seminář ze základních vlastností prostorů funkcí	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA458	Topologický seminář	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA459	Seminář ze základů funkcionální analýzy	3	0/2 Z	0/2 Z

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA461	<i>Regularita Navier — Stokesových rovnic</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA462	<i>Obecná topologie 2</i>	6	—	2/2 Z+Zk
NMMA465	<i>Řešitelský seminář</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA479	<i>Kapitoly z diskrétních dynamických systémů</i>	3	2/0 Zk	—

NMMA561 <i>Operátorové algebry 1</i>	3	2/0 Zk	—
NMMA562 <i>Operátorové algebry 2</i>	3	—	2/0 Zk
NMMA563 <i>Derivace a integrál pro pokročilé 3</i>	3	2/0 Zk	—
NMMA564 <i>Derivace a integrál pro pokročilé 4</i>	3	—	2/0 Zk
NMMA565 <i>Úvod do teorie aproximací 1</i>	3	2/0 Zk	—
NMMA566 <i>Úvod do teorie aproximací 2</i>	3	—	2/0 Zk
NMMA574 <i>Vybrané kapitoly z teorie dynamických systémů</i>	3	—	2/0 Zk
NMMA579 <i>Seminář o diferenciálních rovnicích a teorii integrálu</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA583 <i>Kvalitativní vlastnosti slabých řešení parciálních diferenciálních rovnic</i>	3	2/0 Zk	—
NMMA584 <i>Regularita slabých řešení parciálních diferenciálních rovnic</i>	3	—	0/2 Z

Státní závěrečná zkouška

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- Získání alespoň 120 kreditů.
- Splnění všech povinných předmětů studijního plánu.
- Splnění povinně volitelných předmětů ze skupiny I. v rozsahu alespoň 12 kreditů.
- Splnění povinně volitelných předmětů ze skupiny II. v rozsahu alespoň 12 kreditů.
- Odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu.

Ústní část státní závěrečné zkoušky

Ústní část státní závěrečné zkoušky studijního oboru Matematická analýza se skládá z pěti okruhů, jimiž jsou Reálná analýza, Komplexní analýza, Funkcionální analýza, Obyčejné diferenciální rovnice a Parciální diferenciální rovnice. Z každého okruhu dostane uchazeč zpravidla jednu otázku.

Podrobnější vysvětlení požadavků k ústní části státní závěrečné zkoušky lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_ma_szz.shtml.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

1. Reálná analýza

Teorie míry – znaménkové míry, Radonovy míry. Absolutně spojitě funkce a funkce s konečnou variací. Hausdorffova míra a dimenze. Základy deskriptivní teorie množin.

2. Komplexní analýza

Meromorfní funkce. Konformní zobrazení. Harmonické funkce dvou proměnných. Nulové body holomorfních funkcí. Holomorfní funkce více proměnných. Analytické pokračování.

3. Funkcionální analýza

Topologické lineární prostory. Lokálně konvexní prostory a slabé topologie. Spektrální teorie v Banachových algebrách. Spektrum omezených i neomezených operátorů. Diferenciální počet v Banachových prostorech. Věty o pevných bodech. Integrovní transformace. Teorie distribucí.

4. Obyčejné diferenciální rovnice

Carathéodoryova teorie řešení. Soustavy lineárních rovnic prvního řádu. Stabilita a asymptotická stabilita. Dynamické systémy. Bifurkace.

5. *Parciální diferenciální rovnice*

Lineární a kvazilineární rovnice prvního řádu. Lineární a nelineární eliptické rovnice. Lineární a nelineární parabolické rovnice. Lineární hyperbolické rovnice. Sobolevovy a Bochnerovy prostory.

2.4 Numerická a výpočtová matematika

Garantující pracoviště: Katedra numerické matematiky

Garant oboru: doc. Mgr. Petr Knobloch, Dr., DSc.

Numerická a výpočtová matematika se zabývá zpracováním matematických modelů pomocí výpočetní techniky. Realizuje přechod od teoretické matematiky k prakticky použitelným výsledkům. S jejím použitím se lze setkat v technice a v přírodních vědách, v ekonomice, lékařských vědách aj. Student se seznámí jak s teorií výpočtových procesů a algoritmů, tak s aplikacemi v oblastech počítačového modelování, simulace a řízení složitých struktur a procesů. Důraz je kladen též na tvořivou práci s počítačem a vytváření software na vysoké úrovni.

Absolventi nacházejí uplatnění především tam, kde se systematicky používá výpočetní technika (průmysl, školství, základní i aplikovaný výzkum, veřejná správa, justice, banky apod.).

Obor Numerická a výpočtová matematika má jeden studijní plán.

Vstupní požadavky

Předpokládáme, že student tohoto oboru má na počátku prvního ročníku dostatečné znalosti z následujících oborů a oblastí:

- Diferenciální počet pro funkce jedné a několika reálných proměnných. Integrální počet pro funkce jedné reálné proměnné. Teorie míry, Lebesgueova míra a Lebesgueův integrál. Základy algebry (maticový počet, vektorové prostory).
- Základy funkcionální analýzy (Banachovy a Hilbertovy prostory, duály, omezené operátory, kompaktní operátory, základy teorie distribucí), teorie obyčejných diferenciálních rovnic (základní vlastnosti řešení a maximálních řešení, soustavy lineárních rovnic, stabilita) a parciálních diferenciálních rovnic (kvazilineární rovnice prvního řádu, Laplaceova rovnice, rovnice vedení tepla, vlnová rovnice).
- Základy numerické matematiky (numerická kvadratura, základy numerického řešení obyčejných diferenciálních rovnic, metoda konečných diferencí pro parciální diferenciální rovnice) a analýzy maticových výpočtů (Schurova věta, ortogonální transformace, rozklady matic, základní iterační metody).
- Pasivní znalost angličtiny umožňující dostatečné porozumění matematickým přednáškám a odborným textům.

Studentům, kteří tyto požadavky nesplňují, může garant studijního programu stanovit způsob jejich doplnění, například absolvováním vybraných předmětů bakalářského studia v rámci individuálního studijního plánu.

Doporučený průběh studia

Podrobnější informace k doporučenému průběhu studia lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_nvnm.shtml.

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA405	Parciální diferenciální rovnice 1	6	3/1 Z+Zk	—
NMNV407	Maticové iterační metody 1	6	4/0 Zk	—
NMNV401	Funkcionální analýza	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV403	Numerický software 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV405	Metoda konečných prvků 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV451	Seminář numerické matematiky	2	0/2 Z	—
NMMA406	Parciální diferenciální rovnice 2	6	—	3/1 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NMNV402	Nelineární funkcionální analýza	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV404	Numerický software 2	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV451	Seminář numerické matematiky	2	—	0/2 Z
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	7		

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NMNV501	Řešení nelineárních algebraických rovnic	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV451	Seminář numerické matematiky	2	0/2 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
NMNV451	Seminář numerické matematiky	2	—	0/2 Z
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	27		

Shrnutí studijního plánu**Povinné předměty**

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA405	Parciální diferenciální rovnice 1	6	3/1 Z+Zk	—
NMMA406	Parciální diferenciální rovnice 2	6	—	3/1 Z+Zk
NMNV401	Funkcionální analýza	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV402	Nelineární funkcionální analýza	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV403	Numerický software 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV404	Numerický software 2	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV405	Metoda konečných prvků 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV407	Maticové iterační metody 1	6	4/0 Zk	—
NMNV501	Řešení nelineárních algebraických rovnic	5	2/2 Z+Zk	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Je třeba získat alespoň 28 kreditů z povinně volitelných předmětů. Výběr povinně volitelných předmětů je vhodné činit s ohledem na zamýšlenou volbu tématu třetího okruhu požadavků k ústní části státní závěrečné zkoušky. Téma (3A, 3B nebo 3C), pro něž je předmět doporučen, je uvedeno v závorce. Předmět NMNV451 Seminář numerické matematiky lze zapisovat opakovaně; doporučujeme jeho zapsání v každém semestru studia.

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMNV436	Metoda konečných prvků 2 (3B)	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV438	Maticové iterační metody 2 (3C)	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV451	Seminář numerické matematiky	2	0/2 Z	0/2 Z
NMNV531	Inverzní úlohy a regularizace	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV532	Paralelní maticové výpočty (3C)	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV533	Řídké matice v přímých metodách (3C)	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV534	Numerické metody optimalizace	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV535	Nelineární diferenciální rovnice (3B)	3	2/0 Zk	—
NMNV536	Numerické řešení evolučních rovnic (3A)	3	—	2/0 Zk
NMNV537	Matematické metody v mechanice tekutin 1 (3A)	3	2/0 Zk	—
NMNV538	Matematické metody v mechanice tekutin 2 (3A)	3	—	2/0 Zk
NMNV539	Numerické řešení ODR (3B)	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV540	Základy nespojitě Galerkinovy metody (3B)	3	—	2/0 Zk
NMNV541	Tvarová a materiálová optimalizace 1 (3A)	3	2/0 Zk	—
NMNV542	Tvarová a materiálová optimalizace 2 (3A)	3	—	2/0 Zk
NMNV543	Teorie aproximace	4	2/1 Z+Zk	—

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA583	<i>Kvalitativní vlastnosti slabých řešení parciálních diferenciálních rovnic</i>	3	2/0 Zk	—
NMMO401	<i>Mechanika kontinua</i>	6	2/2 Z+Zk	—
NMMO461	<i>Seminář z mechaniky kontinua</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMO403	<i>Počítačové řešení úloh fyziky kontinua</i>	5	—	2/2 Z+Zk
NMMO535	<i>Matematické metody v mechanice pevných látek</i>	3	2/0 Zk	—
NMMO536	<i>Matematické metody v mechanice stlačitelných tekutin</i>	3	—	2/0 Zk
NMMO537	<i>Sedlobodové úlohy a jejich řešení</i>	5	—	2/2 Z+Zk

NMMO539	<i>Matematické metody v mechanice newtonovských tekutin</i>	3	2/0 Zk	—
NMNV361	<i>Fraktály a chaotická dynamika</i>	3	2/0 Zk	—
NMNV461	<i>Techniky a posteriori odhadování chyby</i>	3	2/0 Zk	—
NMNV462	<i>Numerické modelování problémů elektrotechniky</i>	3	—	2/0 Zk
NMNV464	<i>A posteriori numerická analýza metodou vyvážených toků</i>	3	—	2/0 Zk
NMNV561	<i>Bifurkační analýza dynamických systémů 1</i>	3	2/0 Zk	—
NMNV562	<i>Bifurkační analýza dynamických systémů 2</i>	3	—	2/0 Zk
NMNV568	<i>Teorie aproximace 2</i>	3	—	2/0 Zk
NMNV569	<i>Numerické výpočty s verifikací</i>	5	—	2/2 Z+Zk
NMST442	<i>Maticové výpočty ve statistice</i>	5	—	2/2 Z+Zk

Státní závěrečná zkouška

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- Získání alespoň 120 kreditů.
- Splnění všech povinných předmětů studijního plánu.
- Splnění povinně volitelných předmětů v rozsahu alespoň 28 kreditů.
- Odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu.

Ústní část státní závěrečné zkoušky

Ústní část státní závěrečné zkoušky studijního oboru Numerická a výpočtová matematika se skládá z požadavků tří okruhů, přičemž u třetího okruhu si student volí jedno ze tří témat.

Podrobnější vysvětlení požadavků k ústní části státní závěrečné zkoušky lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_nvmszz.shtml.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

1. Matematická a funkcionální analýza

Parciální diferenciální rovnice, spektrální analýza lineárních operátorů, monotónní a potenciální operátory, řešení variačních úloh

2. Numerické metody

Metoda konečných prvků, základní maticové iterační metody, metody pro řešení soustav nelineárních algebraických rovnic, základy implementace numerických metod

3. Volba jednoho z následujících témat:

3A. Průmyslová matematika

Matematické metody v mechanice tekutin, metody materiálové optimalizace, metody řešení evolučních rovnic

3B. Numerická analýza

Nelineární diferenciální rovnice, numerické metody pro obyčejné diferenciální rovnice, numerické řešení úloh konvekce-difúze

3C. Maticové výpočty

Metody krylovovských podprostorů, projekce a problém momentů, souvislost spektrální informace a konvergence, přímé metody pro řídké matice

2.5 Matematické modelování ve fyzice a technice

Garantující pracoviště: Matematický ústav UK

Garant oboru: prof. RNDr. Josef Málek, CSc., DSc.

Studijní obor Matematické modelování ve fyzice a technice je mezioborovým studiem, které spojuje matematiku a fyziku.

Fyzikální část vede studenta k získání schopnosti formulovat matematické modely pro kvantitativní i kvalitativní analýzu fyzikálních systémů, přičemž studium je zaměřeno především na fyzikálními systémy v termodynamice spjitého prostředí. (Proudění tekutin a jejich směsí, deformace pevných látek, vzájemná interakce pevných látek a tekutin a další.) V rámci rozsáhlé spolupráce s dalšími pracovišti Univerzity Karlovy či Akademie věd se ovšem studenti mohou věnovat i matematickému modelování v jiných oborech přírodních či společenských věd.

Matematická část studia je zaměřena na teorii parciálních diferenciálních rovnic. Student se důkladně seznámí s moderními metodami pro teoretickou analýzu systémů nelineárních parciálních diferenciálních rovnic, a dále také s příslušnými numerickými metodami pro jejich řešení, a to včetně implementace daných metod s pomocí moderních softwarových nástrojů.

Obecným cílem studia je připravit studenta k tvůrčímu využití soudobých matematických prostředků při zkoumání rozmanitých jevů reálného světa a souvisejících ryze matematických problémů. Absolventi matematického modelování jsou připraveni působit jak v akademickém tak v komerčním sektoru, a to nejen díky vynikajícím znalostem matematiky a fyziky, ale také díky samostatnosti, schopnosti rychle se zorientovat v nové problematice a schopnosti konzultovat a řešit problémy ve spolupráci se specialisty z různých vědních oborů jako jsou například fyzikové, inženýři, lékaři, ekonomové a programátoři.

Obor Matematické modelování ve fyzice a technice má jeden studijní plán.

Vstupní požadavky

Předpokládáme, že student tohoto oboru má na počátku prvního ročníku dostatečné znalosti z následujících oborů a oblastí:

- Diferenciální počet jedné a několika reálných proměnných. Integrální počet jedné reálné proměnné. Křivkový a plošný integrál, objemový integrál. Teorie míry, Lebesgueův integrál.
- Základy lineární algebry (vektorové prostory, matice, determinanty, Jordanův kanonický tvar, ortogonalizace, vlastní čísla a vlastní vektory, základy multilineární algebry, kvadratické formy). Numerické řešení soustav lineárních algebraických rovnic (Schurova věta, QR rozklad, LU rozklad, singulární rozklad, úlohy nejmenších čtverců, částečný problém vlastních čísel, metoda sdružených gradientů, GMRES, zpětná chyba, citlivost a numerická stabilita, QR algoritmus).
- Základy komplexní analýzy (Cauchyova věta, reziduová věta, konformní zobrazení, Laplaceova transformace).

- Základy funkcionální analýzy a teorie metrických prostorů (Banachovy a Hilbertovy prostory, operátory a funkcionály, Hahn-Banachova věta, duální prostory, omezené operátory, kompaktní operátory, základy teorie distribucí).
- Základy teorie obyčejných diferenciálních rovnic (základní vlastnosti řešení a maximálních řešení, soustavy lineárních rovnic, stabilita) a parciálních diferenciálních rovnic (kvazilineární rovnice prvního řádu, Laplaceova rovnice a rovnice vedení tepla – fundamentální řešení a princip maxima, vlnová rovnice – fundamentální řešení, konečná rychlost šíření vlny).
- Základy klasické mechaniky (Newtonovy pohybové zákony, Lagrangeovy rovnice, Hamiltonovy rovnice, variační formulace, mechanika tuhého tělesa, setrvačníky).
- Pasivní znalost angličtiny umožňující dostatečné porozumění matematickým přednáškám a odborným textům.

Studentům, kteří tyto požadavky nesplňují, může garant studijního programu stanovit způsob jejich doplnění, například absolvováním vybraných předmětů bakalářského studia v rámci individuálního studijního plánu.

Doporučený průběh studia

Podrobnější informace k doporučenému průběhu studia lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_mod.shtml.

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA401	Funkcionální analýza 1	8	4/2 Z+Zk	—
NMMA405	Parciální diferenciální rovnice 1	6	3/1 Z+Zk	—
NMMO401	Mechanika kontinua	6	2/2 Z+Zk	—
NOFY036	Termodynamika a statistická fyzika	6	3/2 Z+Zk	—
NMNV405	Metoda konečných prvků 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMMA406	Parciální diferenciální rovnice 2	6	—	3/1 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NMMO402	Termodynamika a mechanika nenewtonovských tekutin	5	—	2/1 Z+Zk
NMMO403	Počítačové řešení úloh fyziky kontinua	5	—	2/2 Z+Zk
NMMO404	Termodynamika a mechanika pevných látek	5	—	2/1 Z+Zk
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	1		

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NMNV407	Maticové iterační metody 1	6	4/0 Zk	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	30		

Shrnutí studijního plánu**Povinné předměty**

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA401	Funkcionální analýza 1	8	4/2 Z+Zk	—
NMMA405	Parciální diferenciální rovnice 1	6	3/1 Z+Zk	—
NMMA406	Parciální diferenciální rovnice 2	6	—	3/1 Z+Zk
NMMO401	Mechanika kontinua	6	2/2 Z+Zk	—
NMMO402	Termodynamika a mechanika nenewtonovských tekutin	5	—	2/1 Z+Zk
NMMO403	Počítačové řešení úloh fyziky kontinua	5	—	2/2 Z+Zk
NMMO404	Termodynamika a mechanika pevných látek	5	—	2/1 Z+Zk
NMNV405	Metoda konečných prvků 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV407	Maticové iterační metody 1	6	4/0 Zk	—
NOFY036	Termodynamika a statistická fyzika	6	3/2 Z+Zk	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Je třeba získat alespoň 16 kreditů z povinně volitelných předmětů.

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA407	Obyčejné diferenciální rovnice 2	5	2/2 Z+Zk	—
NMMA531	Parciální diferenciální rovnice 3	4	2/0 Zk	—
NMMO432	Klasické úlohy mechaniky kontinua	4	—	2/1 Z+Zk
NMMO531	Biotermodynamika	5	2/2 Z+Zk	—
NMMO532	Matematická teorie Navierových-Stokesových rovnic	3	—	2/0 Zk
NMMO533	Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice 1	6	3/1 Z+Zk	—
NMMO534	Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice 2	6	—	3/1 Z+Zk
NMMO535	Matematické metody v mechanice pevných látek	3	2/0 Zk	—
NMMO536	Matematické metody v mechanice stlačitelných tekutin	3	—	2/0 Zk
NMMO537	Sedlobodové úlohy a jejich řešení	5	—	2/2 Z+Zk
NMMO539	Matematické metody v mechanice nenewtonovských tekutin	3	2/0 Zk	—
NMMO541	Teorie směsí	4	2/1 Z+Zk	—
NMNV403	Numerický software 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV404	Numerický software 2	5	—	2/2 Z+Zk

NMNV501	Řešení nelineárních algebraických rovnic	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV532	Paralelní maticové výpočty	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV537	Matematické metody v mechanice tekutin 1	3	2/0 Zk	—
NMNV538	Matematické metody v mechanice tekutin 2	3	—	2/0 Zk
NOFY026	Klasická elektrodynamika	6	—	2/2 Z+Zk
NTMF034	Elektromagnetické pole a speciální teorie relativity	5	—	2/1 Zk

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA452	<i>Seminář z parciálních diferenciálních rovnic</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA461	<i>Regularita Navier — Stokesových rovnic</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMA583	<i>Kvalitativní vlastnosti slabých řešení parciálních diferenciálních rovnic</i>	3	2/0 Zk	—
NMMA584	<i>Regularita slabých řešení parciálních diferenciálních rovnic</i>	3	—	0/2 Z
NMMO461	<i>Seminář z mechaniky kontinua</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMO561	<i>Regularita řešení Navier-Stokesových rovnic</i>	3	2/0 Zk	—
NMMO564	<i>Vybrané problémy matematického modelování</i>	3	—	0/2 Z
NMNV402	<i>Nelineární funkcionální analýza</i>	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV541	<i>Tvarová a materiálová optimalizace 1</i>	3	2/0 Zk	—
NMNV542	<i>Tvarová a materiálová optimalizace 2</i>	3	—	2/0 Zk

Státní závěrečná zkouška

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- Získání alespoň 120 kreditů.
- Splnění všech povinných předmětů studijního plánu.
- Splnění povinně volitelných předmětů v rozsahu alespoň 16 kreditů.
- Odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu.

Ústní část státní závěrečné zkoušky

Student po předchozí přípravě ústně zodpoví šest otázek z teorie parciálních diferenciálních rovnic (jedna otázka), funkcionální analýzy (jedna otázka), teorie metody konečných prvků (jedna otázka), teorie řešení algebraických rovnic (jedna otázka), kinematiky a dynamiky kontinua (jedna otázka) a teorie konstitutivních vztahů pro tekutiny a pevné látky (jedna otázka).

Podrobnější vysvětlení požadavků k ústní části státní závěrečné zkoušky lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_mod_szz.shtml.

Požadavky pro ústní část státní závěrečné zkoušky

1. Termodynamika a mechanika kontinua

Kinematika. Tensor napětí. Bilanční rovnice. Konstitutivní vztahy. Modely pro pevné látky a tekutiny.

2. Funkcionální analýza a parciální diferenciální rovnice

Lineární operátory a funkcionály, kompaktní operátory. Distribuce. Prostory funkcí. Slabá řešení lineárních eliptických, parabolických a hyperbolických úloh druhého řádu – základní existenční teorie a kvalitativní vlastnosti řešení.

3. Numerické metody

Numerické metody řešení diferenciálních rovnic. Metoda konečných prvků. Maticové iterační metody.

2.6 Pravděpodobnost, matematická statistika a ekonometrie

Garantující pracoviště: Katedra pravděpodobnosti a matematické statistiky

Garant oboru: doc. RNDr. Daniel Hlubinka, Ph.D.

Obor Pravděpodobnost, matematická statistika a ekonometrie je určen pro zájemce o získání teoretických i aplikovaných poznatků v oblasti matematiky náhodných jevů. Hlavní charakteristikou oboru je soulad mezi rigorózní matematickou teorií, hloubkou vzhledu do jednotlivých oblastí oboru (pravděpodobnost, statistika, ekonometrie) a aplikacemi v nejrůznějších oblastech života. Studenti získávají společný základ absolvováním povinných předmětů z pravděpodobnosti, optimalizace, statistického modelování a náhodných procesů, na které navazují vlastním výběrem povinně volitelných a volitelných přednášek a seminářů, čímž si rozšiřují vzdělání a volí si oblast, které se budou hlouběji věnovat. Na seminářích se učí samostatně pracovat a řešit rozsáhlejší projekty samostatně i v týmu. Velký důraz je kladen na rozvoj analytického a kritického myšlení. Pravděpodobnost, matematická statistika a ekonometrie má blízký vztah k ostatním matematickým oborům (matematické analýze, numerické matematice, diskrétní matematice). V aplikacích se obor inspiroje problémy z ekonomie, lékařství, techniky, přírodních věd a fyziky, informatiky. Hlavním cílem oboru je připravit absolventy pro úspěšné uplatnění jak v praxi (finance, průmysl, telekomunikace, marketing, lékařství, přírodní vědy), tak i v akademické kariéře.

Absolvent oboru Pravděpodobnost, matematická statistika a ekonometrie je do hloubky seznámen s matematickým modelováním náhodných jevů a procesů a jeho aplikacemi v praxi. Vyzná se v základech teorie pravděpodobnosti, matematické statistiky, teorie náhodných procesů a teorie optimalizace. Všeobecný základ si rozšířil o hlubší znalosti teorie náhodných procesů a stochastické analýzy, moderních metod matematické statistiky, nebo pokročilé optimalizace a analýzy časových řad. Rozumí podstatě studovaných metod, má přehled o jejich vzájemném vztahu a je schopen je aktivně rozvíjet a kriticky používat. Teoretické poznatky umí tvůrčím způsobem aplikovat v praxi. Své schopnosti logicky myslet, analyzovat problémy a nalézat řešení netriviálních úloh využívá k tvůrčí a samostatné práci s přesahem do dalších vědních oborů v praxi nebo v akademické oblasti.

Studijní obor Pravděpodobnost, matematická statistika a ekonometrie má jeden studijní plán.

Vstupní požadavky

Předpokládáme, že student tohoto oboru má na počátku prvního ročníku dostatečné znalosti z následujících oborů a oblastí:

- Diferenciální a integrální počet více proměnných, teorie míry a Lebesgueův integrál, vektorové prostory a maticová algebra, základy funkcionální a komplexní analýzy.
- Základy teorie pravděpodobnosti.
- Základy matematické statistiky a analýzy dat.
- Teorie markovských řetězců.
- Pasivní znalost angličtiny umožňující dostatečné porozumění matematickým přednáškám a odborným textům.

Studentům, kteří tyto požadavky nesplňují, může garant studijního programu stanovit způsob jejich doplnění, například absolvováním vybraných předmětů bakalářského studia v rámci individuálního studijního plánu.

Doporučený průběh studia

Podrobnější informace k doporučenému průběhu studia lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_pmse.shtml.

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMSA407	Lineární regrese	8	4/2 Z+Zk	—
NMSA409	Náhodné procesy 2	8	4/2 Z+Zk	—
NMSA403	Teorie optimalizace	5	2/2 Z+Zk	—
NMSA405	Teorie pravděpodobnosti 2	5	2/2 Z+Zk	—
NMSA401	Oborový seminář	2	0/2 Z	—
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	32		

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ023	Diplomová práce I	6	0/4 Z	—
NSZZ024	Diplomová práce II	9	—	0/6 Z
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	30		

Shrnutí studijního plánu

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMSA401	Oborový seminář	2	0/2 Z	—
NMSA403	Teorie optimalizace	5	2/2 Z+Zk	—
NMSA405	Teorie pravděpodobnosti 2	5	2/2 Z+Zk	—
NMSA407	Lineární regrese	8	4/2 Z+Zk	—

NMSA409	Náhodné procesy 2	8	4/2 Z+Zk	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	0/4 Z	—
NSZZ024	Diplomová práce II	9	—	0/6 Z
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Skupina I.

Z této skupiny je třeba získat alespoň 7 kreditů. Studenti si obvykle zapisují dva ekonometrické nebo dva statistické nebo dva pravděpodobnostní semináře. Zápis pokročilejších seminářů je omezen prerekvizitami.

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMEK450	Ekonometrický seminář 1	2	—	0/2 Z
NMEK551	Ekonometrický projektový seminář	5	0/2 Z	—
NMST450	Statistický seminář 1	2	—	0/2 Z
NMST551	Statistický projektový seminář	5	0/2 Z	—
NMTP450	Pravděpodobnostní seminář 1	2	—	0/2 Z
NMTP551	Pravděpodobnostní seminář 2	5	0/2 Z	—

Skupina II.

Z této skupiny je třeba získat alespoň 43 kreditů. Při volbě povinně volitelných předmětů doporučujeme brát ohled na vybraná témata volitelných okruhů státní závěrečné zkoušky a také na téma diplomové práce. Povinně volitelné předměty by měly posluchačům umožnit získat jak širší základ oboru, tak i základní specializaci.

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMEK432	Ekonometrie	8	—	4/2 Z+Zk
NMEK436	Výpočetní aspekty optimalizace	5	—	2/2 Z+Zk
NMEK531	Matematická ekonomie	5	2/2 Z+Zk	—
NMEK532	Optimalizace s aplikací ve financích	8	—	4/2 Z+Zk
NMFM431	Analýza investic	5	2/2 Z+Zk	—
NMFM437	Matematika ve financích a pojišťovnictví	6	4/0 Zk	—
NMFM531	Finanční deriváty 1	3	2/0 Zk	—
NMFM532	Finanční deriváty 2	3	—	2/0 Zk
NMFM535	Stochastická analýza ve finanční matematice	5	—	2/2 Z+Zk
NMFM537	Kreditní riziko v bankovníctví	3	2/0 Zk	—
NMST431	Bayesovské metody	5	2/2 Z+Zk	—
NMST432	Pokročilé regresní modely	8	—	4/2 Z+Zk
NMST434	Moderní statistické metody	8	—	4/2 Z+Zk
NMST436	Návrhy experimentů	5	2/2 Z+Zk	—
NMST438	Výběrová šetření	5	2/2 Z+Zk	—
NMST440	Výpočetní prostředí pro statistickou analýzu dat	4	—	0/2 Z
NMST442	Maticové výpočty ve statistice	5	—	2/2 Z+Zk
NMST531	Analýza cenzurovaných dat	5	2/2 Z+Zk	—

NMST532	Plánování a analýza lékařských studií	5	—	2/2 Z+Zk
NMST533	Asymptotické metody inference	3	2/0 Zk	—
NMST535	Simulační metody	5	—	2/2 Z+Zk
NMST537	Časové řady	8	4/2 Z+Zk	—
NMST539	Mnohorozměrná analýza	5	—	2/2 Z+Zk
NMST541	Statistická kontrola jakosti	5	—	2/2 Z+Zk
NMST543	Prostorová statistika	5	2/2 Z+Zk	—
NMST552	Statistické konzultace	2	0/2 Z	0/2 Z
NMTP432	Stochastická analýza	8	—	4/2 Z+Zk
NMTP434	Principy invariance	6	—	4/0 Zk
NMTP436	Spojité martingaly a čítací procesy	3	—	2/0 Zk
NMTP438	Prostorové modelování	8	—	4/2 Z+Zk
NMTP532	Ergodická teorie	4	—	3/0 Zk
NMTP533	Aplikovaná stochastická analýza	5	2/2 Z+Zk	—
NMTP535	Vybrané partie z teorie míry *	3	2/0 Zk	—
NMTP537	Limitní věty pro součty náhodných veličin	3	2/0 Zk	—
NMTP539	Metody Markov Chain Monte Carlo	5	2/2 Z+Zk	—
NMTP541	Stochastická geometrie	3	—	2/0 Zk
NMTP543	Stochastické diferenciální rovnice	6	4/0 Zk	—
NMTP545	Teorie pravděpodobnostních rozdělení	3	2/0 Zk	—

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMST570	<i>Vybraná témata z psychometrie</i>	3	1/1 Z+Zk	—
NMST571	<i>Seminář z psychometrie</i>	2	—	0/2 Z
NMFM461	<i>Demografie</i>	3	—	2/0 Zk
NMTP562	<i>Markovské procesy</i>	6	—	4/0 Zk
NMTP563	<i>Vybrané partie pravděpodobnosti pro statistiku</i>	5	—	2/2 Z+Zk
NMTP567	<i>Vybrané partie ze stochastické analýzy</i>	3	2/0 Zk	—
NMTP570	<i>Rozdělení s těžkými chvosty</i>	3	—	2/0 Zk
NMTP574	<i>Markovské distribuce nad grafy</i>	3	—	2/0 Zk
NMTP576	<i>Struktury podmíněné nezávislosti</i>	3	—	2/0 Zk

Státní závěrečná zkouška

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- Získání alespoň 120 kreditů.
- Splnění všech povinných předmětů studijního plánu.
- Splnění povinně volitelných předmětů ze skupiny I. v rozsahu alespoň 7 kreditů.
- Splnění povinně volitelných předmětů ze skupiny II. v rozsahu alespoň 43 kreditů.
- Odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu.

Ústní část státní závěrečné zkoušky

Ústní část státní závěrečné zkoušky se skládá ze tří okruhů. První okruh, Základy pravděpodobnosti, statistiky a náhodných procesů, je společný pro všechny posluchače oboru. Pro druhý a třetí okruh si student volí z nabídky tří, respektive sedmi volitelných témat.

Podrobnější vysvětlení požadavků k ústní části státní závěrečné zkoušky lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_pmse_szz.shtml.

Požadavky pro ústní část státní závěrečné zkoušky

Společný okruh

1. Základy pravděpodobnosti, statistiky a náhodných procesů

Základy teorie markovských řetězců. Stacionární posloupnosti a procesy. Lineární regresní model. Podmíněná střední hodnota. Martingaly s diskrétním časem. Optimalizace, lineární a nelineární programování.

Okruh 2. Pokročilé modely

Student si zvolí jedno ze tří témat

Téma 2A: Ekonometrické a optimalizační metody.

Stacionární posloupnosti a časové řady. Ekonometrie. Pokročilá optimalizace.

Téma 2B: Pokročilá statistická analýza.

Moderní metody odhadování parametrů a statistické inference. Regresní modely pro nenormální a korelovaná data.

Téma 2C: Procesy v čase i v prostoru.

Stochastické procesy se spojitým časem. Martingaly. Principy invariance. Wienerův proces.

Okruh 3. Speciální partie.

Student si zvolí jedno ze sedmi témat

Téma 3A: Ekonometrické modely

Matematická ekonomie. Časové řady s aplikací ve financích. Pokročilé ekonometrické a statistické metody. Mnohorozměrná statistická analýza.

Téma 3B: Optimalizační modely

Obecné optimalizační úlohy, optimální řízení. Aplikace optimalizace v ekonomii a ve financích. Matematická ekonomie. Časové řady.

Téma 3C: Prostorové modelování

Prostorové modelování a prostorová statistika. Základy stochastické analýzy. Limitní věty v teorii pravděpodobnosti.

Téma 3D: Stochastická analýza

Stochastická analýza. Itôova formule. Stochastické diferenciální rovnice. Poissonovy procesy, stacionární prostorové bodové procesy. Limitní věty.

Téma 3E: Statistika pro průmysl, obchod a hospodářství

Výběrová šetření. Návrhy průmyslových experimentů. Časové řady. Statistická kontrola jakosti. Teorie spolehlivosti.

Téma 3F: Statistika v přírodních vědách

Plánování a analýza medicínských experimentů. Mnohorozměrné statistické metody. Analýza přežití. Bayesovské metody.

Téma 3G: Teoretická statistika

Principy invariance. Limitní věty. Analýza censorovaných dat. Mnohorozměrná analýza.

2.7 Finanční a pojistná matematika

Garantující pracoviště: Katedra pravděpodobnosti a matematické statistiky

Garant oboru: prof. RNDr. Tomáš Cipra, DrSc.

Obor Finanční a pojistná matematika zahrnuje matematické metody ve financích s důrazem na aplikace teorie pravděpodobnosti. Na dosti hluboký výklad základních matematických disciplin navazují v magisterském studiu speciální přednášky. Jejich náplň přihlíží k sylabům mezinárodních profesních organizací pojistných matematiků a manažerů rizika při zachování zásad univerzitního vzdělávání. Ve výuce teorie financí a pojišřovnictví je využívána matematická erudice posluchačů. Při zadávání témat diplomových prací je rozvinuta spolupráce s absolventy oboru v praxi.

Absolventi oboru získají vzdělání požadované profesními organizacemi pojistných matematiků v EU. Kombinace vzdělání v teorii pravděpodobnosti a finanční vědě je základem pro jejich uplatnění při řízení finančních rizik. Mají znalosti finančního modelování s použitím moderního matematického softwaru.

Studium je odbornou přípravou na výkon profese matematika ve finančních institucích a pro samostatnou tvůrčí či vědeckou činnost v oblastech matematické teorie financí a pojišřovnictví. Znalosti získané v bakalářském studiu jsou rozvíjeny do matematických teorií finančních trhů, kapitálové přiměřenosti, oceňování náhodných peněžních toků, tvorby pojistných rezerv apod. Výklad se z velké části opírá o matematické modelování s použitím moderního softwaru. Obor představuje současnou formu studia aktuárských věd, která má na Univerzitě Karlově osmdesátiletou tradici. Absolventi se uplatní v pojišřovnách, penzijních a investičních fondech, v bankách, ve státní správě a jako odpovědní pojistní matematikové.

Obor Finanční a pojistná matematika má jeden studijní plán.

Vstupní požadavky

Předpokládáme, že student tohoto oboru má na počátku prvního ročníku dostatečné znalosti z následujících oborů a oblastí:

- Diferenciální a integrální počet více proměnných, teorie míry a Lebesgueův integrál, vektorové prostory a maticová algebra.
- Základy teorie pravděpodobnosti, matematické statistiky a analýzy dat. Teorie markovských řetězců.
- Základy finanční matematiky a účetnictví.
- Základy funkcionálního programování.
- Pasivní znalost angličtiny umožňující dostatečné porozumění matematickým přednáškám a odborným textům.

Studentům, kteří tyto požadavky nesplňují, může garant studijního programu stanovit způsob jejich doplnění, například absolvováním vybraných předmětů bakalářského studia v rámci individuálního studijního plánu.

Doporučený průběh studia

Podrobnější informace k doporučenému průběhu studia lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_fpm.shtml.

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMSA407	Lineární regrese	8	4/2 Z+Zk	—
NMSA409	Náhodné procesy 2	8	4/2 Z+Zk	—
NMFM401	Matematika neživotního pojištění 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMFM405	Životní pojištění 1	5	2/2 Z+Zk	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NMFM402	Matematika neživotního pojištění 2	5	—	2/2 Z+Zk
NMFM410	Účetnictví pojišťoven	5	—	2/2 Z+Zk
NMFM404	Vybraný software pro finance a pojišťovnictví	3	—	2/0 Zk
NMFM406	Životní pojištění 2	3	—	2/0 Zk
NMFM408	Pravděpodobnost pro finance a pojišťovnictví	3	—	2/0 Zk
NMFM416	Životní pojištění 2, cvičení	2	—	0/2 Z
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	7		

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NMFM503	Teorie rizika	8	4/2 Z+Zk	—
NMST537	Časové řady	8	4/2 Z+Zk	—
NMFM501	Aktuárský seminář 1	2	0/2 Z	—
NMFM507	Pokročilé partie finančního managementu	2	2/0 Zk	—
NMFM505	Stochastické modely pro finance a pojišťovnictví	5	—	2/2 Z+Zk
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
NMFM502	Aktuárský seminář 2	1	—	0/2 Z
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	10		

Shrnutí studijního plánu
Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMFM401	Matematika neživotního pojištění 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMFM402	Matematika neživotního pojištění 2	5	—	2/2 Z+Zk
NMFM404	Vybraný software pro finance a pojišťovnictví	3	—	2/0 Zk
NMFM405	Životní pojištění 1	5	2/2 Z+Zk	—

NMFM406	Životní pojištění 2	3	—	2/0 Zk
NMFM408	Pravděpodobnost pro finance a pojišťovnictví	3	—	2/0 Zk
NMFM410	Účetnictví pojišťoven	5	—	2/2 Z+Zk
NMFM416	Životní pojištění 2, cvičení	2	—	0/2 Z
NMFM501	Aktuárský seminář 1	2	0/2 Z	—
NMFM502	Aktuárský seminář 2	1	—	0/2 Z
NMFM503	Teorie rizika	8	4/2 Z+Zk	—
NMFM505	Stochastické modely pro finance a pojišťovnictví	5	—	2/2 Z+Zk
NMFM507	Pokročilé partie finančního managementu	2	2/0 Zk	—
NMSA407	Lineární regrese	8	4/2 Z+Zk	—
NMSA409	Náhodné procesy 2	8	4/2 Z+Zk	—
NMST537	Časové řady	8	4/2 Z+Zk	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Je třeba získat alespoň 5 kreditů z povinně volitelných předmětů.

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMFM431	Analýza investic	5	2/2 Z+Zk	—
NMFM531	Finanční deriváty 1	3	2/0 Zk	—
NMFM532	Finanční deriváty 2	3	—	2/0 Zk
NMSA403	Teorie optimalizace	5	2/2 Z+Zk	—
NMST531	Analýza censorovaných dat	5	2/2 Z+Zk	—
NMST539	Mnohorozměrná analýza	5	—	2/2 Z+Zk

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMEK432	<i>Ekonomie</i>	8	—	4/2 Z+Zk
NMEK532	<i>Optimalizace s aplikací ve financích</i>	8	—	4/2 Z+Zk
NMFM461	<i>Demografie</i>	3	—	2/0 Zk
NMFM462	<i>Praktické aspekty měření a řízení finančních rizik</i>	3	2/0 Zk	—
NMFM535	<i>Stochastická analýza ve finanční matematice</i>	5	—	2/2 Z+Zk
NMSA571	<i>Teorie informace ve financích a statistice</i>	3	—	2/0 Zk
NMFM537	<i>Kreditní riziko v bankovníctví</i>	3	2/0 Zk	—

Státní závěrečná zkouška**Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce**

– Získání alespoň 120 kreditů.

- Splnění všech povinných předmětů studijního plánu.
- Splnění povinně volitelných předmětů v rozsahu alespoň 5 kreditů.
- Odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu.

Ústní část státní závěrečné zkoušky

Ústní část státní závěrečné zkoušky studijního oboru Finanční a pojištná matematika se skládá z okruhů Aplikovaná pravděpodobnost, Pojištění a Finance a účetnictví.

Podrobnější vysvětlení požadavků k ústní části státní závěrečné zkoušky lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_fpm_szz.shtml.

Požadavky pro ústní část státní závěrečné zkoušky

1. Pravděpodobnost a statistika

Náhodné veličiny, charakteristiky jejich rozdělení. Náhodné vektory, sdružené rozdělení, kovariance, modelování a měření závislostí. Podmíněné rozdělení. Rozdělení pravděpodobností v pojištné matematice. Odhady parametrů a jejich vlastnosti. Interval spolehlivosti. Principy testování hypotéz. Metoda maximální věrohodnosti a metoda momentů. Jednovýběrové, párové a dvouvýběrové testy. Analýza rozptylu. Model lineární regrese. Bayesův princip. Zákon velkých čísel a centrální limitní věta. Markovovy řetězce. Stacionární procesy. Časové řady. Teorie kredibility. Model kolektivního rizika. Základy stochastické analýzy.

2. Životní a neživotní pojištění

Demografický model životního pojištění. Kapitálové a důchodové pojištění. Rezervy pojištného životního pojištění. Modely pojištění osob s více dekrementy. Pojištění více životů. Solventnost pojišťovny, zajištění. Technické rezervy neživotního pojištění. Tarifování.

3. Finance a účetnictví

Základy financí. Cenné papíry a jejich oceňování. Finanční riziko. Metody analýzy akciového trhu. Účetnictví.

2.8 Matematika pro informační technologie

Garantující pracoviště: Katedra algebry

Garant oboru: prof. RNDr. Aleš Drápal, CSc., DSc.

Obor Matematika pro informační technologie má jeden studijní plán. Tento studijní plán je shodný se studijním plánem NN dobíhajícího oboru Matematické metody informační bezpečnosti.

Zaměření oboru Matematika pro informační technologie

Obor Matematika pro informační technologie umožňuje specializaci na jedno ze dvou zaměření.

1. Zaměření **Matematika pro informační bezpečnost (IB)** poskytuje hlubší znalosti teorie čísel, teorie samoopravných kódů, teorie eliptických křivek, a dále počítačové algebry aplikované na některé z těchto teorií. Pozornost je věnována ale i praktickým aspektům jako jsou kryptoanalytické útoky, zabezpečení toku internetových dat, kryptografické standardy a právní ochrana dat.
2. Zaměření **Počítačová geometrie (PG)** umožňuje získat hlubší znalosti v algebraických a geometrických oborech spolu s jejich použitím v geometrii počítačového

vidění a robotiky, počítačové grafice a zpracování obrazu, optimalizačních metodách a numerické lineární algebře.

Volba zaměření

Volba zaměření zahrnuje tři postupně kroky:

- *Výběr tématu diplomové práce* na počátku prvního ročníku.
- *Výběr povinně volitelných předmětů* během studia.
- *Výběr dvou volitelných okruhů ústní části státní závěrečné zkoušky*, při přihlášení ke státní závěrečné zkoušce.

Vstupní požadavky

Předpokládáme, že student tohoto oboru má na počátku prvního ročníku dostatečné znalosti z následujících oborů a oblastí:

- Kvalitní základy lineární algebry, reálné analýzy a teorie pravděpodobnosti.
- Základy komutativní a počítačové algebry (Galoisova teorie, celistvá rozšíření, diskrétní Fourierova transformace). Modulární aritmetika, multiplikatívni grupy. Konečná tělesa, základní třídy samoopravných kódů. Grupová operace na eliptických křivkách.
- Základy teoretické kryptografie a geometrického modelování. Programování v jazyce C.
- Pasivní znalost angličtiny umožňující dostatečné porozumění matematickým přednáškám a odborným textům.

Studentům, kteří tyto požadavky nesplňují, může garant studijního programu stanovit způsob jejich doplnění, například absolvováním vybraných předmětů bakalářského studia v rámci individuálního studijního plánu.

Doporučený průběh studia

Podrobnější informace k doporučenému průběhu studia lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_mmit.shtml.

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMB405	Složitost pro kryptografii	6	4/0 Zk	—
NMMB409	Konvexní optimalizace	9	4/2 Z+Zk	—
NMMB403	Počítačová algebra 2	6	3/1 Z+Zk	—
NMMB407	Pravděpodobnost a kryptografie	6	4/0 Zk	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
	<i>Volitelné a povinně volitelné předměty</i>	27		

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Zaměření oboru se rozlišují podle doporučených povinně volitelných předmětů.

Povinně volitelné předměty pro zaměření Matematika pro informační bezpečnost

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMB333	Základy analýzy dat	5	2/2 Z+Zk	—
NMMB331	Booleovské funkce	3	2/0 Zk	—
NTIN104	Foundations of theoretical cryptography	5	—	2/1 Z+Zk
NMMB401	Automaty a konvoluční kódy	6	3/1 Z+Zk	—
NMMB402	Číselné algoritmy	6	—	3/1 Z+Zk
NMMB404	Kryptoanalytické útoky	6	—	3/1 Z+Zk
NMMB501	Zabezpečení síťových protokolů	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG436	Křivky a funkční tělesa	6	—	4/0 Zk
NMMB431	Autentifikační schémata *	3	—	2/0 Zk
NMMB436	Steganografie a digitální média	3	2/0 Zk	—
NMMB437	Právní aspekty ochrany dat	3	2/0 Zk	—
NMMB531	Číselné síto	3	2/0 Zk	—
NMMB532	Standardy a kryptografie	3	—	2/0 Zk
NMMB533	Matematický software *	3	1/1 Z+Zk	—
NMMB534	Kvantová informace	6	—	3/1 Z+Zk
NMMB538	Eliptické křivky a kryptografie	6	—	3/1 Z+Zk
NMMB430	Algoritmy na eliptických křivkách	4	—	2/1 Z+Zk

* Tyto předměty nebudou od akademického roku 2018/19 vyučovány.

Povinně volitelné předměty pro zaměření Počítačová geometrie

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMB333	Základy analýzy dat	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG401	Algebraická geometrie	5	2/2 Z+Zk	—
NMMB440	Geometrie počítačového vidění	6	—	2/2 Z+Zk
NMMB442	Geometrické problémy v robotice	6	—	2/2 Z+Zk
NMAG563	Úvod do složitosti CSP	3	2/0 Zk	—
NMMB536	Optimalizace a aproximace CSP	6	—	2/2 Z+Zk
NMNV531	Inverzní úlohy a regularizace	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV407	Maticové iterační metody 1	6	4/0 Zk	—
NMNV438	Maticové iterační metody 2	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV534	Numerické metody optimalizace	5	—	2/2 Z+Zk
NMMB535	Komprimované snímání	6	2/2 Z+Zk	—
NPGR013	Speciální funkce a transformace ve zpracování obrazu	3	—	2/0 Zk
NPGR010	Počítačová grafika III	6	2/2 Z+Zk	—
NMMB433	Geometrie pro počítačovou grafiku	3	—	2/0 Zk

NPGR029	Variační metody ve zpracování obrazu	3	—	2/0 Zk
---------	--------------------------------------	---	---	--------

Shrnutí studijního plánu**Povinné předměty**

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMB403	Počítačová algebra 2	6	3/1 Z+Zk	—
NMMB405	Složitost pro kryptografii	6	4/0 Zk	—
NMMB407	Pravděpodobnost a kryptografie	6	4/0 Zk	—
NMMB409	Konvexní optimalizace	9	4/2 Z+Zk	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Z těchto předmětů je potřeba získat alespoň 45 kreditů. Předměty doporučené pro zaměření Matematika pro informační bezpečnost jsou označené (IB). Předměty doporučené pro zaměření Počítačová geometrie jsou označené (PG).

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMB401	Automaty a konvoluční kódy (IB)	6	3/1 Z+Zk	—
NMMB333	Základy analýzy dat (IB, PG)	5	2/2 Z+Zk	—
NMMB331	Booleovské funkce (IB)	3	2/0 Zk	—
NTIN104	Foundations of theoretical cryptography (IB)	5	—	2/1 Z+Zk
NMMB402	Číselné algoritmy (IB)	6	—	3/1 Z+Zk
NMMB404	Kryptoanalytické útoky (IB)	6	—	3/1 Z+Zk
NMMB501	Zabezpečení síťových protokolů (IB)	5	2/2 Z+Zk	—
NMAG436	Křivky a funkční tělesa (IB)	6	—	4/0 Zk
NMMB431	Autentifikační schémata *, (IB)	3	—	2/0 Zk
NMMB436	Steganografie a digitální média (IB)	3	2/0 Zk	—
NMMB437	Právní aspekty ochrany dat (IB)	3	2/0 Zk	—
NMMB531	Číselné síto (IB)	3	2/0 Zk	—
NMMB532	Standardy a kryptografie (IB)	3	—	2/0 Zk
NMMB533	Matematický software *, (IB)	3	1/1 Z+Zk	—
NMMB534	Kvantová informace (IB)	6	—	3/1 Z+Zk
NMMB538	Eliptické křivky a kryptografie (IB)	6	—	3/1 Z+Zk
NMAG401	Algebraická geometrie (PG)	5	2/2 Z+Zk	—
NMMB440	Geometrie počítačového vidění (PG)	6	—	2/2 Z+Zk
NMMB442	Geometrické problémy v robotice (PG)	6	—	2/2 Z+Zk
NMAG563	Úvod do složitosti CSP (PG)	3	2/0 Zk	—
NMMB536	Optimalizace a aproximace CSP (PG)	6	—	2/2 Z+Zk
NMNV531	Inverzní úlohy a regularizace (PG)	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV407	Maticové iterační metody 1 (PG)	6	4/0 Zk	—

NMNV438	Maticové iterační metody 2 (PG)	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV534	Numerické metody optimalizace (PG)	5	—	2/2 Z+Zk
NMMB535	Komprimované snímání (PG)	6	2/2 Z+Zk	—
NPGR013	Speciální funkce a transformace ve zpracování obrazu (PG)	3	—	2/0 Zk
NPGR010	Počítačová grafika III (PG)	6	2/2 Z+Zk	—
NMMB433	Geometrie pro počítačovou grafiku (PG)	3	—	2/0 Zk
NPGR029	Variační metody ve zpracování obrazu (PG)	3	—	2/0 Zk
NMMB430	Algoritmy na eliptických křivkách (IB)	4	—	2/1 Z+Zk

* Tyto předměty nebudou od akademického roku 2018/19 vyučovány.

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMB451	<i>Aplikace matematiky v informatice</i>	3	0/2 Z	—
NMMB452	<i>Seminář z matematiky inspirované kryptografií</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NMMB453	<i>Studentský logický seminář</i>	2	0/2 Z	0/2 Z
NMMB551	<i>Seminář z kombinatorické, algoritmické a finitní algebry</i>	2	0/2 Z	0/2 Z
NPGR022	<i>Speciální seminář ze zpracování obrazu</i>	2	0/2 Z	0/2 Z
NMAG337	<i>Úvod do teorie grup</i>	5	2/2 Z+Zk	—
NSWI090	<i>Počítačové sítě</i>	3	—	2/0 Zk
NSWI021	<i>Počítačové sítě II</i>	3	—	2/0 Zk
NSWI045	<i>Rodina protokolů TCP/IP</i>	3	—	2/0 Zk
NPGR003	<i>Základy počítačové grafiky</i>	5	2/2 Z+Zk	—
NPGR004	<i>Fotorealistická grafika</i>	5	—	2/2 Z+Zk

Státní závěrečná zkouška

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- Získání alespoň 120 kreditů.
- Splnění všech povinných předmětů studijního plánu.
- Splnění povinně volitelných předmětů v rozsahu alespoň 45 kreditů.
- Odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu.

Ústní část státní závěrečné zkoušky

Ústní část státní závěrečné zkoušky studijního oboru Matematické metody informační bezpečnosti se skládá z dvou tematických okruhů. Z tematického okruhu 1 dostane student jednu otázku. Z tematického okruhu 2 si student zvolí buď dvě z variant 2A, 2B, 2C pro zaměření *Matematika pro informační bezpečnost*, nebo dvě z variant 2D, 2E, 2F, 2G pro zaměření *Počítačová geometrie*. Z každé zvolené varianty dostane jednu otázku.

Podrobnější vysvětlení požadavků k ústní části státní závěrečné zkoušky lze najít na stránkách http://garant.karlin.mff.cuni.cz/stud/nmgr_ob_mmit_szz.shtml.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

Společný základ

1. Základní matematické obory.

Složitostní třídy a výpočetní modely, náhodnost a pseudonáhodnost, algoritmy pro práci s algebraickými strukturami, konvexní optimalizace.

Užší zaměření

2A Informace a kódy

Klasická a kvantová informace a její přenos. Důsledky kvantové Fourierovy transformace pro kryptografii. Konvoluční kódy. Práce se skrytou a poškozenou informací.

2B Číselné algoritmy

Faktorizace: metody Pollard rho a Pollard p-1, algoritmus CFRAC (včetně aproximace odmocniny pomocí řetězových zlomků a řešení Pellovy rovnice), a kvadratické síto (včetně Tonelli-Shanksova algoritmu). Základní metody řešení diskrétního logaritmu: Pohlig-Hellman, Baby steps-giant steps a indexový kalkul.

2C Eliptické křivky

Základní vlastnosti algebraických funkčních těles a jejich grupy divisorů. Weierstrassova normální forma eliptické křivky - ekvivalence a odvození. Picardova grupa a sčítání bodů eliptické křivky. Morfismy, endomorfismy a izogenie. Využití v kryptografii.

2D Počítačové vidění a robotika

Matematický model perspektivní kamery. Výpočet pohybu kalibrované kamery z obrazů neznámé scény. 3D rekonstrukce ze dvou obrazů neznámé scény. Geometrie tří kalibrovaných kamer. Denavit-Hartenbergův popis kinematiky manipulátoru. Inverzní kinematická úloha pro šestistupňový sériový manipulátor – formulace a řešení. Kalibrace parametrů manipulátoru – formulace a řešení.

2E Zpracování obrazu a počítačová grafika

Modelování inverzních problémů, regularizační metody, digitalizace obrazu, zaostřování a odšumování obrazu, detekce hran, obrazová registrace, komprese, syntéza obrazu, metody compressed sensing, analytická, kinematická a diferenciální geometrie.

2F Aproximace a optimalizace

Konvexní optimalizační problémy, dualita, Lagrangeova duální funkce. Algoritmy pro řešení úloh konvexní optimalizace, metoda vnitřního bodu. Problém splnitelnosti omezení (CSP), algebraický přístup k řešení dichotomické hypotézy. Vážený problém splnitelnosti omezení (vCSP). Příklady výpočetních problémů, které lze popsat v jazyku vCSP, algebraická teorie. Řešení problémů s extrémně velkým vstupem.

2G Numerická lineární algebra

LU a Choleského rozklad matice, metody nejmenších čtverců, Krylovovské prostory, maticové iterační metody (Arnoldiho, Lanczosova metoda, metoda sdružených gradientů, zobecněná metoda minimálních reziduí), QR algoritmus, regularizační metody pro řešení lineárních inverzních problémů, numerická stabilita.

Studijní plány studijního programu FYZIKA

Magisterské studium

Garant studijního programu: prof. RNDr. Jiří Podolský, CSc., DSc.

1. Základní informace

V rámci magisterského studijního programu Fyzika lze studovat tyto studijní obory:

1. Astronomie a astrofyzika
2. Geofyzika
3. Meteorologie a klimatologie
4. Teoretická fyzika
5. Fyzika kondenzovaných soustav a materiálů
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
11. Učitelství fyziky

Obor 11 je popsán v samostatné kapitole věnované učitelským studijním oborům. Tato kapitola popisuje studijní plány uvedených oborů od roku 2015; studijní plány pro studenty, kteří nastoupili na fakultu v roce 2014 či dříve, se mohou v některých drobnostech lišit a jsou popsány ve starších vydáních této publikace.

Průběh studia není studijními plány pevně určen, posluchač si volí jednotlivé předměty tak, aby vyhověl požadavkům zvoleného oboru studia a získal potřebný počet kreditů požadovaných při kontrole studia na konci každého studijního roku. Je však vhodné dodržovat doporučený průběh studia, protože je sestaven s ohledem na návaznosti mezi jednotlivými předměty i na podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce.

Celkem je požadováno získání minimálně 120 kreditů za celé dvouleté studium, z toho podstatnou část kreditů posluchač obdrží za povinné a povinně volitelné předměty (včetně 30 kreditů za vypracování diplomové práce), zbylý počet kreditů (alespoň 12) si doplní absolvováním volitelných předmětů. Ty si může vybrat zcela libovolně, doporučuje se však zvolit si je z široké nabídky povinně volitelných předmětů daného oboru.

Do seznamu doporučené výuky jsou zařazeny také některé důležité předměty bakalářského studijního programu Fyzika, které posluchači zpravidla absolvují již během svého dřívějšího bakalářského studia jako předměty povinně volitelné. Pro každý obor jsou tyto předměty uvedeny na začátku odstavce Doporučený průběh studia.

Absolvování předmětů z předchozího bakalářského studia na MFF bude všem posluchačům v navazujícím magisterském studiu uznáno na základě kontroly údajů v evidenci studijního oddělení. Posluchač přicházející na MFF po získání bakalářského vzdělání na jiné univerzitě může požádat o uznání povinných nebo povinně volitelných předmětů z bakalářského studia na základě předchozího absolvování jejich vhodných ekvivalentů. Žádost individuálně posoudí a doporučí garant příslušného oboru. Zbývající předměty si musí každý posluchač doplnit během svého navazujícího magisterského studia.

Předměty absolvované v předchozím studiu se zpravidla uznávají bez přidělení kreditů. Posluchač může požádat o uznání dříve splněného předmětu včetně jeho kreditů, jestliže splňuje stanovené podmínky (jedná o povinný nebo povinně volitelný předmět studovaného magisterského oboru, přitom to není povinný bakalářský předmět a kredity za něj získané v bakalářském studiu měl posluchač navíc nad počet stanovený pro úspěšné absolvování bakalářského studia, viz Směrnice děkana č. 10/2010).

Kurz bezpečnosti práce

Podmínkou pro samostatnou práci v laboratoři (zahájení praktik a experimentální diplomové práce) je absolvování kurzu bezpečnosti práce, který je organizován pro všechny studenty fyziky kabinetem výuky obecné fyziky, a to jednorázově zpravidla v letním semestru. Informace jsou vždy před začátkem semestru na <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/>. Platnost kurzu je dva roky.

Státní závěrečná zkouška

Studium je zakončeno státní závěrečnou zkouškou, která 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.

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- splnění povinně volitelných předmětů zvoleného oboru v určeném počtu kreditů
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Předmět lze splnit jeho úspěšným absolvováním či uznáním z předchozího studia.

Na učitelských oborech má ústní zkouška několik oddělených částí. Specifické podmínky pro přihlášení k nim jsou uvedeny u jednotlivých oborů.

Diplomová práce

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

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

Jsou specifické pro příslušný obor.

2. Studijní plány jednotlivých oborů

V následujících vzorových studijních plánech jsou předměty **povinné** ke státní závěrečné zkoušce vtištěny **tučně**, povinně volitelné předměty normálním písmem, doporučené *volitelné* předměty *kurzívou*.

1. Astronomie a astrofyzika

Garantující pracoviště: Astronomický ústav UK

Garant oboru: prof. RNDr. David Vokrouhlický, DrSc.

Charakteristika studijního oboru:

Magisterské studium oboru Astronomie a astrofyzika zdokonaluje základní znalosti z fyziky, matematiky a programování. Studenti jsou vedeni k porozumění základům klasické astronomie, tj. astrometrie a nebeské mechaniky, a základům klasické astrofyziky, tj. fyzice plazmatu ve vesmíru, stavbě a vývoji hvězd, teorii hvězdných atmosfér, fyzice těles sluneční soustavy a stavbě a dynamice galaxií. Seznamují se rovněž se sluneční fyzikou, relativistickou astrofyzikou, extragalaktickou astronomií a kosmologií. Prostřednictvím pravidelných seminářů, diplomové práce, praxe na observatořích a tematicky zaměřených přednášek externích odborníků získávají studenti představu o současných problémech řešených v jednotlivých oborech astronomie a astrofyziky a o metodách vědecké práce.

Profil absolventa studijního oboru a cíle studia:

Cílem studia je, aby absolventi měli hlubší přehled o svém oboru a byli schopni v něm tvořivě pracovat. Absolventi mají pokročilé znalosti v hlavních partiích klasické a moderní astronomie, astrofyziky a kosmologie, opírající se o spolehlivý základ v obecných oblastech fyziky – teoretické mechanice, kvantové fyzice, termodynamice, statistické fyzice a obecné teorii relativity. Mají přehled o moderní pozorovací technice a metodách, jsou připraveni na analýzy pozorovacích dat a tvorbu numerických modelů. Jsou zblhlí ve sdělování odborných poznatků formou prezentací anebo psaných textů, a to též v anglickém jazyce. U mnoha absolventů se předpokládá nástup profesní dráhy vědeckého pracovníka. Nabyté obecné vzdělání ve fyzice dovoluje absolventům uplatnění i v příbuzných oborech a všude, kde je třeba abstraktní uvažování nebo řešení komplikovaných problémů.

Doporučený průběh studia

Předpokladem úspěšného magisterského studia tohoto oboru je získání základních znalostí na úrovni následujících předmětů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NOFY042	<i>Základy kvantové teorie</i>	9	4/2 Z+Zk	—
NAST035	<i>Základy astronomie a astrofyziky</i>	12	—	6/2 Z+Zk
NAST036	<i>Analýza dat a modelování v astronomii</i>	3	—	2/0 Zk
NTMF111	<i>Obecná teorie relativity</i>	4	—	3/0 Zk

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím roce bakalářského studia programu Fyzika jako povinně volitelné. Pokud posluchač tyto nebo jim ekvivalentní předměty neabsolvoval, měl by si je ve vlastním zájmu zapsat jako volitelné v prvním roce navazujícího magisterského studia. Obsah uvedených předmětů je součástí společných požadavků státní závěrečné zkoušky.

1. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAST013	Astrofyzika I	6	4/0 Zk	—
NAST014	Astrofyzika II	6	—	4/0 Zk
NAST005	Nebeská mechanika I	6	4/0 Zk	—
NAST008	Kosmická elektrodynamika	5	3/1 Z+Zk	—
NTMF037	Relativistická fyzika I	9	4/2 Z+Zk	—

NAST024	Elementární procesy v kosmické fyzice	4	—	2/1 Zk
NAST003	Galaktická a extragalaktická astronomie I	4	—	3/0 Zk
NAST001	Sluneční fyzika I	3	—	2/0 Zk
NAST017	Speciální praktikum I	3	0/2 Z	—
NAST018	Speciální praktikum II	3	—	0/2 Z
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NAST011	Nebeská mechanika II	6	—	4/0 Zk
NTMF038	Relativistická fyzika II	9	—	4/2 Z+Zk
NAST002	Hvězdné atmosféry	4	—	3/0 Zk
NAST009	Kosmologie I	4	—	3/0 Zk
NAST110	Seminář Astronomického ústavu UK (PV)	3	0/2 Z	0/2 Z
NAST031	Diplomový seminář	3	0/2 Z	0/2 Z
NTMF070	<i>Zářivé procesy v astrofyzice</i>	3	—	2/0 Zk
NAST019	<i>Dvojhvězdy</i>	3	—	2/0 Zk

2. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAST010	Seminář Astronomického ústavu UK I	3	0/2 Z	—
NAST100	Seminář Astronomického ústavu UK II	3	—	0/2 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
NAST004	Galaktická a extragalaktická astronomie II	3	2/0 Zk	—
NAST015	Cvičení z galaktické a extragalaktické astronomie	3	0/2 Z	—
NAST037	Sluneční fyzika II	3	2/0 Zk	—
NAST020	Fyzika malých těles sluneční soustavy	3	2/0 Zk	—
NAST021	Vybrané kapitoly z astrofyziky	3	2/0 Zk	—
NAST039	<i>Kosmologie II</i>	4	3/0 Zk	—
NAST038	<i>Pokročilé metody sluneční fyziky</i>	3	2/0 Zk	—
NAST040	<i>Úvod do radioastronomie</i>	3	2/0 Zk	—
NAST026	<i>Dějiny astronomie</i>	3	1/1 Z	1/1 Z

Některé předměty se přednášejí ve dvouletém intervalu anebo se zaměřují každý rok na jiná témata. Zapisuje se ten předmět, který se v daném školním roce koná.

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- splnění povinně volitelných předmětů zvoleného oboru v rozsahu alespoň 23 kreditů
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Předmět lze splnit jeho úspěšným absolvováním či uznáním z předchozího studia.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

A. Společné požadavky

1. Obecné požadavky, fyzikální základ

Teoretická mechanika: Porovnání popisu systému v klasické a kvantové mechanice, popis stavu. Formalismus teoretické mechaniky — pohybové rovnice, Lagrangeův a Hamiltonův formalismus, Hamiltonova-Jacobiho rovnice. Operátory fyzikálních veličin, zákony zachování. Variační principy. Rotace těles, setrvačníky; příklady z vesmírného prostředí. Základy mechaniky kontinua, Navierova-Stokesova rovnice.

Elektrodynamika: Maxwellovy rovnice. Lorentzova transformace. Semiklasický a kvantový popis elektromagnetického pole, fotony. Interakce atomu se zářením. Absorpce a emise.

Kvantová fyzika: 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. Stavba atomového jádra. Klasifikace mikročástic, standardní model. Slabá a silná interakce. Jaderné reakce.

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.

2. Astronomie a astronomická pozorování

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 a astrodynamika: Problém dvou těles, elementy dráhy, eliptické rozvoje, výpočet efemeridy. Určování drah těles sluneční soustavy a dvojhvězd. Zatmění a zákryty. Omezený problém tří těles — kruhový a eliptický. Jacobiho integrál. Tisserandovo kritérium a parametr. Hillovy plochy nulové rychlosti. Hillova úloha.

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

Přístroje a metody pozorování: Optické systémy, jejich vady, metody navrhování. Dalekohledy. Zpracování snímků fotografických, CCD. Fotometrie. Interferometrie. Instrumenty družicových observatoří. Spektrografy, spektroskopie. Radioastronomie, detekce gravitačních vln a neutrin.

Základy spektroskopie: Spojité a čárové spektrum. Stavba atomu vodíku, hélia a těžších prvků. Vlivy určující profily spektrálních čar. Zeemanův jev. Metastabilní hladiny, zakázané čary, masery. Termodynamická rovnováha — lokální LTE, non-LTE, Boltzmannova a Sáhova rovnice, rovnice statistické rovnováhy. Rovnice přenosu záření. Modelování hvězdných atmosfér, šedá atmosféra. Redistribuce.

Stelární astronomie: 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.

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

3. Astrofyzika, hvězdy, galaxie

Astrofyzikální procesy: Záření urychleného náboje; brzdné záření. Opacita Thompsonova rozptylu; opacita rozptylu na volných elektronech v poli iontů. Liouvilleův teorém a zachování intenzity podél paprsku. Momenty Boltzmannovy rovnice pro fotony — rovnice přenosu záření. Synchrotronové záření. Comptonův rozptyl; inverzní Comptonův rozptyl. Sunyaevův-Zel'dovičův jev. Základní model pulzaru — vyrovnaný rotátor. Částice a tekutiny v astrofyzice — základní dynamické rovnice. Sféricky symetrická, ustálená akrece. Hvězda letící mlhovinou — Bondiho akrece. Disková akrece — model tenkého disku.

Fyzika plazmatu: Základy statistické fyziky. Rozdělovací funkce, Liouvilleův teorém, Liouvilleova rovnice. Boltzmannova rovnice a její momenty. Termodynamická rovnováha. Maxwellovo-Boltzmannovo rozdělení. Sahova rovnice. Definice plazmatu, teplota, kolektivní chování, kvazineutralita. Debyeova délka. Pohyb nabitých testovacích částic v magnetických a elektrických polích, Larmorova frekvence a poloměr, drift. Magnetická zrcadla. Magnetický moment. Radiační pásy. Základy magnetohydrodynamiky. Dvoutekutinový a jednotekutinový model plazmatu. Vlny v plazmatu. Alfvénova rychlost. Difúze a odpor v plazmatu. Ambipolární difúze. Specifický odpor plazmatu. Stabilita plazmatu. Hydromagnetická rovnováha. Parametr beta. Difúze magnetického pole do plazmatu. Plazmové nestability. Landauův útlum.

Vnitřní stavba hvězd: Jaderné reakce ve hvězdách, stavová rovnice hvězdné látky, opacita. Základní rovnice vnitřní stavby, počáteční a okrajové podmínky, numerické řešení. Vývoj osamocených hvězd, stopy a izochrony na HR diagramu, fáze vývoje. Způsoby srovnání s pozorováním; polytropy, Laneova-Emdenova rovnice. Hvězdný vítr, rotace hvězd, vývoj dvojhvězd, Rocheův model. Pulzace, asteroseismologie; protohvězdy, supernovy, příčiny proměnnosti hvězd.

Sluneční fyzika: Globální parametry Slunce, jeho vývoj. Konvekce, teorie směšovací délky. Lineární adiabatické oscilace nerotujícího Slunce ve sférické geometrii. Globální a lokální helioseismologie, přímé a inverzní úlohy. Rotace Slunce, von Zeipelův paradox, velkorozměrový systém proudění v konvektivní zóně. Sluneční magnetismus, cyklus, dynamo. Sluneční skvrny. Protuberance a erupce. Atmosféra Slunce, koróna, ohřev koróny. Sluneční vítr. Kosmické počasí.

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 — extinkce, polarizace. Magnetická pole v Galaxii, Faradayova rotace. Dynamika mezihvězdné látky. Vícesložkový model mezihvězdného plynu, role supernov, fyzika rázových vln. Funkce ohřevu a ochlazování. Stabilita oblaků mezihvězdné látky, Jeansovo kritérium, fragmentace, tvoření hvězd, turbulence. Věta o viriálu. Čára 1420 MHz, rozložení a rychlosti vodíku HI. Hmotnost galaxií a skrytá hmota. Molekulární vodík, molekuly CO, molekulární oblaka, anomálie v rozdělení HI.

Galaktická astronomie: Stavba galaxie, hvězdné populace. Rotační křivky galaxií. Oortovy konstanty, elipsoid rychlostí. Pohyb v epicyklu, pohyb kolmo na disk. Dynamická hustota. Boltzmannova rovnice. Jeansovy teorémy. Relaxační čas hvězdných soustav. Jeansovy rovnice. Teorém o viriálu. Dvojice potenciál hustota. Modely galaxií, klasifikace galaxií. Určování vzdáleností, rozložení galaxií ve vesmíru.

Relativistická fyzika, astrofyzika a kosmologie: Prostorčas, čtyřrozměrný formalismus. Paralelní přenos a rovnice geodetiky, kovariatní derivace. Posun frekvence v gravitačním poli. Křivost prostorčasu. Tenzor energie a hybnosti. Einsteinovy rovnice gravitačního pole. Schwarzschildovo a Kerrovo řešení Einsteinových rovnic. Gravitační kolaps a černé díry. Relativistické modely hvězd. Separace sil krátkého a dlouhého dosahu. Rovnice pro hmotu a pro gravitační potenciál; TOV rovnice. Bílí trpaslíci, neutronové hvězdy a Chandrasekharova mez. Stavové rovnice pro chladnou hmotu a jejich integrace. Linearizovaná teorie gravitace a rovinné gravitační vlny. Homogenní a izotropní kosmologické modely. Hubbleův zákon, funkce expanze, decelerační parametr. Role látky a záření, kosmologická konstanta.

B. Užší zaměření

Student si volí jeden z následujících čtyř tematických okruhů.

1. Nebeská mechanika a fyzika těles sluneční soustavy

Nebeská mechanika: Základy teorie poruch. Lagrangeova a Gaussova forma rovnic poruchového počtu. Nesingulární proměnné. Sekulární a periodické členy aproximativního řešení rovnic poruchového počtu. Rozvoj gravitačního pole kosmických těles do multipólní řady, zonální, tesorální a sektorální členy, Stokesovy koeficienty. Sekulární změny dráhy družice vlivem J_2 a J_2 potenciálů. Relativní a Jacobiho souřadnice problému N-těles. Koziava úloha, sekulární řešení. Lagrangeova-Laplaceova sekulární teorie pohybu planet, fundamentální frekvence systému, sekulární pohyb asteroidu v gravitačním poli planet, sekulární rezonance.

Fyzika těles sluneční soustavy: Protoplanetární disk, akrece, planetesimály a embrya, migrace planet. Měsíce a slapy, planetky a jejich rodiny, modely srážek. Komety, dynamika prachu, klasifikace meteoritů, radiometrie.

2. Galaktická a extragalaktická astronomie

Morfologie galaxií, příčky a prstence. Chemický vývoj galaxií. Klasifikace dle Hubblea a de Vaucouleurse. Epicyklická aproximace. Dynamika v poli příčky. Lindbladovy rezonance, výměna momentu hybnosti na Lindbladových rezonancích a korotaci. Jeansova gravitační nestabilita. Nestability v rotujících systémech. Nestability ve dvourozměrných systémech — Toomreho kritérium. Teorie Lina a Shu.

Relaxační čas. Dynamické tření. Věta o viriálu. Gravotermální katastrofa. Jeansův teorém. Polytropické modely hvězdokup (Plummerova sféra, izotermální sféra). Fokkerova-Planckova aproximace. Rosenbluthovy potenciály. Relaxační procesy v systémech s dominantní černou dírou — Bahcalovo-Wolfovo rozdělení. Rezonanční relaxace.

Aktivní galaktická jádra — observační přehled. Standardní model AGN. Vertikálně průměrovaná řešení akrečních disků (slim disk). S-diagram. Viskózní a termální stabilita akrečních disků.

3. Sluneční fyzika a hvězdné atmosféry

Struktury magnetického pole. Extrapolace magnetických polí. Rekonexe magnetických polí. Emisní procesy v plazmatu. Kvazilineární teorie. Urychlování částic. Svazky

částic a jejich nestability. Numerické MHD a částicové kódy. Sluneční rádiová vzplanutí. Sluneční erupce a výrony koronální hmoty.

Opacita, emisivita, rozptyl záření, rovnice přenosu záření, zdrojová funkce. Zářivé a srážkové přechody v čarách a kontinuích. TE a LTE, non-LTE problém pro dvouhladinový model atomu. Vícehadinový atom s kontinuem, rovnice statistické rovnováhy. Metody řešení non-LTE problému (kompletní linearizace, ALI metody). Modelování hvězdných atmosfér, specifické modely (sluneční atmosféra, sférické modely hvězd, vícerozměrný přenos záření). Základy zářivé (magneto)-hydrodynamiky, časově-závislá excitace a ionizace. Fyzikální podmínky konkrétních typů hvězd, planet a akrečních disků a jejich zahrnutí do modelů.

4. Relativistická fyzika a kosmologie

Naivní kosmologické modely (Bruno, Galilei, Newton, Halley,...). Homogenita a izotropie rozložení extragalaktických objektů, vzdálenosti a časové škály ve vesmíru. Olbersův paradox. Rudý posuv a Hubbleův vztah. Homogenita a izotropie; Killingovy vektory, maximálně symetrické variety a podvariety. Ricciho tenzor, Ricciho skalár. Minkowského, de Sitterova a anti-de Sitterova metrika. Metrika *steady-state* modelu. Friedmannova metrika. Kosmologický princip. Konformní čas. Einsteinovy rovnice bez přítomnosti tlaku a s tlakem, kritická hustota. Kosmologická konstanta. Decelerační parametr. Reliktní záření. Zastoupení helia ve vesmíru. Zrychleně expandující vesmír. Zákony zachování v obecné teorii relativity. 3+1 rozštěpení a počáteční problém v obecné teorii relativity, lagrangeovský a hamiltonovský formalismus.

2. Geofyzika

Garantující pracoviště: Katedra geofyziky

Garant oboru: prof. RNDr. Ondřej Čadek, CSc.

Charakteristika studijního oboru:

Obor Geofyzika se zabývá studiem Země a jejího blízkého okolí fyzikálními metodami. Zahrnuje fyziku zemětřesení a problematiku šíření seismických vln, termální vývoj a deformaci zemského tělesa na různých časových škálách, studium tíhového a elektromagnetického pole Země pozemskými i satelitními metodami a výzkum planet a jejich měsíců. K interpretaci geofyzikálních jevů používá metod matematického modelování. Studium prohlubuje základní znalosti fyziky, matematiky a programování a rozvíjí dovednosti potřebné pro uplatnění v základním i aplikovaném geofyzikálním výzkumu. Při výuce je kladen důraz na úzké sepětí studia s posledním vývojem vědeckého bádání, do něhož se studenti zpravidla zapojují již v rámci své diplomové práce.

Profil absolventa studijního oboru a cíle studia:

Absolvent má spolehlivé znalosti v obecných oblastech fyziky, zejména v mechanice kontinua, termodynamice a teorii elektromagnetického a gravitačního pole, a hlubší znalosti a dovednosti v hlavních oblastech geofyzikálního výzkumu. Je schopen tvořivě řešit problémy související se vznikem zemětřesení a šířením seismických vln zemským nitrem, analyzovat a interpretovat jevy pozorované v elektromagnetickém a tíhovém poli Země a provádět počítačové simulace termálního a deformačního vývoje planet a jejich měsíců. Při řešení těchto problémů používá metody numerické matematiky a matematického modelování, které dokáže efektivně počítačově implementovat. Výsledky své odborné práce je schopen přehledně a srozumitelně sdělovat formou prezentací a odborných textů v češtině i angličtině. 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

Předpokladem úspěšného magisterského studia tohoto oboru je získání základních znalostí na úrovni následujících předmětů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NGEO029	<i>Přehled geofyziky</i>	5	2/1 Z+Zk	—
NPRF018	<i>Počítače v geofyzice</i>	5	2/1 Z+Zk	—
NGEO078	<i>Mechanika kontinua</i>	5	—	2/1 Z+Zk
NGEO005	<i>Fourierova spektrální analýza</i>	5	—	2/1 Z+Zk
NGEO076	<i>Obrácené úlohy a modelování ve fyzice</i>	3	—	2/0 Zk

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím roce bakalářského studia programu Fyzika jako povinně volitelné. Pokud posluchač tyto nebo jim ekvivalentní předměty neabsolvoval, měl by si je ve vlastním zájmu zapsat jako volitelné v prvním roce navazujícího magisterského studia. Obsah uvedených předmětů je součástí společných požadavků státní závěrečné zkoušky.

1. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NGEO082	Seismologie	5	2/1 Z+Zk	—
NGEO080	Geomagnetismus a geoelektrina	6	3/1 Z+Zk	—
NGEO035	Dynamika pláště a litosféry	6	2/2 Z+Zk	—
NGEO069	Mechanika kontinua II	6	2/2 Z+Zk	—
NGEO002	Šíření seismických vln	5	2/1 Z+Zk	—
NGEO081	Obrácené úlohy a modelování v geofyzice	6	—	2/2 Z+Zk
NGEO057	Metody zpracování geofyzikálních dat	5	—	2/1 Z+Zk
NGEO022	Numerické metody ve Fortranu	6	—	3/1 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NGEO074	Fyzika zemětřeseného zdroje	5	—	2/1 Z+Zk
NGEO011	Praktikum ze seismologie	3	—	0/2 Z
NGEO072	Desková tektonika a subdukce litosféry	3	—	2/0 Zk
NGEO099	Struktura a dynamika planet	3	—	2/0 Zk
NGEO061	Elektromagnetická indukce a vodivost Země	5	—	2/1 Z+Zk
NMAF001	Vybrané kapitoly z parciálních diferenciálních rovnic	3	—	2/0 Zk
NGEO083	<i>Seismický seminář</i>	5	0/3 Z	0/3 Z
NGEO084	<i>Geodynamický seminář</i>	3	0/2 Z	0/2 Z

2. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NGEO016	Stavba Země	4	3/0 Zk	—
NGEO017	Tíhové pole Země a planet	5	2/1 Z+Zk	—
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
NGEO100	Vybrané partie z teorie geodynamika	3	2/0 Zk	—
NGEO101	Cvičení z geodynamiky	6	0/4 Z	—
NGEO102	Inverzní modelování v geodynamice	3	2/0 Zk	—
NGEO034	Seismické povrchové vlny	5	2/1 Z+Zk	—
NGEO103	Seismologie silných pohybů	3	2/0 Zk	—
NGEO104	Vlastní kmity Země	3	2/0 Zk	—
NGEO032	Paprskové metody v seismice	5	2/1 Z+Zk	—
NGEO030	Rotace Země	4	3/0 Zk	—
NGEO105	Základy rotační seismologie	3	—	2/0 Zk
NGEO006	Fyzika ionosféry a magnetosféry	3	—	2/0 Zk
NPRF039	Fortran 95 a paralelní programování	3	—	2/0 Zk
NGEO083	<i>Seismický seminář</i>	5	0/3 Z	0/3 Z
NGEO084	<i>Geodynamický seminář</i>	3	0/2 Z	0/2 Z

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- splnění povinně volitelných předmětů zvoleného oboru v rozsahu alespoň 24 kreditů
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Předmět lze splnit jeho úspěšným absolvováním či uznáním z předchozího studia.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky**A. Společné požadavky****1. Tíhové pole a pohyby Země**

Tíhový potenciál. Legendreovy polynomy a sférické harmonické funkce. Multipólový rozvoj pro gravitační potenciál. Tenzor setrvačnosti a Darwinova-Radauova rovnice. Geoid, gravitační anomálie a jejich vztah k hustotní struktuře Země. Izostáze, elastická flexe litosféry a dynamická topografie. Inverze gravitačního pole. Určování skutečného tvaru Země. Rotace Země. Liouvilleova rovnice. Slapový potenciál.

2. Stavba Země

Sféricky symetrické modely Země, využití vlastních kmitů. Clapeyronova rovnice, exotermní a endotermní fázové přechody. Fázové přechody v minerálech zemského pláště. Látkové složení zemského nitra. Laterální nehomogenity v Zemi, globální modely seismické tomografie.

3. Dynamické procesy v Zemi

Soustava rovnic popisující přenos tepla v Zemi a její různé aproximace. Zdroje tepla v Zemi, tepelný tok. Radioaktivita hornin a stáří Země. Tepelná bilance Země a planet. Termální modely oceánské a kontinentální litosféry. Adiabatický gradient teploty

v Zemi. Teplota tání v plášti a jádře. Reologie zemského nitra a hloubkový průběh efektivní viskozity. Desková tektonika a procesy na deskových hranicích. Subdukce litosféry, horké skvrny a plášťové chocholy.

4. *Seismické vlny*

Pohybová rovnice v elastickém anizotropním a izotropním prostředí. Separace pohybových rovnic, vlnové rovnice, podélné a příčné vlny. Rovinné vlny v elastickém prostředí, Christoffelova rovnice. Povrchové Rayleighovy a Loveovy vlny, disperze. Vlny ve vertikálně nehomogenním prostředí. Fermatův princip a rovnice paprsku, rovnice hodochrony. Greenův tenzor. Reprezentační teorém. Útlum vln v lineární viskoelasticitě.

5. *Seismologie*

Makroseismická intenzita, magnitudo a energie zemětřesení. Seismické přístroje a záznamy, seismické sítě. Lokace zemětřesení. Magnitudově četnostní vztahy, seismicita. Seismické vlny v 1D modelech Země, paprsky, hodochrony. Základy seismické tomografie pomocí prostorových vln. Povrchové vlny na kontinentálních a oceánických trasách. Jednoduchý model tektonického zemětřesení, vývoj trhliny na zlomu, mechanismus ohniska, seismický moment, velikost zlomu, pokles napětí. Společensky přínosné produkty (ShakeMap, PAGER).

6. *Geomagnetismus a geoelektrina*

Fenomenologický popis magnetického pole Země a jeho časových změn. Geomagnetická měření. Matematický popis geomagnetického pole. Paleomagnetismus. Generování zemského magnetického pole. Magnetohydrodynamika, soustava rovnic magnetického dynama. Kinematická a dynamická teorie dynama. Vnější magnetické pole, jeho časové změny. Elektromagnetická indukce v Zemi vyvolaná změnami vnějšího magnetického pole. Výzkum elektrické vodivosti v Zemi. Pohyb částice v homogenním a nehomogenním magnetickém poli, pohyb v poli magnetického dipólu.

7. *Mechanika kontinua*

Geometrie deformace, lagrangeovský a eulerovský popis, deformační gradient, tenzor deformace. Materiálová a prostorová časová derivace, Reynoldsův transportní teorém. Objemové a povrchové síly, tenzor napětí. Základní zákony zachování v globálním a lokálním tvaru: rovnice kontinuity, pohybová rovnice, symetrie tenzoru napětí. Základní konstitutivní vztahy: elastická, viskózní a plastická deformace. Zákon zachování energie, disipace mechanické energie. Hraniční podmínky. Předpjatá prostředí, termální napětí. Různé aplikace mechaniky kontinua: termální konvekce v plášti, viskoelastická relaxace Země, proudění oceánů.

8. *Metody zpracování časových řad*

Fourierovy řady, Fourierův integrál, Laplaceova transformace, Hilbertova transformace. Spektrální analýza diskrétních signálů, vzorkovací teorém, efekt alias, Z-transformace. Analytické signály. Filtrace časových řad, typy filtrů. Náhodný signál, autokorelace, výkonová spektrální hustota. Parametrické a neparametrické odhady výkonových spektrálních hustot.

9. *Řešení obrácených úloh*

Apriorní, datová a teoretická informace. Definice řešení obrácené úlohy. Lineární úlohy. Gaussova hypotéza a analytické řešení ve smyslu nejmenších čtverců. Nelineární obrácené úlohy. Analýza chyby a rozlišení. Stabilizace obrácené úlohy. Globální a lokální

metody. Obrácené úlohy v obecné L_p normě, zvláště v L_1 a $L_{nekonečno}$. Adjungované úlohy. Asimilace dat. Praktické geofyzikální aplikace.

10. Aplikace metod numerické matematiky v geofyzice

Řešení soustav lineárních algebraických rovnic. Aproximace a interpolace. Numerické integrování a derivování. Řešení nelineárních rovnic. Řešení soustav obyčejných diferenciálních rovnic s počátečními a okrajovými podmínkami. Diskretizace soustav parciálních diferenciálních rovnic.

B. Užší zaměření

Student si volí jeden z následujících tří tematických okruhů.

1. Seismologie

Kinematický a dynamický model zemětřesení. Vlnové pole a seismický zdroj, blízká a daleká zóna, nevratné posunutí. Momentový tenzor, smykové a nesmykové složky. Časová funkce zdroje, směrovost. Momentové magnitudo. Seismická energie a pokles napětí. Coulombovo napětí. Měření ze skupinových stanic. Disperze povrchových vln, určování fázové a grupové rychlosti. Seismický šum, Greenovy funkce z křížových korelací šumu. Rychlostní modely z povrchových vln. Odhad seismického ohrožení, pravděpodobnostní a deterministický přístup, empirické útlumové křivky. Modelování silných pohybů při zemětřesení, efekty seismického zdroje a lokální efekty. Empirické Greenovy funkce. Vlastní kmity Země, pohybová rovnice, klasifikace kmitů.

2. Geodynamika

Konvekce jako nelineární dynamický systém, počátek konvekce. Koeficienty v rovnici přenosu tepla a jejich vliv na styl plášťového tečení. Kompoziční nehomogenity v plášti a termochemická konvekce. Modely chladnutí Země. Nelineární reologie a subdukce litosférických desek. Topografie a gravitační pole: korelace a admitance pro různé modely vnitřní struktury a dynamiky. Membránová aproximace deformace litosféry, kompenzační koeficient. Termální a elastická litosféra. Dynamický geoid a určování viskozity v plášti. Viskoelastická deformace Země, postglaciální výzdvih a putování zemské rotační osy. Vícefázové systémy. Zemská kůra – složení, vznik a vývoj, reologie a tektonická napětí. Slapová deformace těles sluneční soustavy. Geofyzikální studium terestrických planet. Termální vývoj planet a jejich měsíců.

3. Magnetické pole Země

Pokročilé partie z teorie geodynamika: Magnetostrofická aproximace, Taylorovo dynamo, téměř symetrická dynamika. Vlny ve vodivém kontinuu a plazmatu. Magnetické pole Slunce, planet a měsíců. Magnetotelurická a magnetovariační metoda v 1-D, 2-D a 3-D prostředích v kartézské a sférické geometrii. Elektrická anizotropie. Geofyzikálně relevantní mechanismy elektrické vodivosti, vodivost vícefázových materiálů, laboratorní měření vodivosti. Projevy slapů a oceánského proudění v geomagnetickém poli. Struktura ionosféry a magnetosféry. Sluneční vítr. Polární záře. Plazma v kosmickém prostoru. Experimentální metody kosmické fyziky. Topologie zemské magnetosféry. Ionosféra. Radiační pásy. Magnetosférická dynamika. Magnetosféry planet.

3. Meteorologie a klimatologie

Garantující pracoviště: Katedra fyziky atmosféry

Garant oboru: doc. RNDr. Petr Pišoft, Ph.D.

Charakteristika studijního oboru:

Obor meteorologie a klimatologie vychází především z hydrodynamiky a termodynamiky atmosféry, přičemž široce využívá poznatků dalších fyzikálních disciplín a matematických metod, zejména metod numerické matematiky a statistiky. Je orientován na studium celého spektra atmosférických dějů včetně šíření elektromagnetických vln, jevů atmosférické optiky, akustiky a elektřiny, záření v atmosféře, fyziky oblaků a srážek, atmosférické turbulence, extraterestrických vlivů apod. Soustřeďuje se především na aplikace dynamiky, energetiky a cirkulace atmosféry, na problematiku kvality ovzduší, antropogenních vlivů na atmosféru, modelování klimatu, studium klimatických změn anebo metod distančního sondování atmosféry. Uplatňují se i významné interdisciplinární přesahy například do anorganické a organické chemie. V základním přístupu se dnes uplatňuje i obecný kontext fyziky planetárních atmosfér.

Profil absolventa studijního oboru a cíle studia:

Absolvent má široké znalosti základních fyzikálních disciplín ve vztahu k fyzice atmosféry (hydrodynamika, termodynamika, teorie elektromagnetických vln, optika, akustika a elektřina, teorie nelineárních dynamických systémů, vlnové procesy apod.) a adekvátních matematických metod (řešení parciálních diferenciálních rovnic, numerická matematika, matematická statistika) se zahrnutím znalostí soudobých informačních technologií. Je připraven pro řešení úkolů základního i aplikovaného výzkumu a rozsáhlého spektra činností v praxi. Obsahově a metodologicky je zaměřen na problematiku dynamiky, energetiky a cirkulace v nelineárním systému atmosféry v oblasti numerických prognostických modelů, kvality ovzduší včetně postupů modelování, na aplikaci teorie a modelování turbulence a na oblast teorie klimatického systému a problematiku modelování klimatu, antropogenních vlivů na klima a klimatických změny. Má rovněž znalosti z optiky, akustiky, elektřiny a chemismu atmosféry umožňující jeho efektivní uplatnění v řadě technických aplikací výzkumného i provozního charakteru.

Cílem studia je rozsáhlé spektrum znalostí a kompetencí v oblasti fyziky atmosféry, základního výzkumu i aplikované meteorologie a klimatologie s perspektivou uplatnění ve výzkumných ústavech, na pracovištích vysokých škol, v Českém hydrometeorologickém ústavu, v oblasti krizového managementu v souvislosti s extrémními meteorologickými jevy anebo v řadě hospodářských odvětví ovlivňovaných atmosférickými procesy (letecká a ostatní doprava, energetika, zemědělství, lesní hospodářství atd.).

Doporučený průběh studia

Předpokladem úspěšného magisterského studia tohoto oboru je získání základních znalostí na úrovni následujících předmětů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMET034	<i>Hydrodynamika</i>	6	3/1 Z+Zk	—
NMET004	<i>Šíření akustických a elektromagnetických vln v atmosféře</i>	4	3/0 Zk	—
NMET012	<i>Všeobecná klimatologie</i>	6	—	3/1 Z+Zk
NMET050	<i>Statistické metody zpracování fyzikálních dat</i>	6	—	2/2 Zk
NMET035	<i>Synoptická meteorologie I</i>	3	—	2/0 Zk
NMAF026	<i>Deterministický chaos</i>	3	—	2/0 Zk

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím roce bakalářského studia programu Fyzika jako povinně volitelné. Pokud posluchač tyto nebo jim ekvivalentní předměty neabsolvoval, měl by si je ve vlastním zájmu zapsat jako volitelné v prvním roce navazujícího magisterského studia. Obsah uvedených předmětů je součástí společných požadavků státní závěrečné zkoušky.

1. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMET074	Dynamika atmosféry ¹	6	3/1 Z+Zk	—
NMET036	Synoptická meteorologie II	4	3/0 Zk	—
NMET002	Fyzika mezní vrstvy	4	3/0 Zk	—
NMET013	Analýza povětrnostní mapy	6	1/3 KZ	—
NMET067	Stratosféra	6	2/2 Z+Zk	—
NMAF013	Metody numerické matematiky I	3	2/0 Zk	—
NMAF014	Metody numerické matematiky II	6	—	2/2 Z+Zk
NMET010	Klimatické změny a jejich příčiny	5	—	2/1 Z+Zk
NMET020	Distanční pozorování a detekční metody v meteorologii I	5	—	2/1 Z+Zk
NMET003	Fyzika oblaků a srážek	4	—	3/0 Zk
NMET033	Synoptická interpretace diagnostických a prognostických polí	6	—	2/2 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NMET011	Statistické metody v meteorologii a klimatologii	6	2/2 Z+Zk	—
NMET009	Regionální klimatologie a klimatografie ČR	6	4/0 Zk	—
NMET032	Turbulence v atmosféře	4	3/0 Zk	—
NMET024	Dynamické předpovědní metody	7	3/2 Z+Zk	—
NMET065	Uživatelsky přátelský Linux	4	2/1 KZ	—
NMET025	Vlnové pohyby a energetika atmosféry	4	—	3/0 Zk
NMET014	Objektivní analýza meteorologických polí	6	—	4/0 KZ
NMET063	Metody zpracování časových řad	5	—	2/1 Z+Zk
NMET071	Užitá klimatologie I	3	—	2/0 Zk
NMET066	Meteorologický počítačový seminář	4	—	0/3 Z
NMET068	Oceány v klimatickém systému	6	—	2/2 Z+Zk
NMET064	Aerosolové inženýrství	3	—	2/0 Zk
NMET075	Klimatické extrémny a jejich modely	3	—	2/0 Zk

¹ Místo této přednášky lze zapsat NMET023 (Dynamická meteorologie).

2. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMET019	Chemismus atmosféry	3	2/0 Zk	—
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
NMET038	Speciální meteorologický seminář I	3	0/2 Z	—
NMET039	Speciální meteorologický seminář II	3	—	0/2 Z
NMET061	Projektový seminář I	6	0/4 Z	—
NMET062	Projektový seminář II	6	—	0/4 Z
NMET073	Distanční pozorování a detekční metody v meteorologii II	5	2/1 Z+Zk	—
NMET001	Elektrické jevy v atmosféře	3	2/0 Zk	—
NMET005	Šíření exhalací v atmosféře	3	2/0 Zk	—
NMET031	Atmosférické procesy mezosynoptického měřítka	4	3/0 Zk	—
NMET054	Matematické modelování oblačných a srážkových procesů v atmosféře	3	2/0 Zk	—
NMET059	Techniky modelování pro numerickou předpověď počasí	3	0/2 Z	—
NMET072	Užitá klimatologie II	3	2/0 Zk	—
NMET015	Letecká meteorologie	3	—	2/0 Zk
NMET517	Vybrané partie geofyzikální hydrodynamiky	3	—	2/0 Zk

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- splnění povinně volitelných předmětů zvoleného oboru v rozsahu alespoň 20 kreditů
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Předmět lze splnit jeho úspěšným absolvováním či uznáním z předchozího studia.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky**A. Společné požadavky***1. Statika a dynamika atmosféry*

Horizontální a vertikální rozdělení meteorologických prvků, denní a roční chody. Atmosféra v hydrostatické rovnováze - homogenní, adiabatická, izotermní 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. Vorticity a cirkulace - cirkulační teorémy, rovnice vorticity, divergenční teorém, balanční rovnice a jejich 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.

2. Termodynamické děje v atmosféře

Termodynamicky ideální plyn a reálné plyny, stavové veličiny, základní termodynamické děje (polytropický, izotermický, izobarický, izosterický, adiabatický děj), termodynamické solenoidy, termodynamická práce, I. a II. hlavní termodynamická věta, entropie, entalpie, měrná a skupenská tepla, stavové rovnice, Poissonovy rovnice, fázové přechody, Clausius–Clapeyronova rovnice, termodynamické potenciály.

Termodynamika suchého, vlhkého a nasyceného vzduchu, závislost tlaku nasycené vodní páry na teplotě, analýza fázového diagramu vody, vlhkostní charakteristiky, vratné adiabatické děje v atmosféře, tzv. pseudoadiabatický děj, fázové změny vody, konzervativnost Gibbsova termodynamického potenciálu při fázových změnách - aplikace na vícesložkové systémy (např. roztoky, Raoultův zákon), na závislost tlaku nasycené vodní páry na zakřivení vodního nebo ledového povrchu, na vysvětlení existence přechlazených vodních kapiček a kvantitativní vyjádření jejich přechlazení apod.

3. Šíření elektromagnetických a akustických vln v atmosféře

Maxwellovy rovnice a jejich aplikace pro atmosférické prostředí, vlnové rovnice, lom, odraz, rozptyl a útlum elektromagnetických vln v atmosféře zejména pro viditelné a infračervené záření a pro radiovlny, radiolokační rovnice, Rayleighův rozptyl, Mieova teorie rozptylu, astronomická refrakce, spodní, svrchní a boční zrcadlení, fata morgána, snížení a zvednutí obzoru, deformace a laminace slunečního disku, zelený záblesk, barvy oblohy, soumrak a soumrakové jevy, duhy, koróny, glórie, halové jevy, dohlednost, polarizace světla oblohy.

Šíření zvuku v atmosféře, rychlost zvuku, akustický index lomu, akustické stíny, anomální slyšitelnost, rázové vlny, útlum zvuku v atmosférickém prostředí.

Elektrické pole v atmosféře, schéma sférického kondenzátoru, ionizace vzduchu a jeho elektrická vodivost, vertikální elektrické proudy v atmosféře, oblačná a bouřková elektřina, elektrické vlastnosti oblaků, elektrický náboj v padajících srážkách, elektrická struktura kumulonimbů, mechanismy generování elektrických nábojů v oblacích, hrotové výboje, blesky, atmosféricky, TLE (přechodné světelné úkazy), bilance transportu elektrického náboje v atmosféře.

4. Klima a klimatický systém

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). Skleníkový jev, skleníkové plyny v atmosféře, uhlíkový cyklus. Tok tepla do litosféry a hydrosféry. Denní a roční chody jednotlivých složek radiační a tepelné bilance. Vliv aktivního povrchu na radiační a tepelnou bilanci. Vodní bilance atmosféry, kontinentů, oceánů. Cirkulace atmosféry. Všeobecná cirkulace troposféry a stratosféry, pasátová a monzunová cirkulace, intertropická zóna konvergence, místní cirkulační systémy. Typy klimatu a jeho klasifikace, základní rysy klimatu ČR. Cirkulace v oceánech. Interakce atmosféra-oceán, módy variability, dálkové vazby. Při-

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

5. Mezní vrstva atmosféry

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 směřovací 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.

6. Fyzika oblaků a srážek

Mikrostruktura a makrostruktura oblaků, morfologická klasifikace oblaků, termodynamické a dynamické podmínky pro vznik a vývoj oblaků, vodní, smíšené a ledové oblaky, kondenzace vodní páry v atmosférických podmínkách, úloha a mechanismy působení kondenzačních jader, koalescence vodních kapek, kondenzační růst a zamrzání oblačných kapek, ledová jádra, přechlazená voda v oblacích, primární a sekundární produkce ledu v oblacích, spektra velikostí oblačných kapek a tvary ledových částic, vodní obsah oblaků, mechanismy vzniku srážek, vývoj srážek ve vrstevnatých a konvektivních oblacích, znečištění oblačné s srážkové vody.

Frontální systémy oblaků a oblaky uvnitř vzduchových hmot, buněčná cirkulace v oblacích, struktura bouřkových oblaků (Cb), konvektivní bouře a s nimi spojené extrémní meteorologické jevy.

7. Metody dálkového průzkumu atmosféry

Družicová pozorování a měření. Meteorologické geostacionární družice, meteorologické družice na polárních drahách. Spektrální pásma a spektrální kanály, jejich základní vlastnosti. Odrazivost, propustnost, emisivita, jasová teplota. Základní spektrální vlastnosti oblačnosti a zemského povrchu. Organizace EUMETSAT. Družice organizací NOAA (POES, NPP, JPSS, GOES) a EUMETSAT (Metop, Meteosat - MSG, MTG). Spektrální kanály přístrojů SEVIRI (MSG) a FCI (MTG). Základní metody zpracování družicových snímků. RGB kompozitní snímky a základy jejich interpretace. Radarová měření. Princip funkce a použití radaru v meteorologii, radiolokační odrazivost, data Dopplerovských rychlostí, polarimetrická měření. Radiolokační rovnice, mikrovlnná refrakce, útlum, pozemní odrazy. Radiolokační odhady srážek, nepřesnosti odhadu srážek a jejich korekce, kombinace se srážkoměrnými daty. Metody snímání a zpracování dat. Interpretace radiolokačních měření, radiolokační charakteristiky konvektivní a vrstevnaté oblačnosti. Radiolokační síť v ČR.

B. Užší zaměření

Posluchač si volí dva z následujících tří tematických okruhů.

1. *Metody numerického modelování atmosféry*

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. *Klimatické modely, jejich druhy, struktura a aplikace*

Typy klimatických modelů a jejich aplikace. Struktura energetických a radiačně konvekčních modelů, parametrizace mezišírkových přenosů energie, radiačních procesů, zpětné vazby. Globální klimatické modely, modely systému Země (ESM). Metody statistického downscalingu a regionální klimatické modely, jejich aplikace. Struktura modelů, parametrizace základních fyzikálních procesů, interpretace výstupů. Validace modelových výstupů. Emisní scénáře. Konstrukce scénářů změny klimatu. Zdroje neurčitosti ve výstupech klimatických modelů. Multimodelové a skupinové simulace a projekce.

3. *Antropogenní znečištění atmosféry*

Typické antropogenní příměsí a jejich zdroje, přístupy ke klasifikacím zdrojů, emise, exhalace, imise, emisní bilance a databáze, difúze příměsí v atmosféře a její prostorová měřítko, hlavní typy modelů pro transport znečišťujících příměsí v atmosféře, lagrangeovské a eulerovské modely, gaussovské modely, vlečkové modely, tzv. puff modely, disperzní a receptorové modelování, fyzikální modelování, značkovací látky, suchá a mokrá depozice příměsí.

Základy troposférické a stratosférické chemie, reakce oxidů síry a oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, metanu a formaldehydu, benzen, polycyklické aromatické uhlovodíky, benzo(a)pyren apod., PANs, halogenované uhlovodíky, látky ohrožující ozonosféru, radikály OH a HO₂ a jejich role v chemismu atmosféry, antropogenní a biogenní těkavé organické látky a jejich reakce, přízemní a stratosférický ozon, redukční a oxidační smog, prekursor ozonu, procesy nukleace, primární a sekundární atmosférické aerosoly, spektra aerosolových částic, frakce PM.

Typizace meteorologických podmínek pro účely ochrany čistoty ovzduší, monitorování znečištění vzduchu, ekologické problémy související se znečištěním ovzduší.

4. Teoretická fyzika

Garantující pracoviště: Ústav teoretické fyziky

Garant oboru: doc. RNDr. Oldřich Semerák, Dr., DSc.

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 astrofyzice a kosmologii, 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, mechanika kontinua atd.

Profil absolventa studijního oboru a cíle studia:

Absolvent má ucelený přehled o základních oborech fyziky a pokročilé znalosti stěžejních směrů teoretické fyziky, především statistické fyziky, obecné teorie relativity, kvantové teorie a teorie kondenzovaného stavu. Podle výběru ze široké nabídky povinně volitelných předmětů se dále profiluje v některých ze speciálnějších oblastí, jako například ve fyzice plazmatu, v astrofyzice a kosmologii, v atomové a molekulové fyzice, fyzice mnohočásticových systémů či fyzice vysokých energií. Vedle toho má přehled o matematických a numerických metodách obecnější platnosti, které umí použít při řešení složitých problémů v moderní fyzice i jinde. Absolvent je schopen pracovat s literaturou, prezentovat své výsledky a odborně komunikovat, a to i v anglickém jazyce.

Cílem studia je spolehlivá znalost pokročilých partií teoretické fyziky a matematiky, která absolventa kvalifikuje pro vlastní vědeckou práci v oboru, ale kterou může využít i v jiných oblastech při analýze a modelování přírodních, technologických i společenských procesů.

Doporučený průběh studia

Předpokladem úspěšného magisterského studia tohoto oboru je získání základních znalostí na úrovni následujících předmětů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTMF043	<i>Termodynamika a statistická fyzika I</i> ¹	7	3/2 Z+Zk	—
NTMF066	<i>Kvantová mechanika I</i> ²	9	4/2 Z+Zk	—
NTMF067	<i>Kvantová mechanika II</i> ³	9	—	4/2 Z+Zk
NTMF111	<i>Obecná teorie relativity</i>	4	—	3/0 Zk

¹ Ve studijních plánech bakalářského oboru Obecná fyzika jde o povinný předmět.

² Místo této přednášky lze zapsat NJSF094 (Kvantová mechanika I).

³ Místo této přednášky lze zapsat NJSF095 (Kvantová mechanika II).

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím roce bakalářského studia programu Fyzika jako povinně volitelné. Pokud posluchač tyto nebo jim ekvivalentní předměty neabsolvoval, měl by si je ve vlastním zájmu zapsat jako volitelné v prvním roce navazujícího magisterského studia. Obsah uvedených předmětů je součástí společných požadavků státní závěrečné zkoušky.

1. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTMF037	Relativistická fyzika I	9	4/2 Z+Zk	—
NJSF068	Kvantová teorie pole I ¹	9	4/2 Z+Zk	—
NTMF020	Základy teorie plazmatu	3	2/0 Zk	—
NTMF057	Počítačové metody v teoretické fyzice I	5	2/1 Z+Zk	—

NTMF044	Termodynamika a statistická fyzika II	7	—	3/2 Z+Zk
NFPL108	Teorie kondenzovaného stavu I	3	—	2/0 Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z

¹ Místo této přednášky lze zapsat NJSF145 (Kvantová teorie pole I).

2. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
-----	-------	---------	----	----

Matematické metody

NMAF006	Vybrané partie z matematiky pro fyziky	3	—	2/0 Zk
NTMF059	Geometrické metody teoretické fyziky I	6	2/2 Z+Zk	—
NTMF060	Geometrické metody teoretické fyziky II	4	—	3/0 Zk
NTMF061	Teorie grup a její aplikace ve fyzice	6	2/2 Z+Zk	—
NTMF064	Symetrie rovnic matematické fyziky a zákony zachování	3	—	2/0 Zk
NMAF037	Pokročilá lineární algebra pro fyziky	3	2/0 Zk	—
NMAF038	Pokročilé partie z teorie grup pro fyziky	3	—	2/0 Zk

Relativistická fyzika a astrofyzika

NTMF038	Relativistická fyzika II	9	—	4/2 Z+Zk
NTMF088	Přesné prostoročasy ¹	3	—	2/0 Zk
NTMF089	Gravitační vlny I ¹	3	—	2/0 Zk
NTMF099	Gravitační vlny II ¹	3	—	2/0 Zk
NTMF090	Astrophysics of gravitational wave sources ¹	3	—	2/0 Zk
NTMF091	Black hole thermodynamics: classical and quantum ¹	3	—	2/0 Zk
NTMF222	Teoretická kosmologie I ¹	3	2/0 Zk	—
NTMF333	Teoretická kosmologie II ¹	3	—	2/0 Zk
NTMF063	Vybrané partie obecné relativity I ¹	3	2/0 Zk	—
NTMF073	Vybrané partie obecné relativity II ¹	3	2/0 Zk	—
NTMF065	Úvod do kvantové teorie pole na křivém pozadí ¹	4	2/1 Zk	—

Pokročilá kvantová mechanika

NTMF036	Interpretace kvantové mechaniky ¹	4	2/1 Zk	—
NTMF030	Kvantová teorie rozptylu	6	3/1 Z+Zk	—

NTMF130	Teorie srážek atomů a molekul	6	—	3/1 Z+Zk
NTMF025	Vybrané kapitoly z matematické fyziky	3	—	2/0 Zk
<i>Kvantová teorie pole</i>				
NJSF069	Kvantová teorie pole II ²	9	—	4/2 Z+Zk
NJSF082	Vybrané partie teorie kvantovaných polí I	4	3/0 Zk	—
NJSF083	Vybrané partie teorie kvantovaných polí II	4	—	3/0 Zk
NTMF022	Teorie kalibračních polí	4	3/0 Zk	—
NJSF085	Základy teorie elektroslabých interakcí	6	—	2/2 Z+Zk
<i>Moderní metody statistické fyziky</i>				
NTMF031	Statistická fyzika kvantových mnohočásticových systémů I ¹	3	2/0 Zk	—
NTMF032	Statistická fyzika kvantových mnohočásticových systémů II ¹	3	—	2/0 Zk
NTMF035	Renormalizační teorie fázových přechodů ¹	3	—	2/0 Zk
NTMF071	Fyzika komplexních systémů	3	—	2/0 Zk
<i>Teorie kondenzovaných soustav mimo rovnováhu</i>				
NFPL109	Teorie kondenzovaného stavu II	3	2/0 Zk	—
NTMF062	Vybrané kapitoly z nerovnovážné statistické fyziky I	3	2/0 Zk	—
NTMF068	Vybrané kapitoly z nerovnovážné statistické fyziky II	3	—	2/0 Zk
<i>Teorie plazmatu a záření</i>				
NTMF028	Teorie kosmického plazmatu	3	—	2/0 Zk
NTMF120	Teorie vysokoteplotního plazmatu	3	—	2/0 Zk
NTMF070	Zářivé procesy v astrofyzice ¹	3	—	2/0 Zk
NTMF014	Klasická teorie záření	3	—	2/0 Zk
<i>Počítačová fyzika</i>				
NTMF058	Počítačové metody v teoretické fyzice II	5	—	2/1 Z+Zk
NTMF021	Simulace ve fyzice mnoha částic	6	3/1 Z+Zk	—
NTMF024	Pokročilé simulace ve fyzice mnoha částic	3	—	2/0 Zk
<i>Další povinně volitelné předměty</i>				
NTMF027	Pravděpodobnost a matematika fázových přechodů I	3	—	2/0 Zk
NTMF047	Pravděpodobnost a matematika fázových přechodů II	3	2/0 Zk	—

¹ Tyto předměty se přednášejí ve dvouletém intervalu.² Místo této přednášky lze zapsat NJSF146 (Kvantová teorie pole II).**Doporučené volitelné předměty**

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTMF008	<i>Seminář ústavu teoretické fyziky</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NTMF006	<i>Relativistický seminář</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NTMF045	<i>Seminář atomové fyziky</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NTMF101	<i>New developments in astrophysics and theoretical physics</i>	2	0/1 Z	0/1 Z
NTMF100	<i>Odborné soustředění ÚTF</i>	2	0/1 Z	—

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- splnění povinně volitelných předmětů zvoleného oboru v rozsahu alespoň 36 kreditů
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Předmět lze splnit jeho úspěšným absolvováním či uznáním z předchozího studia.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky**A. Společné požadavky***1. Relativistická fyzika*

Výchozí principy speciální a obecné teorie relativity. Prostorčas, čtyřrozměrný formalismus, transformace souřadnic. Paralelní přenos a rovnice geodetiky, metrika a afinní konexe, kovariantní derivace. Posun frekvence v gravitačním poli. Křivost prostorčasu. Tenzor energie a hybnosti, zákony zachování a pohybové rovnice. Einsteinovy rovnice gravitačního pole. Schwarzschildovo řešení Einsteinových rovnic. Homogenní a izotropní kosmologické modely.

2. Kvantová fyzika

Popis stavu a pozorovatelných v kvantové teorii. Unitární časový vývoj. Kvantová teorie momentu hybnosti. Základy teorie skládání momentů hybnosti. Systémy několika nerozlišitelných částic. Stacionární poruchová teorie. Ritzův variační princip. Časově závislá poruchová teorie. Částice ve sféricky symetrickém poli. Rovnice relativistické kvantové mechaniky pro částice se spinem 0, 1/2 a 1. Diracova rovnice pro částici v elektromagnetickém poli. Kvantování volných polí a jejich částicová interpretace. Interakce polí: příklady interakčních lagrangiánů. S-matrice a jednoduché Feynmanovy diagramy. Výpočet pravděpodobnosti rozpadu a účinného průřezu reakce.

3. Statistická fyzika

Statistický popis termodynamiky. Základní statistické soubory. Fluktuační termodynamických veličin. Kvantová statistická mechanika. Ideální Boseho-Einsteinův plyn hmotných částic. Plyn nehmotných bosonů. Degenerovaný elektronový plyn. Základy teorie neideálních plynů. Základy nerovnovážné statistické fyziky.

4. Fyzika plazmatu a pevných látek

Základní pojmy teorie plazmatu. Drifty plazmatu v elektrickém a magnetickém poli. Kinetická teorie plazmatu, Landauův útlum. Srážkový člen a relaxace. Magneto-hydrodynamický popis plazmatu. Pevná látka jako kvantově mechanický problém

mnoha částic. Harmonické přiblížení pohybu atomů. Difrakce na mřížce. Elektronová pásová struktura. Termodynamické vlastnosti krystalů.

5. Počítačová fyzika

Reprezentace reálných čísel na počítači, zaokrouhlovací chyba. Stabilita algoritmu a podmíněnost úlohy. Aproximace a interpolace funkcí. Numerická derivace funkcí, konečné diference. Numerická integrace funkcí. Řešení nelineárních rovnic. Řešení soustav lineárních rovnic. Základní metody integrace obyčejných diferenciálních rovnic.

B. Užší zaměření

Student si volí dva z následujících osmi tematických okruhů.

1. Matematické metody

Základy teorie míry. Banachovy a Hilbertovy prostory, lineární operátory a funkcionály. Rovnice matematické fyziky a jejich základní vlastnosti, speciální funkce. Definice distribuce a základní operace s distribucemi. Fourierova transformace funkcí a distribucí. Diferencovatelné variety a jejich tečné prostory, vnější kalkulus. Riemannova geometrie a kovariantní derivace. Vektorové bandly. Lieovy grupy a Lieovy algebry. Základy teorie reprezentací grup. Reprezentace grup $SO(3)$ a $SU(2)$.

2. Relativistická fyzika a astrofyzika

Lieova derivace a Killingovy vektory, tenzorové hustoty. Schwarzschildova a Reissnerova-Nordströmova metrika. Kerrova a Kerrova-Newmanova metrika. Gravitací kolaps a černé díry. Relativistické modely hvězd. Linearizovaná teorie gravitace a rovinné gravitační vlny. Lagrangeovský formalismus v obecné relativitě, zákony zachování. Hamiltonovský formalismus v obecné relativitě, počáteční problém. Prostory konstantní křivosti. Globální struktura FLRW modelů. Časupodobné a nulové kongruence. Metody algebraické klasifikace.

3. Pokročilá kvantová mechanika

Základy kvantové teorie rozptylu částice na vnějším potenciálu. Rozptyl na sférickém symetrickém potenciálu a analytické vlastnosti rozptylových veličin. Základy mnoho-kanálové teorie rozptylu. Přibližné metody pro vícečásticové systémy. Struktura atomů a molekul. Přibližné metody teorie rozptylu a jejich aplikace. Dekoherece a efektivní redukce. Kvantová mechanika a teorie skrytých proměnných. Feynmanovská formulace kvantové mechaniky. Interpretace kvantové mechaniky.

4. Kvantová teorie pole

Propagátor kvantovaného pole. Kovariantní kvantování elektromagnetického pole. Systematika Dysonova rozvoje S-matic v interakční reprezentaci. Procesy 2. řádu v kvantové elektrodynamice. Diagramy s uzavřenou smyčkou vnitřních linií: ultrafialové divergence a jejich regularizace. Index divergence jednočásticově ireducibilního diagramu. Techniky praktického výpočtu jednosmyčkových Feynmanových diagramů. Příklady spočitatelných diagramů bez ultrafialových divergencí. Základní techniky renormalizace. Typy renormalizačních kontrčlenů v kvantové elektrodynamice.

5. Moderní metody statistické fyziky

Spojité fázové přechody – teorie středního pole. Mřížkové systémy – modely kritického chování. Škálovací hypotéza a univerzalita. Nerelativistická poruchová teorie interagujících fermionů. Obecné vlastnosti Greenových funkcí. Landauova teorie Fermiho kapaliny. Teorie supravodivosti. Neuspořádané systémy. Teorie lineární odezvy.

6. Teorie kondenzovaných soustav mimo rovnováhu

Termalizace statistických rozdělení. Dynamika v přiblížení středního pole. Redukovaná matice hustoty a Wignerova distribuční funkce. Dvoučasové korelační funkce. Diagramatické rozvoje mimo rovnováhu. Kinetické procesy a rovnice. Charakteristické vlastnosti nerovnovážných dějů.

7. Teorie plazmatu a záření

Vysokoteplotní a termonukleární plazma. Magneto hydrodynamická rovnováha. Magneto hydrodynamická stabilita. Principy udržení plazmatu. Transport v plazmatu. Zářivé procesy. Zářivá (magneto)hydrodynamika. Obecně-relativistická kinetická teorie. Numerické modelování plazmatu.

8. Počítačová fyzika

Faktorizace matic a jejich využití v numerické lineární algebře. Iterační metody numerické lineární algebry. Integrace obyčejných diferenciálních rovnic. Metoda konečných diferencí pro parciální diferenciální rovnice. Metoda konečných prvků pro okrajové úlohy. Diskrétní Fourierova transformace a její využití. Základy metody Monte Carlo. Základy metody molekulární dynamiky. Základy kvantových simulací.

5. Fyzika kondenzovaných soustav a materiálů

Garantující pracoviště: Katedra fyziky kondenzovaných látek

Garant oboru: prof. RNDr. Radomír Kužel, CSc.

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. K výuce společné pro celý obor si studenti mohou volit jedno ze zaměření: Fyzika atomových a elektronových struktur, Fyzika makromolekulárních látek, Fyzika materiálů, Fyzika nízkých teplot, Fyzika povrchových modifikací. Každý z uvedených tematických bloků zabezpečuje obecné vzdělání v oboru na současné úrovni poznání a profiluje absolventa ve zvoleném zaměření.

Profil absolventa studijního oboru a cíle studia:

Absolventi mají široké znalosti základů kvantové teorie, termodynamiky a statistické fyziky kondenzovaných soustav a příslušných výpočetních metod. Dovedou popsat strukturu těchto látek v různých formách, jejich mechanické, elektrické, magnetické i optické vlastnosti. Mají přehled o řadě experimentálních metod charakterizace struktury, složení i vlastností kondenzovaných látek jako jsou metody difrakční, spektroskopické i mikroskopické a dovedou je prakticky používat. 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, metalurgického 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.

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

Doporučený průběh studia

Předpokladem úspěšného magisterského studia tohoto oboru je získání základních znalostí na úrovni následujících předmětů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NBCM110	<i>Kvantová teorie I</i>	9	4/2 Z+Zk	—
NFPL502	<i>Úvod do fyziky pevných látek</i>	6	—	3/1 Z+Zk
NFPL505	<i>Úvod do fyziky měkkých materiálů</i>	3	—	1/1 Z+Zk
NFPL192	<i>Proseminář fyziky kondenzovaných soustav</i>	3	—	0/2 Z
NFPL141	<i>Kvantová teorie II</i> ¹	5	—	2/1 Z+Zk

¹ Pro magisterské studium studijní plány: Fyzika atomových a elektronových struktur a Fyzika nízkých teplot. Lze zapisovat v ZS i LS.

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím roce bakalářského studia programu Fyzika jako povinně volitelné. Pokud posluchač tyto nebo jim ekvivalentní předměty neabsolvoval, měl by si je ve vlastním zájmu zapsat jako volitelné v prvním roce navazujícího magisterského studia. Obsah uvedených předmětů je součástí společných požadavků státní závěrečné zkoušky.

Povinné a povinně volitelné předměty – skupina 1 (25 kreditů)

Studenti si volí jedno z pěti zaměření Fyzika atomových a elektronových struktur, Fyzika makromolekulárních látek, Fyzika materiálů, Fyzika nízkých teplot a Fyzika povrchových modifikací.

1. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NFPL145	Experimentální metody fyziky kondenzovaných soustav I	9	3/3 Z+Zk	—
NFPL146	Experimentální metody fyziky kondenzovaných soustav II	9	—	3/3 Z+Zk
NFPL800	Termodynamika kondenzovaných soustav	5	2/1 Z+Zk	—
NFPL801	Oborový seminář I ¹	3	0/2 Z	—
NFPL802	Oborový seminář II ¹	3	—	0/2 Z
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z

Fyzika atomových a elektronových struktur

NFPL143	Fyzika pevných látek I	9	4/2 Z+Zk	—
NFPL144	Struktura látek a strukturní analýza	7	3/2 Z+Zk	—
NFPL147	Fyzika pevných látek II	9	—	4/2 Z+Zk

Fyzika makromolekulárních látek

NBCM066	Základy makromolekulární chemie	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM208	Základy makromolekulární fyziky	4	—	3/0 Zk
NBCM058	Relaxační chování polymerů	3	—	2/0 Zk
NBCM038	Elektrické a optické vlastnosti polymerů	3	—	2/0 Zk

NBCM231	Aplikovaná termodynamika	3	—	2/0 Zk
Fyzika materiálů				
NFPL132	Teorie kondenzovaných látek	6	3/1 Z+Zk	—
NFPL133	Struktura materiálů	4	3/0 Zk	—
NFPL135	Fyzika materiálů I	4	2/1 Z+Zk	—
NFPL139	Fyzika materiálů II	4	—	2/1 Zk
NFPL137	Technologie materiálů	3	—	2/0 Zk
NFPL136	Speciální praktikum fyziky materiálů	4	—	0/3 Z
Fyzika nízkých teplot				
NFPL143	Fyzika pevných látek I	9	4/2 Z+Zk	—
NFPL168	Fyzika a technika nízkých teplot	3	2/0 Zk	—
NFPL169	Hyperjemné interakce a jaderný magnetismus	3	—	2/0 Zk
NFPL092	Radiofrekvenční spektroskopie pevných látek	3	—	2/0 Zk
NFPL206	Vybrané kapitoly z kvantové fyziky pevných látek	7	—	3/2 Z+Zk
Fyzika povrchových modifikací				
NBCM066	Základy makromolekulární chemie	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM213	Fyzika přípravy tenkých vrstev	3	2/0 Zk	—
NBCM233	Metody analýzy povrchů a tenkých vrstev	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM214	Procesy plazmové polymerace	3	2/0 Zk	—
NBCM231	Aplikovaná termodynamika	3	—	2/0 Zk

¹ Jako Oborový seminář studenti navštěvují právě jeden z následujících seminářů: Seminář strukturní analýzy (NFPL037), Seminář teorie kondenzovaného stavu (NFPL062), Seminář z magnetismu (NFPL118), Seminář z fyziky nízkých teplot (NFPL098), Seminář fyziky materiálů (NFPL113), Seminář z fyziky polymerů (NBCM091), Studijní seminář plazmových polymerů (NBCM200).

2. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NFPL124	Experimentální metody fyziky kondenzovaných látek III	6	2/2 Z+Zk	—
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Fyzika atomových a elektronových struktur

Fyzika makromolekulárních látek

NBCM217	Moderní směry ve fyzice makromolekul	4	3/0 Zk	—
NBCM142	Diplomový seminář KMF	3	—	0/2 Z

Fyzika materiálů

—

Fyzika nízkých teplot

—

Fyzika povrchových modifikací

NBCM219	Vybrané problémy fyziky reálných povrchů	3	2/0 Zk	—
NBCM142	Diplomový seminář KMF	3	—	0/2 Z

Povinně volitelné předměty – skupina 2 (15 kreditů)

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
Fyzika atomových a elektronových struktur				
NFPL115	Elektronová mikroskopie	3	2/0 Zk	—
NFPL122	Magnetické vlastnosti pevných látek	3	2/0 Zk	—
NFPL014	Dielektrické vlastnosti pevných látek	3	2/0 Zk	—
NFPL040	Aplikovaná strukturní analýza	3	—	1/1 Z+Zk
NFPL154	Neutronové a synchrotronové záření v magnetických látkách	6	—	2/2 Z+Zk
NFPL030	Rtg metody studia struktury a mikrostruktury materiálů	5	—	2/1 Z+Zk
NFPL082	Magnetismus a elektronová struktura kovových systémů	3	2/0 Zk	—
NFPL013	Rozptyl rtg záření na tenkých vrstvách	3	2/0 Zk	—
NFPL155	Studium reálné struktury pevných látek	3	2/0 Zk	—
NFPL157	Fyzika ve vysokých magnetických polích	3	2/0 Zk	—
NFPL156	Fyzika ve vysokých tlacích	3	2/0 Zk	—
NFPL158	Magnetické struktury	4	2/2 Z+Zk	—
NFPL550	Tepelná kapacita pevných látek	3	2/0 Zk	—
NFPL011	Výpočtová fyzika a návrh materiálů	3	2/0 Zk	—
NFPL004	Nerovnovážná statistická fyzika a termodynamika	3	2/0 Zk	—
NFPL039	Metody řešení a upřesňování krystalových struktur monokrystalů	3	—	1/1 Z+Zk
NFPL159	Moderní materiály s aplikačním potenciálem	3	—	2/0 Zk
NFPL551	Korelace v mnohoelektronových systémech	3	—	2/0 Zk

Fyzika makromolekulárních látek

NBCM098	Rentgenová strukturní analýza biomolekul a makromolekul	3	2/0 Zk	—
NBCM211	Měřicí metody elektrických vlastností polovodivých a nevodivých materiálů	3	1/1 Z+Zk	—
NFPL018	Transportní a povrchové vlastnosti pevných látek	3	2/0 Zk	—
NBCM230	NMR spektroskopie polymerů	3	—	2/0 Zk
NBCM209	Pravděpodobnostní metody fyziky makromolekul	3	—	2/0 Zk
NBCM076	Teorie polymerních struktur	3	2/0 Zk	—
NBCM072	Základy molekulární elektroniky	3	2/0 Zk	—
NBCM062	Strukturní teorie relaxačního chování polymerů	3	2/0 Zk	—

Fyzika materiálů

NFPL107	Základy krystalografie	3	1/1 Z+Zk	—
NFPL115	Elektronová mikroskopie	3	2/0 Zk	—
NFPL055	Kinetika fázových transformací	3	—	2/0 Zk
NFPL305	Magnetismus materiálů	3	—	2/0 Zk
NFPL197	Základy mechaniky kontinua a teorie dislokací	3	—	2/0 Zk
NFPL198	Teorie poruch krystalu	3	—	2/0 Zk
NFPL080	Akustika ve fyzice kondenzovaného stavu	6	—	3/1 KZ
NFPL140	Fyzika materiálů III ¹	3	2/0 Zk	—
NFPL103	Anihilace pozitronů v pevných látkách	3	2/0 Zk	—

Fyzika nízkých teplot

NFPL171	Makroskopické kvantové jevy I	3	2/0 Zk	—
NFPL172	Makroskopické kvantové jevy II	3	—	2/0 Zk
NFPL093	Vybrané kapitoly z teorie a metodiky magnetické rezonance	3	2/0 Zk	—
NFPL097	Jaderně spektroskopické metody studia hyperjemných interakcí	3	—	1/1 Z+Zk
NFPL174	Základy mechaniky tekutin a turbulence	3	2/0 Zk	—
NFPL096	Mössbauerova spektroskopie	3	2/0 Zk	—
NFPL175	NMR v magneticky uspořádaných látkách	3	1/1 Z+Zk	—
NFPL091	NMR vysokého rozlišení ¹	4	3/0 Zk	—
NFPL129	Jaderné metody studia magnetických systémů	3	2/0 Zk	—
NFPL095	Základy kryotechniky	3	2/0 Zk	—

NFPL103	Anihilace pozitronů v pevných látkách	3	2/0 Zk	—
NFPL128	Vybrané partie z pozitronové anihilační spektroskopie ¹	3	1/1 Z+Zk	—
NFPL102	Elektronová struktura ultratenkých magnetických vrstev	3	2/0 Zk	—
NFPL184	Seminář radiofrekvenční spektroskopie kondenzovaných látek	3	0/2 Z	0/2 Z
NFPL204	Magnetické nanočástice	3	2/0 Zk	—
NFPL179	Kvantový popis NMR	5	—	2/1 Z+Zk

Fyzika povrchových modifikací

NFPL107	Základy krystalografie	3	1/1 Z+Zk	—
NBCM234	Konstrukce depozičních aparatur	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM235	Základy fyziky plazmatu	3	2/0 Zk	—
NFPL149	Rentgenografické studium reálné struktury tenkých vrstev	3	—	2/0 Zk
NBCM215	Modifikace povrchů a její aplikace	3	—	2/0 Zk
NBCM236	Nanokompozitní a nanostrukturované tenké vrstvy	3	—	2/0 Zk
NBCM220	Tvrde a supertvrde vrstvy a jejich aplikace	3	2/0 Zk	—
NBCM232	Elektrické vlastnosti tenkých vrstev	3	2/0 Zk	—
NBCM222	Optické vlastnosti tenkých vrstev	3	2/0 Zk	—

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NFPL037	<i>Seminář strukturní analýzy</i>	3	0/2 Z	—
NFPL062	<i>Seminář teorie kondenzovaného stavu</i>	3	0/2 Z	—
NFPL118	<i>Seminář z magnetismu</i>	3	0/2 Z	—
NFPL098	<i>Seminář z fyziky nízkých teplot</i>	3	—	0/2 Z
NFPL113	<i>Seminář fyziky materiálů</i>	3	—	0/2 Z
NBCM091	<i>Seminář z fyziky polymerů</i>	3	—	0/2 Z
NBCM200	<i>Studijní seminář plazmových polymerů</i>	3	—	0/2 Z
NFPL500	<i>Praktické užití mikroskopie atomárních sil (AFM)</i>	2	—	0/2 Z
NFPL038	<i>Difrakce rentgenového záření dokonalými krystaly</i>	3	2/0 Zk	—
NFPL072	<i>Systémy s korelovanými f-elektrony</i>	3	2/0 Zk	—
NFPL177	<i>Supravodivost</i>	5	2/1 Z+Zk	—
NFPL006	<i>Řešení výpočetně náročných úloh ve fyzice</i>	3	1/1 Z+Zk	—
NBCM060	<i>Základy vytváření polymerních struktur</i>	3	—	2/0 Zk

NFPL017	<i>Automatizace experimentu</i>	4	—	1/2 Z
NFPL051	<i>Mechanické vlastnosti nekovových materiálů</i>	3	2/0 Zk	—
NFPL058	<i>Experimentální metody ve fyzice kovů</i>	3	1/1 KZ	—
NFPL074	<i>Praktické užití transmisní elektronové mikroskopie</i> ¹	4	0/3 Z	—
NFPL120	<i>Moderní problémy fyziky materiálů</i>	3	2/0 Zk	—
NFPL199	<i>Fyzikální metody studia nanostruktur</i>	3	—	2/0 Zk
NEVF106	<i>Řádkovací mikroskopie — STM, AFM</i>	3	2/0 Zk	—
NFPL130	<i>Fyzikální metalurgie hliníkových slitin pro tváření</i>	3	2/0 Zk	—
NFPL196	<i>Linux ve fyzikální laboratoři</i>	3	1/1 Z+Zk	—
NFPL194	<i>Seminář o aktuálním dění ve fyzice materiálů</i>	3	0/2 Z	—
NFPL304	<i>Technologie a vlastnosti materiálů na bázi železa</i> ¹	3	2/0 Zk	—
NFPL306	<i>Slitiny lehkých kovů</i> ¹	3	2/0 Zk	—
NFPL307	<i>Praktické užití skenovací elektronové mikroskopie</i> ¹	4	0/3 Z	—
NBCM096	<i>Elektronový transport v kvantových systémech</i>	5	—	2/1 Z+Zk

¹ Předmět je možno zapsat buď v zimním anebo letním semestru.

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- získání alespoň 25 kreditů z povinně volitelných předmětů oboru ze skupiny 1
- získání alespoň 15 kreditů z povinně volitelných předmětů oboru ze skupiny 2
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Předmět lze splnit jeho úspěšným absolvováním či uznáním z předchozího studia.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

A. Společné požadavky

1. Principy kvantového popisu kondenzovaných soustav

Popis pevné látky jako problém mnoha částic — skládání momentu hybnosti, Hundova pravidla, důsledky symetrie — symetrie vlnové funkce, Blochův teorém. Typy vazeb v molekulách a kondenzovaných soustavách.

Elektronové stavy v pevných látkách — pásová struktura a metody jejího výpočtu: jednoelektronové přiblížení a metody řešení efektivních rovnic (metoda LCAO, téměř volné elektrony, LAPW, pseudopotenciály). Adiabatická aproximace, variační princip a poruchový počet.

Interakce mezi elektrony — druhé kvantování, Hartree-Fockova aproximace, teorie funkcionálu hustoty. 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 a stavové rovnice. Hlavní termodynamické věty a jejich důsledky, entropie a absolutní teplota. 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, odvození stavových rovnic. Klasické a kvantové systémy neinteragujících částic. Brownův pohyb, difuze ve vnějším poli.

3. Základy fyziky kondenzovaných látek

Struktura kondenzovaných soustav — krystalová struktura, bodová a translační symetrie, základy krystalografie. Reciproký prostor, Brillouinova zóna.

Reálná struktura látek — poruchy krystalické struktury, uspořádání na dlouhou a krátkou vzdálenost. Amorfni látky a jejich popis, párové distribuční funkce. Popis topologie, prostorové a elektronové struktury makromolekul.

Pohyb atomů a molekul v kondenzovaných látkách: Difuze. Kmity mřížky, fonony, tepelná kapacita.

Elektrické vlastnosti: polarizační mechanismy, dielektrická susceptibilita. Interakce mřížky iontového krystalu s elektromagnetickou vlnou. Vedení elektrického proudu: Sommerfeldův model, elektrony v periodickém poli, pásová struktura kovů a polovodičů. Základní poznatky o supravodivosti.

Magnetické vlastnosti: diamagnetismus a paramagnetismus, magnetizace, magnetická susceptibilita. Spontánní uspořádání magnetických momentů. Magnetizační procesy ve feromagnetikách.

Mechanické silové pole: elastická a plastická deformace, viskozita. Viskoelasticita a kaučuková elasticita polymerních systémů, skelný přechod, princip časově-teplotní superpozice.

4. Experimentální metody

Metody určování struktury — základní difrakční metody: difrakce a rozptyl rtg záření, elektronů, neutronů, atomů a iontů. Mikroskopické metody — světelná, řádkovací a transmisní elektronová mikroskopie.

Makroskopické a mikroskopické metody studia mechanických, tepelných, dielektrických, optických, transportních a magnetických vlastností látek.

Základní spektroskopické metody (radiofrekvenční, mikrovlnné, optické, rentgenové, gama, fotoemisní) a jejich použití.

B. Užší zaměření

Student si volí okruh otázek odpovídající jeho zaměření.

1. Fyzika atomových a elektronových struktur

Atomová struktura látek

Bodové a prostorové grupy. Symetrie fyzikálních vlastností. Struktura krystalů, kvazikrystalů, modulovaných struktur a amorfni látek. Používání strukturních data-

bází. Kinematická teorie difrakce: rozptyl na elektronu, atomu a molekule; rozptyl na periodických a nízkodimenzionálních strukturách. Základy dynamické teorie difrakce. Využití neutronů a synchrotronového záření. Počítačové simulace, ab initio výpočty.

Elektronová struktura a fyzikální vlastnosti látek

Vodivostní elektrony v materiálech (klasický a kvantový popis), elektrony v periodickém potenciálu. Elektronová struktura kovů, polovodičů a izolátorů, optické vlastnosti. Chemická vazba, koheze, hybridizace elektronových stavů. Elektron-fononová interakce, elektrický a tepelný transport. Coulombovská a výměnná interakce, elektronové korelace, vznik magnetického momentu. Magnetické uspořádání, symetrie. Mikroskopické modely magnetismu. Nízkodimenzionální systémy. Měrné teplo, teplotní roztažnost. Magnetotransportní a magnetoelastické jevy. Dielektrika, elektrická permittivita, feroelektrika a antiferoelektrika. Elektrooptické a magnetooptické jevy. Využití mikroskopických a makroskopických metod. Vliv vnějšího tlaku, fyzika ve vysokých magnetických polích. Ab initio výpočty elektronové struktury a fyzikálních vlastností. Aplikaci využití elektronových vlastností materiálů. Nanomateriály.

Kolektivní jevy

Spontánní narušení symetrie a parametr uspořádání. 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 atomu. Supravodivost a supratekutost. Kooperativní jevy mimo rovnováhu, lasery.

2. Fyzika makromolekulárních látek

Struktura makromolekul

Konfigurace, konformace, takticita a stereoregularita polymerních řetězců. Architektura makromolekulárních systémů. Způsoby přípravy makromolekulárních systémů, chemická struktura polymerů, způsoby výstavby polymerních sítí, bod gelace. Distribuce a průměry molárních hmotností.

Fyzikální vlastnosti makromolekulárních systémů

Relaxační vlastnosti, skelný přechod a teorie volného objemu, časově-teplotní superpozice. Pojem lineární viskoelastivity, viskoelastické funkce, Boltzmannův princip superpozice. Termodynamika polymerních roztoků, směsí a blokových kopolymerů — fázové diagramy. Flory-Hugginsova teorie, botnací rovnováha. Koligativní vlastnosti polymerních roztoků. Přechod klubko-globule. Krystalizace polymerů. Elektrické a optické vlastnosti polymerů, generace a transport náboje v organických strukturách.

Experimentální metody

Metody studia skelného přechodu, měření reologických a viskoelastických vlastností, dynamická mechanická analýza. Měření dielektrických a elektrických vlastností, termální depolarizace. Detekce teplotních přechodů, diferenciální skenovací kalorimetrie. Metody určování molekulových hmotností a struktury polymerů. Difrakční/rozptylové a spektroskopické metody pro studium struktury makromolekulárních systémů.

3. Fyzika materiálů

Poruchy krystalové mřížky

Krystalová mřížka, vakance, intersticiály, vrstevné chyby, subhranice, hranice zrn, dvojčata, inkluze, dispersoidy, precipitáty. Interakce poruch krystalové mřížky. Experi-

mentální metody studia poruch krystalové mřížky: mechanické zkoušky, difrakční a zobrazovací metody, termická analýza, akustická emise.

Mechanické vlastnosti

Plastická deformace, teorie zpevnění, creep a lom. Statické a dynamické odpevnění, zotavení poruch mřížky, superplasticita, nestabilita plastické deformace, tvarová paměť.

Termodynamika vícesložkových systémů

Binární a ternární fázové diagramy, model párových vazeb, pákové pravidlo, intermediální fáze. Fázové transformace, tuhnutí slitin, segregáční procesy. Difuzní a bezdifuzní transformace v pevných látkách, TTT-diagramy, Avramiho rovnice. Difuze v pevných látkách.

Moderní materiály a technologie

Intermetalické sloučeniny, keramické a kompozitní materiály, submikrokrystalické a nanokrystalické materiály, kvazikrystaly, materiály s tvarovou pamětí, technologie přípravy moderních materiálů.

4. Fyzika nízkých teplot

Elektronová struktura pevných látek

Metody výpočtu elektronové struktury. Elektronová struktura a magnetické vlastnosti pevných látek. Magnetické momenty volného atomu/iontu, interakce s krystalovým polem, korelační jevy, výměnné interakce, lokalizované a itinerantní magnetické momenty.

Fyzika a technika nízkých teplot

Metody získávání nízkých a velmi nízkých teplot, základní vlastnosti kryokapalin. Nízkoteplotní termometrie.

Makroskopické kvantové jevy

Supravodivost, Cooperovy páry, Meissnerův jev, slabá supravodivost. Supravodiče I. a II. druhu, vysokoteplotní supravodivost. Supratekutost ^4He , ^3He , makroskopická vlnová funkce, Boseova-Einsteinova kondenzace.

Hyperjemné interakce a jaderný magnetismus

Elektrické a magnetické momenty atomových jader, elektrická a magnetická hyperjemná interakce. Spinový hamiltonián, hyperjemné štěpení energetických hladin, role symetrie okolí jádra.

Experimentální metody studia hyperjemných interakcí (jaderná magnetická rezonance, elektronová paramagnetická rezonance, mionová spinová rotace, Moessbauerův jev, jaderná orientace, metoda porušených úhlových korelací) a jejich využití pro studium atomové, elektronové a magnetické struktury.

5. Fyzika reálných povrchů

Fyzika povrchů

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

Experimentální metody studia povrchu

Metody elektronové spektroskopie (AES, REED), metody iontové spektroskopie (SIMS, SNMS), metody fotoelektronové spektroskopie (UPS, XPS) a jejich praktické

použití. Metody elektronové mikroskopie. 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: vyparování 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 povrchu, změny povrchové energie a chemické aktivity. Použití tenkých vrstev — tvrdá, oderuvzdorná pokrytí, ochranné a pasivační vrstvy, optické tenké vrstvy, vrstvy pro mikroelektroniku.

6. Optika a optoelektronika

Garantující pracoviště: Katedra chemické fyziky a optiky

Garant oboru: prof. RNDr. Petr Malý, DrSc.

Charakteristika studijního oboru:

Obor je nabízen studentům, kteří chtějí získat širší fyzikální rozhled a detailní znalosti i praktické dovednosti potřebné k výzkumné a vědecké činnosti v oboru optiky a optoelektroniky. Výuka připravuje studenty jak pro samostatnou tvůrčí činnost, tak i pro týmovou spolupráci. Získaný širší přehled vytváří předpoklady také pro práci v mezioborových oblastech na rozhraní fyziky, biologie a technických oborů. Důraz je kladen na vysokou profesionalitu v optice a optoelektronice s dobrou znalostí výpočetní techniky.

Student si vybírá podle zájmu a tématu diplomové práce jedno ze tří zaměření. Kromě obecných společných předmětů tak získává hlubší znalosti ve zvolených oblastech. Zaměření Kvantová a nelineární optika se soustředí zejména na vlastnosti světelných polí v rámci klasické i kvantové optiky, na nelineárně optické jevy. Zaměření Optoelektronika a fotonika se podrobně zabývá interakcí světla s pevnými látkami, detekcí světla, a technologií přípravy polovodičových materiálů pro optoelektronické a fotonické aplikace. V zaměření Teorie a modelování pro kvantovou optiku a optoelektroniku se vyučuje teoretický fyzikální aparát a rozvíjí metody modelování a počítačového programování pro teoretické řešení náročných problémů z oblasti kvantové i klasické optiky, interakce světla s látkami (včetně biologických objektů).

Součástí studijního plánu na všech zaměřeních je praktická výuka vedená v laboratořích vybavených na současné světové úrovni, která zajišťuje kompetence absolventů v oblasti experimentálního výzkumu, optické spektroskopie, aplikované optiky, optoelektroniky a spintroniky. Výběrové přednášky pokrývají ve světě se nově rozvíjející obory jako opto-spintronika, fyzika metamateriálů či terahertzová spektroskopie. Zasaňování optiky do řady oborů (fyzika, biologie, chemie, medicína) i její stále rostoucí aplikace v každodenním životě zvyšují adaptibilitu absolventů a možnosti jejich uplatnění ve vědecké práci i v praxi.

Profil absolventa studijního oboru a cíle studia:

Absolvent má teoretické i experimentální znalosti z klasické i kvantové optiky a optoelektroniky. Zvládá matematické modelování fyzikálních procesů v optice a optoelektronice. Tyto znalosti a dovednosti je schopen uplatnit v další výzkumné a vědecké

činnosti v oborech optika, optoelektronika, spintronika, fotonika, fyzika laserů, statistická a koherenční optika, nelineární optika, optické sdělování a zpracování informace, přístrojová optika, i v řadě oborů, kde se optika nebo optická spektroskopie využívá (biologie, chemie, medicína). Ovládá moderní informační technologie a zpracování vědeckých informací ze světových elektronických databází a je schopen odborně komunikovat v českém i anglickém jazyce. Má i zkušenosti s přípravou a navrhováním grantových projektů a s organizací vědecké práce. Je mu otevřena možnost dalšího doktorského studia nebo vědecké a pedagogické činnosti na vysokých školách a vědeckých ústavech v ČR i v zahraničí. Absolventi se uplatní i jako vědecko-výzkumní a vývojoví pracovníci nebo řídicí pracovníci v soukromých firmách a institucích.

Doporučený průběh studia

Předpokladem úspěšného magisterského studia tohoto oboru je získání základních znalostí na úrovni následujících předmětů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NBCM110	<i>Kvantová teorie I</i>	9	4/2 Z+Zk	—
NOOE021	<i>Vlnová optika</i>	9	—	4/2 Z+Zk
NOOE001	<i>Základy optické spektroskopie</i>	3	—	2/0 Zk
NMAF035	<i>Numerické metody zpracování experimentálních dat</i>	3	—	2/0 Zk

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím roce bakalářského studia programu Fyzika jako povinně volitelné. Pokud posluchač tyto nebo jim ekvivalentní předměty neabsolvoval, měl by si je ve vlastním zájmu zapsat jako volitelné v prvním roce navazujícího magisterského studia. Obsah uvedených předmětů je součástí společných požadavků státní závěrečné zkoušky.

Povinné a povinně volitelné předměty – skupina 1 (24 kreditů)

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

1. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NFPL182	Teorie pevných látek	9	4/2 Z+Zk	—
NOOE027	Základy kvantové a nelineární optiky I	6	3/1 Z+Zk	—
NOOE028	Základy kvantové a nelineární optiky II	6	—	3/1 Z+Zk
NOOE002	Fyzika polovodičů pro optoelektroniku I	3	2/0 Zk	—
NOOE072	Teorie prostorových symetrií pro optiku	3	—	2/0 Zk
NOOE046	Speciální praktikum pro OOE I	6	0/4 KZ	—
NOOE016	Speciální praktikum pro OOE II	6	—	0/4 KZ
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z

Kvantová a nelineární optika

NBCM067	Kvantová optika I	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM093	Kvantová optika II	5	—	2/1 Z+Zk
NOOE003	Optoelektronické materiály a technologie	3	2/0 Zk	—

Optoelektronika a fotonika

NOOE003	Optoelektronické materiály a technologie	3	2/0 Zk	—
NOOE008	Fyzika polovodičů pro optoelektroniku II	3	—	2/0 Zk
NBCM096	Elektronový transport v kvantových systémech	5	—	2/1 Z+Zk

Teorie a modelování pro kvantovou optiku a elektroniku

NBCM067	Kvantová optika I	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM093	Kvantová optika II	5	—	2/1 Z+Zk
NFPL004	Nerovnovážná statistická fyzika a termodynamika	3	2/0 Zk	—

2. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Kvantová a nelineární optika

NOOE007	Integrovaná a vláknová optika	3	2/0 Zk	—
NOOE061	Nelineární optika polovodičových nanostruktur	5	2/1 Z+Zk	—
NOOE033	Speciální seminář z kvantové a nelineární optiky	3	0/2 Z	0/2 Z

Optoelektronika a fotonika

NOOE005	Fyzika polovodičů pro optoelektroniku III	5	2/1 Z+Zk	—
NOOE061	Nelineární optika polovodičových nanostruktur	5	2/1 Z+Zk	—
NOOE010	Speciální seminář z optoelektroniky	3	0/2 Z	0/2 Z

Teorie a modelování pro kvantovou optiku a elektroniku

NOOE007	Integrovaná a vláknová optika	3	2/0 Zk	—
NBCM083	Vybrané partie z kvantové teorie	5	2/1 Z+Zk	—
NOOE033	Speciální seminář z kvantové a nelineární optiky	3	0/2 Z	0/2 Z

Povinně volitelné předměty – skupina 2 (15 kreditů)

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
<i>Společné</i>				
NOOE025	Spektroskopie s vysokým časovým rozlišením	3	2/0 Zk	—
NOOE124	Fotonické struktury a elektromagnetické metamateriály	3	2/0 Zk	—
NOOE127	Nanooptika	3	2/0 Zk	—
NOOE130	Rentgenové lasery a rentgenová optika	3	—	2/0 Zk
NOOE125	Spektroskopie v terahertzové spektrální oblasti	3	—	2/0 Zk
NOOE014	Exkurze	2	—	0/1 Z
NOOE015	Seminář	2	—	0/1 Z
<i>Kvantová a nelineární optika</i>				
NOOE120	Optická spektroskopie ve spintronice	3	—	2/0 Zk
NOOE048	Základy konstrukce a výroby optických prvků	2	0/1 Z	—
NOOE035	Luminiscenční spektroskopie polovodičů	3	2/0 Zk	—
NOOE047	Integrovaná optika	3	2/0 Zk	—
NOOE029	Mikrodutiny	3	2/0 Zk	—
NOOE034	Teorie laseru	3	2/0 Zk	—
NOOE008	Fyzika polovodičů pro optoelektroniku II	3	—	2/0 Zk
NBCM096	Elektronový transport v kvantových systémech	5	—	2/1 Z+Zk
<i>Optoelektronika a fotonika</i>				
NOOE120	Optická spektroskopie ve spintronice	3	—	2/0 Zk
NOOE048	Základy konstrukce a výroby optických prvků	2	0/1 Z	—
NOOE035	Luminiscenční spektroskopie polovodičů	3	2/0 Zk	—
NOOE047	Integrovaná optika	3	2/0 Zk	—
NOOE029	Mikrodutiny	3	2/0 Zk	—
NBCM067	Kvantová optika I	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM093	Kvantová optika II	5	—	2/1 Z+Zk
<i>Teorie a modelování pro kvantovou optiku a elektroniku</i>				
NOOE029	Mikrodutiny	3	2/0 Zk	—
NOOE034	Teorie laseru	3	2/0 Zk	—
NOOE008	Fyzika polovodičů pro optoelektroniku II	3	—	2/0 Zk

NBCM096	Elektronový transport v kvantových systémech	5	—	2/1 Z+Zk
NBCM111	Kvantová teorie II	7	—	3/2 Z+Zk
NBCM039	Kvantová teorie molekul	7	—	3/2 Z+Zk
NTMF031	Statistická fyzika kvantových mnohočasticových systémů I	3	2/0 Zk	—
NTMF032	Statistická fyzika kvantových mnohočasticových systémů II	3	—	2/0 Zk

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NOOE126	<i>Seminář femtosekundové laserové spektroskopie</i>	2	0/2 Z	0/2 Z
NBCM323	<i>Seminář teorie otevřených kvantových systémů</i>	1	0/1 Z	0/1 Z
NOOE049	<i>Holografie</i>	3	2/0 Zk	—
NOOE113	<i>Laserová metrologie</i>	3	2/0 Zk	—
NOOE026	<i>Ultrakrátké laserové pulzy</i>	3	2/0 Zk	—
NOOE011	<i>Optika tenkých vrstev a vrstevnatých struktur</i>	3	—	2/0 Zk

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- získání alespoň 24 kreditů z povinně volitelných předmětů oboru ze skupiny 1
- získání alespoň 15 kreditů z povinně volitelných předmětů oboru ze skupiny 2
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Předmět lze splnit jeho úspěšným absolvováním či uznáním z předchozího studia.

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.

Orbitální a spinový moment hybnosti, jejich operátory a kvantování. Skládání momentů hybnosti. Orbitální a spinový magnetický moment a jejich interakce s vnějším polem. Spin-orbitální interakce.

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*

Bornova-Oppenheimerova a adiabatická aproximace. Základy kvantové teorie pevných látek se zaměřením na elektronovou strukturu a dynamiku elementárních excitací. Kvantový problém mnoha částic. Fonony a elektrony v periodických strukturách. Rozměrové vlivy, dimenze soustavy a vliv okrajových podmínek.

3. *Termodynamika a statistická fyzika molekulárních soustav*

Zákon působících hmot. Gibbsovo fázové pravidlo. Rovnice Clausiova-Clapeyronova. Stavová suma. Statistická rozdělení. Entropie ve statistické fyzice. Boltzmannova rovnice. Pauliho řídicí rovnice.

4. *Vlnová optika*

Světlo jako elektromagnetické vlnění v různých prostředích (vakuum, dielektrikum, bezztrátové–ztrátové, vodivé, homogenní–nehogenní, izotropní–anizotropní, lineární–nelineární). Polarizace světla–matematický popis (Jonesovy vektory a matice, Stokesovy parametry) a experiment. Jevy na rozhraní mezi prostředími, Fresnelovy vzorce. Optické konstanty, Kramersovy-Kronigovy relace. Přiblížení paprskové optiky, eikonálová rovnice, paprsková rovnice, vady zobrazení. Komplexní reprezentace monochromatických a polychromatických polí, komplexní analytický signál. Vlnová teorie optické koherence, stupeň koherence, koherenční matice a částečně polarizované vlnění. Skalární teorie difrakce, Fresnelova a Fraunhoferova difrakce. Fourierovská optika, prostorové frekvence, přenosová funkce zobrazovací soustavy. Holografie. Gaussovské svazky, jejich šíření a transformace, další typy optických svazků (hermiteovské–gaussovské, laguerrovské–gaussovské, beselovské svazky). Optické rezonátory, stabilita rezonátoru, módy rezonátoru. Integrovaná a vláknová optika, typy optických vláken a vlnovodů, optické komunikace, vláknové senzory.

5. *Experimentální metody*

Způsoby měření optických konstant látek. Spektroskopické metody zkoumání látek (podle druhu interakce - absorpční, emisní, reflexní, měření rozptylu atd.). Spektroskopické přístroje. Zdroje a detektory optického záření. Měření parametrů světelných svazků (spektrální složení, výkon, časový průběh, polarizační a koherenční vlastnosti). Základní experimenty kvantové optiky.

B. Užší zaměření

Student si volí okruh otázek odpovídající jeho zaměření.

1. *Kvantová a nelineární optika*

Popis laseru: kinetické rovnice, semiklasická teorie, základy kvantové teorie laseru. Laserové rezonátory. Dynamické vlastnosti laseru (kontinuální režim a relaxační oscilace, Q-spínání, modová synchronizace, ultrakrátké pulsy). Typy laserů. Metody měření parametrů v laseru. Základy laserové spektroskopie. Lineární a nelineární optika (nelineární susceptibilita, klasický a semiklasický popis, základy kvantové teorie). Nelineární jevy druhého řádu (generace druhé harmonické, součtové a rozdílové frekvence, parametrický generátor a zesilovač). Nelineární jevy třetího řádu (generace třetí harmonické frekvence, nelineární index lomu a absorpce, čtyřvlnné směřování, optická fázová konjugace, optická bistabilita). Spontánní a stimulované rozptyly. Nestacionární koherentní jevy. Nelineárně optické materiály.

2. *Optoelektronika a fotonika.*

Krystalová struktura. Pásové schéma polovodičů, kvantové jámy a supermřížky, kvantové body (nanokrystaly) a dráty. Volné elektrony. Stacionární transportní jevy

v polovodičích, vodivost a Hallův jev. Fotovodivost, základní mechanismy excitace a re-kombinace nosičů. Optické vlastnosti polovodičů. Absorpční hrana. Příměsi a excitony, kmity mříže. Optické vlastnosti polovodičů ve vnějších polích. Zdroje optického záření, luminiscence, optický zisk, 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, klasická a kvantová teorie koherence. Koherentní stavy, stlačené stavy. Kvantová teorie fotoelektrické detekce. Kvantové korelace a fotonová statistika. Kvantový popis interakce světla s dvouhladinovým systémem. Teorie odezvy. Interakce světla s polovodiči. Interakce světla s kmity látky. Semiklasický a kvantový popis laseru. Dynamické vlastnosti laseru (kontinuální laser, synchronizace modů, Q spínání). Semiklasický a kvantový popis nelineárních optických procesů (generace harmonických frekvencí, součtové a rozdílové frekvence, parametrický generátor a zesilovač, nelineární komplexní index lomu, čtyřvlonné směšování, optická fázová konjugace, optická bistabilita). Kvantová teorie polovodičů.

7. Fyzika povrchů a ionizovaných prostředí

Garantující pracoviště: Katedra fyziky povrchů a plazmatu

Garant oboru: doc. RNDr. Jan Wild, CSc.

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 řadu aplikací jako jsou moderní diagnostické metody v materiálovém výzkumu, vakuové a plazmové technologie, výroba elektronických prvků, řízená termionukleární 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 zvolenými povinně volitelnými předměty studijního plánu z oblastí: vakuová fyzika, fyzika plazmatu, kosmická fyzika, fyzika povrchů a fyzika tenkých vrstev. Práce mohou mít těžiště jak v experimentu, tak v počítačovém modelování nebo i v automatizaci a kybernetizaci experimentu.

Profil absolventa studijního oboru a cíle studia:

Absolvent má široké teoretické i experimentální znalosti základů fyziky i matematiky, je odborníkem v užití pokročilých měřících metod jak hardwarových, tak i softwarových a prokazuje porozumění příslušnému matematickému aparátu včetně schopnosti ho aplikovat. Z hlediska oboru disponuje nejen hlubokými teoretickými znalostmi, ale dokáže použít řadu experimentálních technik od nanotechnologií po výzkum kosmu. Ovládá návrh a řízení vakuových systémů, použití moderních spektroskopických metod i různých typů mikroskopii a aplikace současných plazmatických technologií. Je schopen samostatně formulovat hypotézy, vytvářet počítačové simulace a kriticky analyzovat výstupy. Své poznatky a závěry dokáže představit odborné i laické veřejnosti

formou prezentací nebo psaných textů, a to i v cizím jazyce. Získané dovednosti je schopno uplatnit také v jiných oborech zaměřených jak na základní, tak aplikovaný výzkum na vysokých školách, v ústavech Akademie, ve velkých vědeckých a technologických centrech (ITER, ELI), ale i v průmyslové sféře a veřejné správě.

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 disciplín 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.

Doporučený průběh studia

Předpokladem úspěšného magisterského studia tohoto oboru je získání základních znalostí na úrovni následujících předmětů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NOFY042	<i>Základy kvantové teorie</i>	9	4/2 Z+Zk	—
NEVF158	<i>Základy fyziky pevných látek</i>	6	—	3/1 Z+Zk
NEVF105	<i>Vakuová technika</i>	3	—	2/0 Zk
NEVF140	<i>Úvod do fyziky povrchů</i>	3	—	2/0 Zk
NEVF100	<i>Úvod do fyziky plazmatu</i>	3	—	2/0 Zk

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím roce bakalářského studia programu Fyzika jako povinně volitelné. Pokud posluchač tyto nebo jim ekvivalentní předměty neabsolvoval, měl by si je ve vlastním zájmu zapsat jako volitelné v prvním roce navazujícího magisterského studia. Obsah uvedených předmětů je součástí společných požadavků státní závěrečné zkoušky.

1. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
Společné předměty				
NEVF129	Fyzika povrchů	5	2/1 Z+Zk	—
NEVF126	Vakuová fyzika	5	2/1 Z+Zk	—
NEVF122	Fyzika plazmatu I	3	2/0 Zk	—
NEVF141	Základy počítačové fyziky I	6	2/2 KZ	—
NEVF127	Kybernetizace experimentu I	3	—	2/0 Zk
NEVF151	Diplomový seminář FPP I	3	0/2 Z	—
NEVF154	Diplomový seminář FPP II	3	—	0/2 Z
NEVF131	Experimentální metody FPP I	7	0/5 KZ	—
NEVF132	Experimentální metody FPP II	7	—	0/5 KZ
NEVF191	Odborné soustředění I	2	0/2 Z	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
Blok A ¹				
NEVF114	Fyzika tenkých vrstev I	3	2/0 Zk	—
NEVF134	Adsorpce na pevných látkách	3	—	2/0 Zk
NEVF113	Elektronové spektroskopie	3	—	2/0 Zk

NEVF136	Elektronová difrakce Blok B ¹	3	—	2/0 Zk
NEVF115	Elektronika pro fyziky	3	2/0 Zk	—
NEVF120	Fyzika plazmatu II	3	—	2/0 Zk
NEVF145	Plazma v kosmickém prostoru	3	—	2/0 Zk
NEVF137	Modelování ve fyzice plazmatu	3	—	1/1 KZ

¹ Posluchači zapisují zpravidla jeden z bloků A nebo B.

2. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
Společné předměty				
NEVF152	Diplomový seminář FPP III	1	0/1 Z	—
NEVF153	Diplomový seminář FPP IV	1	—	0/1 Z
NEVF192	Odborné soustředění II	2	0/2 Z	—
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III Blok A ¹	15	—	0/10 Z
NEVF106	Řádkovací mikroskopie — STM, AFM	3	2/0 Zk	—
NEVF148	Molekulová a iontová spektroskopie	3	2/0 Zk	—
NEVF108	Moderní trendy ve fyzice povrchů	3	2/0 Zk	—
NEVF167	Elektrochemie povrchů a rozhraní	3	2/0 Zk	—
NEVF168	Pokročilé metody fyziky povrchů Blok B ¹	3	2/0 Zk	—
NEVF123	Kvantová elektronika a optoelektronika ²	3	2/0 Zk	—
NEVF144	Vysokofrekvenční elektrotechnika ²	3	2/0 Zk	—
NEVF121	Horké plazma, problematika fúze ²	3	2/0 Zk	—
NEVF162	Laserová absorpční spektroskopie plazmatu ²	3	2/0 Zk	—
NEVF128	Kybernetizace experimentu II	3	2/0 Zk	—

¹ Posluchači zapisují zpravidla jeden z bloků A nebo B.

² Posluchači volí dvě ze čtyř přednášek podle zaměření diplomové práce.

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NEVF117	<i>Vlny v plazmatu</i>	3	2/0 Zk	—
NEVF118	<i>Proseminář k přednášce Modelování ve fyzice plazmatu</i>	3	0/2 KZ	—
NEVF125	<i>Hmotnostní spektrometrie</i>	3	2/0 Zk	—
NEVF135	<i>Programování v IDL — zpracování a vizualizace dat</i>	3	1/1 KZ	—
NEVF143	<i>Statistika a teorie informace</i>	3	2/0 Zk	—
NEVF146	<i>Technologie vakuových materiálů</i>	3	2/0 Zk	—

NEVF160	<i>Moderní počítačová fyzika I</i>	5	2/1 KZ	—
NEVF163	<i>Vybrané kapitoly z nanoelektroniky</i>	3	2/0 Zk	—
NEVF538	<i>Fusion plasma</i>	3	2/0 Zk	—
NEVF107	<i>C++ pro fyziky</i>	3	—	1/1 KZ
NEVF109	<i>Fyzika tenkých vrstev II</i>	3	—	2/0 Zk
NEVF110	<i>Vakuové měřicí metody</i>	3	—	2/0 Zk
NEVF111	<i>Fortran 90/95 pro fyziky</i>	3	—	1/1 KZ
NEVF116	<i>Aplikovaná elektronika</i>	5	—	2/1 Z+Zk
NEVF124	<i>Elektronová a iontová optika</i>	3	—	2/0 Zk
NEVF130	<i>Vybrané partie z fyzikální chemie</i>	3	—	2/0 Zk
NEVF138	<i>Základy počítačové fyziky II</i>	3	—	2/0 Zk
NEVF147	<i>Vakuové systémy</i>	5	—	2/1 Z+Zk
NEVF149	<i>Elementární procesy a reakce v plazmatu</i>	3	—	2/0 Zk
NEVF150	<i>Fluktuace ve fyzikálních systémech</i>	3	—	2/0 Zk
NEVF161	<i>Moderní počítačová fyzika II</i>	5	—	2/1 KZ

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- splnění povinně volitelných předmětů zvoleného oboru v rozsahu alespoň 24 kreditů
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Předmět lze splnit jeho úspěšným absolvováním či uznáním z předchozího studia.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

A. Společné požadavky

Student dostane jednu otázku z okruhů 1 až 3, jednu otázku z okruhů 4 a 5, a jednu otázku z okruhů 6 a 7 (odpovídající volbě tématu diplomové práce).

1. Kvantová mechanika a elektronika

Postuláty kvantové mechaniky, relace neurčitosti. Časová a bezčasová Schrödingerova rovnice, typy energetických spekter. Systémy více částic, jednočásticové přiblížení, periodický systém prvků. Přibližné metody kvantové teorie, poruchový počet (stacionární a nestacionární). Potenciálová jáma, potenciálový val, vázané stavy. Moment hybnosti (skládání momentů hybnosti) a spin (spin soustavy dvou elektronů).

2. Termodynamika a statistická fyzika

Hlavní věty termodynamické. Termodynamické potenciály. Vztah termodynamických a statistických veličin. Statistická rozdělení (mikrokanonický, kanonický a grandkanonický soubor pro klasické a kvantové systémy). Entropie ve statistické termodynamice. Aplikace termodynamiky a statistické fyziky na fyzikální systémy: ideální a neideální plyn, měrná teplota.

3. Teorie pevných látek

Krystalografie a struktura pevných látek (PL). Typy vazeb, struktura prvků a jednoduchých sloučenin, rtg difrakce. Kmity krystalové mřížky, optické a akustické fonony, interakce elektromagnetického záření s krystalovou mřížkou. Sommerfeldův model kovu,

elektronový plyn, hustota stavů, Fermiho energie. Elektronová struktura PL, pásová teorie. Vlastní a příměsové polovodiče, P-N přechod. Fotoelektrické vlastnosti polovodičů. Pohyb nosičů náboje v PL.

4. Vakuová fyzika

Kinetická teorie zředěného plynu. Transportní jevy při nízkých tlacích. Reálné plyny, tenze par, vypařování a kondenzace. Interakce plynu s pevnou látkou na jejím povrchu a v objemu. Vakuový systém a jeho parametry, teorie čerpacího procesu. Proudění plynu, režimy proudění, vakuová vodivost. Fyzikální principy metod získávání nízkých tlaků. Fyzikální principy měření nízkých tlaků, totální a parciální tlak.

5. Experimentální a počítačové metody

Metody sběru dat a řízení fyzikálních experimentů, převodníky fyzikálních veličin, základy analogového zpracování signálů. Číslicové zpracování signálů, aplikace mikroprocesorů. Potlačování šumu, lock-in detekce. Základy regulace, regulátory PID. Základy numerické matematiky (chyby numerických výpočtů, aproximace, numerická integrace, řešení algebraických a transcendentních rovnic, řešení obyčejných a parciálních diferenciálních rovnic). Počítačové modelování: částicové, spojitě a hybridní. Metoda Monte Carlo, metoda molekulární dynamiky. Principy zpracování obrazu (algoritmy nízké a vysoké úrovně).

6. Fyzika plazmatu (pro zaměření Fyzika povrchů a rozhraní)

Definice, základní parametry a druhy plazmatu (vysokoteplotní a nízkoteplotní, izotermické a neizotermické). Kinetický popis plazmatu (základy kinetické teorie: Boltzmannova rovnice, rozdělovací funkce). Debyeova stínící vzdálenost. Hydrodynamický popis plazmatu (magnetohydrodynamické přiblížení, zobecněný Ohmův zákon). Srážkové procesy (typy srážek, srážkové průřezy, srážková frekvence). Ionizace, excitace, deexcitace. Záření v plazmatu. Rekombinace, reakce iontů. Chemické reakce v plazmatu. Generace plazmatu, výboje v plynech (typy výbojů). Principy termionizace, fúzní reaktor, magnetické a inerciální udržení plazmatu. Aplikace plazmatu v technologiích a laserech.

7. Fyzika tenkých vrstev a povrchů (pro zaměření Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí)

Povrch pevné látky: atomární čistota, krystalická struktura, jevy rekonstrukce a relaxace. Vytváření definovaných povrchů a tenkých vrstev: základní metody, mechanismy růstu, relaxační jevy. Elektronová struktura povrchu (rozdíly mezi kovy a polovodiči, povrchové stavy, ohyb pásů), výstupní práce. Interakce částic a záření s pevnou látkou, pružný a nepružný rozptyl, difrakce. Emise elektronů a iontů, povrchová ionizace. Přehled diagnostických metod povrchů a tenkých vrstev.

B. Užší zaměření

Student dostane otázku z části 1 nebo 2 odpovídající jeho zaměření.

1. Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí

Kinetický popis plazmatu. Elementární procesy v plazmatu. Zákony zachování, rovnovážné stavy (Maxwellovo rozdělení), drift ve vnějších elektrických a magnetických polích, difúze a ambipolární difúze. Interakce plazmatu s vysokofrekvenčním polem, šíření a generace mikrovln. Výboje v plynech (typy a vlastnosti). Kosmické plazma a plazma ve sluneční soustavě. Interakce slunečního větru s překážkami. Vlny v plazmatu. Horké

plazma, základy magneto-hydrodynamiky. Problematika fúze, magnetické nádoby, inerciální systémy, ohřev plazmatu, Lawsonovo kritérium, magnetohydrodynamické přiblížení, zobecněný Ohmův zákon. Přehled diagnostických metod (metody sondové, mikrovlnné, optické, spektroskopické). Metody měření používané v kosmickém prostoru. Základy modelování fyzikálních procesů v plazmatu (modelování objemu plazmatu–EEDF, modelování chemické kinetiky v plazmochemii, modelování interakce plazmapevná látka, modelování ve vysokoteplotním plazmatu).

2. Fyzika povrchů a rozhraní

Ideální a reálný povrch, struktura povrchu, rekonstrukce a relaxace, povrchové stavy. Příprava čistých povrchů a tenkých vrstev – fyzikální metody. Vytváření a růst tenké vrstvy, růstové procesy, módy růstu, teoretický popis. Elektronová struktura povrchů, jevy na rozhraní povrchů dvou pevných látek, transport náboje rozhraním a tenkou vrstvou. Teorie emise elektronů a iontů. Interakce záření a částic s povrchem – excitace, rozptyl. Adsorpce molekul na povrchu, adsorpční izotermy, kinetický model adsorpce, potenciálová teorie adsorpce. Reakce na povrchu a metody založené na interakci povrchu s molekulami plynů. Diagnostické metody krystalografické struktury povrchů a tenkých vrstev (mikroskopické metody, elektronová difrakce). Diagnostické metody složení a elektronové struktury povrchů a tenkých vrstev (elektronové a iontové spektroskopie).

8. Biofyzika a chemická fyzika

Garantující pracoviště: Fyzikální ústav UK

Garant oboru: prof. RNDr. Vladimír Baumruk, DrSc.

Charakteristika studijního oboru:

Těžiště tohoto oboru 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 povinně volitelných předmětů studijního plánu a diplomové práce se absolventům rovněž dostává vzdělání ve vybraných oblastech obecné a fyzikální chemie, biochemie, molekulární a buněčné biologie. Prostřednictvím pravidelných seminářů, diplomové práce, a tematicky zaměřených přednášek získávají studenti představu o současných problémech řešených v jednotlivých oborech a o metodách vědecké práce. Díky širokému okruhu znalostí mají absolventi možnost uplatnění ve výzkumných i aplikovaných oborech souvisejících s fyzikou, biologií, chemií, medicínou, materiálovým výzkumem, bio- a nano-technologemi, farmacií apod.

Profil absolventa studijního oboru a cíle studia:

Cílem studia je, aby absolventi získali široké spektrum znalostí na rozhraní fyziky, chemie a biologie, měli hlubší přehled o svém oboru a byli schopni v něm tvořivě pracovat. Absolventi mají spolehlivý základ v kvantové fyzice, termodynamice a statistické fyzice, kvantové teorii molekul a molekulární spektroskopii. Mají praktické zkušenosti s experimentálními metodami biofyziky a chemické fyziky i s kvantově-chemickými

výpočty a molekulárně-dynamickými simulacemi. Jsou zblhlí ve sdělování odborných poznatků formou prezentací anebo psaných textů, a to též v anglickém jazyce. U mnoha absolventů se předpokládá nástup profesní dráhy vědeckého pracovníka. Nabyté obecné vzdělání ve fyzice spolu se znalostmi z fyzikální chemie a molekulární biologie dovoluje absolventům hledat uplatnění i v mezioborových týmech zabývajících se fyzikou, biologií, chemií, medicínou, materiálovým výzkumem, bio- a nanotechnologiemi či farmacií a všude tam, kde je požadováno abstraktní uvažování a komplexní přístup k řešení složitých problémů.

Doporučený průběh studia

Předpokladem úspěšného magisterského studia tohoto oboru je získání základních znalostí na úrovni následujících předmětů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NBCM110	<i>Kvantová teorie I</i>	9	4/2 Z+Zk	—
NBCM035	<i>Obecná chemie</i>	5	2/1 Z+Zk	—
NMAF035	<i>Numerické metody zpracování experimentálních dat</i>	3	—	2/0 Zk

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím roce bakalářského studia programu Fyzika jako povinně volitelné. Pokud posluchač tyto nebo jim ekvivalentní předměty neabsolvoval, měl by si je ve vlastním zájmu zapsat jako volitelné v prvním roce navazujícího magisterského studia. Obsah uvedených předmětů je součástí společných požadavků státní závěrečné zkoušky.

Povinné a povinně volitelné předměty – skupina 1 (40 kreditů)

Studenti si volí jedno ze tří zaměření Biofyzika, Chemická fyzika a Teorie molekulárních systémů.

1. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NBCM010	Bioorganická chemie	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM039	Kvantová teorie molekul	7	—	3/2 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z

Biofyzika

NBCM098	Rentgenová strukturní analýza biomolekul a makromolekul	3	2/0 Zk	—
NBCM113	Metody optické spektroskopie v biofyzice	5	4/0 Zk	—
NBCM095	Praktikum z experimentálních metod biofyziky a chemické fyziky I	7	0/5 KZ	—
NBCM012	Biochemie	4	—	3/0 Zk
NBCM112	Metody magnetické rezonance v biofyzice	4	—	3/0 Zk
NBCM103	Praktikum z experimentálních metod biofyziky a chemické fyziky II	7	—	0/5 KZ

Chemická fyzika				
NBCM098	Rentgenová strukturní analýza biomolekul a makromolekul	3	2/0 Zk	—
NBCM031	Teoretické základy molekulární spektroskopie	3	2/0 Zk	—
NBCM086	Molekulární spektroskopie I	3	2/0 Zk	—
NBCM095	Praktikum z experimentálních metod biofyziky a chemické fyziky I	7	0/5 KZ	—
NBCM161	Seminář chemické fyziky a optiky I	2	0/1 Z	—
NBCM087	Molekulární spektroskopie II	3	—	2/0 Zk
NBCM088	Biofyzika fotosyntézy	3	—	2/0 Zk
NBCM103	Praktikum z experimentálních metod biofyziky a chemické fyziky II	7	—	0/5 KZ
NBCM162	Seminář chemické fyziky a optiky II	2	—	0/1 Z
Teorie molekulárních systémů				
NBCM031	Teoretické základy molekulární spektroskopie	3	2/0 Zk	—
NBCM111	Kvantová teorie II	7	—	3/2 Z+Zk
NBCM121	Ab-initio metody a teorie hustotního funkcionálu I	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM122	Ab-initio metody a teorie hustotního funkcionálu II	5	—	2/1 Z+Zk
NBCM055	Molekulární simulace v chemické fyzice	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM100	Výpočetní experimenty v teorii molekul I	6	0/4 KZ	—
NBCM027	Symetrie molekul	5	—	2/1 Z+Zk

2. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Biofyzika

NBCM008	Molekulární a buněčná biologie pro biofyziky	4	3/0 Zk	—
NBCM151	Seminář z biofyziky I	3	0/2 Z	—
NBCM152	Seminář z biofyziky II	3	—	0/2 Z

Chemická fyzika

NBCM163	Seminář chemické fyziky a optiky III	2	0/1 Z	—
NBCM164	Seminář chemické fyziky a optiky IV	2	—	0/1 Z

NBCM044	Seminář optické spektroskopie vysokého rozlišení	3	0/2 Z	—
<i>Teorie molekulárních systémů</i>				
NBCM163	Seminář chemické fyziky a optiky III	2	0/1 Z	—
NBCM164	Seminář chemické fyziky a optiky IV	2	—	0/1 Z
Povinně volitelné předměty – skupina 2 (26 kreditů)				
Kód	Název	Kredity	ZS	LS
<i>Biofyzika</i>				
NBCM114	Optická mikroskopie a vybrané biofyzikální zobrazovací techniky	3	—	2/0 Zk
NBCM088	Biofyzika fotosyntézy	3	—	2/0 Zk
NOOE012	Rozptylové metody v optické spektroskopii	3	—	2/0 Zk
NFPL179	Kvantový popis NMR	5	—	2/1 Z+Zk
NBCM004	Transformace a přenos energie v biosystémech	3	2/0 Zk	—
NBCM014	Struktura, dynamika a funkce biologických membrán	3	2/0 Zk	—
NBCM023	Význam a funkce kovových iontů v biologických systémech	3	2/0 Zk	—
NFPL185	Pokročilá NMR spektroskopie vysokého rozlišení	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM346	Molekulární dynamika: základy	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM347	Molekulární dynamika: pokročilá témata	5	—	2/1 Z+Zk
NOOE014	Exkurze	2	—	0/1 Z
NOOE015	Seminář	2	—	0/1 Z
<i>Chemická fyzika</i>				
NBCM026	Experimentální technika v molekulární spektroskopii	3	—	2/0 Zk
NBCM055	Molekulární simulace v chemické fyzice	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM033	Fyzikální základy fotosyntézy	3	2/0 Zk	—
NBCM044	Seminář optické spektroskopie vysokého rozlišení	3	0/2 Z	0/2 Z
NBCM101	Detekce a spektroskopie jednotlivých molekul	3	2/0 Zk	—
NBCM115	Vědecká fotografie a příbuzné zobrazovací techniky	3	1/1 Zk	—
NBCM102	Základy klasické radiometrie a fotometrie	3	2/0 Zk	—

NBCM346	Molekulární dynamika: základy	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM347	Molekulární dynamika: pokročilá témata	5	—	2/1 Z+Zk
NBCM027	Symetrie molekul	5	—	2/1 Z+Zk

Teorie molekulárních systémů

NBCM086	Molekulární spektroskopie I	3	2/0 Zk	—
NBCM051	Metody molekulové dynamiky a Monte Carlo	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM098	Rentgenová strukturní analýza biomolekul a makromolekul	3	2/0 Zk	—
NFPL004	Nerovnovážná statistická fyzika a termodynamika	3	2/0 Zk	—
NBCM116	Praktická cvičení z kvantové teorie molekul II	4	0/3 Z	—
NBCM087	Molekulární spektroskopie II	3	—	2/0 Zk
NBCM125	Výpočetní experimenty v teorii molekul II	6	—	0/4 KZ
NBCM099	Praktická cvičení z kvantové teorie molekul I	4	—	0/3 Z
NBCM088	Biofyzika fotosyntézy	3	—	2/0 Zk
NBCM046	Teoretický seminář chemické fyziky	2	0/1 Z	0/1 Z
NBCM108	Seminář chemické fyziky a optiky	2	0/1 Z	0/1 Z
NBCM134	Kvantová teorie rezonancí	3	—	2/0 Zk

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NOFY036	<i>Termodynamika a statistická fyzika</i>	6	3/2 Z+Zk	—
NBCM316	<i>Počítačové modelování biomolekul</i>	4	1/2 Z+Zk	1/2 Z+Zk
NBCM018	<i>Turnusová praktika z biochemie</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NFPL003	<i>Syntetické problémy kvantové teorie</i>	3	—	2/0 Z

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- získání alespoň 40 kreditů z povinně volitelných předmětů oboru ze skupiny 1
- získání alespoň 26 kreditů z povinně volitelných předmětů oboru ze skupiny 2
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Předmět lze splnit jeho úspěšným absolvováním či uznáním z předchozího studia.

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. 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, fázové přechody. 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. Pauliho kinetická rovnice, zobecněná kinetická rovnice.

4. *Základy molekulární fyziky*

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

B. Užší zaměření

Student si volí jeden tematický okruh otázek odpovídající jeho zaměření.

Biofyzika

1. *Experimentální metody v biofyzice*

Difrakce rentgenového záření, elektronů a neutronů. Principy základních difrakčních metod. Symetrie a struktura krystalů a jejich určení z difrakčního obrazu.

Mnohoatomová molekula, její stacionární stavy a přechody mezi nimi. Teoretické základy optické spektroskopie. Projevy mezimolekulárních interakcí v optických spektrech. Technika optické spektroskopie. Elektronová absorpční spektroskopie. Vibrační spektroskopie (absorpční a Ramanova rozptylu). Rozptyl elastický, kvazielastický a Brillouinův. Emisní spektroskopie. Vlastní luminiscence biomolekul, fluorescenční sondy a značky. Polarizované světlo v optické spektroskopii. Časově rozlišená optická spektroskopie. Mikroskopické techniky.

Gyromagnetická částice, jev magnetické rezonance. Elektrické a magnetické momenty atomových jader, energie v elektrickém a magnetickém poli. Jaderný paramagnetismus, relaxační procesy. NMR spektroskopie vysokého rozlišení v kapalně a pevně fázi—spinový hamiltonián, typy interakcí, projevy ve spektrech. Dekapling, koherentní transfer polarizace, nukleární Overhauserův jev. Jednodimenzionální a dvoudimenzionální pulzní NMR—koncepte, základní pulzní sekvence. Zobrazování MR—principy, typy obrazů. ESR, spinový hamiltonián a spektra.

2. Biochemie a molekulární biofyzika

Složení a struktura základních biomolekul (nukleové kyseliny, proteiny, sacharidy). Termodynamika fosfátových sloučenin. Metabolismus cukrů: Glykolýza a glykolytické reakce. Kvašení—anaerobní odbourávání cukrů. Pentozový cyklus. Glukoneogeneze a Coriho cyklus. Aerobní odbourávání cukrů. Vznik acetylkoenzymu A. Citrátový cyklus a jeho amfibolická povaha. Termodynamika přenosu elektronů—redoxní potenciály. Transport elektronů v dýchacím řetězci. Oxidativní fosforylace—syntéza ATP. Fotosyntéza. Biologické membrány, selektivní permeabilita biologických membrán, typy transportu biologickou membránou.

Buňka—struktura bakteriálních a eukaryotických buněk, buněčné dělení, buněčný cyklus. Molekulární genetika—struktura a složení nukleových kyselin a proteinů. Uspořádání DNA v buňkách, struktura a funkce chromosomů, chromatinu a nukleosomů, funkce centromer a telomer, histony a jejich modifikace, epigenetická dědičnost, priony. Zpracování genetické informace (centrální dogma molekulární biologie), replikace DNA, replikace chromosomů a replikace konců lineárních chromosomů, transkripce a úpravy RNA, sestřihové mechanismy, ribozymy, RNA svět, prokaryotická a eukaryotická translace, chaperony, degradace proteinů. Základní principy regulace genové exprese, aktivátory a represory transkripce, regulace prokaryotické a eukaryotické iniciace transkripce, atenuace, změny ve struktuře chromatinu a umlčování genů. Mutace a mutagenese, molekulární podstata mutací, mutageny, poškození DNA a reparace poškozené DNA, oprava chyb vzniklých při replikaci DNA. Metody studia DNA (sekvenace) a genové exprese (na úrovni mRNA i proteinu), genové inženýrství (rekombinantní DNA in vitro, transgenoze organismů), fluorescenční proteiny.

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. Role singletního kyslíku ve fotosyntéze a ve fotodynamické terapii. Přeměna chemické energie v mechanickou. Bioenergetika vidění.

Chemická fyzika

1. Experimentální metody chemické fyziky

Difrakce rentgenového a synchrotronového záření, elektronů a neutronů. Principy základních difrakčních metod. Symetrie a struktura krystalů a jejich určení z difrakčního obrazu. 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. Přejechy v mnohaelektronových molekulách. Kinetika luminiscence a kvantový výtěžek. Polarizovaná luminiscence. Vliv mezimolekulárních interakcí na parametry luminiscence. Teoretická interpretace optických spekter.

2. 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. Ozónová díra a singletní kyslík.

Teorie molekulárních systémů

1. Molekulární simulace v chemické fyzice

Molekulární mechanika a dynamika. Empirická silová pole. Strategie modelování supramolekulárních systémů a krystalů a predikce jejich fyzikálních, chemických a biologických vlastností. Aplikace v materiálovém výzkumu. Porovnání modelů s experimentem.

2. Ab initio výpočty v chemii a biochemii

Metody výpočtu korelačních energií: konfigurační interakce, vázané klastry, poruchová teorie. Aplikace na biochemické systémy a slabé mezimolekulové interakce. Klasická a kvantová molekulová dynamika. Symetrie molekul.

3. Základy molekulární spektroskopie

Přehled hlavních spektroskopických metod. Elektronová spektroskopie organických molekul. Vlastnosti a deaktivace excitovaných stavů. Teoretická interpretace experimentálních výsledků.

9. Jaderná a subjaderná fyzika

Garantující pracoviště: Ústav částicové a jaderné fyziky

Garant oboru: prof. RNDr. Pavel Cejnar, Dr., DSc.

Charakteristika studijního oboru:

Subjaderná fyzika (fyzika vysokých energií, částicová fyzika) zkoumá strukturu hmoty na úrovni elementárních částic a jejich fundamentálních interakcí. Jaderná fyzika ji doplňuje výzkumem systémů silně interagujících částic, především atomových jader. Studium tohoto oboru je založeno na výuce teoretické a experimentální jaderné a částicové fyziky, podepřené detailním pochopením kvantové mechaniky, kvantové teorie pole a fenomenologie jaderných a subjaderných procesů. Důraz je kladen na zvládnutí relevantních teoretických výpočetních postupů a na osvojení si metod získávání a zpracování experimentálních dat, včetně efektivního ovládnutí výpočetní techniky. Volbou povinně volitelných předmětů a tématu diplomové práce student získává hlubší vzdělání ve vybrané oblasti a volí tak příklon k teorii nebo experimentu.

Profil absolventa studijního oboru a cíle studia:

Cílem studia tohoto oboru je získat detailní a ucelené vzdělání v teoretické a experimentální částicové fyzice a fyzice atomového jádra, včetně základů aplikované jaderné fyziky. V oblasti, na kterou se studenti zaměří výběrem diplomové práce, jsou během studia dovedeni na práh samostatného vědeckého výzkumu.

Absolventi do hloubky rozumějí relativistické a nerelativistické kvantové teorii a umějí ji používat při analýzách interakcí elementárních částic a při popisu struktury atomového jádra. Ovládají různé metody měření v částicové a jaderné fyzice, principy urychlovačů a detektorů, mají praxi v provádění komplexních experimentů a jsou schopni zapojit se do jejich navrhování. Jsou zblhlí v práci s výpočetní technikou, zejména v jejích pokročilých aplikacích při modelování jaderných a subjaderných procesů, při simulaci interakcí částic s hmotou a při zpracování experimentálních dat. Nacházejí uplatnění jak v základním, tak v relevantním aplikovaném výzkumu a jsou připraveni začlenit se do mezinárodních vědeckých týmů.

Doporučený průběh studia

Předpokladem úspěšného magisterského studia tohoto oboru je získání základních znalostí na úrovni následujících předmětů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NJSF094	<i>Kvantová mechanika I</i> ¹	9	4/2 Z+Zk	—
NJSF095	<i>Kvantová mechanika II</i> ²	9	—	4/2 Z+Zk
NJSF103	<i>Experimentální metody jaderné a částicové fyziky</i>	6	—	3/1 Z+Zk
NJSF006	<i>Praktikum jaderné fyziky</i>	6	—	0/4 KZ

¹ Místo této přednášky lze zapsat NTMF066 (Kvantová mechanika I).

² Místo této přednášky lze zapsat NTMF067 (Kvantová mechanika II).

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím roce bakalářského studia programu Fyzika jako povinně volitelné. Pokud posluchač tyto nebo jim ekvivalentní předměty neabsolvoval, měl by si je ve vlastním zájmu zapsat jako volitelné v prvním roce navazujícího magisterského studia. Obsah uvedených předmětů je součástí společných požadavků státní závěrečné zkoušky.

1. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NJSF064	Fyzika atomového jádra	7	3/2 Z+Zk	—
NJSF105	Fyzika elementárních částic	7	3/2 Z+Zk	—
NJSF041	Experimentální a aplikovaná jaderná fyzika	6	4/0 Zk	—
NJSF068	Kvantová teorie pole I ¹	9	4/2 Z+Zk	—
NJSF037	Mikroskopická teorie jádra	6	—	4/0 Zk
NJSF085	Základy teorie elektroslabých interakcí	6	—	2/2 Z+Zk
NJSF086	Kvarky, partony a kvantová chromodynamika	6	—	2/2 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z

¹ Místo této přednášky lze zapsat NJSF145 (Kvantová teorie pole I).

2. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NJSF191	Seminář částicové a jaderné fyziky III	3	0/2 Z	—
NJSF192	Seminář částicové a jaderné fyziky IV	3	—	0/2 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
Kvantová teorie pole				
NJSF069	Kvantová teorie pole II ¹	9	—	4/2 Z+Zk
NJSF079	Kvantová teorie pole III	9	4/2 Z+Zk	—

NJSF139	Částicová fyzika za standardním modelem I	4	2/1 Zk	—
NJSF140	Částicová fyzika za standardním modelem II	4	—	2/1 Zk
NJSF082	Vybrané partie teorie kvantovaných polí I	4	3/0 Zk	—
NJSF083	Vybrané partie teorie kvantovaných polí II	4	—	3/0 Zk
NTMF022	Teorie kalibračních polí	4	3/0 Zk	—
NJSF084	Chirální symetrie silných interakcí	3	—	2/0 Zk
NJSF030	Kvantová teorie pole při konečné teplotě	3	—	2/0 Zk
NJSF129	Pokročilé koncepty symetrie	5	—	2/2 Zk
NJSF142	Teorie grup a algeber v částicové fyzice	4	—	2/1 Zk
<i>Teorie mnohočásticových systémů</i>				
NJSF196	Teorie jaderných reakcí	3	2/0 Zk	—
NJSF107	Statistická jaderná fyzika	3	2/0 Zk	—
NJSF193	Kolektivní dynamika mnohočásticových systémů	3	2/0 Zk	—
NJSF132	Teorie nanoskopických systémů I	3	2/0 Zk	—
NJSF133	Teorie nanoskopických systémů II	3	—	2/0 Zk
NJSF031	Klasický a kvantový chaos	3	—	2/0 Zk
NJSF194	Aktuální problémy jaderné fyziky	3	—	0/2 Z
<i>Experimentální částicová fyzika</i>				
NJSF073	Experimentální prověrka standardního modelu	4	—	2/1 Z+Zk
NJSF195	Silná interakce při vysokých energiích	3	2/0 Zk	—
NJSF102	Jaderná astrofyzika	3	2/0 Zk	—
NJSF130	Kosmické záření	3	—	2/0 Zk
NJSF131	Difrakce v částicové fyzice	4	2/1 Zk	—
<i>Experimentální metody, zpracování dat, aplikace</i>				
NJSF070	Urychlovače nabitých částic	3	2/0 Zk	—
NJSF101	Polovodičové detektory v jaderné a subjaderné fyzice.	3	2/0 Zk	—
NJSF081	Software a zpracování dat ve fyzice částic I	3	—	1/1 Zk
NJSF109	Software a zpracování dat ve fyzice částic II	4	2/1 Zk	—
NJSF141	Zpracování experimentálních dat	3	—	2/0 Zk
NJSF138	Neuronové sítě v částicové fyzice	4	2/1 Zk	—
NJSF024	Jaderné analytické metody	3	2/0 Zk	—
NJSF008	Biologické účinky ionizujícího záření	3	—	2/0 Zk

Další povinně volitelné předměty

NJSF091	Seminář částicové a jaderné fyziky I	3	0/2 Z	—
NJSF092	Seminář částicové a jaderné fyziky II	3	—	0/2 Z

¹ Místo této přednášky lze zapsat NJSF146 (Kvantová teorie pole II).

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NJSF143	<i>Statistické metody ve fyzice vysokých energií</i>	3	2/0 Zk	—
NJSF071	<i>Úvod do supersymetrie</i>	4	2/1 Zk	—
NJSF047	<i>Vybrané partie z teorie superstrun</i>	4	—	2/1 Zk
NJSF025	<i>Elektronika pro jaderné fyziky</i>	4	—	2/1 KZ
NJSF043	<i>Matematické metody kvantové teorie I</i>	3	2/0 Zk	—
NJSF044	<i>Matematické metody kvantové teorie II</i>	3	—	2/0 Zk
NJSF058	<i>Jaderné reakce s těžkými ionty</i>	3	2/0 Zk	—
NJSF128	<i>Extrémní stavy hmoty</i>	3	2/0 Zk	—
NJSF137	<i>Kalibrační teorie</i>	5	—	2/2 Zk
NJSF147	<i>Scattering methods for nuclear and condensed matter research</i>	4	—	3/0 Zk

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- splnění povinně volitelných předmětů zvoleného oboru v rozsahu alespoň 25 kreditů
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Předmět lze splnit jeho úspěšným absolvováním či uznáním z předchozího studia.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky

Student dostane tři otázky z následujících tří tematických okruhů A, B, C (z každého okruhu právě jednu).

A. Kvantová teorie*1. Formalismus kvantové teorie*

Hilbertův prostor. Čisté a smíšené stavy. Kompatibilní a nekompatibilní veličiny. Diskrétní a spojité spektrum. Otevřené systémy. Klasická limita.

2. Evoluce kvantového systému

Schrödingerova rovnice a evoluční operátor. Greenův operátor. Reprezentace časového vývoje. Evoluce generovaná časově závislým hamiltoniánem.

3. Symetrie a zákony zachování v kvantové mechanice

Spojité časoprostorové symetrie a jejich generátory. Inverze prostoru a času. Zákony zachování. Skaláry, vektory a spinory.

4. Poruchový počet v kvantové mechanice.

Stacionární poruchová teorie pro nedegenerované a degenerované spektrum. Nestacionární poruchová metoda, skoková a periodická porucha, Fermiho pravidlo.

5. Moment hybnosti v kvantové mechanice

Kvantování momentu hybnosti. Skládání 2 či více momentů hybnosti. Tenzorové operátory, výběrová pravidla.

6. Teorie rozptylu

Lippmanova-Schwingerova rovnice. Amplituda rozptylu, Bornova řada. Metoda parciálních vln.

7. Systémy nerozlišitelných částic

Bosony a fermiony. Fokův prostor, reprezentace obsazovacích čísel. Kreační a anihační operátory, n-částicové operátory.

8. Rovnice relativistické kvantové mechaniky pro volnou částici se spinem 0, 1/2 a 1

Klein-Gordonova a Diracova rovnice, řešení s kladnou a zápornou energií, rovnice kontinuity, vlastnosti symetrie. Weylova rovnice. Procova rovnice.

9. Diracova rovnice pro částici v elektromagnetickém poli

Přechod k Pauliho rovnici a spinový magnetický moment. Atom vodíkového typu a jemná struktura hladin energie.

10. Kvantování volných polí a jejich částicová interpretace

Metoda kanonického kvantování. Energie a impuls kvantovaného pole. Částice a antičástice. Diracovo pole, antikomutační relace. Elektromagnetické a Procovo pole. Propagátor kvantovaného pole.

11. Interakce polí, poruchový rozvoj S-matice a Feynmanovy diagramy

Příklady interakčních lagrangianů, princip kalibrační symetrie. Dysonův rozvoj v interakční reprezentaci. Feynmanovy diagramy na stromové úrovni. Pravděpodobnost rozpadu a účinný průřez.

12. Základy kvantové elektrodynamiky

Rozptyl nabitě částice ve vnějším elektromagnetickém poli. Procesy druhého řádu. Příklady diagramů s uzavřenou smyčkou.

B. Fyzika elementárních částic*1. Klasifikace elementárních částic*

Leptony, hadrony, nositelé interakcí. Přibližná symetrie SU(3) a multiplety hadronů. Kvarkový model. Barva, experimentální evidence pro barvy kvarků. Kvarky u, d, s. Těžké kvarky c a b. Rozpady hadronů (neutronu, pionů, podivných částic).

2. Vlastnosti hadronů a jejich měření

Spin, magnetický moment, prostorová, nábojová a G-parita, izospin, podivnost, hypernáboj. Zákony zachování v jednotlivých typech interakcí. Příklady měření.

3. Vlastnosti leptonů

Slabé a elektromagnetické interakce leptonů: produkce mionového páru v elektron-pozitronové anihilaci, neutrinový rozptyl, rozpad mionu a leptonu tau. Helicita neutrina, oscilace neutrin, nezachování P a CP. Neutrinové experimenty.

4. Metody měření a identifikace částic v experimentech.

Měření energie, hybnosti a doby letu, čerenkovské a přechodové záření, invariantní hmota produktů rozpadu. Příklady použití detekčních technik při objevech elementárních částic.

5. *Experimenty na urychlovačích částic*

Lineární a kruhové urychlovače částic, vstříčné svazky, luminozita. Současné urychlovače. Produkce částic v hadronových a leptonových srážkách.

6. *Pojmové základy standardního modelu elektroslabých interakcí*

Kalibrační invariance. Yang-Millsovo pole. Higgsův mechanismus.

7. *Typy interakcí částic ve standardním modelu elektroslabých interakcí*

Interakce vektorových bosonů, interakce Higgsova bosonu, neutrální a nabité proudy. Objev vektorových bosonů W a Z, objev Higgsova bosonu.

8. *Směšování v kvarkovém sektoru standardního modelu*

Generování hmot prostřednictvím yukawovských interakcí, Cabibbo-Kobayashi-Maskawova matice, narušení CP. Objev kvarků c, b a t.

9. *Systémy neutrálních mezonů*

Oscilace a regenerace. Přímé a nepřímé narušení CP a jejich projevy.

10. *Struktura nukleonu a partonový model*

Pružný rozptyl elektronu na protonu a formfaktory. Hluboce nepružný rozptyl, strukturní funkce, Bjorkenovo škálování. Formulace partonového modelu a pojem partonové distribuční funkce.

11. *Aplikace partonového modelu*

Popis základních procesů v partonovém modelu: produkce hadronů v elektron-pozitronové anihilaci, Drell-Yanův proces. Fragmentační funkce, hluboce nepružný rozptyl, měření strukturních funkcí nukleonu a distribučních funkcí partonů. Produkce jetů, objev gluonu.

12. *Kvantová chromodynamika*

Lagrangian QCD a princip kalibrační invariance. Běžící vazbová konstanta, asymptotická volnost, uvěznění barvy. Popis kvarkonií. Infračervené a kolineární singularity, jety, evoluční rovnice pro partonové distribuční funkce.

C. Jaderná fyzika

1. *Charakteristiky jader a jejich měření*

Vazbová energie, Weizsäckerova formule. Spin, parita. Magnetický dipólový a elektrický kvadrupólový moment. Parametry deformace.

2. *Rozpady jader a radioaktivita*

Rozpad beta, spektrum elektronu/pozitronu, výběrová pravidla, záchyt elektronu. Rozpad alfa, rozpadové řady. Rozpady gama, základy teorie elektromagnetických přechodů, typy a multipolarity, výběrová pravidla.

3. *Nukleon-nukleonové interakce*

Fenomenologické a mikroskopické nukleon-nukleonové potenciály, principy symetrie, izospin, výměny mezonů a jejich kvarková interpretace. Efektivní interakce v jaderném prostředí. Deuteron.

4. *Střední pole a jednočásticové pohyby v jádrech*

Hartree-Fokova metoda konstrukce středního pole. Spin-orbitální vazba, magická čísla. Nilssonův model, deformace.

5. *Párování nukleonů a jeho důsledky*

Zbytkové interakce krátkého dosahu. Bardeen-Cooper-Schriefferova teorie supravodivosti. Projevy párování v jádrech.

6. *Kolektivní pohyby jader*

Rotační a vibrační spektra jader a jejich fenomenologický a mikroskopický popis. Gigantické rezonance. Štěpení jader.

7. *Jaderné reakce a vysoce excitované stavy*

Přímé reakce a reakce přes složené jádro, příklady a charakteristické vlastnosti, základy teoretického popisu. Produkce excitovaných stavů a statistické modelování jejich rozpadu, yrast linie.

8. *Průchod ionizujícího záření prostředím*

Procesy při průchodu těžkých a lehkých nabitých částic látkou. Interakce záření gama s látkou. Průchod neutronů.

9. *Principy detekce jaderného záření*

Spektrometrie nabitých a neutrálních částic. Základní typy používaných detektorů a jejich charakteristiky.

10. *Využití jaderné fyziky k materiálovým analýzám a datování*

Měření prvkových a izotopických příměsí. Jaderné sondy v materiálech. Jaderné metody datování.

11. *Aplikace jaderné fyziky v medicíně*

Zobrazování pomocí jaderného záření, funkční tomografie. Radioterapie a hadronová terapie.

12. *Jaderná energie*

Štěpení a fúze jader. Jaderný reaktor, tokamak. Jaderné procesy ve hvězdách.

10. Matematické a počítačové modelování ve fyzice

Garantující pracoviště: Ústav teoretické fyziky

Garant oboru: doc. RNDr. Martin Čížek, PhD.

Charakteristika studijního oboru:

Studijní obor Matematické a počítačové modelování ve fyzice je mezioborovým studiem, které spojuje matematiku a fyziku. Ve společném základu si studenti prohlubují znalosti z moderních partií matematiky s důrazem na diferenciální rovnice a numerické metody. V oblasti fyzikálních disciplín si vyberou jeden směr užšího zaměření, v němž získají hlubší znalosti a složí příslušnou část státní závěrečné zkoušky. Fyzikální předměty jsou přednášeny odborníky z řad fyziků, matematické předměty jsou pak prezentovány specialisty z řad matematiků. Studijní obor je svou náplní obdobný oboru "Matematické modelování ve fyzice a technice" studijního programu Matematika, liší se ale tím, že absolventi bakalářského studia vstupují do magisterského studia s hlubším základem z fyziky a naopak si více doplňují svůj matematický rozhled. Znalosti z fyziky si pak prohlubují především v jednom zvoleném směru užšího zaměření.

Profil absolventa studijního oboru a cíle studia:

Absolvent oboru má dobrý přehled v matematické analýze parciálních diferenciálních rovnic, ve funkcionální analýze a v numerických metodách, a to jak pro problémy modelování kontinua, tak pro diskrétní systémy a je připraven si své znalosti okamžitě prohloubit studiem specializovaných prací. Absolvent si umí klást otázky ohledně fyzikální podstaty přírodních jevů a umí navrhnout a vybrat vhodný matematický model, provést jeho matematickou analýzu a následně za použití odpovídajících metod provést numerické simulace. Je schopen posoudit kvalitu výsledné simulace, a to jak z hlediska

aplikovatelnosti zvoleného matematického modelu na daný jev, tak z hlediska analýzy chyb vzniklých při numerickém řešení matematického modelu. Absolvent je seznámen s konkrétní aplikací matematických a numerických modelů ve zvolené oblasti moderní fyziky, dle užšího zaměření. Je připraven pracovat v mezioborových týmech a dokáže formulovat aplikačně zajímavé otázky ve formě přístupné rigoróznímu matematickému zkoumání a umí naopak použít abstraktní matematické výsledky ke studiu praktických problémů. Absolventi oboru jsou připraveni se uplatnit při řešení matematických a numerických modelů fyzikálních systémů, jak v akademické tak i v komerční sféře u nás i v zahraničí.

Doporučený průběh studia

Předpokladem úspěšného magisterského studia tohoto oboru je získání základních znalostí na úrovni následujících předmětů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTMF066	<i>Kvantová mechanika I</i> ¹	9	4/2 Z+Zk	—
NMNM201	<i>Základy numerické matematiky</i>	8	4/2 Z+Zk	—
NMMA334	<i>Úvod do parciálních diferenciálních rovnic</i>	10	—	4/4 Z+Zk

¹ Pro zájemce o zaměření Mnohočásticové systémy, Kvantové systémy a Částicová fyzika. Místo této přednášky lze také zapsat NJSF094 (Kvantová mechanika I) nebo NBCM110 (Kvantová teorie I).

Tyto předměty se obvykle zapisují ve třetím roce bakalářského studia programu Fyzika jako povinně volitelné. Pokud posluchač tyto nebo jim ekvivalentní předměty neabsolvoval, měl by si je ve vlastním zájmu zapsat jako volitelné v prvním roce navazujícího magisterského studia. Obsah uvedených předmětů je součástí společných požadavků státní závěrečné zkoušky.

1. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMMA931	Úvod do funkcionální analýzy (O)	8	4/2 Z+Zk	—
NMMA405	Parciální diferenciální rovnice 1	6	3/1 Z+Zk	—
NMNM931	Analýza maticových výpočtů 1 (M)	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV405	Metoda konečných prvků 1	5	2/2 Z+Zk	—
NMNV539	Numerické řešení ODR	5	2/2 Z+Zk	—
NTMF021	Simulace ve fyzice mnoha částic	6	3/1 Z+Zk	—
NMMA406	Parciální diferenciální rovnice 2	6	—	3/1 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z

2. rok magisterského studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMNV407	Maticové iterační metody 1	6	4/0 Zk	—
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
<i>Mechanika kontinua</i>				
NMMO401	Mechanika kontinua	6	2/2 Z+Zk	—
NMMO541	Teorie směsí	4	2/1 Z+Zk	—
NMMO402	Termodynamika a mechanika nenewtonovských tekutin	5	—	2/1 Z+Zk
NMMO404	Termodynamika a mechanika pevných látek	5	—	2/1 Z+Zk
NMMO403	Počítačové řešení úloh fyziky kontinua	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV402	Nelineární funkcionální analýza	5	—	2/2 Z+Zk
NMNV536	Numerické řešení evolučních rovnic	3	—	2/0 Zk
NMNV501	Řešení nelineárních algebraických rovníc	5	2/2 Z+Zk	—
<i>Mnohočásticové systémy</i>				
NMAI061	Metody matematické statistiky	5	—	2/1 Z+Zk
NTMF024	Pokročilé simulace ve fyzice mnoha částic	3	—	2/0 Zk
NEVF156	Počítačové modelování ve fyzice plazmatu I	3	2/0 Zk	—
NEVF157	Počítačové modelování ve fyzice plazmatu II	3	—	1/1 KZ
NBCM316	Počítačové modelování biomolekul	4	—	1/2 Z+Zk
NTMF044	Termodynamika a statistická fyzika II	7	—	3/2 Z+Zk
<i>Kvantové systémy</i>				
NBCM039	Kvantová teorie molekul	7	—	3/2 Z+Zk
NTMF030	Kvantová teorie rozptylu	6	3/1 Z+Zk	—
NTMF130	Teorie srážek atomů a molekul	6	—	3/1 Z+Zk
NTMF061	Teorie grup a její aplikace ve fyzice	6	2/2 Z+Zk	—
NTMF067	Kvantová mechanika II ¹	9	—	4/2 Z+Zk
<i>Relativistická fyzika</i>				
NTMF111	Obecná teorie relativity	4	—	3/0 Zk
NTMF059	Geometrické metody teoretické fyziky I	6	2/2 Z+Zk	—
NTMF037	Relativistická fyzika I	9	4/2 Z+Zk	—
NTMF107	Základy numerického studia prostorů a času	4	3/0 Zk	—
NTMF060	Geometrické metody teoretické fyziky II	4	—	3/0 Zk
NMAG335	Úvod do analýzy na varietách	5	2/2 Z+Zk	—

Částicová fyzika

NJSF105	Fyzika elementárních částic	7	3/2 Z+Zk	—
NJSF085	Základy teorie elektroslabých interakcí	6	—	2/2 Z+Zk
NJSF086	Kvarky, partony a kvantová chromodynamika	6	—	2/2 Z+Zk
NJSF134	Částice a pole I	5	2/2 Zk	—
NJSF082	Vybrané partie teorie kvantovaných polí I	4	3/0 Zk	—
NJSF081	Software a zpracování dat ve fyzice částic I	3	—	1/1 Zk
NJSF109	Software a zpracování dat ve fyzice částic II	4	2/1 Zk	—
NJSF138	Neuronové sítě v částicové fyzice	4	2/1 Zk	—

Další povinně volitelné předměty

NMMA401	Funkcionální analýza 1	8	4/2 Z+Zk	—
NMMA407	Obyčejné diferenciální rovnice 2	5	2/2 Z+Zk	—
NMMA531	Parciální diferenciální rovnice 3	4	2/0 Zk	—
NJSF132	Teorie nanoskopických systémů I	3	2/0 Zk	—
NEVF160	Moderní počítačová fyzika I	5	2/1 KZ	—
NEVF161	Moderní počítačová fyzika II	5	—	2/1 KZ
NJSF143	Statistické metody ve fyzice vysokých energií	3	2/0 Zk	—

¹ Místo této přednášky lze zapsat NJSF095 (Kvantová mechanika II) nebo NBCM111 (Kvantová teorie II).

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMNV532	<i>Paralelní maticové výpočty</i>	5	—	2/2 Z+Zk
NMMO461	<i>Seminář z mechaniky kontinua</i>	3	—	0/2 Z
NMMO564	<i>Vybrané problémy matematického modelování</i>	3	—	0/2 Z

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- splnění povinně volitelných předmětů zvoleného oboru v rozsahu alespoň 30 kreditů
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Předmět lze splnit jeho úspěšným absolvováním či uznáním z předchozího studia.

Požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky**A. Společné požadavky****1. Parciální diferenciální rovnice***Sobolevovy prostory*

Slabá derivace, definice a základní vlastnosti Sobolevových prostorů $W^{k,p}$ — reflexivita, separabilita, hustota hladkých funkcí, operátor prodloužení pro $W^{1,p}$ -funkce a Lipschitzovskou hranici. Věty o spojitém a kompaktním vnoření Sobolevových prostorů do Lebesgueových a Hölderových prostorů. Zavedení stop pro funkce ze Sobolevových prostorů, věta o stopách, inverzní věta o stopách.

Slabá řešení pro lineární eliptické rovnice na omezené oblasti

Formulace slabé úlohy pro lineární eliptickou rovnici s různými okrajovými podmínkami, řešení pomocí Rieszovy věty o reprezentaci (symetrický operátor), pomocí Lax-Milgramova lematu respektive Galerkinovou metodou. Kompaktnost řešícího operátoru, vlastní vektory a vlastní čísla řešícího operátoru. Fredholmova alternativa a její aplikace. Princip maxima pro slabé řešení. $W^{2,2}$ regularita pomocí techniky diferenciál. Samoadjungovaný operátor: ekvivalence úlohy s minimalizací kvadratického funkcionálu.

Slabá řešení pro nelineární eliptické rovnice na omezené oblasti

Úvod do variačního počtu, základní věta variačního počtu, duální formulace, souvislost s konvexitou. Existence a jednoznačnost řešení nelineárních úloh pomocí věty o pevném bodu (nelineární Lax-Milgram pro dvojkovou strukturu). Existence řešení pomocí Galerkinovy metody a Mintyho metody — monotónní operátor a semilineární člen.

Lineární parabolické rovnice 2. řádu

Bochnerovy prostory a jejich základní vlastnosti, Gelfandova trojice, Aubin-Lionsova věta. Slabá formulace, nabývání počáteční podmínky, existence řešení pomocí Galerkinovy aproximace, jednoznačnost a regularita řešení (časová a prostorová), zhlazující vlastnost, princip maxima.

Lineární hyperbolické rovnice 2. řádu

Slabá formulace hyperbolického problému, nabývání počátečních podmínek, existence řešení pomocí Galerkinovy aproximace, jednoznačnost, regularita řešení (časová a prostorová), konečná rychlost šíření signálu.

2. Numerická matematika*Metoda konečných prvků pro řešení eliptických rovnic*

Galerkinova a Ritzova metoda pro řešení abstraktní lineární eliptické rovnice. Odhad diskretizační chyby této metody — Céovo lemma. Definice abstraktního konečného prvku, jednoduché příklady konečných prvků Lagrangeova a Hermiteova typu. Teorie aproximací v Sobolevových prostorech: aproximační vlastnosti operátorů zachovávajících polynomy. Aplikace těchto výsledků pro prvky Lagrangeova a Hermiteova typu. Odvození řádu konvergence přibližných řešení konkrétních eliptických úloh 2. řádu. Odhad řádu konvergence v L^2 normě — Nitscheho lemma. Základy numerické integrace v metodě konečných prvků.

Metody pro řešení soustav algebraických rovnic a výpočet vlastních čísel

Spektrální rozklad operátorů a matic. Invariantní podprostory a spektrální informace, normalita. Srovnání přímých a iteračních metod pro řešení lineárních algebraických soustav. Projekční proces a problém momentů. Popis konvergence iteračních metod. Souvislost mezi iteračními metodami pro řešení soustav rovnic a metodami pro výpočet vlastních čísel. Srovnání metod pro řešení lineárních a nelineárních soustav algebraických rovnic. Numerická stabilita výpočtů a popis algebraické chyby v souvislosti s řešením problémů matematického modelování.

3. Funkcionální analýza*Hilbertovy a Banachovy prostory*

Definice, norma, skalární součin, příklady Banachových prostorů. Lineární funkcionály, Hahn-Banachova věta. Duální prostory, reprezentace některých duálů (Hilbertovy prostory, Lebesgueovy prostory). Rieszova věta o reprezentaci. Slabá a *-slabá konvergence. Banach-Alaogluova věta. Slabá kompaktnost a reflexivita.

Spojité lineární zobrazení

Definice, základní vlastnosti, norma, prostor lineárních zobrazení, adjungované zobrazení. Základní vlastnosti spektra a spektrálního poloměru, Gelfandova-Mazurova věta. Kompaktní operátory, symetrický operátor, samoadjungovaný operátor, uzávěr operátoru, uzavřený operátor, definice a vlastnosti adjungovaného operátoru. Vlastní čísla a vlastní funkce symetrických eliptických operátorů.

Věty o pevných bodech

Banachova věta, Brouwerova věta, Schauderova věta.

Integrální transformace a základy teorie distribucí

Definice Fourierovy transformace na L^1 a její základní vlastnosti, věta o inverzi, Fourierova transformace konvoluce a derivace, Plancherelova věta. Prostor testovacích funkcí a konvergence v něm, definice distribuce, základní příklady, charakterizace distribuce, řád distribuce, operace s distribucemi (derivování, násobení funkcí), Schwarzův prostor a temperované distribuce, Fourierova transformace funkcí ze Schwarzova prostoru a temperovaných distribucí, její základní vlastnosti. Fourierova transformace na L^2 .

B. Užší zaměření

Student si volí jeden z následujících pěti tematických okruhů odpovídající jeho zaměření.

1. Mechanika kontinua*Kinematika kontinua*

Deformace a rychlost deformace čarových, plošných a objemových elementů. Deformační gradient, polární rozklad, pravý a levý Cauchy-Greenův tenzor, Green-Saint-Venantův tenzor. Materiálová a prostorová rychlost, materiálová derivace, proudnice a proudočáry. Podmínky pro materiálové plochy. Lagrangeův a Eulerův popis. Podmínky kompatibility. Věta o reprezentaci izotropních tenzorových funkcí.

Dynamika kontinua

Bilanční rovnice v prostorovém i materiálovém popisu. Integrální tvar bilančních rovnic, princip lokalizace. Cauchyho a první Piola-Kirchhoffův tenzor napětí. Bilanční rovnice v neinerčiální vztažné soustavě.

Jednoduché konstitutivní vztahy

Stlačitelná a nestlačitelná Navier-Stokes tekutina, linearizovaná pružnost, okrajové podmínky. Geometrická linearizace.

Nenewtonské tekutiny

Entropie, rychlost produkce entropie. Nestlačitelnost. Předpoklad maximalizace rychlosti produkce entropie a jeho využití. Podrobný přehled nenewtonovských jevů. Objektivní časové derivace. Věta o reprezentaci izotropních tenzorových funkcí. Tekutiny diferenciálního, integrálního a rychlostního typu. Tekutiny mocninného typu, tekutiny s viskozitou závislou na tlaku, tekutiny Binghamova typu.

Pevné látky

Princip objektivity. Elastické materiály v konečné pružnosti, linearizovaná teorie, nestlačitelné materiály v konečné pružnosti i linearizované teorii, chování modelu vzhledem k determinantu gradientu deformace, Piola-Kirchhoffův tenzor napětí v případě hyperelastického materiálu, materiálové modely v konečné pružnosti. Reologické modely, Kelvin-Voigtův materiál, Maxwellův materiál, viskózní materiály s vedením tepla, termoelastický materiál, adiabatický materiál. Clausius-Duhemova nerovnost a její důsledky.

2. Mnohočásticové systémy*Základy statistické fyziky*

Statistický popis termodynamiky. Liouvilleova rovnice. Základní statistické soubory, mikrokanonický, kanonický a velký kanonický soubor. Kvantová statistická mechanika. Maxwellovo-Boltzmannovo, Fermiho-Diracovo a Boseovo-Einsteinovo rozdělení. Základní vztahy statistické mechaniky pro simulace (výpočet termodynamických veličin, egodický teorém) a role numerických simulací.

Základy simulace fyzikálních systémů metodou Monte Carlo

Základy metody Monte Carlo (integrace metodou MC, Markovovy řetězce, chyba MC integrace). Realizace Monte Carlo kroku (prosté a přefreční vzorkování, Metropolisova metoda). Metody generování pseudonáhodných čísel. MC simulace diskrétních modelů (Isingův model, práh perkolace). MC simulace jednoduchých modelů kapalin.

Základy molekulární dynamiky

Princip metody molekulární dynamiky. Pohybové rovnice klasického mnohočásticového systému. Interakční potenciály a okrajové podmínky. Simulace v různých statistických souborech — NVE, NVT, NPT, grandkanonický.

Určování termodynamických a strukturních vlastností ze simulací.

Výpočet měrného tepla a susceptibility pomocí fluktuací. Radiální distribuční funkce.

Pokročilé metody simulace mnoha částic

Fázové přechody a kritické jevy. Fázové a reakční rovnováhy. Simulace procesů růstu. Kvantové simulace. Výpočet kinetických koeficientů. Kinetické Monte Carlo. Určování energetických bariér užitím molekulární statiky. Optimalizační metody.

Základy modelování fyziky plazmatu

Charakteristika a typy plazmatu. Kvazineutralita plazmatu, Debyeova stínící vzdálenost. Teoretický popis plazmatu, kinetický popis, Boltzmannova rovnice, zákony zachování, magnetohydrodynamický popis.

3. Kvantové systémy

Základy kvantové mechaniky

Popis stavů a měřitelných veličin. Operátory, komutační relace. Časový vývoj v kvantové mechanice. Popis měření. Stacionární stavy a integrály pohybu.

Řešitelné systémy

Částice v potenciálové jámě, lineární harmonický oscilátor, coulombické pole.

Moment hybnosti a spin

Definice momentu hybnosti, spektrum a vlastní funkce. Skládání momentů hybnosti, Clebschovy-Gordanovy koeficienty. Vektorové a tenzorové operátory, ireducibilní složky a Wignerova-Eckartova věta.

Základní přibližné metody

Variační metoda a poruchový počet. Systémy mnoha částic: symetrizační postulát, bosony, fermiony, Slaterův determinant, vliv spinu.

Teorie rozptylu

Mollerovy operátory a S-matice. Účinný průřez. Časově nezávislá formulace rozptylu, Lippmannova-Schwingerova rovnice. Póly S-matice a vlastní fáze. Základy mnohokanálové teorie rozptylu.

Základní metody mnohočásticové kvantové fyziky

Metoda středního pole, korelační energie a metody pro její výpočet, druhé kvantování. Základy teorie atomů a molekul: elektronová struktura, vibrační a rotační stavy molekul, použití teorie grup, optické přechody.

Výpočetní metody teorie rozptylu

Rozvoj do parciálních vln. Bornova řada. Variační principy. Teorie R-matice.

4. Relativistická fyzika

Výchozí principy speciální a obecné teorie relativity

Prostorčas, čtyřrozměrný formalismus, transformace souřadnic. Metrika, afinní konexe, kovariantní derivace. Paralelní přenos a rovnice geodetiky. Posun frekvence v gravitačním poli. Lieova derivace a Killingovy vektory, tenzorové hustoty. Integrovaní na varietách (hustoty, integrální věty). Křivost prostoročasu.

Einsteinův gravitační zákon a jeho důsledky

Tenzor energie a hybnosti, zákony zachování a pohybové rovnice. Einsteinovy rovnice gravitačního pole. Schwarzschildova a Reissnerova-Nordströmova metrika. Kerrova a Kerrova-Newmanova metrika.

Relativistická astrofyzika a kosmologie

Relativistické modely hvězd. Gravitační kolaps a černé díry. Kritické chování gravitačního kolapsu. Relativistická kosmologie, FLRW modely.

Vlastnosti Einsteinových rovnic

Linearizovaná teorie gravitace a rovinné gravitační vlny. Lagrangeovský formalismus v obecné relativitě, zákony zachování. Hamiltonovský formalismus v obecné relativitě, počáteční problém. Konformní rozklad rovnic vazeb, počáteční data. Einsteinovy rovnice jako hyperbolický systém parciálních diferenciálních rovnic.

5. Částicová fyzika

Základní představy a metody kvantové teorie pole

Rovnice relativistické kvantové mechaniky. Kvantování volných polí. Interakce polí, Feynmanovy diagramy.

Klasifikace a vlastnosti elementárních částic

Leptony, hadrony a nositelé interakcí. Spin, parita, nábojová parita, podivnost, izospin. Zákony zachování.

Struktura hadronů

Kvarkový model, barva, partony, distribuční funkce.

Základy standardního modelu elementárních částic

Elektroslabé interakce. Higgsův mechanismus. Kvantová chromodynamika.

Interakce částic s prostředím a metody měření částic v experimentech

Měření energie, hybnosti a doby letu částic. Identifikace částic. Monte Carlo simulace průchodu částic detektorem.

Metody analýzy dat v experimentech fyziky částic

Softwarové nástroje. Výběrová pravidla a multivariační analýza. Neuronové sítě.

11. Učitelství fyziky

Garantující pracoviště: Katedra didaktiky fyziky

Garant oboru: doc. RNDr. Zdeněk Drozd, PhD.

Garant za pedagogiku a psychologii: doc. PhDr. Isabella Pavelková, CSc.

Obor je popsán v samostatné kapitole věnované učitelským studijním oborům.

Studijní plány studijního programu INFORMATIKA

Magisterské studium

Garant studijního programu: doc. RNDr. Tomáš Bureš, Ph.D.

Zahájení studia v roce 2015 nebo později

1. Základní informace

Studijní obory a zaměření v rámci magisterského studijního programu Informatika:

- 1 Diskrétní modely a algoritmy
 - diskrétní matematika a algoritmy
 - geometrie a matematické struktury v informatice
 - optimalizace
- 2 Teoretická informatika
- 3 Softwarové a datové inženýrství
 - softwarové inženýrství
 - vývoj software
 - webové inženýrství
 - databázové systémy
 - analýza a zpracování rozsáhlých dat
- 4 Softwarové systémy
 - systémové programování
 - spolehlivé systémy
 - výkonné systémy
- 5 Matematická lingvistika
 - počítačová a formální lingvistika
 - statistické metody a strojové učení v počítačové lingvistice
- 6 Umělá inteligence
 - inteligentní agenti
 - strojové učení
 - robotika
- 7 Počítačová grafika a vývoj počítačových her
 - počítačová grafika
 - vývoj počítačových her
- 8 Učitelství informatiky

Poslední výše uvedený obor a další učitelské obory jsou popsány v samostatné kapitole této publikace.

Uchazeči o studium se hlásí do magisterského studijního programu Informatika přímo na zvolený obor studia. Volba konkrétního zaměření je ponechána na pozdější rozhodnutí posluchače. Pro každý obor (příp. zaměření) je stanoveno garantující pracoviště zajišťující převážnou část výuky v tomto oboru a je jmenován garant oboru.

Informatika je dynamicky se rozvíjející disciplínou, a proto důležitým novým trendům průběžně přizpůsobujeme i obsah studia. Posluchači by ve vlastním zájmu měli

sledovat aktuální stav studijních plánů, kde může docházet k rozšíření a úpravě nabídky předmětů, případně k dalším drobným změnám. Některé předměty mohou být vyučovány anglicky.

Návaznost na bakalářské studium

Pro úspěšné absolvování magisterského studia informatiky se předpokládají vstupní znalosti alespoň v rozsahu výuky povinných bakalářských předmětů NDMI002 Diskrétní matematika, NTIN060 Algoritmy a datové struktury I, NTIN061 Algoritmy a datové struktury II, NTIN071 Automaty a gramatiky, NAIL062 Výroková a predikátová logika. Znalost učiva uvedených předmětů je nezbytná rovněž ke společným povinným zkušebním okruhům státní závěrečné zkoušky. Pokud posluchač ve svém dřívějším studiu neabsolvoval tyto nebo obsahově podobné předměty, měl by si ve vlastním zájmu zapsat v prvním roce magisterského studia ty z uvedených bakalářských předmětů, jejichž znalosti mu chybějí.

V magisterském studiu se dále předpokládá dobrá znalost matematiky na úrovni povinných a povinně volitelných bakalářských předmětů NMAI054 Matematická analýza I, NMAI055 Matematická analýza II, NMAI059 Pravděpodobnost a statistika, NMAI062 Algebra I, NOPT048 Optimalizační metody. Chybějící znalosti z uvedených oborů by si měl každý posluchač rovněž doplnit v prvním roce magisterského studia.

Pro úspěšné absolvování studia je nezbytná také dobrá znalost programování alespoň v rozsahu základních kurzů NPRG030 Programování I a NPRG031 Programování II. Posluchačům, kteří podobný kurz neabsolvovali ve svém předchozím studiu, doporučujeme zapsat si v úvodu magisterského studia uvedené předměty.

Pokud posluchač ve svém předchozím bakalářském studiu na MFF úspěšně absolvoval některý z povinných nebo povinně volitelných předmětů studovaného oboru, může požádat o uznání splnění těchto povinností. Posluchač přicházející na MFF po získání bakalářského vzdělání na jiné vysoké škole může požádat o uznání povinného nebo povinně volitelného předmětu na základě předchozího absolvování obdobného předmětu. Udělování kreditů za předměty absolvované v bakalářském studiu do magisterského studia upravuje čl. 18 Pravidel pro organizaci studia na Matematicko-fyzikální fakultě.

Softwarový projekt

Studijní plány magisterského studijního programu Informatika nabízejí posluchačům možnost účasti v týmovém softwarovém projektu v rámci předmětu NPRG023 Softwarový projekt. Na oborech “Softwarové a datové inženýrství”, “Softwarové systémy” a “Počítačová grafika a vývoj počítačových her” je úspěšné absolvování tohoto předmětu povinné. Na oborech “Umělá inteligence” a “Matematická lingvistika” je tento předmět povinně volitelný, na ostatních oborech je předmět volitelný. Doporučujeme, aby studenti při výběru tématu a práci na projektu řešili témata odpovídající jejich studijnímu zaměření.

Veškeré záležitosti týkající se Softwarového projektu koordinuje *Komise pro softwarové projekty* tvořená zástupci jednotlivých informatických pracovišť. Za úspěšně obhájený projekt obdrží každý jeho řešitel 15 kreditů, z nichž 6 kreditů může vedoucí projektu udělit na žádost posluchače zálohově předem po prvním semestru práce na projektu na základě doložených průběžných výsledků. Pro započítání zálohových 6 kreditů si posluchač запиše předmět NPRG027 Zápočet k projektu, zbývajících 9 kreditů získá po úspěšné obhajobě projektu zároveň se zápočtem z předmětu NPRG023 Softwarový projekt. Pokud posluchač o zálohové body předem nepožádá, запиše si oba výše

uvedené předměty zároveň při obhajobě. Na návrh komise pro softwarové projekty může být po úspěšné obhajobě nejlepším řešitelům projektu celková dotace přidělených kreditů ještě zvýšena o 3 kredity. Pro započítání těchto dalších přidělených kreditů si posluchač zapíše předmět NPRG028 Mimořádné ohodnocení projektu.

Předměty NPRG023 Softwarový projekt, NPRG027 Zápočet k projektu a NPRG028 Mimořádné ohodnocení projektu si lze zapsat kdykoliv podle potřeby, nikoli pouze v období zápisu vymezeném v harmonogramu akademického roku, jako je tomu u ostatních předmětů. Lze je ovšem zapsat nejvýše dvakrát za celé studium.

Státní závěrečná zkouška

Studium je zakončeno státní závěrečnou zkouškou. Ta má dvě části, jimiž jsou obhajoba diplomové práce a ústní část. K oběma částem státní závěrečné zkoušky se posluchač může přihlásit samostatně. Studium je úspěšně zakončeno po úspěšném absolvování obou těchto částí.

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce nebo její části

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru, příp. zaměření
- splnění povinně volitelných předmětů zvoleného oboru, resp. zaměření, ve stanoveném rozsahu
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu (pro přihlášení k obhajobě diplomové práce).

Diplomová práce

Téma diplomové práce si posluchač typicky vybere na konci zimního semestru předposledního roku studia. Doporučujeme vybírat si téma především z nabídky pracoviště garantujícího zvolený studijní obor; v případě zájmu o téma z nabídky jiného pracoviště nebo o téma vlastní důrazně doporučujeme konzultovat vhodnost tématu s garantem studijního oboru.

Po zadání diplomové práce si každý posluchač postupně zapíše povinné předměty společné pro všechny obory:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Zápočty z povinných předmětů NSZZ023 Diplomová práce I, NSZZ024 Diplomová práce II, NSZZ025 Diplomová práce III uděluje vedoucí diplomové práce jako doklad o úspěšné práci posluchače na stanoveném diplomovém úkolu. Předmět Diplomová práce I si posluchač zapíše zpravidla v letním semestru předposledního roku studia, předměty Diplomová práce II a Diplomová práce III pak návazně v zimním a v letním semestru posledního roku svého studia. V případě potřeby lze zvolit i jiné uspořádání, každý z těchto předmětů je možné zapsat v zimním nebo v letním semestru v období zápisu vymezeném v harmonogramu akademického roku.

Ústní část SZZ

Ústní část státní závěrečné zkoušky má na všech oborech studijního programu Informatika podobnou strukturu. Posluchač je zkoušen ze znalostí dvou povinných zku-

šebních okruhů pokrývajících teoretické základy informatiky (složitost a vyčíslitelnost, datové struktury), a dále ze tří zkušebních okruhů specifických pro studijní obor. Ty mohou být v rámci oboru ještě rozděleny podle zaměření. Posлуchač si typicky sám vybere tři zkušební okruhy z nabídky studovaného oboru a svou volbu oznámí při přihlašování se ke státní závěrečné zkoušce. Některé obory či zaměření mají na výběr okruhů restriktivnější podmínky a mohou mít například další povinný okruh, viz podrobnější popis oborů.

Povinné zkušební okruhy pro všechny obory

1. Základy složitosti a vyčíslitelnosti

Výpočetní modely (Turingovy stroje, RAM). Rozhodnutelné a částečně rozhodnutelné problémy. Algoritmicky nerozhodnutelné problémy (halting problem). Nedeterministický výpočetní model. Základní třídy složitosti a jejich vztahy. Věty o hierarchii. Úplné problémy pro třídu NP, Cook-Levinova věta. Pseudopolynomiální algoritmy, silná NP-úplnost. Aproximační algoritmy a schémata.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—

2. Datové struktury

Vyhledávací stromy ((a,b)-stromy, Splay stromy). Haldy (regulární, binomiální). Hašování, řešení kolizí, univerzální hašování, výběr hašovací funkce. Analýza nejhoršího, amortizovaného a očekávaného chování datových struktur. Chování a analýza datových struktur na systémech s paměťovou hierarchií.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—

2. Studijní plány jednotlivých oborů

U každého oboru studia je uvedeno garantující pracoviště, garant oboru a podmínky pro absolvování studia v tomto oboru (povinné a povinně volitelné předměty). Pro každé zaměření jsou pak vypsány zkušební okruhy ke státní závěrečné zkoušce a požadavky znalostí k jednotlivým zkušebním okruhům.

1. Diskrétní modely a algoritmy

Garantující pracoviště: Katedra aplikované matematiky

Garant oboru: Doc. RNDr. Martin Klazar, Dr.

Zaměření:

- diskrétní matematika a algoritmy
- geometrie a matematické struktury v informatice
- optimalizace

Absolvent oboru je do hloubky seznámen s diskrétním pojetím matematiky a diskrétními strukturami nacházejícími využití v informatice a algoritmickém modelování jevů a procesů z praxe. Má podle zvoleného zaměření pokročilé znalosti v jedné či

více z následujících disciplín: kombinatorika a teorie grafů, pravděpodobnostní techniky a metody v diskrétní matematice a algoritmizaci, algebraické a topologické metody v informatice a konečně různé druhy optimalizace. Umí být v kontaktu s aktuálními výsledky v dané disciplíně a v ideálním případě k nim i sám tvůrčím způsobem přispívat. Nalezne uplatnění v oblastech lidské činnosti využívajících algoritmy a diskrétní modelování, i v akademické sféře.

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—
NMAI064	Matematické struktury	6	—	2/2 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	0/4 Z	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	0/6 Z
NSZZ025	Diplomová práce III	15	0/10 Z	0/10 Z

Povinně volitelné předměty - skupina 1

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 45 kreditů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL076	Logické programování I	3	2/0 Zk	—
NDMI009	Kombinatorická a výpočetní geometrie I	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI010	Grafové algoritmy	3	2/0 Zk	—
NDMI013	Kombinatorická a výpočetní geometrie II	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI015	Kombinatorické počítání	3	—	2/0 Zk
NDMI018	Aproximační a online algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI025	Pravděpodobnostní algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI028	Aplikace lineární algebry v kombinatorice	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI036	Kombinatorické struktury	3	—	2/0 Zk
NDMI037	Geometrické reprezentace grafů I	3	2/0 Zk	—
NDMI045	Analytická a kombinatorická teorie čísel	3	—	2/0 Zk
NDMI055	Vybrané kapitoly z kombinatoriky I	3	2/0 Zk	—
NDMI056	Vybrané kapitoly z kombinatoriky II	3	—	2/0 Zk
NDMI059	Grafové minory a stromové rozklady	3	2/0 Zk	—
NDMI060	Barevnost grafů a kombinatorických struktur	3	2/0 Zk	—
NDMI064	Aplikovaná diskrétní matematika	3	2/0 Zk	—
NDMI065	Teorie matroidů	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI066	Algebraická teorie čísel	3	2/0 Zk	—
NDMI067	Toky, cesty a řezy	3	2/0 Zk	—

NDMI073	Kombinatorika a grafy III	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI074	Algoritmy a jejich implementace	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI088	Grafové algoritmy II	3	—	2/0 Zk
NMAG337	Úvod do teorie grup	5	2/2 Z+Zk	—
NMAI040	Úvod do teorie čísel	3	2/0 Zk	—
NMAI065	Základy teorie kategorií pro informatiky	3	2/0 Zk	—
NMAI066	Topologické a algebraické metody	3	—	2/0 Zk
NMAI067	Logika v informatice	3	2/0 Zk	—
NMAI071	Matematika++	6	—	2/2 Z+Zk
NMMA901	Úvod do komplexní analýzy (O)	5	2/2 Z+Zk	—
NMMA903	Teorie míry a integrálu (O)	8	4/2 Z+Zk	—
NMMA931	Úvod do funkcionální analýzy (O)	8	4/2 Z+Zk	—
NOPT008	Algoritmy nelineární optimalizace	6	—	2/2 Z+Zk
NOPT016	Celočíselné programování	6	—	2/2 Z+Zk
NOPT017	Vícekriteriální optimalizace	3	—	2/0 Zk
NOPT018	Základy nelineární optimalizace	6	2/2 Z+Zk	—
NOPT034	Matematické programování a polyedrální kombinatorika	5	2/1 Z+Zk	—
NOPT042	Programování s omezujícími podmínkami	6	2/2 Z+Zk	—
NOPT051	Intervalové metody	6	2/2 Z+Zk	—
NTIN017	Paralelní algoritmy	3	—	2/0 Zk
NTIN022	Pravděpodobnostní techniky	6	2/2 Z+Zk	—
NTIN063	Složitost	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN064	Vyčíslitelnost	3	—	2/0 Zk
NTIN067	Datové struktury II	3	—	2/0 Zk
NTIN103	Introduction to Parameterized Algorithms	6	2/2 Z+Zk	—

Povinně volitelné předměty - skupina 2¹

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 6 kreditů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDMI073	Kombinatorika a grafy III	6	2/2 Z+Zk	—
NOPT018	Základy nelineární optimalizace	6	2/2 Z+Zk	—

¹Pro zaměření Diskrétní matematika a algoritmy, Geometrie a matematické struktury v informatice je doporučen předmět NDMI073, pro zaměření Optimalizace předmět NOPT018. Po absolvování jednoho předmětu ze skupiny 2 jsou kredity počítány pouze do skupiny 2, která je tak splněna. Pokud student absolvuje oba předměty ze skupiny 2, jsou mu kredity za druhý z předmětů započítány v rámci skupiny 1.

Státní závěrečná zkouška

Ke dvěma povinným okruhům společným pro všechny obory si student vybere tři okruhy podle zvoleného zaměření. Minimálně dva okruhy musí být ze zvoleného zaměření, třetí okruh je možné zvolit z jiného zaměření oboru. Celkem tedy každý student dostane pět otázek.

a) Zaměření ***Diskrétní matematika a algoritmy***

Zkušební okruhy

1. Kombinatorika a teorie grafů
2. Pravděpodobnostní techniky a kombinatorická enumerace
3. Kombinatorická optimalizace

Zkušební požadavky

1. *Kombinatorika a teorie grafů*

Barevnost grafů (a další varianty - vybíravost), grafové minory, stromová šířka a její souvislost se složitostí, geometrické reprezentace grafů (charakterizační věty, rozpoznávající algoritmy), algebraické vlastnosti grafů, teorie párování, Ramseyova teorie a Szemerédiho lemma o regularitě, množinové systémy (Steinerovy systémy trojic, konečné geometrie).

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDMI037	Geometrické reprezentace grafů I	3	2/0 Zk	—
NDMI059	Grafové minory a stromové rozklady	3	2/0 Zk	—
NDMI060	Barevnost grafů a kombinatorických struktur	3	2/0 Zk	—
NDMI073	Kombinatorika a grafy III	6	2/2 Z+Zk	—

2. *Pravděpodobnostní techniky a kombinatorická enumerace*

Kombinatorické počítání, vytvářející funkce, rekurence, základní pravděpodobnostní modely, linearita střední hodnoty, použití rozptylu, Markovova nerovnost, aplikace na konkrétní příklady, Chernovova nerovnost, Lovászovo lokální lemma, asymptotické odhady funkcí, pravděpodobnostní konstrukce a algoritmy.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDMI015	Kombinatorické počítání	3	—	2/0 Zk
NDMI025	Pravděpodobnostní algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NTIN022	Pravděpodobnostní techniky	6	2/2 Z+Zk	—

3. *Kombinatorická optimalizace*

Grafové algoritmy, teorie mnohostěnů, problém obchodního cestujícího, speciální matice, celočíselnost, párování a toky v sítích, teorie matroidů, elipsoidová metoda

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—
NDMI010	Grafové algoritmy	3	2/0 Zk	—
NDMI065	Teorie matroidů	6	—	2/2 Z+Zk
NOPT034	Matematické programování a polyedrální kombinatorika	5	2/1 Z+Zk	—
NDMI088	Grafové algoritmy II	3	—	2/0 Zk

b) Zaměření ***Geometrie a matematické struktury v informatice***

Zkušební okruhy

1. Kombinatorická a výpočetní geometrie
2. Algebraické a topologické struktury v informatice
3. Teorie kategorií v informatice
4. Teorie čísel v informatice

Zkušební požadavky

1. *Kombinatorická a výpočetní geometrie*

Geometrické úlohy v prostorech konečné dimenze, kombinatorické vlastnosti geometrických konfigurací, algoritmické aplikace, návrh geometrických algoritmů, geometrické reprezentace grafů

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDMI009	Kombinatorická a výpočetní geometrie I	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI013	Kombinatorická a výpočetní geometrie II	6	—	2/2 Z+Zk

2. *Algebraické a topologické struktury v informatice*

Částečně uspořádané množiny; suprema a infima, polosvazy, svazy. Věty o pevných bodech. Speciální uspořádané struktury v informatice (DCPO, domény). Základy obecné topologie; topologické konstrukce. Speciální topologické otázky hrající roli v informatice (Scottova topologie, spojitě svazy). Kategorie topologických prostorů a některých typů částečných uspořádání hrající roli v informatice.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMAI064	Matematické struktury	6	—	2/2 Z+Zk
NMAI066	Topologické a algebraické metody	3	—	2/0 Zk

3. *Teorie kategorií v informatice*

Kategorie, funktory, transformace, konkrétní příklady. Limity a kolimity, speciální konstrukce a vytváření dalších. Adjunkce, vztah ke kategoriálním konstrukcím. Reflexe a koreflexe. Konkrétní příklady adjungovaných situací. Kartézsky uzavřené kategorie. Kategorie a struktury, zejména struktury užívané v informatice. Monadické algebry.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMAI065	Základy teorie kategorií pro informatiky	3	2/0 Zk	—

4. *Teorie čísel v informatice*

Diofantické aproximace (Dirichletova věta, Fareyovy zlomky, transcendentní čísla). Diofantické rovnice (Pellova rovnice, Thueho rovnice, věta o 4 čtvercích, 10. Hilbertův problém). Prvočísla (odhady prvočíselné funkce, Dirichletova věta). Geometrie čísel (mřížky, Minkowskiho věta). Kongruence (kvadratické zbytky). Číselné rozklady (rozkladové identity, např. pentagonální identita).

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMAI040	Úvod do teorie čísel	3	2/0 Zk	—

c) Zaměření **Optimalizace**

Zkušební okruhy

1. Nelineární programování
2. Diskrétní optimalizační procesy
3. Vícekriteriální a celočíselné programování
4. Parametrické programování a intervalové metody

Zkušební požadavky

1. *Nelineární programování*

Vlastnosti konvexních množin a konvexních funkcí. Zobecnění konvexních funkcí. Nutné a postačující podmínky optimality pro volné a vázané extrémní úlohy nelineárního programování. Kvadratické programování. Semidefinitní programování. Dualita v nelineárním programování. Metody řešení úloh na volný a vázaný extrém, včetně penalizačních a bariérových metod. Jednorozměrná optimalizace.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NOPT008	Algoritmy nelineární optimalizace	6	—	2/2 Z+Zk
NOPT018	Základy nelineární optimalizace	6	2/2 Z+Zk	—

2. *Diskrétní optimalizační procesy*

Algoritmická teorie her, volební mechanismy, elektronické aukce, využití submodulárních funkcí v ekonomii. Optimalizace pomocí enumerací, generující funkce hranových řezů a perfektních párování, enumerační duality, problém maximálního řezu pro grafy vnořené na plochách.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDMI064	Aplikovaná diskrétní matematika	3	2/0 Zk	—
NOPT018	Základy nelineární optimalizace	6	2/2 Z+Zk	—

3. *Vícekriteriální a celočíselné programování*

Různé přístupy k řešení úloh s více kritérii. Funkcionál přiřazený k dané úloze vektorového programování. Pareto-optimální řešení. Úlohy lineární a nelineární vektorové optimalizace. Metody pro získání Pareto-optimálních řešení. Úlohy lineárního programování s podmínkami celočíselnosti, resp. s binárními proměnnými. Nelineární optimalizační problémy s podmínkami celočíselnosti.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NOPT016	Celočíselné programování	6	—	2/2 Z+Zk
NOPT017	Vícekriteriální optimalizace	3	—	2/0 Zk
NOPT018	Základy nelineární optimalizace	6	2/2 Z+Zk	—

4. Parametrické programování a intervalové metody

Obory stability řešení. Obory řešitelnosti. Funkce řešitelnosti pro jednoparametrické a víceparametrické programování. Intervalová lineární algebra (lineární soustavy rovnic, regularita, vlastní čísla). Lineární programování s nepřesnými daty. Deterministická globální optimalizace, horní a dolní odhady na účelovou funkci a optimální hodnotu.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NOPT017	Vícekritériální optimalizace	3	—	2/0 Zk
NOPT018	Základy nelineární optimalizace	6	2/2 Z+Zk	—
NOPT051	Intervalové metody	6	2/2 Z+Zk	—

2. Teoretická informatika

Garantující pracoviště: Katedra teoretické informatiky a matematické logiky, Informatický ústav Univerzity Karlovy

Garant oboru: Doc. Mgr. Michal Koucký, Ph.D.

Obor se nedělí na zaměření

Absolvent důkladně rozumí teoretickým základům výpočetních systémů a zároveň má přehled o praktických výpočetních metodách a postupech. Rozumí tak různým modelům výpočtů a jejich vzájemným vztahům, zná možnosti a limity efektivních výpočtů, disponuje širokým spektrem algoritmických technik a technik konstrukce datových struktur. Má důkladné znalosti v oblasti pravděpodobnosti a jejího využití při návrhu a analýze algoritmů a výpočetních systémů.

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN022	Pravděpodobnostní techniky	6	2/2 Z+Zk	—
NTIN063	Složitost	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN100	Základy přenosu a zpracování informace	5	—	2/1 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	0/4 Z	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	0/6 Z
NSZZ025	Diplomová práce III	15	0/10 Z	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 45 kreditů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL021	Booleovské funkce a jejich aplikace	3	2/0 Zk	—
NAIL031	Reprezentace booleovských funkcí	3	—	2/0 Zk
NAIL094	Rozhodovací procedury a verifikace	6	—	2/2 Z+Zk

NMAG563	Úvod do složitosti CSP	3	2/0 Zk	—
NDMI010	Grafové algoritmy	3	2/0 Zk	—
NDMI013	Kombinatorická a výpočetní geometrie II	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI018	Aproximační a online algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI025	Pravděpodobnostní algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI067	Toky, cesty a řezy	3	2/0 Zk	—
NDMI074	Algoritmy a jejich implementace	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI077	Algoritmy pro specifické třídy grafů	3	—	2/0 Zk
NDMI088	Grafové algoritmy II	3	—	2/0 Zk
NMAG446	Logika a složitost	3	—	2/0 Zk
NMAG536	Důkazová složitost a P vs. NP problém	3	—	2/0 Zk
NMAI067	Logika v informatice	3	2/0 Zk	—
NOPT034	Matematické programování a polyedrální kombinatorika	5	2/1 Z+Zk	—
NSWI072	Algoritmy komprese dat	3	2/0 Zk	—
NTIN017	Paralelní algoritmy	3	—	2/0 Zk
NTIN018	Pravděpodobnostní analýza algoritmů	3	2/0 Zk	—
NTIN033	Experimentální analýza algoritmů	6	—	2/2 Z+Zk
NTIN064	Vyčíslitelnost	3	—	2/0 Zk
NTIN067	Datové struktury II	3	—	2/0 Zk
NTIN073	Rekurze	3	2/0 Zk	—
NTIN081	Strukturální složitost	3	—	2/0 Zk
NTIN082	Výpočetní složitost	3	—	2/0 Zk
NTIN084	Bioinformatické algoritmy	6	2/2 Z+Zk	—
NTIN085	Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti I	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN086	Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti II	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN087	Textové algoritmy	3	2/0 Zk	—
NTIN088	Algoritmická náhodnost	3	—	2/0 Zk
NTIN096	Pseudo-Booleovská optimalizace	3	—	2/0 Zk
NTIN097	Struktury v hyperkrychlích	3	2/0 Zk	—
NTIN098	Pokročilé datové struktury	3	2/0 Zk	—
NTIN099	Algoritmy pro reprezentaci znalostí	3	—	2/0 Zk
NTIN104	Foundations of theoretical cryptography	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN103	Introduction to Parameterized Algorithms	6	2/2 Z+Zk	—

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NOPT016	Celočíselné programování	6	—	2/2 Z+Zk

NOPT042	Programování s omezujícími podmínkami	6	2/2 Z+Zk	—
NTIN023	Dynamické grafové datové struktury	3	2/0 Zk	—

Státní závěrečná zkouška

Ke dvěma povinným okruhům společným pro všechny obory si student vybere dva další okruhy z následující nabídky. Jako poslední okruh si student může zvolit buď také okruh z následující nabídky, nebo libovolný okruh oboru Diskrétní modely a algoritmy, libovolný okruh zaměření Inteligentní agenti nebo Strojové učení oboru Umělá inteligence, nebo libovolný okruh zaměření Počítačová grafika oboru Počítačová grafika a vývoj počítačových her. Celkem tedy každý student dostane pět otázek.

Zkušební okruhy

1. Složitost a vyčíslitelnost
2. Booleovské funkce
3. Algoritmy
4. Pokročilé datové struktury

Zkušební požadavky

1. Složitost a vyčíslitelnost

Výpočty s orákuly a relativizované výpočetní třídy. Polynomiální hierarchie. Neuniformní modely výpočtu. Pravděpodobnostní výpočetní třídy. Interaktivní protokoly, PCP věta. Jednosměrné funkce a pseudonáhodné generátory. Komunikační složitost. Důkazová složitost. Vztahy a separace různých tříd složitosti. Věty o rekurzi a jejich použití. Efektivně neoddělitelné množiny. Relativní vyčíslitelnost a operace skoku. Aritmetická hierarchie.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN063	Složitost	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN081	Strukturální složitost	3	—	2/0 Zk
NTIN082	Výpočetní složitost	3	—	2/0 Zk
NMAG536	Důkazová složitost a P vs. NP problém	3	—	2/0 Zk
NTIN064	Vyčíslitelnost	3	—	2/0 Zk
NTIN100	Základy přenosu a zpracování informace	5	—	2/1 Z+Zk

2. Booleovské funkce

Rezoluce a její úplnost. Třídy booleovských funkcí se speciálními vlastnostmi. Algoritmy pro SAT a MAXSAT. Reprezentace booleovských funkcí pomocí BDD a OBDD. Řešiče pro SAT a jejich využití pro SMT. Parametrizovaná složitost. Hyperkrychlové grafy.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN099	Algoritmy pro reprezentaci znalostí	3	—	2/0 Zk
NAIL094	Rozhodovací procedury a verifikace	6	—	2/2 Z+Zk

NTIN097	Struktury v hyperkrychlích	3	2/0 Zk	—
NAIL021	Booleovské funkce a jejich aplikace	3	2/0 Zk	—
NAIL031	Reprezentace booleovských funkcí	3	—	2/0 Zk

3. Algoritmy

Pokročilé grafové algoritmy, toky v síti, algoritmy pro rovinné grafy. Lineární a se-midefinitní programování, polynomiální algoritmy, použití v grafových a aproximačních algoritmech. Kombinatorické aproximační algoritmy a schémata. Pravděpodobnostní algoritmy, přibližné počítání, hašování a jeho aplikace. Interaktivní protokoly a verifikace, PCP věta a její aplikace. Paralelní výpočetní modely a třídy, techniky a příklady paralelních algoritmů. Textové algoritmy, posloupnosti, podřetězce, regulární výrazy a vyhledávání.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDMI010	Grafové algoritmy	3	2/0 Zk	—
NDMI018	Aproximační a online algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI025	Pravděpodobnostní algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NTIN017	Paralelní algoritmy	3	—	2/0 Zk
NTIN087	Textové algoritmy	3	2/0 Zk	—

4. Pokročilé datové struktury

Entropie a informace. Samoopravné kódy. Kompres dat. Datové struktury pro práci s řetězci. Dynamické datové struktury pro reprezentaci grafů. Slovníkové datové struktury. Pravděpodobnostní vyhledávací struktury. Pokročilé haldy. Datové struktury pro práci s celými čísly. Persistentní datové struktury. Samoupravující se datové struktury. Cache oblivious analýza a optimální algoritmy. Data-streamové problémy.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN100	Základy přenosu a zpracování informace	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN067	Datové struktury II	3	—	2/0 Zk
NTIN087	Textové algoritmy	3	2/0 Zk	—
NDMI010	Grafové algoritmy	3	2/0 Zk	—
NSWI072	Algoritmy komprese dat	3	2/0 Zk	—

3. Softwarové a datové inženýrství

Garantující pracoviště: Katedra softwarového inženýrství

Garant oboru: Doc. RNDr. Tomáš Skopal, Ph.D.

Zaměření:

- softwarové inženýrství
- vývoj software
- webové inženýrství
- databázové systémy
- analýza a zpracování rozsáhlých dat

Absolvent má hluboké softwarové a datové inženýrské znalosti v rámci zvoleného zaměření. Tyto znalosti nesledují pouze aktuální technologické trendy, ale jejich jádro je tvořeno hlubokým teoretickým základem. Absolvováním zaměření Softwarové inženýrství absolvent umí analyzovat požadavky na kvalitu a funkcionalitu softwarových řešení, navrhnout odpovídající architekturu a řídit proces jejich vývoje. Absolvent zaměření Vývoj software je schopen vykonávat roli vedoucího týmu vývojářů se schopnostmi pokročile programovat a má přehled o současných softwarových technologiích. Znalosti oblasti vývoje internetových aplikací intenzivně zpracovávajících data pokrývá zaměření Webové inženýrství. Se zaměřením Databázové systémy je absolvent připraven navrhovat schémata v různých typech databází a na jejich základě pak implementovat a administrovat databázové aplikace. Absolvent zaměření Analýza a zpracování rozsáhlých dat se uplatní jako vědecky orientovaný odborník na dobývání znalostí z dat a jejich interpretaci uživateli; např. jako datový analytik (data scientist).

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—
NPRG027	Zápočet k projektu	6	0/4 Z	0/4 Z
NPRG023	Softwarový projekt	9	0/6 Z	0/6 Z
NSZZ023	Diplomová práce I	6	0/4 Z	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	0/6 Z
NSZZ025	Diplomová práce III	15	0/10 Z	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 48 kreditů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDBI001	Dotazovací jazyky I	5	2/2 Z+Zk	—
NDBI006	Dotazovací jazyky II	5	—	2/2 Z+Zk
NDBI016	Transakce	3	—	2/0 Zk
NDBI019	Stochastické metody v databázích	3	—	2/0 Zk
NDBI021	Zákaznické preference	4	—	2/1 Z+Zk
NDBI023	Dobývání znalostí	9	—	4/2 Z+Zk
NDBI034	Vyhledávání multimediálního obsahu na webu	4	2/1 Z+Zk	—
NDBI040	Moderní databázové koncepty	5	2/2 Z+Zk	—
NDBI042	Techniky vizualizace dat	3	—	2/1 Z+Zk
NMAI060	Pravděpodobnostní metody	3	2/0 Zk	—
NPFL054	Úvod do strojového učení	5	2/2 Z+Zk	—
NPRG014	Koncepty moderních programovacích jazyků	3	0/3 Z	—
NPRG024	Návrhové vzory	3	—	0/2 KZ
NPRG039	Pokročilé aspekty a nové trendy v XML	5	2/1 Z+Zk	—

NPRG042	Programování v paralelním prostředí	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG043	Doporučené postupy v programování	6	—	2/2 KZ
NPRG054	Vývoj vysoce výkonného software	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG059	Praktikum z pokročilého objektového programování	2	0/1 Z	—
NSWI021	Počítačové sítě II	3	—	2/0 Zk
NSWI035	Principy distribuovaných systémů	3	2/0 Zk	—
NSWI026	Pokročilé aspekty softwarového inženýrství	5	—	2/2 Z+Zk
NSWI045	Rodina protokolů TCP/IP	3	—	2/0 Zk
NSWI072	Algoritmy komprese dat	3	2/0 Zk	—
NSWI073	Moderní síťová řešení	3	0/2 Z	—
NSWI080	Middleware	5	—	2/1 KZ
NSWI101	Modely a verifikace chování systémů	6	2/2 Z+Zk	—
NSWI108	Sémantizace webu	5	2/2 Z+Zk	—
NSWI126	Pokročilé nástroje pro vývoj a monitorování software	3	—	0/2 Z
NSWI130	Architektury softwarových systémů	5	2/2 Z+Zk	—
NSWI131	Vyhodnocování výkonnosti počítačových systémů	5	—	2/1 Z+Zk
NSWI144	Integrace a kvalita dat	4	2/1 Z+Zk	—
NSWI145	Webové služby	5	—	2/2 Z+Zk
NSWI149	Softwarové inženýrství v praxi	3	—	2/0 Z
NSWI150	Virtualizace a cloud computing	3	2/0 Zk	—
NSWI152	Vývoj cloudových aplikací	3	—	0/2 Z
NSWI153	Pokročilé technologie webových aplikací	5	—	2/2 Z+Zk
NTIN043	Formální základy softwarového inženýrství	5	2/2 Z+Zk	—
NTIN067	Datové struktury II	3	—	2/0 Zk
NPFL114	Hluboké učení	7	—	3/2 Z+Zk

Státní závěrečná zkouška

Ke dvěma povinným okruhům společným pro všechny obory si student vybere tři okruhy podle zvoleného zaměření. Dva z těchto okruhů jsou povinné pro zvolené zaměření, třetí je volitelný. Celkem tedy každý student dostane pět otázek.

Zkušební okruhy

1. Analýza a architektury software (povinný pro zaměření: Softwarové inženýrství)
2. Rozšířené programování (povinný pro zaměření: Softwarové inženýrství, Vývoj software)
3. Softwarové technologie (povinný pro zaměření: Vývoj software)
4. Webové technologie (povinný pro zaměření: Webové inženýrství)
5. Databáze - formální základy a dotazovací jazyky (povinný pro zaměření: Webové inženýrství, Databázové systémy)

6. Databáze - implementace a administrace (povinný pro zaměření: Databázové systémy)
7. Zpracování rozsáhlých a nestrukturovaných dat (povinný pro zaměření: Analýza a zpracování rozsáhlých dat)
8. Data mining (povinný pro zaměření: Analýza a zpracování rozsáhlých dat)

Zkušební požadavky

1. Analýza a architektury software

Procesy vývoje SW a jejich fáze. Podnikové procesy a jejich modelování pomocí BPMN. UML a jeho využití pro analýzu a návrh struktury a chování SW. Návrhové vzory. Testování SW, dopadová a změnová analýza. Plánování SW projektů, odhad nákladů, úroveň řízení projektů. Právní aspekty SW, hlavní zákony důležité pro IT projekty. Typy pohledů na SW architekturu. Modelování a dokumentace SW architektury. Klasifikace atributů kvality SW architektury, jejich popis pomocí scénářů a taktik. Servisně orientované architektury. Algebraické metody, vícedruhové algebry, iniciální modely. Formální základy jazyka UML. OCL jako specifikační jazyk a formální základy dle specifikace. Formální základy RDF a jazyka OWL, deskripční logika.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWI130	Architektury softwarových systémů	5	2/2 Z+Zk	—
NSWI026	Pokročilé aspekty softwarového inženýrství	5	—	2/2 Z+Zk
NTIN043	Formální základy softwarového inženýrství	5	2/2 Z+Zk	—

2. Rozšířené programování

Objektové koncepty moderních jazyků. Koncepty jazyků bez tříd. Generické programování a metaprogramování, generika a šablony, politiky, traits, type inference. Moderní konstrukce programovacích jazyků. Odkazy na objekty a jejich životnost. Pokročilé aspekty imperativních jazyků. Výjimky a bezpečné programování v prostředí s výjimkami. Implementace objektových vlastností, běhová podpora, volací konvence, garbage collection. Vliv moderních konstrukcí na výkonnost kódu. Návrhové vzory a jejich využití. Skriptovací jazyky, prototype-based jazyky. Domain Specific Languages. Funkcionální programování. Principy tvorby kvalitního kódu, doporučené postupy. Refaktorizace. Testování funkčnosti, hledání chyb, monitorování programů.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPRG059	Praktikum z pokročilého objektového programování	2	0/1 Z	—
NPRG014	Koncepty moderních programovacích jazyků	3	0/3 Z	—
NPRG024	Návrhové vzory	3	—	0/2 KZ
NPRG043	Doporučené postupy v programování	6	—	2/2 KZ

3. Softwarové technologie

Architektury operačních systémů, správa procesů, správa paměti, komunikace a synchronizace, paralelismus, virtualizace, stránkování. Souborové systémy, přístupová práva a bezpečnost. Přenositelnost a multiplatformnost aplikací. Testování a monitorování funkčnosti a výkonnosti. Architektura webových aplikací, skriptování na straně serveru a klienta, spolupráce s databázovými systémy. Architektura datového serveru, transakce, optimalizace výkonu. Cluster, Grid a Cloud. IaaS, PaaS a SaaS. MapReduce. Vyvažování zátěže, vysoká dostupnost.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWI126	Pokročilé nástroje pro vývoj a monitorování software	3	—	0/2 Z
NSWI153	Pokročilé technologie webových aplikací	5	—	2/2 Z+Zk
NDBI036	Databázové systémy pro praxi	4	2/1 Z+Zk	—
NSWI150	Virtualizace a cloud computing	3	2/0 Zk	—

4. Webové technologie

Obecný přehled základní webových technologií. Síťové služby pro webové technologie. Webové služby. Architektura klient-server aplikací, skriptování na straně serveru a klienta, webové frameworky. Použití databázových systémů ve webových aplikacích, NoSQL databáze, multimediální databáze. Indexace a prohledávání dokumentů, principy fungování webových vyhledávačů. Linked Data, integrace sémantických dat do webových stránek. Zajištění bezpečnosti informačních systémů v prostředí internetu, autentizace, autorizace, bezpečnostní modely, základy šifrování, ochrana dat.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWI130	Architektury softwarových systémů	5	2/2 Z+Zk	—
NSWI153	Pokročilé technologie webových aplikací	5	—	2/2 Z+Zk
NSWI145	Webové služby	5	—	2/2 Z+Zk
NDBI034	Vyhledávání multimediálního obsahu na webu	4	2/1 Z+Zk	—
NPRG043	Doporučené postupy v programování	6	—	2/2 KZ

5. Databáze - formální základy a dotazovací jazyky

Relační kalkuly, relační algebry. Relační úplnost. Bezpečné výrazy, ekvivalence relačních dotazovacích jazyků. Věta o tranzitivním uzávěru relace. Sémantika SQL. Standardy SQL. Objektové rozšíření relačního modelu dat. SQL/XML. Databáze textů – Booleovský a vektorový model. Vyhledávání v textech: Booleovské a vektorové indexy, signatury, uspořádání odpovědí. Dotazování nad XML daty, podobnost XML dat. Datalog. Deduktivní databáze. Rekurze v SQL. Tablo dotazy. Modelování preferencí a dotazování s preferencemi, top-k algoritmy, Fuzzy Datalog, doporučující systémy. Datový model RDF, dotazovací jazyk SPARQL, podobnostní dotazy v multimediálních databázích, metrické indexační metody.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDBI001	Dotazovací jazyky I	5	2/2 Z+Zk	—
NDBI006	Dotazovací jazyky II	5	—	2/2 Z+Zk
NDBI021	Zákaznické preference	4	—	2/1 Z+Zk
NDBI040	Moderní databázové koncepty	5	2/2 Z+Zk	—
NDBI038	Vyhledávání na webu	4	—	2/1 Z+Zk

6. Databáze - implementace a administrace

Architektury databázových systémů. Modely a vlastnosti transakcí: uzamykací protokoly, časová razítka. Izolace transakcí, alokace prostředků. Distribuované transakce. Zotavení z chyb, žurnály. Distribuce s horizontální fragmentací, implementace NoSQL databází, CAP teorém. Indexace relačních dat. Přístupové metody k prostorovým objektům. Algoritmy implementace relačních operací, agregačních funkcí. Vyhodnocování a optimalizace dotazů. Indexace XML dat. Zpracování dotazů v XML dotazovacích jazycích. Kompresce dat: modely textu, kódování, Huffmanovo kódování, aritmetické kódování, LZ algoritmy, komprese bitových map, řídkých matic, Burrows-Wheelerova transformace.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDBI016	Transakce	3	—	2/0 Zk
NPRG039	Pokročilé aspekty a nové trendy v XML	5	2/1 Z+Zk	—
NSWI072	Algoritmy komprese dat	3	2/0 Zk	—
NSWI144	Integrace a kvalita dat	4	2/1 Z+Zk	—
NDBI040	Moderní databázové koncepty	5	2/2 Z+Zk	—
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—

7. Zpracování rozsáhlých a nestrukturovaných dat

Distribuce s horizontální fragmentací, implementace NoSQL databází, CAP teorém. Big Data management - distribuce, škálování, replikace, transakce. MapReduce. Úložiště typu klíč - hodnota. Sloupcová úložiště. Dokumentová úložiště. Modely pro fulltextové dotazování - vektorový, booleovský, pravděpodobnostní model. Kompresce dat: modely textu, kódování. Podobnostní dotazy v multimediálních databázích, metrické indexační metody. Techniky vizualizace dat. RDF(S) modely splňování, deskripční a dynamická logika, webovské dotazovací jazyky, model sémantizace webu.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDBI040	Moderní databázové koncepty	5	2/2 Z+Zk	—
NDBI034	Vyhledávání multimediálního obsahu na webu	4	2/1 Z+Zk	—
NDBI042	Techniky vizualizace dat	3	—	2/1 Z+Zk
NSWI108	Sémantizace webu	5	2/2 Z+Zk	—

8. *Data mining*

Základní principy databázových systémů, datových skladů a technologie OLAP. Dobývání znalostí z databází - příprava dat a jejich předzpracování, techniky pro popis konceptů, metody pro dobývání asociativních pravidel, metody pro klasifikaci a predikci dat, metody pro klastrovou analýzu, dobývání znalostí v databázových systémech. Statistické metody pro data mining. Hledání různých typů závislostí. Bayesovská analýza, bayesovské sítě. Pravděpodobnostní modely dokumentografického informačního systému. Metody řízeného učení pro klasifikaci a regresi. Support Vector Machines a kernelové funkce. Evaluace experimentů. Techniky vizualizace dat.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDBI023	Dobývání znalostí	9	—	4/2 Z+Zk
NDBI019	Stochastické metody v databázích	3	—	2/0 Zk
NAIL029	Strojové učení	3	—	2/0 Zk
NDBI042	Techniky vizualizace dat	3	—	2/1 Z+Zk

4. **Softwarové systémy**

Garantující pracoviště: Katedra distribuovaných a spolehlivých systémů

Garant oboru: Prof. Ing. Petr Tůma, Dr.

Zaměření:

- systémové programování
- spolehlivé systémy
- výkonné systémy

Absolvent má hluboké znalosti z oblasti programovacích jazyků a počítačových systémů podle zvoleného zaměření. Těmito zaměřeními jsou Systémové programování, které vybaví absolventa znalostmi o moderních operačních systémech a souvisejících technologiích (middleware, virtual machines), Spolehlivé systémy, které se soustředí na metody systematické konstrukce systémů s vysokou spolehlivostí, a konečně Výkonné systémy, které kladou důraz na znalosti potřebné pro vývoj software na moderních paralelních a distribuovaných systémech. Znalosti jsou vnímány ve vzájemných souvislostech a podporují navazující odborné dovednosti.

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—
NMAI060	Pravděpodobnostní metody	3	2/0 Zk	—
NPRG043	Doporučené postupy v programování	6	—	2/2 KZ
NPRG059	Praktikum z pokročilého objektového programování	2	0/1 Z	—
NSWI126	Pokročilé nástroje pro vývoj a monitorování software	3	—	0/2 Z

NSWI150	Virtualizace a cloud computing	3	2/0 Zk	—
NPRG027	Zápočet k projektu	6	0/4 Z	0/4 Z
NPRG023	Softwarový projekt	9	0/6 Z	0/6 Z
NSZZ023	Diplomová práce I	6	0/4 Z	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	0/6 Z
NSZZ025	Diplomová práce III	15	0/10 Z	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 30 kreditů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPRG014	Koncepty moderních programovacích jazyků	3	0/3 Z	—
NPRG042	Programování v paralelním prostředí	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG054	Vývoj vysoce výkonného software	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG056	Vývoj aplikací pro mobilní zařízení	3	0/2 Z	—
NSWE001	Vestavěné systémy a systémy reálného času	6	—	2/2 Z+Zk
NSWI029	Moderní trendy v informatice	2	0/2 Z	0/2 Z
NSWI035	Principy distribuovaných systémů	3	2/0 Zk	—
NSWI026	Pokročilé aspekty softwarového inženýrství	5	—	2/2 Z+Zk
NSWI054	Softwarové inženýrství pro spolehlivé systémy	3	—	0/2 Z
NSWI080	Middleware	5	—	2/1 KZ
NSWI101	Modely a verifikace chování systémů	6	2/2 Z+Zk	—
NSWI109	Konstrukce překladačů	4	—	2/1 Z+Zk
NSWI131	Vyhodnocování výkonnosti počítačových systémů	5	—	2/1 Z+Zk
NSWI132	Analýza programů a verifikace kódu	6	—	2/2 Z+Zk
NSWI161	Pokročilé operační systémy	3	—	2/0 Zk
NSWI164	Modelem řízený vývoj	1	0/1 Z	—

Státní závěrečná zkouška

Ke dvěma povinným okruhům společným pro všechny obory student dostane po jedné otázce ze tří zkušebních okruhů podle zvoleného zaměření. Celkem tedy každý student dostane pět otázek.

a) Zaměření **Systemové programování**

Zkušební okruhy

1. Systemové aspekty počítačů (SP)
2. Paralelní a distribuované systémy (SP)
3. Moderní koncepty programování (SP)

Zkušební požadavky

1. *Systémové aspekty počítačů (SP)*

Paralelismus, synchronizace a komunikace. Hierarchie paměti. Podpora virtualizace. Vše v kontextu soudobých paralelních architektur.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPRG042	Programování v paralelním prostředí	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG054	Vývoj vysoce výkonného software	6	—	2/2 Z+Zk
NSWI161	Pokročilé operační systémy	3	—	2/0 Zk

2. *Paralelní a distribuované systémy (SP)*

Komunikace a koordinace v distribuovaném prostředí, algoritmy a technologie (konkrétní technologie pro RPC, DSM, messaging podle aktuálního vývoje).

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWI035	Principy distribuovaných systémů	3	2/0 Zk	—
NSWI080	Middleware	5	—	2/1 KZ

3. *Moderní koncepty programování (SP)*

Moderní objektové koncepty, metaprogramování, reflexe, aspekty. Konstrukce moderních programovacích jazyků (například anotace, iterátory, generika, lambda funkce). Metriky kvality kódu, dokumentace, refaktoring, testování a ladění. Návrhové vzory. Vše v kontextu soudobých programovacích jazyků.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPRG043	Doporučené postupy v programování	6	—	2/2 KZ
NPRG014	Koncepty moderních programovacích jazyků	3	0/3 Z	—

b) Zaměření **Spolehlivé systémy**

Zkušební okruhy

1. Systémové aspekty počítačů (SS)
2. Paralelní a distribuované systémy (SS)
3. Formální metody (SS)

Zkušební požadavky

1. *Systémové aspekty počítačů (SS)*

Embedded a real time systémy (RTES), real time plánování, návrh a modelování RTES, operační systémy pro RTES. Mobilní zařízení, návrh a distribuce software pro mobilní zařízení, správa prostředků.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWE001	Vestavěné systémy a systémy reálného času	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG056	Vývoj aplikací pro mobilní zařízení	3	0/2 Z	—

2. *Paralelní a distribuované systémy (SS)*

Synchronizace v paralelních systémech. Kauzalita a konsensus v distribuovaném prostředí. Komunikace, koordinace, replikace a mobilita v distribuovaném prostředí, algoritmy a technologie (konkrétní technologie pro RPC, DSM, messaging podle aktuálního vývoje).

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWI035	Principy distribuovaných systémů	3	2/0 Zk	—
NSWI080	Middleware	5	—	2/1 KZ

3. *Formální metody (SS)*

Modelování chování programů, formální nástroje (timed automata, LTS, Kripke Structure, svazy, LTL, CTL, bisimulace). Verifikace kódu proti kontraktům. Statická analýza (princip, základní algoritmy). Model checking, state explosion, infinite state model checking, compositional reasoning, bounded model checking, CEGAR, symbolická exekuce, runtime analýza, abstraktní interpretace.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWI101	Modely a verifikace chování systémů	6	2/2 Z+Zk	—
NSWI132	Analýza programů a verifikace kódu	6	—	2/2 Z+Zk

c) Zaměření **Výkonné systémy**

Zkušební okruhy

1. Distribuované systémy (VS)
2. Programování paralelních aplikací (VS)
3. Systémové aspekty počítačů (VS)

Zkušební požadavky

1. *Distribuované systémy (VS)*

Kauzalita a konsensus v distribuovaném prostředí. Komunikace, koordinace, replikace a mobilita v distribuovaném prostředí, algoritmy a technologie (konkrétní technologie pro RPC, DSM, messaging, deployment podle aktuálního vývoje).

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWI035	Principy distribuovaných systémů	3	2/0 Zk	—
NSWI080	Middleware	5	—	2/1 KZ

2. Programování paralelních aplikací (VS)

Moderní hierarchie paměti (multiprocesory, GPU, NUMA), vztah efektivity přístupu a umístění dat. Transformace úloh na datově paralelní, paralelní řešení nehomogenních úloh. Efektivní paralelní implementace základních algoritmů. Synchronizace, vyvažování zátěže.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPRG042	Programování v paralelním prostředí	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG054	Vývoj vysoce výkonného software	6	—	2/2 Z+Zk

3. Systémové aspekty počítačů (VS)

Hierarchie paměti. Podpora virtualizace. Metriky výkonnosti systému a metody jejich měření. Metodiky měření výkonnosti moderních systémů. Modelování výkonnosti systému. Vše v kontextu soudobých paralelních architektur.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWI131	Vyhodnocování výkonnosti počítačových systémů	5	—	2/1 Z+Zk
NSWI150	Virtualizace a cloud computing	3	2/0 Zk	—

5. Matematická lingvistika

Garantující pracoviště: Ústav formální a aplikované lingvistiky

Garant oboru: Doc. RNDr. Markéta Lopatková, Ph.D.

Zaměření:

- počítačová a formální lingvistika
- statistické metody a strojové učení v počítačové lingvistice

Absolvent získá znalost teoretických základů formálního popisu přirozených jazyků, matematicko-informatických základů pro jejich počítačové zpracování a základy obecných metod strojového učení. Bude mít schopnost uplatnit tento vzhled v návrhu a realizaci systémů automatického zpracování přirozeného jazyka a systémů pro práci s velkými korpusy nestructurovaných (jazykových) i strukturovaných dat.

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—
NPFL063	Úvod do obecné lingvistiky	5	2/1 Z+Zk	—
NPFL067	Statistické metody zpracování přirozených jazyků I	5	2/2 Z+Zk	—
NPFL092	Technologie pro NLP	5	1/2 KZ	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	0/4 Z	0/4 Z

NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	0/6 Z
NSZZ025	Diplomová práce III	15	0/10 Z	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 42 kreditů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPFL006	Úvod do formální lingvistiky	3	2/0 Zk	—
NPFL038	Základy rozpoznávání a generování mluvené řeči	6	2/2 Z+Zk	—
NPFL068	Statistické metody zpracování přirozených jazyků II	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL070	Zdroje jazykových dat	5	1/2 KZ	—
NPFL075	Závislostní gramatiky a korpusy	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL079	Algoritmy rozpoznávání mluvené řeči	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL082	Informační struktura věty a výstavba diskurzu	3	—	0/2 Z
NPFL083	Lingvistická teorie a gramatické formalismy	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL087	Statistický strojový překlad	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL093	Aplikace NLP	5	—	2/1 KZ
NPFL094	Morfologická a syntaktická analýza	3	2/0 KZ	—
NPFL095	Moderní metody v počítačové lingvistice	3	0/2 Z	—
NPFL096	Komputační morfologie	4	—	2/1 Zk
NPFL099	Statistické dialogové systémy	5	2/1 Z+Zk	—
NPFL103	Vyhledávání informací	6	2/2 Z+Zk	—
NPFL104	Metody strojového učení	5	—	1/2 Z+Zk
NPOZ009	Odborné vyjadřování a styl	3	—	1/1 KZ
NPRG027	Zápočet k projektu	6	0/4 Z	0/4 Z
NPRG023	Softwarový projekt	9	0/6 Z	0/6 Z
NPFL114	Hluboké učení	7	—	3/2 Z+Zk

Státní závěrečná zkouška

Ke dvěma povinným okruhům společným pro všechny obory má obor Matematická lingvistika jeden společný povinný okruh pro obě zaměření, jeden povinný okruh dle zvoleného zaměření a jeden okruh si student vybírá z volitelných okruhů. Jako tento poslední okruh si student může zvolit také povinný okruh druhého zaměření oboru Matematická lingvistika, jeden z okruhů zaměření Inteligentní agenti či Strojové učení oboru Umělá inteligence či jeden z okruhů zaměření Počítačová grafika oboru Počítačová grafika a vývoj počítačových her. Celkem tedy každý student dostane pět otázek.

Zkušební okruhy

1. Základy počítačového zpracování přirozeného jazyka (povinný okruh pro obě zaměření)

2. Lingvistické teorie a formalismy (povinný okruh pro zaměření Počítačová a formální lingvistika)
3. Statistické metody a strojové učení v počítačové lingvistice (povinný okruh pro zaměření Statistické metody a strojové učení v počítačové lingvistice)
4. Multimodální technologie a data (volitelný okruh)
5. Aplikace metod zpracování přirozeného jazyka (volitelný okruh)

Zkušební požadavky

1. Základy počítačového zpracování přirozeného jazyka

Základy obecné lingvistiky. Systém rovin popisu jazyka. Závislostní syntax, formální definice a vlastnosti závislostních stromů. Chomského hierarchie jazyků, bezkontextové jazyky, frázové, unifikační a kategoriální gramatiky pro přirozený jazyk. Návrh a vyhodnocení lingvistických experimentů, evaluační metriky. Základní stochastické modely. Jazykové modelování, základní metody trénování stochastických modelů. Základní algoritmy.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPFL067	Statistické metody zpracování přirozených jazyků I	5	2/2 Z+Zk	—
NPFL063	Úvod do obecné lingvistiky	5	2/1 Z+Zk	—

2. Lingvistické teorie a formalismy

Funkční generativní popis. Pražský závislostní korpus. Další základní gramatické formalismy (Government and Binding, unifikační gramatiky, struktury rysů, HPSG, LFG, kategoriální gramatiky, (L)TAG). Fonetika, fonologie. Komputační morfologie. Syntax. Počítačová lexikografie. Aktuální členění věty; informační struktura, diskurz. Koreference. Typologie jazyků. Formální gramatiky a jejich využití v pravidlové morfologii a parsingu.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPFL063	Úvod do obecné lingvistiky	5	2/1 Z+Zk	—
NPFL083	Lingvistická teorie a gramatické formalismy	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL075	Závislostní gramatiky a korpusy	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL094	Morfologická a syntaktická analýza	3	2/0 KZ	—
NPFL006	Úvod do formální lingvistiky	3	2/0 Zk	—

3. Statistické metody a strojové učení v počítačové lingvistice

Generativní a diskriminativní modely. Metody řízeného učení pro klasifikaci a regresi (lineární modely, ostatní metody: naive Bayes, rozhodovací stromy, učení založené na příkladech). Support Vector Machines a kernelové funkce. Logistická regrese. Metody neřízeného učení. Bayesovské sítě. Bias-variance tradeoff. Jazykové modely a modely kanálu. Vyhlažování modelů, kombinace modelů. HMM, trellis, Viterbi, Baum-Welch. Algoritmy pro statistický tagging. Algoritmy pro složkový a závislostní statistický parsing.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPFL067	Statistické metody zpracování přirozených jazyků I	5	2/2 Z+Zk	—
NPFL068	Statistické metody zpracování přirozených jazyků II	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL104	Metody strojového učení	5	—	1/2 Z+Zk
NPFL087	Statistický strojový překlad	6	—	2/2 Z+Zk

4. Multimodální technologie a data

Základy produkce a vnímání mluvené řeči. Metody zpracování řečového signálu. HMM modelování akustiky fonému. Implementace Baum-Welch a Viterbi algoritmu pro rozpoznávání řeči. Rozpoznávání plynulé řeči s pomocí velkých slovníků. Adaptační techniky. Sumarizace řečových nahrávek. Vyhledávání témat a slov v řečových korpusech. Rozpoznávání mluvčího. Metody syntézy řeči. Zpracování textu pro syntézu řeči. Modelování prosodie. Základní komponenty dialogového systému. Porozumění mluvené řeči. Řízení dialogu – MDP a POMDP systémy. Zpětnovazební učení. Stav dialogu a jeho odhad v MDP a POMDP systémech. Simulace uživatele. Generování promluvy. Hodnocení kvality dialogových systémů. Indexace audio-vizuálních archivů.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPFL038	Základy rozpoznávání a generování mluvené řeči	6	2/2 Z+Zk	—
NPFL079	Algoritmy rozpoznávání mluvené řeči	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL099	Statistické dialogové systémy	5	2/1 Z+Zk	—

5. Aplikace metod zpracování přirozeného jazyka

Kontrola překlepů, kontrola gramatické správnosti. Vstupní metody (input methods). Strojový překlad. Počítačem podporovaný překlad. Statistické metody ve strojovém překladu. Vyhodnocování kvality překladu. Vyhledávání informací, vyhledávací modely. Rozšiřování dotazů a relevance feedback. Shlukování dokumentů. Vyhledávání na webu. Hledání duplicit a detekce plagiátorství. Evaluace vyhledávání informací. Postojová analýza (sentiment analysis), analýza sociálních sítí. Komerční implementace (Lucene, SOLR, Terrier). Komplexní systémy (GATE, NLTK, NLPTools).

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPFL087	Statistický strojový překlad	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL103	Vyhledávání informací	6	2/2 Z+Zk	—
NPFL093	Aplikace NLP	5	—	2/1 KZ

6. Umělá inteligence

Garantující pracoviště: Katedra teoretické informatiky a matematické logiky

Garant oboru: Prof. RNDr. Roman Barták, Ph.D.

Zaměření:

- inteligentní agenti
- strojové učení
- robotika

Absolvent oboru Umělá inteligence dokáže aplikovat a dále rozvíjet různé techniky návrhu inteligentních systémů, jako je automatické řešení úloh, řízení autonomních agentů (jak virtuálních, tak fyzických), plánování, strojové učení a dolování dat. Je schopen analyzovat a formálně popsat komplexní rozhodovací problém, navrhnout vhodnou řešící techniku a tuto techniku také implementovat.

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—
NMAI060	Pravděpodobnostní metody	3	2/0 Zk	—
NAIL070	Umělá inteligence II	3	—	2/0 Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	0/4 Z	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	0/6 Z
NSZZ025	Diplomová práce III	15	0/10 Z	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 60 kreditů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL002	Neuronové sítě	9	4/2 Z+Zk	—
NAIL013	Aplikace teorie neuronových sítí	3	—	2/0 Zk
NAIL060	Implementace neuronových sítí I	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL021	Booleovské funkce a jejich aplikace	3	2/0 Zk	—
NAIL022	Metody logického programování	3	2/0 Zk	—
NAIL025	Evoluční algoritmy I	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL086	Evoluční algoritmy II	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL028	Úvod do robotiky	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL029	Strojové učení	3	—	2/0 Zk
NAIL004	Seminář z umělé inteligence I	3	0/2 Z	—
NAIL052	Seminář z umělé inteligence II	3	—	0/2 Z
NAIL061	Seminář z mobilní robotiky	3	—	0/2 Z
NAIL065	Evoluční robotika	5	—	2/1 Z+Zk
NAIL068	Umělé bytosti	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL069	Umělá inteligence I	5	2/1 Z+Zk	—
NAIL071	Plánování a rozvrhování	3	—	2/0 Zk
NAIL073	Robot I	3	0/2 Z	—
NAIL074	Robot II	3	—	0/2 Z
NAIL076	Logické programování I	3	2/0 Zk	—
NAIL077	Logické programování II	3	—	2/0 Zk

NAIL078	Lambda-kalkulus a funkcionální programování I	5	2/1 Z+Zk	—
NAIL087	Informatika a kognitivní vědy I	6	3/1 Z+Zk	—
NAIL088	Informatika a kognitivní vědy II	6	—	3/1 Z+Zk
NAIL094	Rozhodovací procedury a verifikace	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL101	Pravděpodobnostní robotika	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL104	Pravděpodobnostní grafické modely	3	2/0 Zk	—
NAIL105	Internet a klasifikační metody	3	—	1/1 Z+Zk
NAIL106	Multiagentní systémy	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL107	Strojové učení v bioinformatice	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL108	Mobilní robotika	3	—	1/1 KZ
NAIL116	Sociální sítě a jejich analýza	6	2/2 Z+Zk	—
NDBI023	Dobývání znalostí	9	—	4/2 Z+Zk
NDBI031	Statistické metody v systémech pro dobývání znalostí z dat	3	1/1 Z+Zk	—
NMAI061	Metody matematické statistiky	5	—	2/1 Z+Zk
NMAI067	Logika v informatice	3	2/0 Zk	—
NOPT021	Teorie her	3	2/0 Zk	—
NOPT042	Programování s omezujícími podmínkami	6	2/2 Z+Zk	—
NPFL067	Statistické metody zpracování přirozených jazyků I	5	2/2 Z+Zk	—
NPFL068	Statistické metody zpracování přirozených jazyků II	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL097	Neřízené strojové učení v NLP	3	—	1/1 Z
NPFL104	Metody strojového učení	5	—	1/2 Z+Zk
NPGR001	3D počítačové vidění	5	2/2 Zk	—
NPRG023	Softwarový projekt	9	0/6 Z	0/6 Z
NPRG027	Zápočet k projektu	6	0/4 Z	0/4 Z
NPRG037	Programování mikrokontrolerů	6	2/2 Z+Zk	—
NSWE001	Vestavěné systémy a systémy reálného času	6	—	2/2 Z+Zk
NSWI054	Softwarové inženýrství pro spolehlivé systémy	3	—	0/2 Z
NPFL114	Hluboké učení	7	—	3/2 Z+Zk

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL015	Implementace neuronových sítí II	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL031	Reprezentace booleovských funkcí	3	—	2/0 Zk
NAIL079	Lambda-kalkulus a funkcionální programování II	5	—	2/1 Z+Zk
NAIL110	Praktikum z robotiky	6	—	1/3 KZ
NPFL038	Základy rozpoznávání a generování mluvené řeči	6	2/2 Z+Zk	—
NPFL054	Úvod do strojového učení	5	2/2 Z+Zk	—

NPFL079	Algoritmy rozpoznávání mluvené řeči	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL087	Statistický strojový překlad	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL103	Vyhledávání informací	6	2/2 Z+Zk	—
NPGR002	Digitální zpracování obrazu	4	3/0 Zk	—
NTIN084	Bioinformatické algoritmy	6	2/2 Z+Zk	—
NSWI103	Řízení projektů – Systémová dynamika I	3	0/2 Z	—
NSWI104	Řízení firem – Systémová dynamika II	3	—	0/2 Z

Státní závěrečná zkouška

Ke dvěma povinným okruhům společným pro všechny obory si student vybere tři okruhy podle zvoleného zaměření. Minimálně dva okruhy musí být ze zvoleného zaměření (zaměření *Intelligentní agenti* má jeden z těchto okruhů povinný), třetí okruh je možné zvolit z jiného zaměření oboru. Celkem tedy každý student dostane pět otázek.

a) Zaměření *Intelligentní agenti*

Zkušební okruhy

1. Reprezentace znalostí (povinný okruh pro zaměření *Intelligentní agenti*)
2. Řešení úloh a plánování
3. Neprocedurální programování
4. Multi-agentní systémy
5. Přírodou inspirované počítání

Zkušební požadavky

1. Reprezentace znalostí

Formální systémy, logika 1. řádu, jazyk, axiomy, odvozovací pravidla. Výroková logika, sémantika, tautologie a splnitelnost, dokazatelnost. Normální tvary formulí. Strojové dokazování vět, model checking, dopředné a zpětné řetězení, rezoluční metoda a unifikace.

Podmíněná nezávislost, Bayesovské sítě, výpočet v Bayesovské síti, naivní Bayesovský klasifikátor, rozhodovací grafy, markovské rozhodovací procesy, zpětnovazebné učení, částečně pozorovatelné markovské rozhodovací procesy, podmíněná markovská pole.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL062	Výroková a predikátová logika	6	2/2 Z+Zk	—
NMAI060	Pravděpodobnostní metody	3	2/0 Zk	—
NAIL069	Umělá inteligence I	5	2/1 Z+Zk	—
NAIL070	Umělá inteligence II	3	—	2/0 Zk
NAIL104	Pravděpodobnostní grafické modely	3	2/0 Zk	—

2. Řešení úloh a plánování

Reprezentace znalostí: stavový prostor, produkční systémy, reprezentace pomocí logiky. Prohledávací algoritmy; stromové, grafové a lokální prohledávání, heuristiky. Řešení SAT problémů a splňování omezujících podmínek. Modelování problémů. Automa-

tické plánování; plánovací doména a problém, plánovací operátory. Základní plánovací techniky a algoritmy; heuristiky; rozšíření plánovacích algoritmů. Plánování a rozvrhování.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL069	Umělá inteligence I	5	2/1 Z+Zk	—
NAIL071	Plánování a rozvrhování	3	—	2/0 Zk
NOPT042	Programování s omezujícími podmínkami	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL094	Rozhodovací procedury a verifikace	6	—	2/2 Z+Zk

3. *Neprocedurální programování*

Odlišnost procedurálního a neprocedurálního způsobu programování. Principy funkcionálního a logického programování. Lambda kalkulus, syntax, principy redukce. Churchova a Rosserova vlastnost a konsistence kalkulu. Věty o pevném bodu. Normální tvar objektů. Typovaný lambda kalkul. Substituce a unifikace. Hornovy klauzule, SLD-rezoluce a logické programy. Čistý Prolog, negace definovaná neúspěchem, obecné logické programy. Postačující podmínky ukončení výpočtu. Implementace Prologu. Logické programování s omezujícími podmínkami.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL076	Logické programování I	3	2/0 Zk	—
NAIL077	Logické programování II	3	—	2/0 Zk
NAIL078	Lambda-kalkulus a funkcionální programování I	5	2/1 Z+Zk	—
NAIL022	Metody logického programování	3	2/0 Zk	—
NOPT042	Programování s omezujícími podmínkami	6	2/2 Z+Zk	—

4. *Multi-agentní systémy*

Architektura autonomního agenta; percepce, mechanismus výběru akcí, paměť; psychologické inspirace. Metody pro řízení agentů; symbolické a konekcionistické reaktivní plánování, hybridní přístupy. Problém hledání cesty; navigační pravidla, reprezentace terénu. Komunikace a znalosti v multiagentních systémech, ontologie, řečové akty, FIPA-ACL, protokoly. Distribuované řešení problémů, kooperace, Nashova ekvilibria, Paretova efektivita, alokace zdrojů, aukce. Etologické motivace, modely populační dynamiky. Metody pro učení agentů; zpětnovazební učení, základní formy učení zvířat. Metodologie návrhu, jazyky a prostředí multiagentních systémů.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL106	Multiagentní systémy	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL068	Umělé bytosti	6	—	2/2 Z+Zk

5. *Přírodou inspirované počítání*

Genetické algoritmy, genetické a evoluční programování. Teorie schémat, pravděpodobnostní modely jednoduchého genetického algoritmu. Evoluční strategie, diferenciální

evoluce, koevoluce, otevřená evoluce. Rojové optimalizační algoritmy. Memetické algoritmy, hill climbing, simulované žíhání. Aplikace evolučních algoritmů (evoluce expertních systému, neuroevoluce, řešení kombinatorických úloh, vícekritériální optimalizace).

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL025	Evoluční algoritmy I	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL086	Evoluční algoritmy II	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL065	Evoluční robotika	5	—	2/1 Z+Zk

b) Zaměření **Strojové učení**

Zkušební okruhy

1. Strojové učení a jeho aplikace
2. Neuronové sítě
3. Dobývání znalostí

Zkušební požadavky

1. Strojové učení a jeho aplikace

Strojové učení; prohledávání prostoru verzí, učení s učitelem a bez učitele, pravděpodobnostní přístupy, zpětnovazební učení, teoretické aspekty strojového učení. Evoluční algoritmy; základní pojmy a teoretické poznatky, hypotéza o stavebních blocích, koevoluce, aplikace evolučních algoritmů. Strojové učení v počítačové lingvistice. Pravděpodobnostní algoritmy pro analýzu biologických sekvencí; hledávání motivů v DNA, strategie pro detekci genů a predikci struktury proteinů.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL029	Strojové učení	3	—	2/0 Zk
NPFL067	Statistické metody zpracování přirozených jazyků I	5	2/2 Z+Zk	—
NAIL025	Evoluční algoritmy I	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL107	Strojové učení v bioinformatice	6	—	2/2 Z+Zk

2. Neuronové sítě

Neurofyziologické minimum. Modely pro učení s učitelem, algoritmus zpětného šíření, strategie pro urychlení učení, regularizační techniky a generalizace. Asociativní paměti, Hebbovské učení a hledání suboptimálních řešení, stochastické modely. Umělé neuronové sítě založené na principu učení bez učitele. Modulární, hierarchické a hybridní modely neuronových sítí. Genetické algoritmy a jejich využití při učení umělých neuronových sítí.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL002	Neuronové sítě	9	4/2 Z+Zk	—
NAIL060	Implementace neuronových sítí I	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL013	Aplikace teorie neuronových sítí	3	—	2/0 Zk
NAIL065	Evoluční robotika	5	—	2/1 Z+Zk

3. Dobývání znalostí

Základní paradigmaty dobývání znalostí. Příprava dat, výběr atributů a metody pro analýzu jejich relevance. Metody pro dobývání znalostí; asociační pravidla, přístupy založené na principu učení s učitelem a klastrová analýza. Metody pro extrakci charakteristických diskriminačních pravidel a měření jejich zajímavosti. Reprezentace, vyhodnocování a vizualizace získaných znalostí. Modely a evaluace vyhledávání informací. Využití technik pro dobývání znalostí a vyhledávání informací v praxi.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDBI023	Dobývání znalostí	9	—	4/2 Z+Zk
NPFL103	Vyhledávání informací	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL105	Internet a klasifikační metody	3	—	1/1 Z+Zk
NAIL099	Seminář strojového učení a modelování I	2	0/1 Z	—

c) Zaměření **Robotika**

Zkušební okruhy

1. Lokalizace a mapování
2. Řídící systémy
3. Robotické systémy
4. Plánování a navigace

Zkušební požadavky

1. Lokalizace a mapování

Základní typy lokalizace. Pravděpodobnostní lokalizace, částicové filtry, metody Monte-Carlo. Reprezentace prostředí, reprezentace map, problém korespondence, mapování v dynamickém prostředí. Vztah lokalizace a mapování, SLAM.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL028	Úvod do robotiky	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL101	Pravděpodobnostní robotika	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL108	Mobilní robotika	3	—	1/1 KZ

2. Řídící systémy

Řídící systém robota. Zpracování signálu, rozpoznávání, feature matching and tracking. Systémy pro modelování, virtuální robotika, simulátory. Distribuované algoritmy, systémy řízení pro multirobotické systémy, komunikace, synchronizace, koordinace. Softwarová realizace, programování pro specifické běhové prostředí, ladící prostředky a postupy.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL028	Úvod do robotiky	6	2/2 Z+Zk	—
NPGR001	3D počítačové vidění	5	2/2 Zk	—
NPGR002	Digitální zpracování obrazu	4	3/0 Zk	—

NSWI035	Principy distribuovaných systémů	3	2/0 Zk	—
---------	----------------------------------	---	--------	---

3. Robotické systémy

Základní kinematický a dynamický model, reverzní kinematika a dynamika. Nízkoúrovňový hardware a software, vestavěné systémy. Typy senzorů a aktuátorů, principy a typické oblasti použití. Vysokoúrovňové robotické systémy a jejich řízení: manipulátory, mobilní robotika, autonomní robotika.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL028	Úvod do robotiky	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL108	Mobilní robotika	3	—	1/1 KZ
NSWE001	Vestavěné systémy a systémy reálného času	6	—	2/2 Z+Zk

4. Plánování a navigace

Základní navigační postupy: dead-reckoning, odometrie, triangulace a trilaterace, inerciální navigace. Navigační a prohledávací algoritmy. Plánování akcí, formulace plánovacího problému, základní plánovací algoritmy, plánování s časem a zdroji.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL028	Úvod do robotiky	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL108	Mobilní robotika	3	—	1/1 KZ
NAIL071	Plánování a rozvrhování	3	—	2/0 Zk

7. Počítačová grafika a vývoj počítačových her

Garantující pracoviště: Katedra softwaru a výuky informatiky

Garant oboru: Doc. Alexander Wilkie, Dr.

Zaměření:

- počítačová grafika
- vývoj počítačových her

Absolvent oboru je zdatným programátorem se znalostí příslušných postupů a technologií. Podle zvoleného zaměření je vybaven buď hlubokými znalostmi z počítačové grafiky a analýzy obrazu, anebo - v zaměření Vývoj počítačových her - jeho znalosti pokrývají programování rozsáhlých herních projektů, aplikací pracujících v reálném čase, programování malých zařízení, jakožto i základy umělé inteligence a základy počítačové grafiky v kontextu počítačových her. Absolvent umí tyto znalosti aplikovat při řešení konkrétních praktických úkolů.

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—
NMAI060	Pravděpodobnostní metody	3	2/0 Zk	—

NPRG027	Zápočet k projektu	6	0/4 Z	0/4 Z
NPRG023	Softwarový projekt	9	0/6 Z	0/6 Z
NSZZ023	Diplomová práce I	6	0/4 Z	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	0/6 Z
NSZZ025	Diplomová práce III	15	0/10 Z	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 47 kreditů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPGR007	Pokročilá 2D počítačová grafika	5	2/1 Z+Zk	—
NPGR010	Počítačová grafika III	6	2/2 Z+Zk	—
NPGR001	3D počítačové vidění	5	2/2 Zk	—
NPGR021	Geometrické modelování	6	2/2 Z+Zk	—
NPGR026	Predictive Image Synthesis Technologies	6	—	2/2 Z+Zk
NPGR027	Shading Languages	5	—	2/1 Z+Zk
NPGR028	High Performance Ray Tracing	3	—	2/0 Zk
NPGR033	Počítačová grafika pro vývoj her	6	—	2/2 Z+Zk
NPGR024	Seminář z vědecké práce	3	—	0/2 Z
NPGR029	Variační metody ve zpracování obrazu	3	—	2/0 Zk
NSWI115	Vývoj počítačových her	6	2/2 Z+Zk	—
NPRG056	Vývoj aplikací pro mobilní zařízení	3	0/2 Z	—
NSWI035	Principy distribuovaných systémů	3	2/0 Zk	—
NPRG054	Vývoj vysoce výkonného software	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG042	Programování v paralelním prostředí	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL069	Umělá inteligence I	5	2/1 Z+Zk	—
NAIL070	Umělá inteligence II	3	—	2/0 Zk
NPRG059	Praktikum z pokročilého objektového programování	2	0/1 Z	—
NSWI026	Pokročilé aspekty softwarového inženýrství	5	—	2/2 Z+Zk
NAIL068	Umělé bytosti	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL071	Plánování a rozvrhování	3	—	2/0 Zk
NPRG043	Doporučené postupy v programování	6	—	2/2 KZ
NMAI061	Metody matematické statistiky	5	—	2/1 Z+Zk
NAIL106	Multiagentní systémy	6	—	2/2 Z+Zk
NPGR016	Aplikovaná výpočetní geometrie	5	—	2/1 Z+Zk
NPRG014	Koncepty moderních programovacích jazyků	3	0/3 Z	—
NPFL114	Hluboké učení	7	—	3/2 Z+Zk

Doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPGR005	Speciální seminář z počítačové grafiky	2	0/2 Z	0/2 Z
NPGR013	Speciální funkce a transformace ve zpracování obrazu	3	—	2/0 Zk
NPGR022	Speciální seminář ze zpracování obrazu	2	0/2 Z	0/2 Z
NAIL028	Úvod do robotiky	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL108	Mobilní robotika	3	—	1/1 KZ
NSWI072	Algoritmy komprese dat	3	2/0 Zk	—
NPGR012	Interaktivní 3D grafika na webu	6	2/2 Z+Zk	2/2 Z+Zk
NPGR030	Optika pro počítačovou grafiku	3	2/0 Zk	—
NPGR023	Visualizace	5	2/1 Z+Zk	—
NAIL025	Evoluční algoritmy I	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL082	Seminář z umělých bytostí	3	0/2 Z	0/2 Z
NAIL087	Informatika a kognitivní vědy I	6	3/1 Z+Zk	—
NSWI149	Softwarové inženýrství v praxi	3	—	2/0 Z
NPRG058	Pokročilé programování v paralelním prostředí	3	0/2 Z	—
NSWI159	Praktikum z vývoje počítačových her	2	0/1 Z	0/1 Z
NSWI160	Herní middleware	6	0/4 Z	—

Státní závěrečná zkouškaa) Zaměření **Počítačová grafika**

Ke dvěma povinným okruhům společným pro všechny obory si student vybere alespoň dva z následujících okruhů:

- Geometrické modelování a výpočetní geometrie
- Analýza a zpracování obrazu, komprese obrazu, počítačové vidění
- Realistická syntéza obrazu

Třetí okruh student zvolí libovolně ze všech okruhů nabízených v zaměřeních Počítačová grafika a Vývoj počítačových her, kromě okruhu “Počítačová grafika pro hry”. Z každého vybraného okruhu dostane po jedné otázce. Celkem tedy každý student dostane pět otázek.

Zkušební okruhy

1. Geometrické modelování a výpočetní geometrie
2. Analýza a zpracování obrazu, komprese obrazu, počítačové vidění
3. Realistická syntéza obrazu

Zkušební požadavky*1. Geometrické modelování a výpočetní geometrie*

Homogenní souřadnice, afinní a projektivní transformace v rovině a v prostoru, kvaterniony v reprezentaci 3D orientace, diferenciální geometrie křivek a ploch, základní spline funkce, kubické spliny C2, interpolace kubickými spliny, Bézierovy křivky,

Catmull-Rom spliny, B-spliny, de Casteljau a de Boor algoritmus, aproximační plochy, plochy zadané okrajem, Bézierovy plochy, plátování, B-spline plochy, NURBS plochy. Návrh geometrických algoritmů a jejich složitost, triangulace polygonů a množin bodů, Voronoi diagram a Delaunayova triangulace, konvexní obal, průsečíky a průniky geometrických útvarů, dualizace, lokalizace, geometrické vyhledávání, datové struktury pro efektivní prostorové vyhledávání.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPGR003	Základy počítačové grafiky	5	2/2 Z+Zk	—
NPGR016	Aplikovaná výpočetní geometrie	5	—	2/1 Z+Zk
NPGR021	Geometrické modelování	6	2/2 Z+Zk	—
NPGR007	Pokročilá 2D počítačová grafika	5	2/1 Z+Zk	—

2. Analýza a zpracování obrazu, komprese obrazu, počítačové vidění

Matematický model obrazu, 2D Fourierova transformace a konvoluce, vzorkování a kvantování obrazu, změna kontrastu a jasu, odstranění šumu, detekce hran, inverzní a Wienerův filtr, určení vzájemné polohy snímků, korespondence bodu a objektu, odstranění geometrických zkreslení, detekce hranic objektu, detekce oblastí, příznaky pro popis a rozpoznávání 2D objektů, momentové invarianty, wavelety a jejich použití, statistická teorie rozpoznávání, klasifikace s učením a bez učení, počítačové vidění.

Reprodukce barevné grafiky, rozptylování a pŕltónování, kompozice poloprŕhledných obrázků, warping, morphing, komprese rastrové 2D grafiky, skalární a vektorové kvantování, prediktivní komprese, transformační kompresní metody, hierarchické a progresivní metody, komprese videosignálu, časová predikce (kompenzace pohybu), standardy JPEG a MPEG, snímání obrazu v digitální fotografii.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPGR003	Základy počítačové grafiky	5	2/2 Z+Zk	—
NPGR002	Digitální zpracování obrazu	4	3/0 Zk	—
NPGR029	Variační metody ve zpracování obrazu	3	—	2/0 Zk
NPGR013	Speciální funkce a transformace ve zpracování obrazu	3	—	2/0 Zk
NPGR007	Pokročilá 2D počítačová grafika	5	2/1 Z+Zk	—
NPGR001	3D počítačové vidění	5	2/2 Zk	—

3. Realistická syntéza obrazu

Metody reprezentace 3D scén, výpočet viditelnosti, výpočet vržených stínů, modely osvětlení a stínovací algoritmy, rekurzivní sledování paprsku, textury, anti-aliasing, urychlovací metody pro ray-tracing, princip radiálních metod výpočtu osvětlení, fyzikální model šíření světla (radiometrie, zobrazovací rovnice), Monte Carlo integrování, Monte Carlo přístupy ve výpočtu osvětlení, přímé metody ve vizualizaci objemových dat, generování izoploch. Architektura grafického akcelerátoru, předávání dat do GPU, textury a GPU buffery, programování GPU - shadery. Základy OpenGL, GLSL, CUDA a OpenCL. Pokročilé techniky práce s GPU.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPGR003	Základy počítačové grafiky	5	2/2 Z+Zk	—
NPGR004	Fotorealistická grafika	5	—	2/2 Z+Zk
NPGR019	Realtime grafika na GPU	5	—	2/2 Z+Zk
NPGR010	Počítačová grafika III	6	2/2 Z+Zk	—
NPGR026	Predictive Image Synthesis Technologies	6	—	2/2 Z+Zk
NPGR027	Shading Languages	5	—	2/1 Z+Zk

b) Zaměření **Vývoj počítačových her**

Ke dvěma povinným okruhům společným pro všechny obory student dostane po jedné otázce ze zvolených zkušebních okruhů:

1. povinný okruh “Multi-agentní systémy” ze zaměření Inteligentní agenti oboru Umělá inteligence
2. buď okruh “Počítačová grafika pro hry”, nebo libovolný z okruhů ze zaměření Počítačová grafika
3. jeden ze zkušebních okruhů: “Programování paralelních aplikací”, “Systémové aspekty počítačových systémů”, “Moderní koncepty programování”, “Analýza a architektury software”, “Rozšířené programování”, “Webové technologie”.

Celkem tedy každý student dostane pět otázek.

Zkušební okruhy

1. Multi-agentní systémy (povinný okruh pro zaměření Vývoj počítačových her)
2. Počítačová grafika pro hry
3. Programování paralelních aplikací
4. Systémové aspekty počítačů
5. Moderní koncepty programování
6. Analýza a architektury software
7. Rozšířené programování
8. Webové technologie

Zkušební požadavky

1. *Multi-agentní systémy*

Architektura autonomního agenta; percepce, mechanismus výběru akcí, paměť; psychologické inspirace. Metody pro řízení agentů; symbolické a konekcionistické reaktivní plánování, hybridní přístupy. Problém hledání cesty; navigační pravidla, reprezentace terénu. Komunikace a znalosti v multiagentních systémech, ontologie, řečové akty, FIPA-ACL, protokoly. Distribuované řešení problémů, kooperace, Nashova ekvilibria, Paretova efektivita, alokace zdrojů, aukce. Etologické motivace, modely populační dynamiky. Metody pro učení agentů; zpětnovazební učení, základní formy učení zvířat. Metodologie návrhu, jazyky a prostředí multiagentních systémů.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL054	Adaptivní agenti	3	—	0/2 Z

NAIL068	Umělé bytosti	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL106	Multiagentní systémy	6	—	2/2 Z+Zk

2. Počítačová grafika pro hry

Homogenní souřadnice, afinní a projektivní transformace v rovině a v prostoru, kvaterniony, spline funkce, interpolace kubickými spliny, Bézierovy křivky, Catmull-Rom spliny, B-spliny, de Casteljau a de Boor algoritmus. Animace postav, skinning, rigging. Detekce kolizí.

2D Fourierova transformace a konvoluce, vzorkování a kvantování obrazu, anti-aliasing, textury, změna kontrastu a jasu, kompozice poloprůhledných obrázků, principy komprese rastrové 2D grafiky, komprese videesignálu, časová predikce (kompenzace pohybu), standardy JPEG a MPEG.

Reprezentace 3D scén, výpočet viditelnosti, výpočet vržených stínů, měkké stíny, rozptyl světla pod povrchem, modely osvětlení a stínovací algoritmy, rekurzivní sledování paprsku, fyzikální model šíření světla (radiometrie, zobrazovací rovnice), algoritmus sledování cest, předpočítané globální osvětlení, výpočet globálního osvětlení v reálném čase, stínování založené na sférických harmonických funkcích, předpočítaný přenos radiance.

Architektura grafického akcelérátoru, předávání dat do GPU, textury a GPU buffery, programování GPU - shadery. Základy OpenGL, GLSL, CUDA a OpenCL. Pokročilé techniky práce s GPU. Architektura herní engine.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPGR003	Základy počítačové grafiky	5	2/2 Z+Zk	—
NPGR004	Fotorealistická grafika	5	—	2/2 Z+Zk
NPGR019	Realttime grafika na GPU	5	—	2/2 Z+Zk
NPGR033	Počítačová grafika pro vývoj her	6	—	2/2 Z+Zk

3. Programování paralelních aplikací

Moderní hierarchie paměti (multiprocesory, GPU, NUMA), vztah efektivity přístupu a umístění dat. Podpora virtualizace. Transformace úloh na datově paralelní, paralelní řešení nehomogenních úloh. Efektivní paralelní implementace základních algoritmů. Synchronizace, vyvažování zátěže.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPRG042	Programování v paralelním prostředí	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG054	Vývoj vysoce výkonného software	6	—	2/2 Z+Zk

4. Systémové aspekty počítačů

Správa procesů a vláken, komunikace, synchronizace, memory models. Správa paměti (stránkování, heap, garbage collection). Běhová podpora, volací konvence, virtualizace. Správa periférií. Systémy souborů. Metriky výkonnosti systému, měření výkonnosti, simulace a modelování. Vše v kontextu soudobých paralelních architektur.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWI004	Operační systémy	5	2/1 KZ	—
NSWI131	Vyhodnocování výkonnosti počítačových systémů	5	—	2/1 Z+Zk

5. *Moderní koncepty programování*

Moderní objektové koncepty, metaprogramování, reflexe, aspekty. Konstrukce moderních programovacích jazyků (například anotace, iterátory, generika, lambda funkce). Metriky kvality kódu, dokumentace, refaktoring, testování a ladění. Návrhové vzory. Vše v kontextu soudobých programovacích jazyků.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPRG043	Doporučené postupy v programování	6	—	2/2 KZ
NPRG014	Koncepty moderních programovacích jazyků	3	0/3 Z	—

6. *Analýza a architektury software*

Procesy vývoje SW a jejich fáze. Podnikové procesy a jejich modelování pomocí BPMN. UML a jeho využití pro analýzu a návrh struktury a chování SW. Návrhové vzory. Testování SW, dopadová a změnová analýza. Plánování SW projektů, odhad nákladů, úrovně řízení projektů. Právní aspekty SW, hlavní zákony důležité pro IT projekty. Typy pohledů na SW architekturu. Modelování a dokumentace SW architektury. Klasifikace atributů kvality SW architektury, jejich popis pomocí scénářů a taktik. Servisně orientované architektury. Algebraické metody, vícedruhové algebry, iniciální modely. Formální základy jazyka UML. OCL jako specifikační jazyk a formální základy dle specifikace. Formální základy RDF a jazyka OWL, deskripční logika.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWI130	Architektury softwarových systémů	5	2/2 Z+Zk	—
NSWI026	Pokročilé aspekty softwarového inženýrství	5	—	2/2 Z+Zk
NTIN043	Formální základy softwarového inženýrství	5	2/2 Z+Zk	—

7. *Rozšířené programování*

Objektové koncepty moderních jazyků. Koncepty jazyků bez tříd. Generické programování a metaprogramování, generika a šablony, politiky, traits, type inference. Moderní konstrukce programovacích jazyků. Odkazy na objekty a jejich životnost. Pokročilé aspekty imperativních jazyků. Výjimky a bezpečné programování v prostředí s výjimkami. Implementace objektových vlastností, běhová podpora, volací konvence, garbage collection. Vliv moderních konstrukcí na výkonnost kódu. Návrhové vzory a jejich využití. Skriptovací jazyky, prototype-based jazyky. Domain Specific Languages. Funkcionální programování. Principy tvorby kvalitního kódu, doporučené postupy. RefaktORIZACE. Testování funkčnosti, hledání chyb, monitorování programů.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPRG059	Praktikum z pokročilého objektového programování	2	0/1 Z	—
NPRG014	Koncepty moderních programovacích jazyků	3	0/3 Z	—
NPRG024	Návrhové vzory	3	—	0/2 KZ
NPRG043	Doporučené postupy v programování	6	—	2/2 KZ

8. *Webové technologie*

Obecný přehled základní webových technologií. Síťové služby pro webové technologie. Webové služby. Architektura klient-server aplikací, skriptování na straně serveru a klienta, webové frameworky. Použití databázových systémů ve webových aplikacích, NoSQL databáze, multimediální databáze. Indexace a prohledávání dokumentů, principy fungování webových vyhledávačů. Linked Data, integrace sémantických dat do webových stránek. Zajištění bezpečnosti informačních systémů v prostředí internetu, autentizace, autorizace, bezpečnostní modely, základy šifrování, ochrana dat.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSWI130	Architektury softwarových systémů	5	2/2 Z+Zk	—
NSWI153	Pokročilé technologie webových aplikací	5	—	2/2 Z+Zk
NSWI145	Webové služby	5	—	2/2 Z+Zk
NDBI034	Vyhledávání multimediálního obsahu na webu	4	2/1 Z+Zk	—
NPRG043	Doporučené postupy v programování	6	—	2/2 KZ

Zahájení studia v roce 2014 nebo dříve

1. Základní informace

Studijní obory a zaměření v rámci magisterského studijního programu Informatika:

1. Teoretická informatika I1 (garantuje KTIML)
 - algoritmy a složitost
 - neprocedurální programování a umělá inteligence
2. Softwarové systémy I2 (garantuje KSI)
 - databázové systémy
 - softwarové inženýrství
 - systémové architektury (zaměření garantuje KDSS)
 - spolehlivé systémy (zaměření garantuje KDSS)
 - počítačová grafika (zaměření garantuje KSVI)
3. Matematická lingvistika I3 (garantuje ÚFAL)
 - obor se nedělí na zaměření
4. Diskrétní modely a algoritmy I4 (garantuje KAM)
 - diskrétní matematika a kombinatorická optimalizace
 - matematické struktury informatiky
 - optimalizace
5. Učitelství informatiky pro střední školy v kombinaci s odbornou informatikou I5 (didaktickou část výuky garantuje KSVI)

Poslední výše uvedený obor, stejně jako obor Učitelství matematiky - informatiky pro střední školy a jako další učitelské obory jsou popsány v samostatné kapitole této publikace.

Uchazeči o studium se hlásí do magisterského studijního programu Informatika přímo na zvolený obor studia. Volba konkrétního zaměření je ponechána na pozdější rozhodnutí posluchače. Pro každý obor (příp. zaměření) je stanoveno garantující pracoviště zajišťující převážnou část výuky v tomto oboru a je jmenován garant oboru.

Informatika je dynamicky se rozvíjející disciplínou a novým trendům proto průběžně přizpůsobujeme i obsah studia. Posluchači by ve vlastním zájmu měli sledovat aktuální stav studijních plánů, kde může docházet k rozšíření a úpravě nabídky předmětů, případně k dalším drobným změnám.

Návaznost na bakalářské studium

Pro úspěšné absolvování magisterského studia informatiky se předpokládají vstupní znalosti alespoň v rozsahu výuky povinných bakalářských předmětů NDMI002 Diskrétní matematika, NTIN060 Algoritmy a datové struktury I, NTIN061 Algoritmy a datové struktury II, NTIN071 Automaty a gramatiky, NAIL062 Výroková a predikátová logika. Znalost učiva uvedených předmětů je nezbytná rovněž ke společným povinným zkušebním okruhům státní závěrečné zkoušky. Pokud posluchač ve svém dřívějším studiu neabsolvoval tyto nebo obsahově podobné předměty, měl by si ve vlastním zájmu zapsat v prvním roce magisterského studia ty z uvedených bakalářských předmětů, jejichž znalosti mu chybějí.

V magisterském studiu se dále předpokládá dobrá znalost matematiky na úrovni povinných a povinně volitelných bakalářských předmětů NMAI054 Matematická analýza I, NMAI055 Matematická analýza II, NMAI059 Pravděpodobnost a statistika,

NMAI062 Algebra I, NOPT048 Optimalizační metody. Chybějící znalosti z uvedených oborů by si měl každý posluchač rovněž doplnit v prvním roce magisterského studia.

Pro úspěšné absolvování studia je nezbytná také dobrá znalost programování alepoň v rozsahu základního kurzu NPRG030 Programování I, NPRG031 Programování II. Posluchačům, kteří podobný kurz neabsolvovali ve svém předchozím studiu, doporučujeme zapsat si v úvodu magisterského studia uvedené předměty.

Pokud posluchač ve svém předchozím bakalářském studiu na MFF úspěšně absolvoval některý z povinných nebo povinně volitelných předmětů studovaného oboru, může požádat o uznání splnění těchto povinností. Posluchač přicházející na MFF po získání bakalářského vzdělání na jiné vysoké škole může požádat o uznání povinného nebo povinně volitelného předmětu na základě předchozího absolvování obdobného předmětu. Převádění kreditů za předměty absolvované v bakalářském studiu do magisterského studia upravuje čl. 18 Pravidel pro organizaci studia na Matematicko-fyzikální fakultě.

Softwarový projekt

Studijní plány magisterského studijního programu Informatika nabízejí posluchačům možnost účasti v týmovém softwarovém projektu v rámci předmětu NPRG023 Softwarový projekt. Na oborech I2 – Softwarové systémy a I3 – Matematická lingvistika je úspěšné absolvování tohoto předmětu povinné (kromě posluchačů oboru I3, kteří zahájili studium v roce 2009 nebo dříve), na ostatních oborech je tento předmět volitelný. O zadávání témat, sledování průběžné práce na projektech i hodnocení závěrečných veřejných obhajob se stará Komise pro softwarové projekty tvořená zástupci jednotlivých inženýrských pracovišť. Za úspěšně obhájený projekt obdrží každý jeho řešitel 15 kreditů, z nichž 6 kreditů může komise udělit na žádost posluchače zálohově předem po prvním semestru práce na projektu na základě doložených průběžných výsledků. Pro započítání zálohových 6 kreditů si posluchač zapíše předmět NPRG027 Zápočet k projektu, zbývajících 9 kreditů získá po úspěšné obhajobě projektu zároveň se zápočtem z předmětu NPRG023 Softwarový projekt. Pokud posluchač o zálohové body předem nepožádá, zapíše si oba výše uvedené předměty zároveň při obhajobě. Na návrh komise pro softwarové projekty může být po úspěšné obhajobě nejlepším řešitelům projektu celková dotace přidělených kreditů ještě zvýšena o 3 kredity. Pro započítání těchto dalších přidělených kreditů si posluchač zapíše předmět NPRG028 Mimořádné ohodnocení projektu.

Předměty NPRG023 Softwarový projekt, NPRG027 Zápočet k projektu a NPRG028 Mimořádné ohodnocení projektu si lze zapsat kdykoliv podle potřeby, nikoli pouze v období zápisu vymezeném v harmonogramu akademického roku, jako je tomu u ostatních předmětů. Lze je ovšem zapsat nejvýše dvakrát za celé studium.

Státní závěrečná zkouška

Studium je zakončeno státní závěrečnou zkouškou. Ta má dvě části, jimiž jsou obhajoba diplomové práce a ústní část. K oběma částem státní závěrečné zkoušky se posluchač může přihlásit samostatně. Studium je úspěšně zakončeno po úspěšném absolvování obou těchto částí.

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce nebo její části

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru, příp. zaměření

- splnění povinně volitelných předmětů zvoleného oboru, resp. zaměření, ve stanoveném rozsahu
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu (pro přihlášení k obhajobě diplomové práce).

Diplomová práce

Téma diplomové práce si posluchač typicky vybere na konci zimního semestru předposledního roku studia. Doporučujeme vybírat si téma především z nabídky pracoviště garantujícího zvolený studijní obor; v případě zájmu o téma z nabídky jiného pracoviště nebo o téma vlastní důrazně doporučujeme konzultovat vhodnost tématu s garantem studijního oboru.

Po zadání diplomové práce si každý posluchač postupně zapíše povinné předměty společné pro všechny obory:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Zápočty z povinných předmětů NSZZ023 Diplomová práce I, NSZZ024 Diplomová práce II, NSZZ025 Diplomová práce III uděluje vedoucí diplomové práce jako doklad o úspěšné práci posluchače na stanoveném diplomovém úkolu. Předmět Diplomová práce I si posluchač zapíše zpravidla v letním semestru předposledního roku studia, předměty Diplomová práce II a Diplomová práce III pak návazně v zimním a v letním semestru posledního roku svého studia. V případě potřeby lze zvolit i jiné uspořádání, každý z těchto předmětů je možné zapsat v zimním nebo v letním semestru v období zápisu vymezeném v harmonogramu akademického roku.

Ústní část státní závěrečné zkoušky má na všech oborech I1 – I4 studijního programu Informatika podobnou strukturu. Posluchač je zkoušen ze znalostí dvou nebo tří povinných zkušebních okruhů pokrývajících teoretický základ informatiky (složitost, vyčíslitelnost, datové struktury), a dále ze tří volitelných zkušebních okruhů specifických pro studijní obor. Ty mohou být v rámci oboru ještě rozděleny podle zaměření. Na oborech I1, I2 a I4 si posluchač sám vybere tři volitelné zkušební okruhy z nabídky studovaného oboru a svou volbu oznámí při přihlašování se ke státní závěrečné zkoušce. Vybírá si přitom nejméně dva zkušební okruhy z toho zaměření, v němž zakončuje studium, třetí zkušební okruh si může zvolit buď ze stejného, nebo z jiného zaměření téhož oboru. Obor I3 se nedělí na zaměření a výběr zkušebních okruhů je zde upraven odlišně (podrobnější informace najdete přímo u popisu tohoto oboru). Pro usnadnění orientace v nabídce předmětů je u každého zkušebního okruhu uveden seznam hlavních doporučených předmětů a případně také seznam předmětů rozšiřujících.

Povinné zkušební okruhy pro obory I1 a I4

1. Složitost

Věty o hierarchii tříd složitosti, konstruovatelné funkce, vztahy mezi časovými a prostorovými mírami a determinismem a nedeterminismem, Savitchova věta. Úplné problémy pro různé třídy (NP, PSPACE, P, #P). Polynomiální hierarchie, pseudopolynomiální algoritmy, silná NP-úplnost, třída #P a #P-úplnost. Aproximační algoritmy a schémata. Metody tvorby algoritmů: dynamické programování, hladový algoritmus na matroidu. Základy pravděpodobnostních algoritmů.

Doporučené předměty: NTIN062 Složitost I, NTIN063 Složitost II

Rozšiřující předměty: NTIN081 Strukturální složitost I, NTIN085 Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti I, NTIN017 Paralelní algoritmy, NDMI025 Pravděpodobnostní algoritmy

2. Vyčíslitelnost

Algoritmicky vyčíslitelné funkce, jejich vlastnosti, ekvivalence jejich různých matematických definic. Primitivně a částečně rekurzivní funkce. Rekurzivní a rekurzivně spočetné množiny a jejich vlastnosti. Algoritmicky nerozhodnutelné problémy (halting problém). Věty o rekurzi a jejich aplikace, Riceova věta. Gödelovy věty.

Doporučené předměty: NTIN064 Vyčíslitelnost I, NTIN065 Vyčíslitelnost II

Rozšiřující předměty: NTIN073 Rekurze I, NTIN074 Rekurze II

3. Datové struktury

Stromové vyhledávací struktury: binární stromy a jejich vyvažování, haldy, trie, B-stromy a jejich varianty. Hašování (řešení kolizí), univerzální hašování, perfektní hašování. Třídění ve vnitřní a vnější paměti. Dolní odhady pro uspořádání (rozhodovací stromy). Dynamizace datových struktur. Samoupravující datové struktury, relaxované vyhledávací stromy.

Doporučené předměty: NTIN066 Datové struktury I, NTIN067 Datové struktury II

Rozšiřující předměty: NTIN083 Seminář z datových struktur

Povinné zkušební okruhy pro obory I2 a I3

1. Složitost a vyčíslitelnost

Metody tvorby algoritmů: rozděl a panuj, dynamické programování, hladový algoritmus. Amortizovaná složitost. Úplné problémy pro třídu NP, Cook-Levinova věta. Pseudopolynomiální algoritmy, silná NP-úplnost. Aproximační algoritmy a schémata. Algoritmicky vyčíslitelné funkce, jejich vlastnosti, ekvivalence jejich různých matematických definic. Částečně rekurzivní funkce. Rekurzivní a rekurzivně spočetné množiny a jejich vlastnosti. Algoritmicky nerozhodnutelné problémy (halting problem). Věty o rekurzi a jejich aplikace, Riceova věta.

Doporučené předměty: NTIN090 Základy složitosti a vyčíslitelnosti

Rozšiřující předměty: viz výše zkušební okruhy 1 a 2 pro obory I1 a I4

2. Datové struktury

Stromové vyhledávací struktury: binární stromy a jejich vyvažování, haldy, trie, B-stromy a jejich varianty. Hašování: řešení kolizí, univerzální hašování, perfektní hašování. Třídění ve vnitřní a vnější paměti. Dolní odhady pro uspořádání (rozhodovací stromy). Relaxované vyhledávací stromy

Doporučené předměty: NTIN066 Datové struktury I

Rozšiřující předměty: NTIN067 Datové struktury II, NTIN083 Seminář z datových

struktur

2. Studijní plány jednotlivých oborů

U každého oboru studia je uvedeno garantující pracoviště, garant oboru a podmínky pro absolvování studia v tomto oboru (povinné a povinně volitelné předměty). Pro každé zaměření jsou pak vypsány zkušební okruhy ke státní závěrečné zkoušce, požadavky znalostí k jednotlivým zkušebním okruhům a doporučená výuka.

1. Teoretická informatika I1

Garantující pracoviště: Katedra teoretické informatiky a matematické logiky

Garant oboru: prof. RNDr. Roman Barták, Ph.D.

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN062	Složitost I	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN064	Vyčísitelnost	3	—	2/0 Zk
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—
NMAI064	Matematické struktury	6	—	2/2 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Povinně volitelné předměty

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 60 kreditů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN063	Složitost	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN065	Vyčísitelnost II	3	—	2/0 Zk
NTIN067	Datové struktury II	3	—	2/0 Zk
NAIL076	Logické programování I	3	2/0 Zk	—
NAIL077	Logické programování II	3	—	2/0 Zk
NAIL069	Umělá inteligence I	5	2/1 Z+Zk	—
NAIL070	Umělá inteligence II	3	—	2/0 Zk
NMAI060	Pravděpodobnostní metody	3	2/0 Zk	—
NMAI061	Metody matematické statistiky	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN073	Rekurze	3	2/0 Zk	—
NTIN074	Rekurze II	5	—	2/1 Z+Zk
NDMI010	Grafové algoritmy	3	2/0 Zk	—
NTIN017	Paralelní algoritmy	3	—	2/0 Zk
NDMI007	Kombinatorické algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NTIN087	Textové algoritmy	3	2/0 Zk	—
NAIL078	Lambda-kalkulus a funkcionální programování I	5	2/1 Z+Zk	—
NAIL079	Lambda-kalkulus a funkcionální programování II	5	—	2/1 Z+Zk

NAIL021	Booleovské funkce a jejich aplikace	3	2/0 Zk	—
NAIL031	Reprezentace booleovských funkcí	3	—	2/0 Zk
NAIL002	Neuronové sítě	9	4/2 Z+Zk	—
NDBI023	Dobývání znalostí	9	—	4/2 Z+Zk
NAIL013	Aplikace teorie neuronových sítí	3	—	2/0 Zk
NAIL060	Implementace neuronových sítí I	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL015	Implementace neuronových sítí II	6	—	2/2 Z+Zk
NTIN018	Pravděpodobnostní analýza algoritmů	3	2/0 Zk	—
NAIL071	Plánování a rozvrhování	3	—	2/0 Zk
NAIL029	Strojové učení	3	—	2/0 Zk
NAIL022	Metody logického programování	3	2/0 Zk	—
NOPT042	Programování s omezujícími podmínkami	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI025	Pravděpodobnostní algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NTIN081	Strukturální složitost	3	—	2/0 Zk
NTIN082	Výpočetní složitost	3	—	2/0 Zk
NTIN084	Bioinformatické algoritmy	6	2/2 Z+Zk	—
NTIN085	Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti I	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN086	Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti II	5	—	2/1 Z+Zk
NAIL025	Evoluční algoritmy I	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL086	Evoluční algoritmy II	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL065	Evoluční robotika	5	—	2/1 Z+Zk
NAIL068	Umělé bytosti	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL087	Informatika a kognitivní vědy I	6	3/1 Z+Zk	—
NAIL094	Rozhodovací procedury a verifikace	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL028	Úvod do robotiky	6	2/2 Z+Zk	—
NPGR001	3D počítačové vidění	5	2/2 Zk	—
NSWE001	Vestavěné systémy a systémy reálného času	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL101	Pravděpodobnostní robotika	6	—	2/2 Z+Zk

a) Zaměření **Algoritmy a složitost**

Zkušební okruhy

1. Rekurse a strukturální složitost
2. Obecná teorie algoritmů
3. Konkrétní algoritmy

Zkušební požadavky

1. *Rekurze a strukturální složitost*

Aritmetická hierarchie tříd množin, třídy nekonečných větví rekurzivních stromů. Věta o nízké bázi. Diagonálně nerekurzivní funkce, význam a aplikace. Základy aritmetického forcingu, 1-generické množiny. Algoritmická náhodnost, 1-náhodné množiny – základní vlastnosti. Existence těžkých problémů (Shannonova věta), pravděpodobnostní třídy složitosti a jejich vlastnosti, neuniformní třídy složitosti a jejich vlastnosti,

polynomiální hierarchie, vztahy tříd složitosti definovaných pomocí různých prostředků, separace různých tříd složitosti, vlastnosti řídkých množin, základy kryptografie.

Doporučené předměty: NTIN073 Rekurze I, NTIN074 Rekurze II, NTIN081 Strukturální složitost I, NTIN082 Výpočetní složitost

Rozšiřující předměty: NTIN085 Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti I, NTIN086 Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti II

2. Obecná teorie algoritmů

Pravděpodobnostní a randomizované algoritmy: jejich popis a parametry kvantifikující jejich vlastnosti, třídy složitosti pravděpodobnostních algoritmů (BPP, RP, ZPP a příklady problémů v těchto třídách), pravděpodobnostní binární vyhledávací stromy.

Paralelní algoritmy: modely paralelních počítačů, počítače první a druhé třídy a paralelní teze, techniky paralelních algoritmů. Dolní odhady, P-úplnost, NC- a AC-třídy.

Deterministické algoritmy: různé typy složitosti (složitost v nejhorším případě, složitost v průměrném případě, amortizovaná složitost). Distribuce vstupních dat, statistické metody odhady doby výpočtu na základě experimentů, interpretace výsledků statistických metod.

Doporučené předměty: NTIN063 Složitost II, NTIN017 Paralelní algoritmy, NTIN018 Pravděpodobnostní analýza algoritmů, NTIN081 Strukturální složitost I, NMAI060 Pravděpodobnostní metody, NMAI061 Metody matematické statistiky

Rozšiřující předměty: NDMI025 Pravděpodobnostní algoritmy

3. Konkrétní algoritmy

Třídící algoritmy: algoritmy založené na porovnávání prvků (Shellsort, Mergesort, Heapsort, Quicksort) a jejich složitost, algoritmy založené na adresovacích metodách (Bucketsort, Hybridsort). Hledání mediánu a k-tého prvku. Třídící sítě, paralelní Mergesort, externí třídící algoritmy.

Algebraické algoritmy: algoritmy založené na algoritmech pro násobení matic, rychlá diskrétní Fourierova transformace. LUP-dekompozice matic. Testy prvočíselnosti.

Grafové algoritmy: testy planarity, maximální tok v síti a jeho aplikace (párování, k-souvislost), transitivní uzávěr, metoda Eulerových cyklů, paralelní algoritmy pro souvislost a dvousouvislost grafu, hledání minimální kostry a hledání nejkratší cesty v grafech.

Algoritmy testování splnitelnosti Booleovských formulí.

Doporučené předměty: NTIN067 Datové struktury II, NDMI010 Grafové algoritmy, NTIN017 Paralelní algoritmy, NAIL021 Booleovské funkce a jejich aplikace, NDMI025 Pravděpodobnostní algoritmy

Rozšiřující předměty: NDMI007 Kombinatorické algoritmy, NTIN081 Strukturální složitost I, NTIN084 Bioinformatické algoritmy, NTIN085 Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti I, NTIN086 Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti II, NAIL025 Evoluční algoritmy I, NAIL086 Evoluční algoritmy II, NTIN087 Textové algoritmy, NAIL094

*Rozhodovací procedury a verifikace*b) Zaměření **Neprocedurální programování a umělá inteligence**

Zkušební okruhy

1. Logika a výpočtová složitost
2. Umělá inteligence
3. Neprocedurální programování
4. Neuronové sítě
5. Adaptivní agenti a evoluční algoritmy
6. Robotika

Zkušební požadavky

1. Logika a výpočtová složitost

Formální systémy, logika 1. řádu, jazyk, axiomy, odvozovací pravidla. Výroková logika, sémantika výrokové logiky, tautologie a splnitelnost, dokazatelnost, věta o dedukci, věta o kompaktnosti a věty o úplnosti. Konjunktivně-disjunktivní a disjunktivně-konjunktivní tvary formulí.

Predikátová logika, realizace jazyka, splňování a pravdivost formulí. Teorie 1. řádu, dokazatelnost, věta o dedukci, věta o konstantách, prenexní tvary formulí. Věta o korektnosti. Věta o úplnosti, Henkinovy teorie, úplné teorie. Rozšíření teorie, konservativní rozšíření, rozšíření teorie o definice funkcí a predikátů.

Míry výpočtové složitosti, třídy složitosti (P, NP, PSPACE, NPSPACE, LOGSPACE), NP-těžké a NP-úplné úlohy. Složitost algoritmů v umělé inteligenci, prohledávání, rezoluční odvozování.

Doporučené předměty: NAIL062 Výroková a predikátová logika, NTIN062 Složitost I

2. Umělá inteligence

Reprezentace znalostí: stavový prostor, produkční systémy, reprezentace v predikátové logice. Prohledávací algoritmy; stromové, grafové a lokální prohledávání, heuristiky, algoritmus A* a jeho varianty. Hry; minimax a alfa-beta algoritmy. Splňování omezujících podmínek. Strojové dokazování vět, model checking (DPLL), dopředné a zpětné řetězení, rezoluční metoda a unifikace. Automatické plánování; plánovací doména a problém, plánovací operátory. Zpracování neurčitých informací; Bayesovské sítě, podmíněná nezávislost, výpočet v Bayesovské síti, rozhodovací grafy, Markovské modely, Kalmanův filtr. Strojové učení; prohledávání prostoru verzí, rozhodovací stromy, Bayesovské učení, maximálně věrohodná hypotéza, EM algoritmus, zpětnovazební učení.

Doporučené předměty: NAIL069 Umělá inteligence I, NAIL070 Umělá inteligence II
Rozšiřující předměty: NAIL004 Seminář z umělé inteligence I, NAIL052 Seminář z umělé inteligence II, NAIL021 Booleovské funkce a jejich aplikace, NAIL031 Reprezentace booleovských funkcí, NAIL029 Strojové učení, NOPT042 Programování s omezujícími podmínkami, NAIL071 Plánování a rozvrhování, NAIL068 Umělé bytosti, NAIL094 Rozhodovací procedury a verifikace

3. *Neprocedurální programování*

Odlišnost procedurálního a neprocedurálního způsobu programování. Principy funkcionálního a logického programování. Lambda kalkulus, syntax, volné a vázané proměnné a principy redukce. Churchova a Rosserova vlastnost a konsistence kalkulu. Věty o pevném bodu. Normální tvar objektů. Typovaný lambda kalkul. Curryho a Churchovy systémy typování. Základní charakteristiky funkcionálních jazyků.

Hornova logika, Hornovy klausule. Substitute, unifikace a jejich vlastnosti. SLD-resoluce a logické programy. Korektnost a úplnost SLD-resoluce. Negace definovaná neúspěchem, obecné logické programy. Čistý Prolog jako podmnožina Prologu. Postačující podmínky ukončení výpočtu. Unifikace bez kontroly výskytu proměnných. Implementace Prologu. Programování s omezujícími podmínkami: inferenční a prohledávací algoritmy splňování podmínek.

Doporučené předměty: NAIL078 Lambda-kalkulus a funkcionální programování I, NAIL076 Logické programování I, NOPT042 Programování s omezujícími podmínkami

Rozšiřující předměty: NAIL079 Lambda-kalkulus a funkcionální programování II, NAIL077 Logické programování II, NAIL022 Metody logického programování, NAIL006 Seminář z logického programování I, NAIL009 Seminář z logického programování II

4. *Neuronové sítě*

Neurofyziologické minimum: struktura neuronu, typy synapsí, hlavní části mozku. Modely pro učení s učitelem: perceptron, algoritmus zpětného šíření, strategie pro urychlení učení, interní reprezentace znalostí, generalizace, regularizační techniky. Asociativní paměti; Hebbovské učení, BAM, Hopfieldův model, energetická funkce a hledání suboptimálních řešení. Stochastické modely; simulované žíhání, Boltzmannův stroj. Umělé neuronové sítě založené na principu učení bez učitele; Ojův algoritmus učení, laterální inhibice, Kohonenovy mapy a jejich varianty pro učení s učitelem, sítě typu ART. Modulární, hierarchické a hybridní modely neuronových sítí; adaptivní směsi lokálních expertů, vícevrstvé Kohonenovy mapy, RBF-sítě, kaskádová korelace. Genetické algoritmy, věta o schématech. Aplikace umělých neuronových sítí a evolučních technik (analýza dat, bioinformatika, zpracování obrazové informace, robotika a další).

Doporučené předměty: NAIL002 Neuronové sítě, NAIL013 Aplikace teorie neuronových sítí

Rozšiřující předměty: NTIN084 Bioinformatické algoritmy, NAIL060 Implementace neuronových sítí I, NAIL015 Implementace neuronových sítí II, NAIL065 Evoluční robotika, NDBI023 Dobývání znalostí

5. *Adaptivní agenti a evoluční algoritmy*

Architektura autonomního agenta; percepce, mechanismus výběru akcí, paměť; psychologické inspirace. Metody pro řízení agentů; řídicí architektury podle Wooldridge, symbolické a konekcionistické reaktivní plánování, hybridní přístupy (Belief Desire Intention, Soar), srovnání s plánovacími technikami. Problém hledání cesty; navigační pravidla, reprezentace terénu. Komunikace a znalosti v multiagentních systémech, ontologie, problém omezené racionality, Kripkeho sémantika možných světů. Etologické

motivace, modely populační dynamiky. Metody pro učení agentů; zpětnovazební učení, základní formy učení zvířat.

Umělá evoluce; genetické algoritmy, genetické a evoluční programování. Základní přístupy a pojmy: populace, fitness, rekombinace, genetické operátory; dynamická vs. statická selekce, mechanismus rulety, turnaje, elitismus. Reprezentační schémata, hypotéza o stavebních blocích. Pravděpodobnostní modely jednoduchého genetického algoritmu. Koevoluce, otevřená evoluce. Aplikace evolučních algoritmů (výběr akcí, evoluce expertních systému, konečných automatů, adaptace evolučních pravidel, neuroevoluce, řešení kombinatorických úloh).

Doporučené předměty: NAIL068 Umělé bytosti, NAIL025 Evoluční algoritmy I, NAIL086 Evoluční algoritmy II, NAIL087 Informatika a kognitivní vědy I

Rozšiřující předměty: NAIL071 Plánování a rozvrhování, NAIL054 Adaptivní agenti, NAIL086 Evoluční algoritmy II, NAIL082 Seminář z umělých bytostí, ALGV00003 Úvod do teoretické sémantiky (předmět je vyučován na Filosofické fakultě UK), NAIL065 Evoluční robotika, NAIL002 Neuronové sítě, NAIL088 Informatika a kognitivní vědy II, NAIL106 Multiagentní systémy

6. Robotika

Řídící systém robota: základní modely, řízení, kinematika, autonomní systémy, mobilní systémy. Lokalizace: absolutní a relativní, lokální a globální, lokalizace v dynamickém prostředí, pravděpodobnostní lokalizace. Mapování, simultánní lokalizace a mapování. Plánování aktivit: plánování ve stavovém prostoru a v prostoru plánu, práce s časem a zdroji. Kognitivní robotika: modely, sensorika, zpracování dat, rozpoznávání. Multi-robotické systémy: základní modely, synchronizace a kooperace, plánování. Softwarová realizace: návrh systému, modelování, simulace, programování pro specifické běhové prostředí.

Doporučené předměty: NAIL028 Úvod do mobilní robotiky, NPGR001 Počítačové vidění a inteligentní robotika, NAIL071 Plánování a rozvrhování, NSW001 Vestavěné systémy a systémy reálného času

Rozšiřující předměty: NAIL029 Strojové učení, NAIL065 Evoluční robotika, NAIL068 Umělé bytosti, NAIL025 Evoluční algoritmy I, NAIL101 Pravděpodobnostní robotika, NAIL070 Umělá inteligence II

2. Softwarové systémy I2

Garantující pracoviště: Katedra softwarového inženýrství

Garant oboru: doc. RNDr. Tomáš Skopal, Ph.D.

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti ¹	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—
NMAI060	Pravděpodobnostní metody	3	2/0 Zk	—
NSWI004	Operační systémy ²	5	2/1 KZ	—

NDBI001	Dotazovací jazyky I ³	5	2/2 Z+Zk	—
NSWI130	Architektury softwarových systémů ⁴	5	2/2 Z+Zk	—
NPRG027	Zápočet k projektu	6	0/4 Z	—
NPRG023	Softwarový projekt	9	—	0/6 Z
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

¹ Místo předmětu NTIN090 Základy složitosti a vyčíslitelnosti je možné absolvovat dvojicí předmětů NTIN062 Složitost I, NTIN064 Vyčíslitelnost I.

² Předmět je povinný pouze pro zaměření Systémové architektury a Spolehlivé systémy; pro ostatní zaměření je povinně volitelný.

³ Předmět je povinný pouze pro zaměření Databázové systémy; pro ostatní zaměření je povinně volitelný.

⁴ Předmět je povinný pouze pro zaměření Softwarové inženýrství; pro ostatní zaměření je povinně volitelný.

Povinně volitelné předměty

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 25 kreditů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL029	Strojové učení	3	—	2/0 Zk
NMAI061	Metody matematické statistiky	5	—	2/1 Z+Zk
NSWI004	Operační systémy ¹	5	2/1 KZ	—
NSWI035	Principy distribuovaných systémů	3	2/0 Zk	—
NSWI080	Middleware	5	—	2/1 KZ
NSWI101	Modely a verifikace chování systémů	6	2/2 Z+Zk	—
NSWI131	Vyhodnocování výkonnosti počítačových systémů	5	—	2/1 Z+Zk
NSWE001	Vestavěné systémy a systémy reálného času	6	—	2/2 Z+Zk
NSWI130	Architektury softwarových systémů ²	5	2/2 Z+Zk	—
NSWI026	Pokročilé aspekty softwarového inženýrství	5	—	2/2 Z+Zk
NSWI109	Konstrukce překladačů	4	—	2/1 Z+Zk
NTIN070	Testování software	3	2/0 Zk	—
NSWI126	Pokročilé nástroje pro vývoj a monitorování software	3	—	0/2 Z
NPRG042	Programování v paralelním prostředí	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG043	Doporučené postupy v programování	6	—	2/2 KZ
NSWI108	Sémantizace webu	5	2/2 Z+Zk	—
NSWI132	Analýza programů a verifikace kódu	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG014	Koncepty moderních programovacích jazyků	3	0/3 Z	—
NDBI001	Dotazovací jazyky I ³	5	2/2 Z+Zk	—

NDBI006	Dotazovací jazyky II	5	—	2/2 Z+Zk
NDBI003	Organizace a zpracování dat II	5	—	2/1 Z+Zk
NDBI021	Zákaznické preference	4	—	2/1 Z+Zk
NDBI010	Dokumentografické informační systémy	3	—	2/0 Zk
NDBI034	Vyhledávání multimediálního obsahu na webu	4	2/1 Z+Zk	—
NDBI016	Transakce	3	—	2/0 Zk
NPGR007	Pokročilá 2D počítačová grafika	5	2/1 Z+Zk	—
NPGR010	Počítačová grafika III	6	2/2 Z+Zk	—
NPGR002	Digitální zpracování obrazu	4	3/0 Zk	—
NPGR020	Geometrie pro počítačovou grafiku	3	—	2/0 Zk
NPGR023	Visualizace	5	2/1 Z+Zk	—
NPGR026	Predictive Image Synthesis Technologies	6	—	2/2 Z+Zk

¹ Předmět je povinně volitelný pouze pro zaměření Databázové systémy, Softwarové inženýrství, Počítačová grafika; pro zaměření Systémové architektury a Spolehlivé systémy je povinný.

² Předmět je povinně volitelný pouze pro zaměření Databázové systémy, Systémové architektury, Spolehlivé systémy, Počítačová grafika; pro zaměření Softwarové inženýrství je povinný.

³ Předmět je povinně volitelný pouze pro zaměření Softwarové inženýrství, Systémové architektury, Spolehlivé systémy, Počítačová grafika; pro zaměření Databázové systémy je povinný.

a) Zaměření **Databázové systémy**

Zkušební okruhy

1. Formální základy databázové technologie
2. Databázové modely a jazyky
3. Implementace databázových systémů

Zkušební požadavky

1. Formální základy databázové technologie

Relační kalkuly, relační algebry, deduktivní databáze. Relační úplnost. Bezpečné výrazy, ekvivalence relačních dotazovacích jazyků. Věta o tranzitivním uzávěru relace. Sémantika SQL. Datalog, 3 sémantiky a jejich ekvivalence. Datalog s negací, stratifikace. Deduktivní databáze. Rekurze v SQL. Tablo dotazy - statická analýza a optimalizace relačních dotazovacích jazyků. Modelování preferencí, dotazování s preferencemi.

Doporučené předměty: NDBI006 Dotazovací jazyky II, NDBI021 Dotazování s preferencemi

Rozšiřující předměty: NDBI003 Organizace a zpracování dat II, NDBI016 Transakce, NAIL029 Strojové učení

2. Databázové modely a jazyky

Typy dotazovacích jazyků (procedurální, neprocedurální, jazyky pro výběr dokumentů), SQL a jeho standardy. Algoritmy implementace relačních operací. Vyhodnocování a optimalizace dotazů. Algoritmy vyhodnocení dotazu v Datalogu a Datalogu

s negací. Objektové rozšíření relačního modelu dat. Databáze textů - modely (Booleovský, vektorový). Vyhledávání vzorků v textech (sousměrné, protisměrné). XML data v relacích, indexace XML dat, podobnost XML dat, XML a webové služby. Datový model RDF, dotazovací jazyk SPARQL, podobnostní dotazy v multimediálních databázích, metrické indexační metody.

Doporučené předměty: NDBI001 Dotazovací jazyky I, NPRG039 Teoretické a pokročilé aspekty XML technologií, NDBI010 Dokumentografické informační systémy, NDBI034 Vyhledávání multimediálního obsahu na webu

Rozšiřující předměty: NDBI016 Transakce

3. Implementace databázových systémů

Architektury databázových systémů. Modely a vlastnosti transakcí: uzamykací protokoly, časová razítka. Izolace transakcí, alokace prostředků. Distribuované transakce. Zotavení z chyb, žurnály. Indexace relačních dat: B-stromy, hašování, GRACE algoritmus. Přístupové metody k prostorovým objektům: R-stromy a jejich varianty. Vyhledávání v textech: boolské a vektorové indexy a indexace, uspořádání odpovědí, signatury a jejich implementace. Kompresce dat: modely textu, kódování, Huffmanovo kódování (statické, dynamické), aritmetické kódování, LZ algoritmy, komprese bitových map, řídkých matic, Burrows-Wheelerova transformace.

Doporučené předměty: NDBI003 Organizace a zpracování dat II, NDBI034 Vyhledávání multimediálního obsahu na webu, NDBI010 Dokumentografické informační systémy, NTIN066 Datové struktury I, NDBI016 Transakce

Rozšiřující předměty: NPRG039 Teoretické a pokročilé aspekty XML technologií, NDBI026 Databázové aplikace, NDBI013 Administrace Oracle

b) Zaměření **Softwarové inženýrství**

Zkušební okruhy

1. Formální základy softwarového inženýrství
2. Analýza, návrh a management softwarových systémů
3. Vývoj softwarových systémů
4. Překladače a výkonnost software

Zkušební požadavky

1. Formální základy softwarového inženýrství

Doménové, konceptuální a databázové modelování. Konceptuální schémata a jejich transformace do logických modelů, implementace. Relační model, návrh relačních schémat. Modely řízený vývoj, reverzní inženýrství. Formální metody specifikace, algebraické specifikace, formální popis datových struktur. Modelově orientované metody: Z, VDM. Datové modelování, funkční a dynamické procesní modelování, UML. Analýza algoritmů: dynamická a temporální logika. Petriho sítě. Automaty a gramatiky. RDF(S) modely splňování, OWL, deskripční logika.

Doporučené předměty: NSWI026 Pokročilé aspekty softwarového inženýrství, NSWI130 Architektury softwarových systémů, NSWI108 Sémantizace webu

Rozšiřující předměty: NTIN043 Formální základy softwarového inženýrství, NSWI109 Konstrukce překladačů, NSWI101 Modely a verifikace chování systémů, NAIL029 Strojové učení

2. Analýza, návrh a management softwarových systémů

Životní cyklus SW systémů. Základní metriky pro životní cyklus SW. Volba cílů, smlouva a principy vyjednávání. Zjišťování a analýza požadavků na softwarový systém. Popis, návrh a modelování architektury softwarového systému. Styly softwarových архитектур. Hodnocení kvality, integrace a znouvopoužitelnost architektury. Odhady pracnosti a doby řešení. Modelem řízený vývoj. Analýza a návrh softwarových systémů. Návrh uživatelského rozhraní. Datové a procesní modelování. Notace UML. Plánování a řízení projektů, řízení kvality. Stupně zralosti softwarových procesů. Řízení rizik. Řízení vývojového týmu, jeho dynamika, uspořádání. Zavádění, údržba a rušení systémů. Prototypy, verifikace a validace softwaru, testování.

Doporučené předměty: NSWI130 Architektury softwarových systémů, NSWI026 Pokročilé aspekty softwarového inženýrství

Rozšiřující předměty: NPRG042 Programování v paralelním prostředí, NSWI145 Webové služby, NSWI089 Ochrana informací I, NSWI071 Ochrana informací II

3. Vývoj softwarových systémů

Architektury sw systémů, vývoj multiplatformních aplikací. Webové služby a servisně-orientovaná řešení, webově orientovaná řešení. 2-, 3- a 4-vrstvé architektury IS a související problémy. CASE nástroje, správa verzí, nástroje pro kompilaci a sestavení. Vývojová prostředí, nástroje pro ladění a testování funkčnosti a výkonnosti. Objektově orientované jazyky a technologie, návrhové vzory. Testování, testovací scénáře, metody testování černé, šedé a bílé skříňky, testování uživatelského rozhraní. Provoz a údržba, detekce a odstraňování chyb, konfigurační řízení. Vývojové prostředí, dodávky systému, akceptační a produkční prostředí, distribuce a instalace software. Správa a řízení konfigurace.

Doporučené předměty: NSWI130 Architektury softwarových systémů, NSWI126 Pokročilé nástroje pro vývoj a monitorování software, NSWI026 Pokročilé aspekty softwarového inženýrství, NTIN070 Testování software

Rozšiřující předměty: NPRG051 Pokročilé programování v C++, NSWI145 Webové služby, NPRG024 Návrhové vzory

4. Překladače a výkonnost software

Architektura překladače. Mezikód, základní blok, životnost proměnných. Syntaktická analýza, úpravy gramatiky. Analýza shora dolů, LL(1), rekurzivní sestup. Analýza zdola nahoru, LR(1). Sémantická analýza, syntaxí řízený překlad, atributové gramatiky. Běhová podpora, volací konvence, garbage collection. Paralelní programování, Flynnova taxonomie, SMP, NUMA, Amdahlův zákon. Atomické instrukce, paměťové modely, cache. Struktury a návrhové vzory paralelních algoritmů.

Doporučené předměty: NSWI109 Konstrukce překladačů, NPRG042 Programování

v paralelním prostředí

Rozšiřující předměty: NSWI092 Systémové architektury mikroprocesorů, NPRG017 Programování v assembleru

c) Zaměření **Systémové architektury**

Zkušební okruhy

1. Operační systémy
2. Distribuované systémy
3. Architektura počítačů a sítí
4. Objektově orientované a komponentové systémy

Zkušební požadavky

1. Operační systémy

Virtualizace. Správa procesů a vláken, spouštění, plánování. Komunikace a synchronizace procesů, kritické sekce, synchronizační problémy, nástroje k jejich řešení. Správa periférií, mechanismus přerušení, přenos dat bez účasti procesoru, ovladače zařízení (struktura, funkce). Správa paměti, stránkování, strategie alokace, sdílení paměti, paměťově mapované soubory. Souborové systémy (rozhraní, typické diskové datové struktury), VFS. Bezpečnost v OS, autentizace, autorizace, modely přístupových práv. Síťové služby OS, sockety, filtrování a plánování paketů.

Doporučené předměty: NSWI004 Operační systémy, NSWI106 Administrace Unixu

Rozšiřující předměty: NSWI035 Principy distribuovaných systémů, NSWI080 Middleware

2. Distribuované systémy

Komunikace zasíláním zpráv (a JMS). RPC (a RMI, CORBA, SOAP). Objekty v distribuovaném prostředí (koncepty IDL, proxy, marshalling, reference, předávání argumentů, paralelismus, distribuovaný garbage collector). Skupinová komunikace, virtuální synchronie, doručovací protokoly. Kauzalita, logické hodiny. Distribuované synchronizační algoritmy (vzájemné vyloučení, volba koordinátora, distribuovaný konsensus, detekce globálního stavu). Procesy v distribuovaném prostředí, migrace, zablokování. Distribuované sdílení paměti, konzistenční modely (a konkrétní technologie DDS, JavaSpaces). Distribuované souborové systémy (NFS, AFS, CODA). Distribuovaná správa prostorů jmen, identifikace objektů a přístup k nim, služby (LDAP, JNDI, CORBA Namig, CORBA Trading). Distribuované hašovací tabulky (Chord, Pastry). Replikace a mobilita v distribuovaném prostředí (konzistence replik, přenos stavu). Architektury distribuovaných aplikací, SOA, ESB, P2P.

Doporučené předměty: NSWI021 Počítačové sítě II, NSWI035 Principy distribuovaných systémů, NSWI080 Middleware

Rozšiřující předměty: NSWI004 Operační systémy

3. Architektura počítačů a sítí

Architektura procesoru a zpracování programu počítačem (operace a operandy, podpora pro vyšší programovací jazyky, instrukční kód), výkonnost procesorů (zá-

kladní metriky a vztahy mezi nimi). Mikroarchitektura, datová cesta (jednocyklové a více cyklové zpracování instrukcí), radič (klasické a mikroprogramové radiče, mikroprogramování). Zřetěžené zpracování instrukcí (zrychlení a hranice výkonnosti, datové a řídicí hazardy), superskalární procesory (statické/dynamické plánování instrukcí, spekulativní provádění instrukcí). Architektura paměťového subsystému, vyrovnávací paměti (vnitřní architektura, strukturální parametry a jejich vliv na výkonnost). Periferní zařízení a rozhraní pro komunikaci mezi SW a HW, propojovací systémy (základní parametry, topologie) a sběrnice (řízení přístupu, řízení přenosu, transakce a jejich průběh). Topologie sítí, přístupové metody. Síťové technologie - Ethernet, Wi-Fi, ATM, xDSL, problematika broadbandu, datové přenosy v mobilních sítích. RM ISO/OSI, aktivní prvky (opakovače, prepínače, směrovače, brány). Síťový model TCP/IP, IPv6. Přenosové služby počítačových sítí: spolehlivé a nespolehlivé, spojované a nespojované. Přenos a sdílení dat, elektronická pošta, služby pro zpřístupnění informací (WWW, proxy, peer-to-peer sítě). Bezpečnost síťového přístupu, zabezpečené protokoly, překlad adres, firewally, certifikáty, VPN.

Doporučené předměty: NSWI120 Principy počítačů a operačních systémů, NSWI021 Počítačové sítě II, NSWI080 Middleware, NSWI089 Ochrana informací I, NSWI071 Ochrana informací II, NSWI073 Moderní síťová řešení, NSWI045 Rodina protokolů TCP/IP

Rozšiřující předměty: NSWI004 Operační systémy

4. Objektově orientované a komponentové systémy

Třídy a objekty (koncepty třída, rozhraní, objekt, vlastnosti zapouzdření, dědičnost, polymorfismus). Prototypy a klony (koncepty prototyp, klon, mixin, trait, vlastnosti). Dědičnost a subtyping (vazba mezi dědičností a subtyping, variance signatur, implementace, vícenásobná dědičnost). Vyhledávání prostředků (identita, naming, trading, příklady). Garbage collection (koncepty live object, garbage, algoritmy garbage collection). Meta-modelování a transformace modelů (text-to-model, model-to-model, model-to-text). Architektura komponentových systémů (koncepty komponenta, rozhraní, konektor, kontejner, ADL a UML). Specifikace chování systémů (přechodové systémy, CSP, testování a verifikace). Model checking (formulace úlohy, temporální logiky, Kripkeho struktura).

Doporučené předměty: NSWI080 Middleware, NSWI101 Modely a verifikace chování systémů, NSWI057 Výběrový seminář z distribuovaných a komponentových systémů I, NSWI058 Výběrový seminář z distribuovaných a komponentových systémů II, NPRG014 Koncepty moderních programovacích jazyků

Rozšiřující předměty: NSWI132 Analýza programů a verifikace kódu

d) Zaměření **Spolehlivé systémy**

Zkušební okruhy

1. Modely a verifikace programů
2. Vestavěné systémy a systémy reálného času
3. Moderní softwarové systémy

Zkušební požadavky

1. Modely a verifikace programů

Matematické struktury pro modelování chování systémů (přechodové systémy, Kripkeho struktury). Specifikace vlastností systému pomocí temporálních logik (LTL, CTL, CTL*). Základní verifikační úlohy: equivalence checking a model checking. Algoritmy pro model checking a různé metody optimalizace: BDDs, partial order reduction. Specifikace chování real-time systémů, timed automata. Procesové algebry. Statická analýza programů. Model checking programů.

Doporučené předměty: NSWI101 Modely a verifikace chování systémů, NSWI132 Analýza programů a verifikace kódu

Rozšiřující předměty: NSWE001 Vestavěné systémy a systémy reálného času

2. Vestavěné systémy a systémy reálného času

Návrh a modelování embeded a real-time systémů. Funkce real time operačních systémů. Plánování v real-time systémech: rate monotonic, deadline monotonic, earliest deadline first. Srovnání plánování a analýza vytížení prostředků. Plánování a sdílené prostředky: blokování, priority inheritance, priority ceiling, priority inversion. Offline plánování, globální plánování. Analýza worst case execution time. Komunikace v real-time systémech, komunikační protokoly (CAN, TTP). Metriky výkonnosti počítačových systémů a jejich statistické vyhodnocování. Nástroje pro měření výkonnosti, profiling, tracing. Simulace a modelování výkonnosti, systémy hromadné obsluhy.

Doporučené předměty: NSWE001 Vestavěné systémy a systémy reálného času, NSWI131 Vyhodnocování výkonnosti počítačových systémů, NSWI126 Nástroje pro vývoj a monitorování software

Rozšiřující předměty: NSWI101 Modely a verifikace chování systémů, NSWI132 Analýza programů a verifikace kódu

3. Moderní softwarové systémy

Architektura paměti na paralelních systémech (SMP, NUMA), ordering, koherence. Paralelismus, hyperthreading, multicore, podpora v operačním systému, programování v paralelních prostředích, neblokující algoritmy. Objektové koncepty moderních jazyků, třídy, mixiny, klony, vazba na typový systém. Metaprogramování, reflexe, aspekty. Softwarové komponenty. Moderní konstrukce programovacích jazyků (anotace, iterátory, generics, lambda výrazy, integrované dotazy, integrované XML). Čitelnost kódu, metriky čitelnosti, refaktorizace, dokumentace. Testování a ladění kódu, preconditions, postconditions, invariants.

Doporučené předměty: NPRG043 Doporučené postupy v programování, NSWI004 Operační systémy, NPRG038 Pokročilé programování pro .NET I, NPRG021 Pokročilé programování na platformě Java, NPRG051 Pokročilé programování v C++, NPRG042 Programování v paralelním prostředí, NPRGG014 Koncepty moderních programovacích jazyků

Rozšiřující předměty: NSWI101 Modely a verifikace chování systémů, NSWI080 Middleware, NSWI035 Principy distribuovaných systémů, NSWI126 Nástroje pro vývoj

a monitorování software

e) Zaměření **Počítačová grafika**

Zkušební okruhy

1. Geometrické modelování a výpočetní geometrie
2. Analýza a zpracování obrazu, počítačové vidění a robotika
3. 2D počítačová grafika, komprese obrazu a videa
4. Realistická syntéza obrazu, virtuální realita

Zkušební požadavky

1. Geometrické modelování a výpočetní geometrie

Projektivní rozšíření afinního prostoru, homogenní souřadnice, afinní a projektivní transformace v rovině a v prostoru, kvaterniony v reprezentaci 3D orientace, diferenciální geometrie křivek a ploch, základní spline funkce, kubické spliny C2 a jejich vlastnosti, interpolace kubickými spliny, Bézierovy křivky, Catmull-Rom spliny, B-spline, de Casteljauův a de Boorův algoritmus, aproximační plochy, plochy zadané okrajem, Bézierovy plochy, plátování, B-spline plochy, NURBS plochy, základní věty o konvexitě, kombinatorická složitost konvexních mnohostěnů, návrh geometrických algoritmů a jejich složitost, Voronoi diagram a Delaunayova triangulace, konvexní obal, lokalizace, datové struktury a algoritmy pro efektivní prostorové vyhledávání.

Doporučené předměty: NPGR016 Aplikovaná výpočetní geometrie, NPGR020 Geometrie pro počítačovou grafiku, NPGR021 Geometrické modelování

Rozšiřující předměty: NDMI009 Kombinatorická a výpočetní geometrie I, NDMI013 Kombinatorická a výpočetní geometrie II

2. Analýza a zpracování obrazu, počítačové vidění a robotika

Matematický model obrazu, 2D Fourierova transformace a konvoluce, vzorkování a kvantování obrazu, změna kontrastu a jasu, odstranění šumu, detekce hran, inverzní a Wienerův filtr, určení vzájemné polohy snímků, problém korespondence bodu a objektu, odstranění geometrických zkreslení snímků, detekce hranic objektů, detekce oblastí, příznaky pro popis a rozpoznávání 2D objektů, momentové invarianty, wavelety a jejich použití, statistická teorie rozpoznávání, klasifikace s učením (Bayesův, lineární, SVM a k-NN klasifikátor), klasifikace bez učení (hierarchické a iterační shlukování), počítačové vidění, úvod do počítačové robotiky, plánování cesty mobilního robota.

Doporučené předměty: NPGR002 Digitální zpracování obrazu, NPGR001 Počítačové vidění a inteligentní robotika, NPGR013 Speciální funkce a transformace ve zpracování obrazu

Rozšiřující předměty: NPGR029 Variační metody ve zpracování obrazu, NPGR022 Speciální seminář ze zpracování obrazu, NPGR032 Digitální zpracování obrazu v praxi, NAIL028 Úvod do mobilní robotiky

3. 2D počítačová grafika, komprese obrazu a videa

Výstupní grafická zařízení, plošné útvary - jejich reprezentace a množinové operace s nimi, kreslicí a ořezávací algoritmy v rovině, anti-aliasing, barevné vidění a barevné

systémy, reprodukce barevné grafiky, rozptylování a pŕltónování, kompozice poloprŕhledných obrázkŕ, geometrické deformace rastrových obrázkŕ, morphing, základní principy komprese rastrové 2D grafiky, skalární a vektorové kvantování, prediktivní komprese, transformační kompresní metody, hierarchické a progresivní metody, waveletové transformace a jejich celočíselné implementace, kódování koeficientŕ, komprese video-signálu, časová predikce - kompenzace pohybu, standardy JPEG a MPEG, snímání obrazu v digitální fotografii.

Doporučené předměty: NPGR003 Počítačová grafika I, NPGR007 Pokročilá 2D počítačová grafika, NPGR025 Introduction to Colour Science

Rozšiřující předměty: NPGR005 Speciální seminář z počítačové grafiky, NPGR024 Seminář z vědecké práce, NSWI072 Algoritmy komprese dat, NSWI100 Seminář z komprese dat, NPGR030 Optika pro počítačovou grafiku

4. Realistická syntéza obrazu, virtuální realita

Metody reprezentace 3D scén, klasické zobrazovací algoritmy, výpočet viditelnosti, výpočet vržených stínŕ, modely osvětlení a stínovací algoritmy, rekurzivní sledování paprsku, textury, anti-aliasing, urychlovací metody pro ray-tracing, princip radiačních metod, výpočet konfiguračních faktorŕ, řešení radiační soustavy rovnic, fyzikální model šíření světla - zobrazovací rovnice, Monte-Carlo přístupy ve výpočtu osvětlení, hybridní zobrazovací metody, přímé metody ve vizualizaci objemových dat, generování izoploch, schéma grafického akcelerátoru, předávání dat do GPU, textury v GPU, programování GPU, základy OpenGL, jazyka Cg a GLSL, CUDA, pokročilé techniky práce s GPU, SW a HW prostředky pro virtuální realitu, jazyk VRML, struktura scény, statické, dynamické a interaktivní scény VRML, práce se skripty, rozhraní EAI, víceuživatelská virtuální realita.

Doporučené předměty: NPGR004 Počítačová grafika II, NPGR010 Počítačová grafika III, NPGR019 Hardware pro počítačovou grafiku, NPGR012 Virtuální realita, NPGR023 Visualizace, NPGR026 Predictive Image Synthesis Technologies, NPGR028 Real-Time Raytracing, NPGR031 Vybrané partie z výpočtu globálního osvětlení

Rozšiřující předměty: NPGR027 Shading Languages, NPGR005 Speciální seminář z počítačové grafiky, NPGR024 Seminář z vědecké práce, NPGR030 Optika pro počítačovou grafiku

3. Matematická lingvistika I3

Garantující pracoviště: Ústav formální a aplikované lingvistiky

Garant oboru: doc. RNDr. Markéta Lopatková, Ph.D.

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPFL067	Statistické metody zpracování přirozených jazyků I	5	2/2 Z+Zk	—
NPFL092	Technologie pro NLP	5	1/2 KZ	—
NPRG027	Zápočet k projektu	6	0/4 Z	—
NPRG023	Softwarový projekt	9	—	0/6 Z

NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti ¹	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

¹ Místo předmětu NTIN090 Základy složitosti a vyčíslitelnosti je možné absolvovat dvojicí předmětů NTIN062 Složitost I, NTIN064 Vyčíslitelnost I.

Předměty NPFL067 Statistické metody zpracování přirozených jazyků I a NPFL092 Technologie pro NLP mohou studenti absolvovat již během svého bakalářského studia.

Povinně volitelné předměty

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 35 kreditů.

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPFL068	Statistické metody zpracování přirozených jazyků II	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL083	Lingvistická teorie a gramatické formalismy	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL070	Zdroje jazykových dat	5	1/2 KZ	—
NPFL075	Závislostní gramatiky a korpusy	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL054	Úvod do strojového učení	5	2/2 Z+Zk	—
NPFL093	Aplikace NLP	5	—	2/1 KZ
NPOZ009	Odborné vyjadřování a styl	3	—	1/1 KZ
NPFL087	Statistický strojový překlad	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL094	Morfologická a syntaktická analýza	3	2/0 KZ	—
NPFL006	Úvod do formální lingvistiky	3	2/0 Zk	—
NPFL095	Moderní metody v počítačové lingvistice	3	0/2 Z	—
NPFL038	Základy rozpoznávání a generování mluvené řeči	6	2/2 Z+Zk	—
NPFL082	Informační struktura věty a výstavba diskurzu	3	—	0/2 Z
NPFL096	Komputační morfologie	4	—	2/1 Zk
NPFL079	Algoritmy rozpoznávání mluvené řeči	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL099	Statistické dialogové systémy	5	2/1 Z+Zk	—
NPFL106	Obecná lingvistika	3	—	1/1 KZ
NPFL103	Vyhledávání informací	6	2/2 Z+Zk	—

Jako volitelné předměty jsou doporučeny další předměty s kódem NPFL.

Zkušební okruhy

Obor I3 se nedělí na zaměření. Zkušební okruh 1 je povinný pro všechny studenty oboru, z okruhů 2-5 si student volí dva. V případě zájmu si lze podle pravidel studijního programu Informatika, odst. B.4., tj. se schválením garanta oboru, vybrat jeden z okruhů 2-5 a jeden ze zkušebních okruhů Umělá inteligence, Neuronové sítě, Adaptivní agenti a evoluční algoritmy (vše obor I1, zaměření Neprocedurální programování a umělá inteligence), případně okruh Analýza a zpracování obrazu, počítačové vidění a robotika (obor I2, zaměření Počítačová grafika).

1. Základy počítačového zpracování přirozeného jazyka
2. Statistické metody a strojové učení v počítačové lingvistice
3. Aplikační úlohy ve zpracování přirozeného jazyka
4. Lingvistické teorie a formalismy
5. Analýza a syntéza mluvené řeči, dialogové systémy

Zkušební požadavky

1. Základy počítačového zpracování přirozeného jazyka

Základy obecné lingvistiky (základní lingvistické pojmy a koncepty, funkce a forma). Systém rovin popisu jazyka (fonetika, fonologie, morfologie, syntax povrchová/hloubková, sémantika, pragmatika). Závislostní syntax, formální definice a vlastnosti závislostních stromů (závislosti, koordinace, projektivita). Chomského hierarchie jazyků, bezkontextové jazyky, frázové gramatiky pro přirozený jazyk. Návrh a vyhodnocení lingvistických experimentů, evaluační metriky (precision, recall, f-measure, statistická významnost a další). Základní stochastické modely (generativní, diskriminativní; model zdrojového kanálu; HMM). Jazykové modelování, základní metody trénování stochastických modelů (maximální věrohodnost, EM). Základní algoritmy (Trellis, Viterbi, Baum-Welch).

Doporučené předměty: NPFL067 Statistické metody zpracování přirozených jazyků I a výběr jednoho z předmětů NPFL063 Úvod do obecné lingvistiky, NPFL075 Pražský závislostní korpus či NPFL106 Obecná lingvistika

2. Statistické metody a strojové učení v počítačové lingvistice

Generativní a diskriminativní modely. Jazyková data pro strojové učení. Jazykové modely. Vyhlažování modelů. Noisy channel models, decoding. Parametry modelu, prostor hypotéz. Teoretické aspekty strojového učení (PAC). Metody řízeného učení (naive Bayes, maximální entropie, SVM, rozhodovací stromy, Bayesovské sítě, učení založené na příkladech). Metody neřízeného učení (clustering, expectation-maximization). HMM, Viterbi. Testy signifikance, intervaly spolehlivosti. Algoritmy pro statistický parsing (PCFG, MST).

Doporučené předměty: NPFL067 Statistické metody zpracování přirozených jazyků I, NPFL068 Statistické metody zpracování přirozených jazyků II, NPFL054 Úvod do strojového učení (v počítačové lingvistice), NPFL070 Zdroje lingvistických dat

3. Aplikační úlohy ve zpracování přirozeného jazyka

Zpracování morfologie (morfologické kategorie, sady značek; analýza, značkování, lemmatizace, segmentace, generování, algoritmy). Syntaktická analýza jazyka (povr-

chová, hloubková, závislostní, složková, algoritmy). Generování přirozeného jazyka. Kontrola pravopisu a gramatiky. Strojový překlad (přímý překlad, transfer, interlingua; systémy pro češtinu, počítačem podporovaný překlad, statistické metody: modely IBM, frázové modely, hierarchické modely, syntaktické modely). Modely pro vyhledávání informací (Booleovský, vektorový, pravděpodobnostní, jazykový), evaluace vyhledávání informací.

Doporučené předměty: NPFL093 Aplikace NLP, NPFL094 Morfologická a syntaktická analýza, NPFL087 Statistický strojový překlad, NPFL103 Vyhledávání informací

4. Lingvistické teorie a formalismy

Funkční generativní popis (základní charakteristika, struktura rovin, valenční teorie). Government and binding (nativismus, Xbar, movement, stopa, binding). Ostatní základní gramatické formalismy (unifikační gramatiky, struktury rysů, HPSG, LFG, kategoriální gramatiky, TAG). Formální sémantika. Pražský závislostní korpus. Počítačová lexikografie (typy slovníků, wordnety, ontologie). Aktuální členění věty. Anafora. Diskurz.

Doporučené předměty: NPFL103 Obecná lingvistika, NPFL083 Lingvistická teorie a gramatické formalismy, NPFL075 Pražský závislostní korpus, NPFL082 Informační struktura věty a výstavba diskurzu, NPFL006 Úvod do formální lingvistiky

5. Analýza a syntéza mluvené řeči, dialogové systémy

Základy produkce a vnímání mluvené řeči. Metody zpracování řečového signálu. HMM modelování akustiky fonémů. Implementace Baum-Welch a Viterbi algoritmu pro rozpoznávání řeči. Rozpoznávání plynulé řeči s pomocí velkých slovníků. Adaptační techniky. Sumarizace řečových nahrávek. Vyhledávání témat a slov v řečových korpusech. Rozpoznávání mluvčího. Metody syntézy řeči. Zpracování textu pro syntézu řeči. Modelování prosodie. Základní komponenty dialogového systému. Porozumění mluvené řeči. Řízení dialogu - MDP a POMDP systémy. Simulace uživatele. Generování promluvy. Hodnocení kvality dialogových systémů.

Doporučené předměty: NPFL038 Základy rozpoznávání mluvené řeči, NPFL079 Algoritmy rozpoznávání mluvené řeči, NPFL099 Statistické dialogové systémy

4. Diskrétní modely a algoritmy I4

Garantující pracoviště: Katedra aplikované matematiky

Garant oboru: doc. RNDr. Martin Klazar, Dr.

Povinné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN062	Složitost I	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN064	Vyčíslitelnost	3	—	2/0 Zk
NTIN066	Datové struktury I	5	2/1 Z+Zk	—
NMAI064	Matematické struktury	6	—	2/2 Z+Zk

NDMI073	Kombinatorika a grafy III ¹	6	2/2 Z+Zk	—
NOPT018	Základy nelineární optimalizace ²	6	2/2 Z+Zk	—
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

¹ Předmět je povinný pouze pro zaměření Diskrétní matematika a kombinatorická optimalizace, Matematické struktury informatiky; pro zaměření Optimalizace je povinně volitelný. Posluchači, kteří zahájili studium v roce 2009 nebo dříve, mohou požádat o uznání tohoto předmětu na základě dřívějšího absolvování předmětu NDMI012 Kombinatorika a grafy II.

² Předmět je povinný pouze pro zaměření Optimalizace; pro ostatní zaměření je povinně volitelný. Posluchači, kteří zahájili studium v roce 2009 nebo dříve, mohou požádat o uznání tohoto předmětu na základě dřívějšího absolvování předmětu NOPT046 Základy spojité optimalizace.

Povinně volitelné předměty

Je požadováno splnění povinně volitelných předmětů z následujícího seznamu v rozsahu alespoň 45 kreditů:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN063	Složitost	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN065	Vyčíslitelnost II	3	—	2/0 Zk
NTIN067	Datové struktury II	3	—	2/0 Zk
NDMI073	Kombinatorika a grafy III ¹	6	2/2 Z+Zk	—
NOPT018	Základy nelineární optimalizace ²	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI013	Kombinatorická a výpočetní geometrie II	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI010	Grafové algoritmy	3	2/0 Zk	—
NDMI025	Pravděpodobnostní algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI015	Kombinatorické počítání	3	—	2/0 Zk
NMAI066	Topologické a algebraické metody	3	—	2/0 Zk
NTIN022	Pravděpodobnostní techniky	6	2/2 Z+Zk	—
NMAI065	Základy teorie kategorií pro informatiky	3	2/0 Zk	—
NMAI040	Úvod do teorie čísel	3	2/0 Zk	—
NMAI067	Logika v informatice	3	2/0 Zk	—
NOPT008	Algoritmy nelineární optimalizace	6	—	2/2 Z+Zk
NOPT004	Optimalizační procesy I	6	2/2 Z+Zk	—
NOPT005	Optimalizační procesy II	3	—	2/0 Zk
NOPT001	Dynamické programování	3	2/0 Zk	—
NOPT015	Parametrická optimalizace	6	—	2/2 Z+Zk
NOPT017	Vícekritériální optimalizace	3	—	2/0 Zk
NOPT016	Celočíselné programování	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL076	Logické programování I	3	2/0 Zk	—
NTIN017	Paralelní algoritmy	3	—	2/0 Zk
NAIL083	Matematické modely činnosti buněk	3	2/0 Zk	—
NMAG337	Úvod do teorie grup	5	2/2 Z+Zk	—
NDMI018	Aproximační a online algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk

NDMI028	Aplikace lineární algebry v kombinatorice	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI036	Kombinatorické struktury	3	—	2/0 Zk
NDMI037	Geometrické reprezentace grafů I	3	2/0 Zk	—
NDMI045	Analytická a kombinatorická teorie čísel	3	—	2/0 Zk
NDMI055	Vybrané kapitoly z kombinatoriky I	3	2/0 Zk	—
NDMI056	Vybrané kapitoly z kombinatoriky II	3	—	2/0 Zk
NDMI059	Grafové minory a stromové rozklady	3	2/0 Zk	—
NDMI060	Barevnost grafů a kombinatorických struktur	3	2/0 Zk	—
NDMI064	Aplikovaná diskrétní matematika	3	2/0 Zk	—
NDMI065	Teorie matroidů	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI066	Algebraická teorie čísel	3	2/0 Zk	—
NDMI067	Toky, cesty a řezy	3	2/0 Zk	—
NOPT013	Vybrané ekonomicko-matematické modely	3	—	2/0 Zk
NOPT021	Teorie her	3	2/0 Zk	—
NOPT034	Matematické programování a polyedrání kombinatorika	5	2/1 Z+Zk	—
NOPT042	Programování s omezujícími podmínkami	6	2/2 Z+Zk	—
NMAA069	Teorie míry a integrálu I	3	2/0 Zk	—
NMMA901	Úvod do komplexní analýzy (O)	5	2/2 Z+Zk	—
NMMA931	Úvod do funkcionální analýzy (O)	8	4/2 Z+Zk	—

¹ Předmět je povinně volitelný pouze pro zaměření Optimalizace; pro ostatní zaměření je povinný.

² Předmět je povinně volitelný pouze pro zaměření Diskrétní matematika a kombinatorická optimalizace, Matematické struktury informatiky; pro zaměření Optimalizace je povinný.

a) Zaměření ***Diskrétní matematika a kombinatorická optimalizace***

Zkušební okruhy

1. Kombinatorika a teorie grafů
2. Pravděpodobnostní metody a algoritmy
3. Kombinatorická optimalizace

Zkušební požadavky

1. *Kombinatorika a teorie grafů*

Barevnost grafů, regulární grafy, souvislost grafů, speciální vlastnosti orientovaných grafů, algebraické vlastnosti grafů, teorie párování, Ramseyova teorie, nekonečná kombinatorika, strukturální vlastnosti množinových systémů.

2. *Pravděpodobnostní metody a algoritmy*

Kombinatorické počítání, vytvářející funkce, rekurence, základní pravděpodobnostní modely, linearita střední hodnoty, použití variace, aplikace na konkrétní příklady, asymptotické odhady funkcí, pravděpodobnostní konstrukce a algoritmy.

3. Kombinatorická optimalizace

Grafové algoritmy, algebraické a aritmetické algoritmy, teorie mnohostěnů, problém obchodního cestujícího, speciální matice, celočíselnost, párování a toky v sítích, teorie matroidů, elipsoidová metoda.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN022	Pravděpodobnostní techniky	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI009	Kombinatorická a výpočetní geometrie I	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI025	Pravděpodobnostní algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI015	Kombinatorické počítání	3	—	2/0 Zk
NDMI018	Aproximační a online algoritmy	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI028	Aplikace lineární algebry v kombinatorice	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI055	Vybrané kapitoly z kombinatoriky I	3	2/0 Zk	—
NDMI060	Barevnost grafů a kombinatorických struktur	3	2/0 Zk	—
NDMI065	Teorie matroidů	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI067	Toky, cesty a řezy	3	2/0 Zk	—
NOPT034	Matematické programování a polyedrální kombinatorika	5	2/1 Z+Zk	—

b) Zaměření *Matematické struktury informatiky*

Zkušební okruhy

1. Kombinatorická a výpočetní geometrie
2. Algebraické a topologické metody v informatice
3. Teorie čísel a kategorie v informatice

Zkušební požadavky

1. Kombinatorická a výpočetní geometrie

Geometrické úlohy v prostorech konečné dimenze, kombinatorické vlastnosti geometrických konfigurací, algoritmické aplikace, návrh geometrických algoritmů, geometrické reprezentace grafů.

2. Algebraické a topologické metody v informatice

Částečně uspořádané množiny; suprema a infima, polosvazy, svazy. Věty o pevných bodech. Speciální uspořádané struktury v informatice (DCPO, domény). Základy obecné topologie; topologické konstrukce. Speciální topologické otázky hrající roli v informatice (Scottova topologie, spojitě svazy). Kategorie topologických prostorů a některých typů částečných uspořádání hrající roli v informatice.

3. Teorie čísel a kategorie v informatice

Kategorie, funktory, transformace, konkrétní příklady. Limity a kolimity, speciální konstrukce a vytváření dalších. Adjunkce, vztah ke kategoriálním konstrukcím. Reflexe a koreflexe. Konkrétní příklady adjungovaných situací. Kartézsky uzavřené kategorie. Kategorie a struktury, zejména struktury užívané v informatice. Monadické algebry.

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN022	Pravděpodobnostní techniky	6	2/2 Z+Zk	—
NMAI066	Topologické a algebraické metody	3	—	2/0 Zk
NMAI065	Základy teorie kategorií pro informatiky	3	2/0 Zk	—
NMAI040	Úvod do teorie čísel	3	2/0 Zk	—
NMAI067	Logika v informatice	3	2/0 Zk	—
NDMI009	Kombinatorická a výpočetní geometrie I	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI013	Kombinatorická a výpočetní geometrie II	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI036	Kombinatorické struktury	3	—	2/0 Zk
NDMI037	Geometrické reprezentace grafů I	3	2/0 Zk	—
NDMI045	Analytická a kombinatorická teorie čísel	3	—	2/0 Zk
NDMI056	Vybrané kapitoly z kombinatoriky II	3	—	2/0 Zk
NDMI059	Grafové minory a stromové rozklady	3	2/0 Zk	—

c) Zaměření **Optimalizace**

Zkušební okruhy

1. Nelineární programování
2. Optimalizační procesy
3. Parametrické, vícekriteriální a celočíselné programování
4. Nehladká optimalizace a pravděpodobnostní dynamické modely

Zkušební požadavky

1. *Nelineární programování*

Vlastnosti konvexních množin a konvexních funkcí. Zobecnění konvexních funkcí. Nutné a postačující podmínky optimality pro volné a vázané extrémy úloh nelineárního programování. Kvadratické programování. Dualita v nelineárním programování. Metody řešení úloh na volný a vázaný extrém, včetně penalizačních a bariérových metod. Jednorozměrná optimalizace.

2. *Optimalizační procesy*

Spojité: Princip maxima pro nelineární úlohy různých typů. Podmínky optimality pro základní úlohy variačního počtu. Lineární úlohy na minimalizaci času.

Diskrétní: Klasifikace úloh a jejich vztah k úloze nelineárního programování. Lineární a kvadratické úlohy. Základy řízení markovských systémů. Diskrétní dynamické programování - optimalizace vzhledem k počátečnímu stavu, koncovému stavu a počátečnímu a koncovému stavu.

3. *Parametrické, vícekriteriální a celočíselné programování*

Obory stability řešení. Obory řešitelnosti. Funkce řešitelnosti pro jednoparametrické a víceparametrické programování. Různé přístupy k řešení úloh s více kritérii.

Funkcionál přiřazený k dané úloze vektorového programování. Eficientní body. Úlohy lineární a nelineární vektorové optimalizace. Metody pro získání eficientních bodů. Úlohy lineárního programování s podmínkami celočíselnosti, resp. s bivalentními proměnnými. Nelineární optimalizační problémy s podmínkami celočíselnosti.

4. Nehladká optimalizace a pravděpodobnostní dynamické modely

Clarkeův kalkulus a základy nehladké analýzy. Podmínky optimality. Numerické metody nehladké optimalizace. Modely s diskrétními stavy (Poissonův proces, modely hromadné obsluhy, Markovovy procesy a řetězce). Porovnání pravděpodobnostních a deterministických modelů. Modely se spojitými stavy (stochastický integrál a diferenciál, lineární stochastické diferenciální rovnice).

Doporučené předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NOPT018	Základy nelineární optimalizace	6	2/2 Z+Zk	—
NOPT008	Algoritmy nelineární optimalizace	6	—	2/2 Z+Zk
NOPT017	Vícekriteriální optimalizace	3	—	2/0 Zk
NOPT016	Celočíselné programování	6	—	2/2 Z+Zk
NOPT034	Matematické programování a polyedrální kombinatorika	5	2/1 Z+Zk	—
NDMI067	Toky, cesty a řezy	3	2/0 Zk	—

5. Učitelství informatiky pro střední školy v kombinaci s odbornou informatikou I5

Garantující pracoviště: Katedra softwaru a výuky informatiky

Garant oboru: doc. RNDr. Pavel Töpfer, CSc.

Garant za pedagogiku a psychologii: doc. PhDr. Isabella Pavelková, CSc.

Podrobnosti o oboru jsou uvedeny v kapitole věnované učitelskému studiu.

Studijní plány učitelského studia

Vedle odborných oborů nabízí MFF také studium několika oborů učitelského zaměření. Celé studium vedoucí k získání kvalifikace pro učitelské povolání je rozděleno na bakalářské a na něj navazující magisterské studium.

Pro absolventy odborných magisterských programů matematika, fyzika, informatika, kteří mají zájem svůj obor vyučovat na středních nebo základních školách, jsou v rámci celoživotního vzdělávání otevírány kurzy Vyučování všeobecně vzdělávacího předmětu matematika, fyzika, informatika. V rámci absolvování těchto kurzů je možné získat osvědčení, které opravňuje vyučovat. Nejedná se ale o standardní vysokoškolský diplom. Bližší informace je možné získat na webových stránkách <http://www.mff.cuni.cz/studium/czv/pedag.htm> a u garantujících pracovišť jednotlivých kurzů (KDM, KDF, KSVI).

Magisterské studium

Zahájení v roce 2015 nebo později

1. Základní informace

V rámci navazujícího magisterského studia jsou na MFF akreditovány následující čtyři učitelství studijní obory. Jejich studijní plány jsou popsány v následujících kapitolách.

- Učitelství fyziky¹ (dvouoborové studium)
- Učitelství matematiky² (dvouoborové studium)
- Učitelství deskriptivní geometrie² (dvouoborové studium)
- Učitelství informatiky³ (dvouoborové studium)

¹Je zařazeno pod studijní program Fyzika.

²Je zařazeno pod studijní program Matematika.

³Je zařazeno pod studijní program Informatika.

Jednotlivé obory dvouoborových studií lze studovat v těchto kombinacích:

- Učitelství matematiky - Učitelství fyziky
- Učitelství matematiky - Učitelství deskriptivní geometrie
- Učitelství matematiky - Učitelství informatiky

Absolvování jedné z těchto kombinací vede k učitelství aprobaci v příslušných aprobačních předmětech. S výjimkou Učitelství deskriptivní geometrie získává absolvent aprobaci pro střední i základní školy.

V rámci Univerzity Karlovy je možno dále studovat obor Učitelství matematiky v kombinaci s následujícími obory nabízenými na jiné fakultě.

- Učitelství chemie pro SŠ (dvouoborové)
- Učitelství biologie pro SŠ (dvouoborové)
- Učitelství geografie pro SŠ (dvouoborové)

(studium je otevíráno na Přírodovědecké fakultě UK)

- Učitelství pro střední školy - tělesná výchova (dvouoborové)

(studium je otevíráno na Fakultě tělesné výchovy a sportu UK)

Do budoucna je plánováno otevření kombinací s Filosofickou fakultou, které budou navazovat na příslušná již běžící bakalářská studia.

Po dohodě s didaktickými pracovišti MFF UK a Přírodovědecké fakulty UK je v rámci Univerzity Karlovy možno studovat také obor Učitelství fyziky v kombinaci s oborem:

- Učitelství chemie pro SŠ (dvouoborové)

(studium je otevíráno na Přírodovědecké fakultě UK)

Předměty společného základu (kombinace realizované na MFF UK)

Povinná výuka je v následujících přehledech vyznačena tučným písmem.

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPED034	Pedagogika I	3	2/0 Z	—
NPED035	Pedagogika II	3	—	0/2 Z
NPED033	Psychologie	6	—	2/2 Z
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NPED015	<i>Pedagogický seminář I</i>	3	0/2 Z	—
NPED016	<i>Pedagogický seminář II</i>	3	—	0/2 Z

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPED043	Diagnostika a autodiagnostika pro učitele	2	0/1 Z	—
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z

Státní závěrečná zkouška

Studium je zakončeno státní závěrečnou zkouškou, která se skládá z těchto částí:

- obhajoba diplomové práce
- ústní zkouška z diplomního oboru
- ústní zkouška z nediplomního oboru
- ústní zkouška z pedagogiky a psychologie

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce z diplomního oboru a k obhajobě diplomové práce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů diplomního oboru
- obsahuje-li diplomní obor skupiny povinně volitelných předmětů, je třeba získat předepsaný počet kreditů z každé skupiny
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce z nediplomního oboru

- získání alespoň 90 kreditů

Státní závěrečnou zkoušku z nediplomního oboru může student skládat již v zimním semestru 2. ročníku.

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce z pedagogiky a psychologie

- získání alespoň 40 kreditů
- splnění předmětů Pedagogika I, Pedagogika II a Psychologie

Státní závěrečnou zkoušku z pedagogiky a psychologie může student skládat nejdříve v letním semestru 1. ročníku.

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z pedagogiky a psychologie

Při zkoušce student prokáže znalost základních pedagogických a psychologických pojmů a dovednost používat je v odpovídajících souvislostech. Dokáže analyzovat konkrétní pedagogické situace, identifikovat v nich obsažené problémy, zaujmout k nim vlastní stanovisko a zdůvodnit je v kontextu jiných možných řešení. Prokáže schopnost integrovat poznatky z psychologie osobnosti, vývojové psychologie, pedagogické psychologie, sociální psychologie a školní psychologie. Je schopen aplikovat poznatky z pedagogiky a psychologie na daný problém. Při rozpravě nad konkrétními pedagogickými situacemi bude schopen hlouběji analyzovat a vyhodnotit jevy edukační reality a prokáže tak připravenost k převzetí role učitele. Prokáže rovněž, na základě předložené studijní literatury, připravenost k samostatnému dalšímu vzdělávání v oblasti pedagogiky a psychologie. Specifikace otázek, problémů a situací bude odpovídat stupni školy, pro který je student připravován. Zkouška se koná ústní formou.

Témata z oblasti pedagogiky

1. Učení

Učení a jeho nutné předpoklady a podmínky. Vnější a vnitřní motivace. Učební styly. Klíčové kompetence. Studenti se speciálními vzdělávacími potřebami a jejich integrace. Výkon a úspěch. Sociální aspekty vzdělávání.

2. Učitel jako sociální partner

Osobnost učitele, výukové styly, role učitele v proměnách času, autorita. Sociální dovednosti učitele. Vzdělávání učitelů. Kompetence učitelů. Problémy začínajících učitelů. Spolupráce s rodinou. Sociální interakce mezi učitelem a žákem. Plánování výuky.

3. Cíle vzdělávání

Poznávací a hodnotové cíle v matematice a přírodovědných předmětech. Znalosti, dovednosti a kompetence. Taxonomie vzdělávacích cílů. Cíle v učitelské praxi. Vztah mezi cíli a výstupy vzdělávání. Cíle ve školských kurikulárních dokumentech. Matematická a čtenářská gramotnost.

4. Obsah vzdělávání

Obsah a struktura základních oblastí vzdělávání. Přenos učiva. Kurikulární dokumenty, příprava na hodinu, učebnice, metodické materiály. Standardy vzdělávání. Mezipředmětové vazby, integrované přírodní vědy.

5. Vyučovací metody a organizační formy

Vyučovací metody a jejich rámcová klasifikace. Vyučovací hodina, její typy a fáze, dramatické prvky její stavby. Aktivizující metody a jejich zavádění do výuky. Strategie řešení problémů, problémové vyučování, projektová výuka, kooperativní výuka, heuristická metoda, diskuse, týmové vyučování, případová metoda, inscenační metoda. Didaktické hry a soutěže. Diagnostické a klasifikační metody. Didaktické testy. Hodnocení žáků, klasifikace a slovní hodnocení, funkce hodnocení, rozvíjení hodnotící aktivity žáků, sebehodnocení. Organizační formy výuky. Frontální, skupinová a individuální výuka. Diferenciace a individualizace ve vyučování. Otevřené vyučování, inkusivní vzdělávání, konstruktivistický přístup. Vliv nových technologií, distanční výuka, multimediální prostředky.

6. *Vzdělávací soustava*

Druhy a typy škol, vzdělávací soustava v ČR, systém výchovného poradenství. ČŠI a hodnocení škol. Domácí vzdělávání. Alternativní školy. Mezinárodní klasifikace stupňů vzdělávání, mezinárodní výzkumy vzdělávání. Autonomie škol. Selektivita a rovný přístup ke vzdělávání. Inkluzivní vzdělávání.

Témata z oblasti psychologie

1. *Psychologie osobnosti učitele a učitelské profese*

Analýza učitelské profese - učitelská profese a její nároky (klinická náročnost učitelství, nejistoty, ambivalence a dilemata učitelství, prestiž a obtížnost učitelské profese). Posuny v žákovské populaci a jejich dopady na učitelskou profesi. Subjektivní zodpovědnost za úspěchy a neúspěchy žáků. Autodiagnostika učitele - individuální pojetí učitelství, zjišťování vlastních specifík pedagogického působení.

2. *Sociální aspekty vzdělávání. Socializace*

Pojem a podstata socializace. Mechanismy socializace (sociální učení). Stávání se žákem. Rozdíly mezi rodinnou a školní socializací. Psychologické aspekty spolupráce s rodinou. Interakce učitel - žák (žáci). Sociální poznávání a hodnocení. Percepce žáka učitelem. Zákonitosti procesu připisování příčin po úspěchu a neúspěchu. Kauzální atribuce a školní výkon. Učitelova očekávání („sebenaplňující proroctví“). Vznik, funkce a změna postojů. Předsudky a stereotypy Typizování žáků, preferenční postoje učitele, kategorizace učitelů žáky. Struktura a dynamika malé sociální skupiny. Psychologie školní třídy a možnosti intervence v práci se třídou. Činitelé ovlivňující stav a vývoj školní třídy. Sociometrie, metody zjišťování vztahů ve skupině (SORAD). Klima ve školní třídě a ve škole - pojem a základní dimenze (diagnostika třídního a školního klimatu).

3. *Psychický vývoj*

Periodizace lidského života, základní pojmy vývojové psychologie (vývoj, zrání, učení). Hlavní vývojové oblasti (tělesná, motorická, percepční, kognitivní, řečová a jazyková, osobnostní, sociální, morální). Vývoj v jednotlivých životních etapách: předškolní věk, mladší a starší školní věk, adolescence, dospělost a stáří. Hlavní vývojové koncepce (Erikson, Piaget, Vygotskij).

4. *Motivace ve škole*

Motivace učební činnosti (struktura žákovské motivace: výkonová motivace, poznávací motivace, sociální motivace, instrumentální motivace, odměny a tresty). Diagnostika žákovské motivace k učení. Krátkodobé i dlouhodobé strategie ovlivňování žákovské motivace. Žákovské zaujetí školní prací (úkolem). Žák v širších biodromálních souvislostech. Vztah k budoucnosti jako činitel žákovské motivace. Volní procesy a jejich diagnostika. Postoje žáků ke škole a vyučovacím předmětům. Žákovská nemotivovanost a motivační vlivy převážně snižující školní výkon (strach a nuda ve škole, motivační konflikty). Překonávání motivačních krizí ve vztahu ke škole. Psychologická rizika a úskalí spojená s hodnocením. Školní úspěšnost - pojetí školní úspěšnosti (rozvoj potencialit žáka - facilitující a inhibující faktory).

5. *Učení a poznávání*

Pojem učení - podoby učení, vybrané teorie učení a druhy učení. Učení ve školním kontextu: Učení a chyba - práce s chybou. Autoregulace učení - vzdělávací autoregulace (diagnostika a rozvoj). Strategie efektivního učení. Individuální zvláštnosti učení: Kognitivní styl, učební styl (žákovo pojetí učení, učební strategie, učební přístupy).

Dětská interpretace světa - žákovo pojetí učiva. Pojem metakognice. Specifické poruchy učení - výskyt, nejčastější projevy, diagnostika, přístup učitele, náprava. Žáci se specifickými edukačními potřebami - žáci s potížemi při učení, žáci pracující pod a nad své schopnosti, nadaní žáci, žáci s poruchami chování.

6. Systém poradenských služeb ve školství

Odborné kompetence pracovníků v systému poradenských služeb ve školství: výchovní poradci, školní metodik prevence, odborník na reedukaci SPU, školní psycholog. Spolupráce s PPP, SPC, SVP. Náročné životní situace. Stres a jeho zvládnání. Copingové strategie. Krizová intervence. Lidský vztah jako součást profese. Syndrom vyhoření a jeho prevence. Žáci s poruchami chování. Šikana ve škole a její prevence.

2. Studijní plány jednotlivých oborů

1. Učitelství fyziky

Garantující pracoviště: Katedra didaktiky fyziky

Garant oboru: doc. RNDr. Zdeněk Drozd, Ph.D. (KDF)

Garant za pedagogiku a psychologii: doc. PhDr. Isabella Pavelková, CSc. (KDF)

Charakteristika studijního oboru:

Studium připravuje učitele fyziky pro střední a základní školy. Navazuje na bakalářské studium, z něhož si student přinesl základní odborné znalosti potřebné pro výuku fyziky na základní a na střední škole. Studium vedle některých náročnějších partií fyziky zahrnuje zejména profesní přípravu (pedagogicko-psychologické předměty, základy školského managementu, didaktiku fyziky, praktika školních pokusů, pedagogická praxe). Široká nabídka volitelných předmětů a volba tématu diplomové práce umožňuje studentům rozšířit si vzdělání v oblastech, které je zajímají a ve kterých se chtějí profilovat. Studium je také zaměřeno na problematiku oborové didaktiky (i z praktického hlediska provádění fyzikálních experimentů), pedagogiky a psychologie. Fyzikální předměty jsou zaměřeny na moderní partie fyziky (jaderná fyzika, fyzikální obraz světa) na témata, která sehrála klíčovou roli v aplikačních oblastech (předmět Fyzika kondenzovaného stavu) a na oblast "mezních oborů" (astronomie a astrofyzika). Důležitou součástí výuky v Mgr. studiu jsou také pedagogické praxe.

Cíle studia a profil absolventa:

Cílem je vychovat kvalitní učitele fyziky velmi dobře připravené po odborné i profesní stránce, rozvinout jejich osobnost, aby uměli jak zaujmout žáky pro své předměty, tak je vést a vychovávat po lidské stránce. Z absolventů by měli vyrůst učitelé, kteří dokáží podněcovat své žáky k aktivní práci, budou s nimi schopni komunikovat i mimo svou odbornost, dokáží se tomuto umění v průběhu své kariéry učitele dále učit, a kteří se budou chtít sami dále rozvíjet a zvládnou měnící se roli učitele v dnešním i budoucím světě. Absolvent je plně kvalifikovaným učitelem fyziky pro střední a základní školu. Má dostatečně široké a hluboké odborné znalosti základů 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 rozvíjet znalosti a dovednosti žáků týkající se fyziky na úrovni střední a základní školy. Dokáže aplikovat dostatečně široké spektrum metod a forem výuky, umí samostatně řídit práci žáků a reagovat na nejrůznější situace

vzniklé ve výuce. Umí využívat informační a komunikační technologie. Prokazuje 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 školy. V rámci diplomové práce získal hlubší vědomosti z některé části fyziky nebo z problematiky vzdělávání v tomto oboru (ev. z druhého aprobačního oboru). Díky tomu je schopen komunikovat se specialisty. Znalosti a dovednosti získané a rozvinuté během studia tvoří kvalitní východisko pro jeho další vzdělávání a celoživotní profesní růst; může je též případně uplatnit i v jiných povoláních, zejména v těch, kde uplatní exaktní myšlení v kombinaci s obecnějšími osobnostními kompetencemi.

Doporučený průběh studia

Student si k povinné výuce zapisuje ještě výběrovou výuku a doporučené volitelné předměty minimálně v takovém rozsahu, aby za celé studium získal alespoň počet kreditů nutných k přípuštění ke státní závěrečné zkoušce. Povinná výuka je v následujících přehledech vyznačena tučným písmem.

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
	Předměty společného základu			
NUFY104	Fyzika kondenzovaného stavu	4	3/0 Zk	—
NDFY045	Praktikum školních pokusů I	4	0/3 Z	—
NDFY043	Didaktika fyziky I	5	2/1 Z+Zk	—
NDFY031	Pedagogická praxe z fyziky I	1	1 den týdně Z	
NUFY018	Jaderná fyzika	3	—	2/0 Zk
NDFY046	Praktikum školních pokusů II	4	—	0/4 Z
NDFY032	Pedagogická praxe z fyziky II	1		2 týdny Z
	<i>Kurz bezpečnosti práce I¹</i>	0		

¹ Kurz je organizován jednorázově zpravidla v letním semestru. Informace jsou vždy před začátkem semestru na <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/>.

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
	Předměty společného základu			
NUFY020	Astronomie a astrofyzika	3	2/0 Zk	—
NUFY023	Fyzikální obraz světa	3	2/0 Zk	—
NDFY044	Didaktika fyziky II	3	0/2 Z	—
NDFY033	Pedagogická praxe z fyziky III	1	2 týdny Z	

Další doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NUFY056	<i>Fyzika kondenzovaného stavu</i>	3	0/2 Z	—
NUFY127	<i>Vybraná témata z atmosférické fyziky vhodná pro aplikace ve výkladu středoškolské fyziky</i>	3	—	2/0 Zk

NUFY130	<i>Nízké teploty</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NUFY131	<i>Seminář z fyziky mikrosvěta pro učitele</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NDFY042	<i>Vývoj fyzikálních experimentů</i>	3	0/2 Z	—
NDFY070	<i>Vývoj fyzikálních experimentů II</i>	3	—	0/2 Z
NDFY056	<i>Heuristické metody ve výuce fyziky III</i>	3	0/2 Z	—
NDFY079	<i>Praxe v mimoškolním fyzikálním vzdělávání I</i>	2	0/1 Z	0/1 Z
NDFY080	<i>Praxe v mimoškolním fyzikálním vzdělávání II</i>	2	0/1 Z	0/1 Z
NJSF110	<i>Seminář fyzikální olympiády I</i>	3	0/2 Z	—
NDFY047	<i>Praktikum školních pokusů III</i>	4	0/3 Z	—
NPED023	<i>Školský management</i>	3	0/2 Z	—
NDFY029	<i>Problémy fyzikálního vzdělávání</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NUFY084	<i>Praktický úvod do elektroniky II</i>	3	—	0/2 Z
NDFY048	<i>Praktikum školních pokusů IV</i>	4	—	0/3 Z
NDFY049	<i>Praktikum školních pokusů V</i>	4	—	0/3 Z
NUFY045	<i>Jaderná fyzika</i>	3	—	0/2 Z
NPED044	<i>Psychologická a pedagogická reflexe pedagogické praxe</i>	1	0/1 Z	—
NTMF111	<i>Obecná teorie relativity</i>	4	—	3/0 Zk
NDFY057	<i>Heuristické metody ve výuce fyziky IV</i>	3	—	0/2 Z
NJSF110	<i>Seminář fyzikální olympiády I</i>	3	0/2 Z	—
NJSF111	<i>Seminář fyzikální olympiády II</i>	3	—	0/2 Z
NPED022	<i>Rétorika a komunikace s lidmi I</i>	2	0/2 Z	—
NPED042	<i>Rétorika a komunikace s lidmi II</i>	2	—	0/2 Z
NUFY124	<i>Kvantitativní fyzikální úlohy</i>	1	—	0/1 Z
NDFY068	<i>Fyzika v kulturních dějinách lidstva I</i>	3	2/0 Zk	—
NDFY069	<i>Fyzika v kulturních dějinách lidstva II</i>	3	—	2/0 Zk

Některé volitelné předměty nemusí být v tomto akademickém roce vyučovány.

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z fyziky a didaktiky fyziky

Odborná témata

Student musí prokázat dostatečný fyzikální nadhled nad partiiemi 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*

Přehled základních termodynamických zákonů a jejich důsledků. Teoretická východiska statistické fyziky a statistický popis různých typů systému. Základní veličiny popisující stav systému v termodynamice a ve statistické fyzice, propojení obou popisů.

4. *Fyzika mikrosvěta*

Experimenty vedoucí ke vzniku kvantové fyziky, příklady odlišného chování mikroskopických objektů v porovnání s klasickými systémy. Formální schéma kvantové mechaniky (přehled postulátů a jejich hlavních důsledků). Současný popis částicového složení látky na různých škálách (molekuly, atomy, jádra, ...). Atomové jádro (složení, charakteristiky). Vazebná energie jádra, vazebné 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*

Struktura kondenzovaných látek (krystalické a amorfnní látky, symetrie, Millerovy indexy, reciproká mříž). Vazby v kondenzovaných látkách (iontová vazba, kovalentní vazba, kovová vazba, Van der Waalsova vazba, vodíkový můstek). Difrakce rentgenového záření na krystalech. Poruchy krystalových struktur (bodové poruchy, dislokace, napěťové pole dislokace, dvojčatění, vrstevné chyby, hranice zrn a subzrn). Deformace krystalických látek (elastická deformace, Hookův zákon, elastické konstanty, plastická deformace, mechanismy plastické deformace). Kmity mříže a tepelné vlastnosti materiálů (základní myšlenky, fonony, Einsteinova a Debyeova teorie tepelné kapacity mřížky). Elektrony v krystalických látkách (valenční elektrony v PL, Fermiho plyn volných elektronů, vliv vnějších polí, elektron v periodickém poli, pásová teorie PL). Polovodiče (vlastní a příměsové polovodiče, p-n přechod, dioda, tranzistor). Základy supravodivosti (Meissnerův jev, izotopický jev, supravodiče I. a II. druhu, perzistentní proud, Cooperovy páry).

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. Musí umět vysvětlit souvislost pokročilejších partií s příslušnými částmi látky probíranými na střední i základní škole a bez nepřipustného zkreslení objasnit danou problematiku na úrovni přístupné žákům střední, popřípadě základní školy. Musí prokázat znalost cílů a obsahu fyzikálního vzdělávání na střední a základní škole a schopnost navrhnout alternativní způsoby projekce fyzikálních poznatků do učiva příslušných typů škol. Předmětem diskuse může být i struktura učiva fyziky na SŠ a ZŠ, zavádění fyzikálních veličin, zákonů a teorií do učiva, metody a prostředky ve výuce 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.

Témata výstupů

1. *Zákon zachování hybnosti dvou těles*
2. *Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb*
3. *Archimédův zákon pro kapaliny a plyny*
4. *Hydrostatická tlaková síla a hydrostatický tlak*
5. *Mechanické vlnění*
6. *Mechanické kmitání*
7. *Odraz a lom světla*
8. *Jednoduché optické přístroje (lupa, mikroskop, dalekohled)*
9. *Teplotní roztažnost (délková i objemová)*
10. *Přenos tepla (vedením, prouděním, zářením)*
11. *Kapacita deskového kondenzátoru*
12. *Elektrostatická indukce*
13. *Ohmův zákon pro část obvodu a pro uzavřený obvod*
14. *Magnetické pole vodiče a cívky s proudem*
15. *Elektromagnetická indukce*
16. *Transformátor*
17. *Polovodičová dioda a její použití*
18. *Bipolární tranzistor a jeho užití jako spínače, nebo zesilovače*
19. *Obvod střídavého proudu s R , L , C*
20. *Elektromagnetické vlnění*

2. Učitelství matematiky

Garantující pracoviště: Katedra didaktiky matematiky

Garant oboru: doc. RNDr. Jarmila Robová, CSc. (KDM)

Garant za pedagogiku a psychologii: doc. PhDr. Isabella Pavelková, CSc. (KDF)

Doporučený průběh studia**1. rok studia**

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
Předměty společného základu				
NMUM401	Matematická analýza V	5	2/2 Z+Zk	—
NMUM403	Pravděpodobnost a matematická statistika I	3	2/1 Z+Zk	—
NMUM405	Didaktika matematiky	5	2/2 Z+Zk	—
NMUM402	Matematická analýza VI	5	—	2/2 Z+Zk
NMUM404	Pravděpodobnost a matematická statistika II	3	—	2/1 Z+Zk
NMUM468	<i>Praktické aspekty vyučování matematice</i>	2	—	0/2 Z
NMUM410	Pedagogická praxe z matematiky II	1	—	2 týdny Z

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
Předměty společného základu				
NMUM501	Algebra	4	2/1 Z+Zk	—
NMUM503	Geometrie III	2	2/0 Zk	—
NMUM505	Logika a teorie množin	3	2/0 Zk	—
NMUM511	Pedagogická praxe z matematiky III	1	2 týdny Z	—

Další doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMUM468	<i>Praktické aspekty vyučování matematice</i>	2	—	0/2 Z
NUMV090	<i>Teorie her</i>	2	—	2/0 Z
NUMV009	<i>Geometrie a učitel I</i>	2	0/2 Z	—
NMUG404	<i>Vybrané kapitoly z diferenciální geometrie</i>	5	—	2/2 Z+Zk
NMUM365	<i>Seminář z kombinatoriky a teorie grafů</i>	2	—	0/2 Z
NMIN203	<i>Mathematica pro začátečníky</i> ¹	2	0/2 Z	0/2 Z
NMIN264	<i>Mathematica pro pokročilé</i> ²	2	—	0/2 Z
NMUG361	<i>Aplikace deskriptivní geometrie</i>	2	2/0 Z	—
NUMV047	<i>Pravděpodobnost a finanční matematika pro střední školu</i>	3	0/2 Z	—
NUMV048	<i>Statistika a pojistná matematika pro střední školu</i>	3	—	0/2 Z

Některé volitelné předměty nemusí být v tomto akademickém roce vyučovány.

¹ Volitelný předmět je jednosemestrální, je možno jej absolvovat v zimním nebo v letním semestru.

² Volitelný předmět bývá vyučován zpravidla jednou za dva roky.

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z matematiky a didaktiky matematiky

1. Matematická analýza.

Základy teorie míry, Lebesgueova míra, měřitelné funkce. Lebesgueův integrál funkcí dvou a více proměnných, Fubiniho věta, věta o substituci, příklady substitucí (polární souřadnice, sférické, válcové souřadnice). Aplikace vícerozměrných integrálů (objemy, obsahy ploch zadaných parametricky, těžiště). Záměna limity a integrálu (věta Leviho a Lebesgueova).

Fourierovy řady: ortonormální systém funkcí, Fourierovy koeficienty, Parsevalova rovnost, Besselova nerovnost; bodová a stejnoměrná konvergence.

Metrické prostory, normované lineární prostory (otevřené a uzavřené množiny, limita a spojitost, úplnost), Banachova věta o pevném bodě a její aplikace.

2. Algebra a lineární algebra.

Lineární formy, duální prostor, duální báze. Bilineární a kvadratické formy a jejich matice, polární báze, normální báze, Sylvestrův zákon o setrvačnosti, signatura.

Prostor se skalárním součinem, Cauchyova-Schwarzova nerovnost, trojúhelníková nerovnost, Gramův-Schmidtův ortogonalizační proces, ortogonální projekce, Fourierovy koeficienty, ortogonální zobrazení, ortogonální matice.

Polynomy, dělitelnost, kořenové vlastnosti, derivace polynomu.

Grupy, okruhy, obory integrity, tělesa: základní výsledky a příklady. Homomorfismy grup. Hlavní výsledky Galoisovy teorie, řešení algebraických rovnic z hlediska teoretické algebry, konstruovatelnost pravítkem a kružítkem.

3. Geometrie.

Projektivní prostor, definice a základní vlastnosti, homogenní souřadnice, projektivní rozšíření afinní roviny. Grupa Möbiiovských transformací. Základní typy kvadrik a jejich vlastnosti, afinní a eukleidovská klasifikace regulárních a singulárních kuželoseček, afinní klasifikace regulárních kvadrik.

Neeukleidovská geometrie, modely hyperbolické geometrie, základy axiomatického vybudování geometrie, Kleinův Erlangenský program.

4. Diferenciální geometrie.

Parametrické vyjádření křivky, příklady. Délka křivky, parametrizace obloukem. Frenetův repér a Frenetovy vzorce v rovině a v prostoru, křivost a torze.

Parametrické vyjádření plochy, příklady. Tečná rovina, normála. První a druhá základní forma plochy a jejich užití. Střední a Gaussova křivost. Zobrazení mezi plochami (izometrie, konformní zobrazení).

5. Logika a teorie množin.

Výrokový a predikátový počet. Axiomatická teorie. Konečné množiny; spočetné a nespočetné množiny. Dobré uspořádání. Kardinální a ordinální čísla. Axiom výběru a jeho ekvivalenty. Peanova aritmetika a model přirozených čísel v teorii množin; čísla celá, racionální, reálná. Mohutnosti oborů přirozených, celých, racionálních a reálných čísel.

6. Kombinatorika, pravděpodobnost a matematická statistika.

Princip inkluze a exkluze, permutace bez pevných bodů. Řešení rekurentních rovnic, generující funkce. Fibonacciho čísla. Pravděpodobnostní prostor, různé definice

pravděpodobnosti. Podmíněná pravděpodobnost a nezávislost náhodných jevů. Náhodné veličiny – základní charakteristiky, nezávislost. Diskrétní a spojitá rozdělení náhodných veličin. Náhodné vektory. Zákon velkých čísel, centrální limitní věta. Popisná statistika. Korelace, regresní přímka. Odhady parametrů a testy hypotéz. Lineární model a jeho speciální případy, lineární regrese.

7. Didaktika matematiky.

Argumentace a ověřování ve školské matematice (induktivní a deduktivní metody, výroky, důkazy a jejich typy). Vytváření představ, pojmů a jejich vlastností, klasifikace pojmů (číslo, číselné obory, funkce a posloupnosti, geometrická zobrazení). Rozvíjení geometrické představivosti v rovině a v prostoru (vzájemné polohy a vlastnosti geometrických útvarů, konstrukční úlohy). Metody řešení úloh v algebře (rovnice, nerovnice a jejich soustavy) a analytické geometrii (rovnice přímek a rovin, vzdálenosti a odchylky). Aplikace matematiky v praxi (finanční matematika, kombinatorika, pravděpodobnost a statistika).

3. Učitelství deskriptivní geometrie

Garantující pracoviště: Katedra didaktiky deskriptivní geometrie

Garant oboru: doc. RNDr. Zbyněk Šír, Ph.D. (MÚ UK)

Garant za pedagogiku a psychologii: doc. PhDr. Isabella Pavelková, CSc. (KDF)

Doporučený průběh studia

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
Předměty společného základu				
NMUG401	Neeukleidovská geometrie I	5	2/2 Z+Zk	—
NMUG403	Algebraická geometrie	2	2/0 Zk	—
NMUG405	Didaktika deskriptivní geometrie	4	2/2 Z+Zk	—
NMUG361	<i>Aplikace deskriptivní geometrie</i>	2	2/0 Z	—
NMUG402	Neeukleidovská geometrie II	5	—	2/2 Z+Zk
NMUG404	Vybrané kapitoly z diferenciální geometrie	5	—	2/2 Z+Zk
NMUG406	Kartografie	2	—	2/0 Zk
NMUG410	Pedagogická praxe z deskriptivní geometrie II	1	—	2 týdny Z

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
Předměty společného základu				
NMUG501	Kinematická geometrie	5	2/2 Z+Zk	—
NMUG503	Vybrané kapitoly z geometrie	2	2/0 Zk	—
NMUG511	Pedagogická praxe z deskriptivní geometrie III	1	2 týdny Z	—

Některé předměty tohoto studijního plánu jsou vyučovány jednou za dva roky. Blok předmětů Neeukleidovská geometrie I a II se střídá s blokem Algebraická geometrie, Kartografie, Kinematická geometrie.

Předmět Vybrané kapitoly z diferenciální geometrie se střídá s předmětem Vybrané kapitoly z geometrie.

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z deskriptivní geometrie a didaktiky deskriptivní geometrie

Jedná se o přehled širších tematických okruhů. Otázky jsou zpravidla formulovány konkrétněji.

1. Algebraická geometrie.

Algebraická křivka, algebraická plocha. Regulární a singulární body. Společné body přímky a algebraické plochy. Polarita. Hessián. Inflexní body algebraické křivky. Průnik křivek, resultant. Plückerovy vzorce. Tečnová rovnice křivky.

2. Projektivní a neeukleidovská geometrie, základy geometrie.

Projektivní rozšíření eukleidovské roviny. Homogenní souřadnice. Kolineace zachovávající kuželosečku. Neeukleidovské geometrie, modely Lobačevského roviny (Beltramiho-Kleinův, Poincarého). Geometrie kulové plochy. Axiomatické vybudování geometrie.

3. Diferenciální geometrie a její aplikace.

Obsahy rovinných útvarů (mnohoúhelníky, oblasti ohraničené uzavřenými křivkami), izoperimetrické úlohy pro mnohoúhelníky a uzavřené křivky. Theorema egregium. Geodetické křivky na plochách (příklady, souvislost s hledáním nejkratší spojnice dvou bodů na ploše). Zobrazení mezi plochami a jejich aplikace v kartografii.

4. Kartografie

Kartografie (přehled kartografických zobrazení a jejich vlastností, synteticky i užitím diferenciální geometrie). Souřadnicové soustavy (zeměpisné a kartografické souřadnice), důležité křivky (loxodroma, ortodroma), kartografická zobrazení. Zobrazení elipsoidu na kulovou plochu, konstrukce sítí poledníků a rovnoběžek v jednoduchých zobrazeních (zobrazení referenční plochy na rozvinutelné plochy a rozvinutí do roviny).

5. Kinematická geometrie

Kinematická geometrie (základní pojmy, definice nejdůležitějších pojmů a popis jejich vlastností, speciální pohyby). Základy kinematické geometrie v rovině, určenost pohybu pomocí trajektorií a obálek. Pevná a hybná polodie, jejich konstrukce. Vratný pohyb. První a druhá základní věta kinematické geometrie. Ponceletova konstrukce trajektorií a obálek. Speciální pohyby (kardioidický, eliptický, cyklický, konchoidální, úpatnicový). Středové křivosti trajektorií a obálek.

6. Aplikace deskriptivní geometrie

Aplikace deskriptivní geometrie v umění a technické praxi. Zobrazovací metody (rovnoběžná a středová promítání) – rýsování na počítači. Rekonstrukce fotografických snímků a zakreslování nových objektů. Konstrukce technicky významných ploch (přímkové, rotační, šroubové, translační) a jejich užití ve stavebnictví. Modelování aproximačních a interpolačních křivek a ploch na počítači. Algoritmy aplikované a počítačové geometrie.

7. Didaktika deskriptivní geometrie, dějiny deskriptivní geometrie.

Požaduje se znalost jednotlivých zobrazovacích metod na úrovni bakalářského studia a schopnost řešit úlohy v těchto metodách.

Středová kolineace, osová afinita. Kótované promítání, Mongeovo promítání, pravoúhlá axonometrie, kosoúhlé promítání. Kuželosečky. Křivky a plochy technické praxe.

Lineární perspektiva, rovnoběžné osvětlení. Znalost těchto okruhů a porozumění jim z následujících hledisek:

- transformace deskriptivní geometrie jako vědy do školské deskriptivní geometrie,
- vzájemné vazby mezi okruhy, mezipředmětové vztahy,
- různé postupy při řešení úloh a jejich efektivita,
- motivace, aplikace v praxi,
- klasifikace a porovnání promítacích metod.

Dějiny deskriptivní geometrie. Koncepce, obsah a metody vyučování deskriptivní geometrie od poloviny 19. století.

4. Učitelství informatiky

Garantující pracoviště: Katedra softwaru a výuky informatiky

Garant oboru: doc. RNDr. Pavel Töpfer, CSc. (KSVI)

Garant za pedagogiku a psychologii: doc. PhDr. Isabella Pavelková, CSc. (KDF)

Doporučený průběh studia

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
	Předměty společného základu			
NPGR003	Základy počítačové grafiky	5	2/2 Z+Zk	—
NSWI142	Webové aplikace	6	2/2 Z+Zk	—
NUIN014	Informační technologie ¹	4	—	2/1 Z+Zk
NDIN015	Didaktika informatiky ¹	3	—	0/2 Z
NDIN011	Didaktika uživatelského software I ¹	2	0/2 Z	—
NDIN012	Didaktika uživatelského software II ¹	2	—	0/2 Z
NDIN007	Pedagogická praxe z informatiky II	1		2 týdny Z

¹ Předmět není vyučován v každém akademickém roce, je vyučován zpravidla jednou za dva roky. Zapište si jej podle toho v 1. nebo ve 2. roce svého studia.

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
	Předměty společného základu			
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—
NUIN014	Informační technologie ¹	4	—	2/1 Z+Zk
NDIN015	Didaktika informatiky ¹	3	—	0/2 Z
NDIN011	Didaktika uživatelského software I ¹	2	0/2 Z	—
NDIN012	Didaktika uživatelského software II ¹	2	—	0/2 Z
NUIN017	Speciální oborový seminář	2	—	0/2 Z

NDIN008	Pedagogická praxe z informatiky III	1	2 týdny Z
---------	--	---	-----------

Další doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NAIL069	<i>Umělá inteligence I</i>	5	2/1 Z+Zk	—
NPFL012	<i>Úvod do počítačové lingvistiky</i>	3	2/0 Zk	—
NSWI072	<i>Algoritmy komprese dat</i>	3	2/0 Zk	—
NPGR004	<i>Fotorealistická grafika</i>	5	—	2/2 Z+Zk
NMAI042	<i>Numerická matematika</i>	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG003	<i>Metodika programování a filozofie programovacích jazyků</i>	3	—	2/0 Zk
NUOS008	<i>Seminář z počítačových aplikací</i>	3	—	0/2 Z

Státní závěrečná zkouška**Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z informatiky a didaktiky informatiky****Odborná témata***1. Zobrazení dat v počítači*

Zobrazení celých a reálných čísel v počítači, algoritmy základních početních operací. Reprezentace znaků a řetězců. Implementace datových struktur (pole, záznamy, množiny).

2. Principy počítačů, operačních systémů a počítačových sítí

Architektury počítačů. Typické instrukce strojového kódu. Přerušovací systémy. Paměťové systémy. Sběrnice, způsob připojení a programové obsluhy typických periférií. Role a základní úkoly operačního systému, příklady konkrétních operačních systémů (Windows, Unix). Správa prostředků, algoritmy prevence uváznutí. Popis paralelismu a synchronizace procesů. Počítačové sítě, standard ISO, TCP/IP, Internet, elektronická pošta.

3. Datové a řídicí struktury programovacích jazyků (programátorský a implementační pohled)

Jednoduché a strukturované datové typy. Podprogramy, komunikace podprogramu s okolím (globální proměnné, parametry, typy předávání parametrů, moduly a separátní kompilace). Porovnání vybraných programovacích jazyků z hlediska jejich datových a řídicích struktur. Principy překladačů programovacích jazyků, překlad a interpretace, podprogramy a makra. Formální popisy syntaxe programovacích jazyků.

4. Metodika programování

Vývoj metodiky programování. Strukturované programování, modulární a objektové programování, abstraktní datové typy. Událostmi řízené programy. Logické a funkcionální programování. Dětské programovací jazyky.

5. Správnost a složitost algoritmů

Částečná správnost algoritmu, konečnost algoritmu, invarianty. Časová, paměťová, asymptotická složitost algoritmu - nejhorší, nejlepší, průměrný případ (definice jednotlivých pojmů). Odhad asymptotické složitosti jednoduchých algoritmů. Časová a pro-

storová složitost - vztah determinismu a nedeterminismu. Polynomiální převeditelnost, P- a NP-problémy, NP-úplnost.

6. Základní programovací techniky a návrh datových struktur

Různé reprezentace abstraktních datových typů (množina, zásobník, fronta, prioritní fronta). Složitost vyhledávání, vkládání a vypouštění prvků, hledání minimálního a k-tého nejmenšího, průchod všemi prvky. Reprezentace faktorové množiny. Hashování. Reprezentace aritmetických výrazů a algoritmy pro výpočet jejich hodnoty. Obecnější metody návrhu efektivních algoritmů (metoda rozděl a panuj, dynamické programování atd.).

7. Algoritmy vnitřního a vnějšího třídění

Dolní odhady časové složitosti úlohy vnitřního třídění pro nejhorší a průměrný případ. Jednoduché algoritmy kvadratické složitosti. Třídění sléváním, heapsort, quicksort, přihrádkové třídění. Odlišnost vnějšího třídění od vnitřního třídění, základní myšlenky, přirozené slučování, polyfázové třídění.

8. Základní numerické algoritmy

Řešení soustav lineárních rovnic - metody přímé a iterační, metody řešení nelineárních rovnic. Interpolace funkcí polynomy, jiné metody aproximace funkcí. Numerická integrace.

9. Teorie automatů a jazyků

Chomského hierarchie, charakterizace jejich tříd pomocí gramatik a automatů. Různé ekvivalentní definice regulárních jazyků. Nerodova věta. Uzávěrové vlastnosti regulárních jazyků. Bezkontextové gramatiky, derivační stromy, normální tvary gramatik, zásobníkové automaty, uzávěrové vlastnosti, deterministické jazyky.

10. Kombinatorika a teorie grafů

Základní pojmy teorie grafů, různé možnosti datové reprezentace grafu. Základní kombinatorické pojmy a metody. Základní kombinatorické a grafové algoritmy (např. nejkratší cesta v grafu, minimální kostra, prohledávání grafu, určování různých typů souvislosti, acykličnost grafu, toky v sítích, maximální párování v grafech).

11. Vyčíslitelnost

Algoritmicky vyčíslitelné funkce, jejich vlastnosti, Churchova teze. Rekursivní a rekursivně spočetné množiny a jejich vlastnosti. Algoritmicky neřešitelné problémy. Gödelova věta o neúplnosti.

12. Informační systémy

Organizace souborů - sekvenční, indexsekvenční, indexované, hashovací metody, B-stromy. Databázové systémy - problematika návrhu, konceptuální, logické a fyzické schéma. Relační datový model. Pojem dotazu, dotazovací jazyky (SQL).

13. Počítačová geometrie a grafika

Algoritmy 2D grafiky: kreslení čar, vyplňování, pŕltónování a rozptylování barev. Barevné systémy, zobrazování barev na počítači. Transformace a projekce. 3D grafika: metody reprezentace 3D scén, zobrazovací algoritmy, výpočet viditelnosti.

14. Umělá inteligence

Heuristické metody řešení úloh. Neuronové sítě. Programování her - algoritmus minimaxu, alfa-beta prořezávání.

15. Vybrané oblasti použití počítačů

Databázové systémy, programy pro přípravu textů, programy pro přípravu prezentací, tabulkové kalkulátory, počítačová grafika a animace, formáty multimediálních souborů (grafika, audio, video). WWW - vyhledávání informací. Počítačové modelování a simulace. Kryptografie s veřejným klíčem, elektronický podpis.

Didaktická témata

Metodicky zajímavý krátký výklad jednoho z předem známých témat. V každém akademickém roce bude vypsáno 25 konkrétních témat. Hodnotí se především metodický přístup k výkladu a vystižení podstaty problematiky.

1. Jednoduchý třídící algoritmus
2. Quicksort
3. Heapsort
4. Vnější třídění
5. Rekursivní podprogramy
6. Typy předávání parametrů v Pascalu
7. Reflexivní, symetrický a tranzitivní uzávěr
8. Dynamicky a staticky alokované proměnné v Pascalu
9. Práce s lineárním spojovým seznamem, srovnání s polem
10. Vyhledávání v poli (např. binární, užití zarážky)
11. Průchod stromem do hloubky a do šířky (zásobník, fronta)
12. Vyhledávání, vkládání a vypouštění v binárním vyhledávacím stromu
13. Problém stabilních manželství
14. Prohledávání s návratem (backtracking)
15. Srovnání programovacích jazyků Pascal a C
16. Nalezení minimální kostry grafu
17. Seznamy v Prologu a jednoduché predikáty pro práci s nimi
18. Algoritmus minimaxu
19. Algoritmy vyčíslení hodnoty aritmetického výrazu
20. Výpočet hodnoty polynomu Hornerovým schématem
21. Algoritmus „binárního“ umocňování a násobení
22. Dijkstrův algoritmus
23. Určení délky nejdelší rostoucí vybrané podposlounosti
24. Generování všech permutací v lexikografickém uspořádání
25. Statické a virtuální metody a jejich srovnání

Zahájení v roce 2014 nebo dříve

1. Učitelství fyziky-matematiky pro střední školy

Garantující pracoviště: Katedra didaktiky fyziky

Garant oboru: doc. RNDr. Zdeněk Drozd, Ph.D. (KDF)

Garant za pedagogiku a psychologii: doc. PhDr. Isabella Pavelková, CSc. (KDF)

Doporučený průběh studia

Student si k povinné výuce zapisuje ještě výběrovou výuku a doporučené volitelné předměty minimálně v takovém rozsahu, aby za celé studium získal alespoň počet kreditů nutných k připuštění ke státní závěrečné zkoušce. Povinná výuka je v následujícím přehledu vyznačena tučným písmem.

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPED034	Pedagogika I	3	2/0 Z	—
NPED035	Pedagogika II	3	—	0/2 Z
NPED033	Psychologie	6	—	2/2 Z
NUFY104	Fyzika kondenzovaného stavu	4	3/0 Zk	—
NUFY018	Jaderná fyzika¹	3	—	2/0 Zk
NDFY045	Praktikum školních pokusů I	4	0/3 Z	—
NDFY046	Praktikum školních pokusů II	4	—	0/4 Z
NDFY043	Didaktika fyziky I	5	2/1 Z+Zk	—
NDFY031	Pedagogická praxe z fyziky I	1	1 týden Z	—
NDFY032	Pedagogická praxe z fyziky II	1	—	2 týdny Z
NDIM001	Didaktika matematiky	6	—	2/2 Z+Zk
NUMP021	Moderní matematická analýza	6	2/2 Z+Zk	—
NUMP020	Algebra II	6	—	2/2 Z+Zk
NDIM005	Pedagogická praxe z matematiky I	1	1 týden Z	—
NDIM006	Pedagogická praxe z matematiky II	1	—	2 týdny Z
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NPED044	<i>Psychologická a pedagogická reflexe pedagogické praxe</i>	1	0/1 Z	—
NMUM468	<i>Praktické aspekty vyučování matematice</i>	2	—	0/2 Z
NUMV090	<i>Teorie her</i>	2	—	2/0 Z
NUMV100	<i>Psychologické drobnosti pro učitele</i>	2	0/2 Z	—
NMUM365	<i>Seminář z kombinatoriky a teorie grafů</i>	2	—	0/2 Z
NMUG404	<i>Vybrané kapitoly z diferenciální geometrie</i>	5	—	2/2 Z+Zk
NUFY010	<i>Elektronika</i>	3	2/0 Zk	—
NUFY084	<i>Praktický úvod do elektroniky II</i>	3	—	0/2 Z
NUFY045	<i>Jaderná fyzika</i>	3	—	0/2 Z
NTMF111	<i>Obecná teorie relativity</i>	4	—	3/0 Zk
NDFY029	<i>Problémy fyzikálního vzdělávání</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NDFY056	<i>Heuristické metody ve výuce fyziky III</i>	3	0/2 Z	—
NDFY057	<i>Heuristické metody ve výuce fyziky IV</i>	3	—	0/2 Z
NDFY042	<i>Vývoj fyzikálních experimentů</i>	3	0/2 Z	—
NJSF110	<i>Seminář fyzikální olympiády I</i>	3	0/2 Z	—
NJSF111	<i>Seminář fyzikální olympiády II</i>	3	—	0/2 Z
NPED015	<i>Pedagogický seminář I</i>	3	0/2 Z	—
NPED016	<i>Pedagogický seminář II</i>	3	—	0/2 Z
NPED022	<i>Rétorika a komunikace s lidmi I</i>	2	0/2 Z	—

NPED042	<i>Rétorika a komunikace s lidmi II</i>	2	—	0/2 Z
NDFY055	<i>Fyzikální vzdělávání ve školních vzdělávacích programech I</i>	3	—	0/2 Z
NDFY058	<i>Fyzikální vzdělávání ve školních vzdělávacích programech II</i>	3	0/2 Z	—
NUFY124	<i>Kvantitativní fyzikální úlohy</i> <i>Kurz bezpečnosti práce I²</i>	1 0	—	0/1 Z

¹ Místo absolvování přednášky Jaderná fyzika v rozsahu 2/0 může posluchač absolvovat přednášku Fyzika V v bakalářském studijním programu Fyzika nebo přednášku Fyzika VI pro zaměření Fyzika-matematika pro základní vzdělávání.

² Kurz je organizován jednorázově zpravidla v letním semestru. Informace jsou vždy před začátkem semestru na <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/>.

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NUFY020	Astronomie a astrofyzika	3	2/0 Zk	—
NUFY023	Fyzikální obraz světa	3	2/0 Zk	—
NDFY044	Didaktika fyziky II	3	0/2 Z	—
NDFY033	Pedagogická praxe z fyziky III	1	2 týdny Z	—
NUMP016	Logika a teorie množin	3	2/0 Zk	—
NUMP015	Dějiny matematiky I	3	—	2/0 KZ
NUMP017	Geometrie III	3	2/0 Zk	—
NUMV043	Metody řešení matematických úloh	3	0/2 Z	—
NDIM007	Pedagogická praxe z matematiky III	1	2 týdny Z	—
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
NPED043	<i>Diagnostika a autodiagnostika pro učitele</i>	2	0/1 Z	—
NPED023	<i>Školský management</i>	3	0/2 Z	—
NUMV048	<i>Statistika a pojistná matematika pro střední školu</i>	3	—	0/2 Z
NUMV009	<i>Geometrie a učitel I</i>	2	0/2 Z	—
NDFY068	<i>Fyzika v kulturních dějinách lidstva I</i>	3	2/0 Zk	—
NDFY069	<i>Fyzika v kulturních dějinách lidstva II</i>	3	—	2/0 Zk
NDFY029	<i>Problémy fyzikálního vzdělávání</i>	3	0/2 Z	0/2 Z
NDFY047	<i>Praktikum školních pokusů III</i>	4	0/3 Z	—
NDFY048	<i>Praktikum školních pokusů IV</i>	4	—	0/3 Z

Státní závěrečná zkouška

Studium je zakončeno státní závěrečnou zkouškou, která se skládá ze čtyř 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
- z ústní zkoušky z pedagogiky a psychologie

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce z diplomního aprobačního předmětu

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů zvoleného oboru
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce z nediplomního aprobačního předmětu

- získání alespoň 90 kreditů

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce z pedagogiky a psychologie

- získání alespoň 40 kreditů
- splnění předmětů Pedagogika I, Pedagogika II a Psychologie

Diplomová práce

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

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce 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 mikrosvětla*

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, vazebné 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. Tepelné, elektrické a optické vlastnosti pevných látek. Magnetické vlastnosti pevných látek. Praktické aplikace fyziky pevných látek (polovodičové prvky, lasery, fotoelementy, supravodiče, kapalně krystalové látky).

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 učiva 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, přístroje pro demonstraci základních plynových zákonů, vzduchová dráha, souprava GAMABETA. Student musí zvládat i základy práce se systémy typu Vernier, ISES nebo podobných systémů 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 znalostí ke státní závěrečné zkoušce z matematiky a didaktiky matematiky

1. Kardinální čísla, spočetné a nespočetné množiny

Vlastnosti injektivních zobrazení, bijektivní zobrazení, věta Cantorova-Bernsteinova. Mohutnost množiny, spočetné množiny, spočetnost množiny racionálních čísel, nespočetné množiny, nespočetnost množiny reálných čísel.

2. Čísla a číselné obory

Zlomky a racionální čísla; čísla reálná (aproximace reálných čísel, reálné číslo jako limita posloupnosti racionálních čísel); čísla komplexní, jejich zobrazení v Gaussově rovině, Moivreova věta, řešení binomických rovnic a kvadratických rovnic; obory čísel přirozených, celých, racionálních, reálných a komplexních jako algebraické struktury.

3. Podílové těleso oboru integrity, konstrukce tělesa racionálních čísel

Obor integrity, konstrukce podílového tělesa, konstrukce tělesa racionálních čísel.

4. Základní věta algebry, kořenové a rozkladové těleso polynomu

Formulace základní věty algebry (bez důkazu), její důsledky. Konstrukce tělesa komplexních čísel jako kořenového nadtělesa polynomu x^2+1 nad \mathbb{R} .

5. Kořenové vlastnosti polynomů, rozklad na kořenové činitele, souvislosti násobnosti a derivace

Věta o dělení polynomů se zbytkem. Rozklady polynomů s reálnými a komplexními koeficienty. Derivace polynomů a její souvislost s násobností kořenů. Definice n -té odmocniny z jedné. Ilustrace těchto pojmů v případě tělesa komplexních čísel.

6. Rovnice, nerovnice a jejich soustavy

Metody řešení lineárních rovnic, nerovnic a jejich soustav, kvadratických rovnic a nerovnic, exponenciálních, logaritmických a goniometrických rovnic. Rovnice, nerovnice a jejich soustavy s parametry.

7. Konstrukce tělesa reálných čísel

Konstrukce množiny reálných čísel pomocí desetinných rozvojų. Axiomatický popis tělesa reálných čísel.

8. Funkce a posloupnosti

Relace, zobrazení a funkce; vlastnosti funkcí; funkce lineární, kvadratická, mocninná, nepřímá úměrnost, funkce exponenciální a logaritmická, goniometrické funkce (zavedení, vlastnosti, průběh); funkce inverzní a funkce složená. Zavedení pojmů spojitost funkce, limita funkce, derivace funkce, užití diferenciálního počtu při studiu průběhu funkcí a v úlohách na extrémy. Zavedení primitivní funkce a určitého integrálu, užití integrálního počtu k výpočtu obsahů a objemů. Posloupnosti a jejich vlastnosti, aritmetická a geometrická posloupnost, limita posloupnosti, nekonečná geometrická řada.

9. Spojitost funkcí více proměnných

Okolí bodů v \mathbb{R}^n , otevřené a uzavřené množiny, hranice, vnitřek a uzávěr množiny. Spojitá zobrazení z \mathbb{R}^n do \mathbb{R}^k . Omezené množiny, kompaktní množiny, vlastnosti spojitých zobrazení na kompaktních množinách.

10. Diferenciální počet funkcí více proměnných

Derivace ve směru, parciální derivace, totální diferenciál složeného zobrazení. Lokální extrémů. Věta o implicitních funkcích a její důsledky.

11. Lineární diferenciální rovnice

Lineární diferenciální rovnice n -tého řádu, homogenní a nehomogenní rovnice, fundamentální systém řešení, partikulární řešení. Metoda variace konstant, Wronského determinant. Rovnice s konstantními koeficienty, charakteristický polynom, vícenásobné a komplexní kořeny charakteristického polynomu, speciální pravé strany.

12. Dvojný a trojný integrál

Riemannův vícerozměrný integrál. Fubiniova věta, věta o substituci. Horní a dolní objem, měřitelné množiny. Užití dvojných a trojných integrálů v geometrii a ve fyzice, výpočet objemů a povrchů těles.

13. Křivkový integrál prvního a druhého druhu, Greenova věta

Křivkový integrál prvního a druhého druhu, délka křivky, potenciál vektorového pole. Greenova věta.

14. Metrické prostory

Metrika, metrický prostor; norma a normovaný lineární prostor. Spojitost funkce na metrickém prostoru. Úplné metrické prostory, Cantorova věta o úplném prostoru. Banachova věta o pevném bodě a její aplikace. Kompaktní množiny a jejich charakterizace.

15. Posloupnosti a řady funkcí

Bodová a stejnoměrná konvergence posloupnosti funkcí. Spojitost limitní funkce. Derivování a integrování člen po členu. Mocninné řady, poloměr konvergence, chování řady na konvergenční kružnici. Mocninné řady elementárních funkcí.

16. Geometrie

Hlavní myšlenky axiomatického zavedení eukleidovské geometrie (přehledně). Ne-eukleidovská geometrie a její model. Kuželosečky v projektivním rozšíření eukleidovské roviny.

17. Planimetrie a stereometrie

Shodnost, podobnost, stejnolehlost, jejich vlastnosti a užití, řešení úloh z konstrukční geometrie (speciálně užitím mocnosti a kruhové inverze), množiny bodů daných vlastností; prostorové řešení stereometrických úloh. Rovinné obrazce, jejich obvody a obsahy; tělesa, jejich povrchy a objemy, síť.

18. Analytická geometrie

Vektor, operace s vektory, skalární a vektorový součin; rovnice přímky a roviny, vzájemné polohy přímek a rovin, odchylky, vzdálenosti; rovnice kružnice, elipsy, paraboly a hyperboly, tečny ke kuželosečkám, rovnice kvadrik v základním tvaru.

19. Křivky v E^3

Parametrické vyjádření křivky. Tečna, oskulační rovina, hlavní normála, binormála. Parametrizace obloukem. Frenetovy vzorce, křivost a torze. Příklady.

20. Plochy v E^3

Parametrizace plochy, tečná rovina plochy. Křivka na ploše a její křivost, Gaussova křivost a její význam. Příklady.

21. *Vlastní čísla a vlastní vektory, matice lineárního zobrazení, Jordanův kanonický tvar*

22. *Fourierovy řady*

Trigonometrické polynomy. Besselova nerovnost. Fourierova řada po částech hladké funkce, bodová a stejnoměrná konvergence.

23. *Kombinatorika, pravděpodobnost, statistika*

Kombinace, variace, permutace (bez opakování, s opakováním) a jejich užití při řešení úloh, princip inkluze a exkluze; binomická věta. Náhodný jev a jeho pravděpodobnost, pravděpodobnost sjednocení náhodných jevů, nezávislé jevy a jejich pravděpodobnost. Základní pojmy deskriptivní statistiky (statistický soubor, absolutní a relativní četnost, aritmetický průměr, modus, medián, směrodatná odchylka, rozptyl).

24. *Metody středoškolské matematiky*

Vytváření představ a pojmů, klasifikace pojmů, definice; tvorba hypotéz (s užitím neúplné indukce a analogie), věty a jejich důkazy (důkaz přímý, nepřímý, sporem, matematickou indukcí); axiomatická metoda ve středoškolské matematice. Příklady aplikací matematiky.

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z pedagogiky a psychologie

Při zkoušce student prokáže znalost základních pedagogických a psychologických pojmů a dovednost používat je v odpovídajících souvislostech. Dokáže analyzovat konkrétní pedagogické situace, identifikovat v nich obsažené problémy, zaujmout k nim vlastní stanovisko a zdůvodnit je v kontextu jiných možných řešení. Prokáže schopnost integrovat poznatky z psychologie osobnosti, vývojové psychologie, pedagogické psychologie, sociální psychologie a školní psychologie. Je schopen aplikovat poznatky z pedagogiky a psychologie na daný problém. Při rozpravě nad konkrétními pedagogickými situacemi bude schopen hlouběji analyzovat a vyhodnotit jevy edukační reality a prokáže tak připravenost k převzetí role učitele. Prokáže rovněž, na základě předložené studijní literatury, připravenost k samostatnému dalšímu vzdělávání v oblasti pedagogiky a psychologie. Specifikace otázek, problémů a situací bude odpovídat stupni školy, pro který je student připravován. Zkouška se koná ústní formou.

Témata z oblasti pedagogiky

1. Učení

Učení a jeho nutné předpoklady a podmínky. Vnější a vnitřní motivace. Učební styly. Klíčové kompetence. Studenti se speciálními vzdělávacími potřebami a jejich integrace. Výkon a úspěch. Sociální aspekty vzdělávání.

2. Učitel jako sociální partner

Osobnost učitele, výukové styly, role učitele v proměnách času, autorita. Sociální dovednosti učitele. Vzdělávání učitelů. Kompetence učitelů. Problémy začínajících učitelů. Spolupráce s rodinou. Sociální interakce mezi učitelem a žákem. Plánování výuky.

3. Cíle vzdělávání

Poznávací a hodnotové cíle v matematice a přírodovědných předmětech. Znalosti, dovednosti a kompetence. Taxonomie vzdělávacích cílů. Cíle v učitelské praxi. Vztah mezi cíli a výstupy vzdělávání. Cíle ve školských kurikulárních dokumentech. Matematická a čtenářská gramotnost.

4. *Obsah vzdělávání*

Obsah a struktura základních oblastí vzdělávání. Přenos učiva. Kurikulární dokumenty, příprava na hodinu, učebnice, metodické materiály. Standardy vzdělávání. Mezipředmětové vazby, integrované přírodní vědy.

5. *Vyučovací metody a organizační formy*

Vyučovací metody a jejich rámcová klasifikace. Vyučovací hodina, její typy a fáze, dramatické prvky její stavby. Aktivizující metody a jejich zavádění do výuky. Strategie řešení problémů, problémové vyučování, projektová výuka, kooperativní výuka, heuristická metoda, diskuse, týmové vyučování, případová metoda, inscenační metoda. Didaktické hry a soutěže. Diagnostické a klasifikační metody. Didaktické testy. Hodnocení žáků, klasifikace a slovní hodnocení, funkce hodnocení, rozvíjení hodnotící aktivity žáků, sebehodnocení. Organizační formy výuky. Frontální, skupinová a individuální výuka. Diferenciace a individualizace ve vyučování. Otevřené vyučování, inklusivní vzdělávání, konstruktivistický přístup. Vliv nových technologií, distanční výuka, multimediální prostředky.

6. *Vzdělávací soustava*

Druhy a typy škol, vzdělávací soustava v ČR, systém výchovného poradenství. ČŠI a hodnocení škol. Domácí vzdělávání. Alternativní školy. Mezinárodní klasifikace stupňů vzdělávání, mezinárodní výzkumy vzdělávání. Autonomie škol. Selektivita a rovný přístup ke vzdělávání. Inkluzivní vzdělávání.

Témata z oblasti psychologie

1. *Psychologie osobnosti učitele a učitelské profese*

Analýza učitelské profese - učitelská profese a její nároky (klinická náročnost učitelství, nejistoty, ambivalence a dilemata učitelství, prestiž a obtížnost učitelské profese). Posuny v žákovské populaci a jejich dopady na učitelskou profesi. Subjektivní zodpovědnost za úspěchy a neúspěchy žáků. Autodiagnostika učitele - individuální pojetí učitelství, zjišťování vlastních specifík pedagogického působení.

2. *Sociální aspekty vzdělávání. Socializace*

Pojem a podstata socializace. Mechanismy socializace (sociální učení). Stávání se žákem. Rozdíly mezi rodinnou a školní socializací. Psychologické aspekty spolupráce s rodinou. Interakce učitel - žák (žáci). Sociální poznávání a hodnocení. Percepce žáka učitelem. Zákonitosti procesu přepisování příčin po úspěchu a neúspěchu. Kauzální atribuce a školní výkon. Učitelova očekávání („sebenaplňující proroctví“). Vznik, funkce a změna postojů. Předsudky a stereotypy Typizování žáků, preferenční postoje učitele, kategorizace učitelů žáky. Struktura a dynamika malé sociální skupiny. Psychologie školní třídy a možnosti intervence v práci se třídou. Činitelé ovlivňující stav a vývoj školní třídy. Sociometrie, metody zjišťování vztahů ve skupině (SORAD). Klíma ve školní třídě a ve škole - pojem a základní dimenze (diagnostika třídního a školního klimatu).

3. *Psychický vývoj*

Periodizace lidského života, základní pojmy vývojové psychologie (vývoj, zrání, učení). Hlavní vývojové oblasti (tělesná, motorická, percepční, kognitivní, řečová a jazyková, osobnostní, sociální, morální). Vývoj v jednotlivých životních etapách: předškolní věk, mladší a starší školní věk, adolescence, dospělost a stáří. Hlavní vývojové koncepce (Erikson, Piaget, Vygotskij).

4. Motivace ve škole

Motivace učební činnosti (struktura žákovské motivace: výkonová motivace, poznávací motivace, sociální motivace, instrumentální motivace, odměny a tresty). Diagnostika žákovské motivace k učení. Krátkodobé i dlouhodobé strategie ovlivňování žákovské motivace. Žákovské zaujetí školní prací (úkolem). Žák v širších biodromálních souvislostech. Vztah k budoucnosti jako činitel žákovské motivace. Volní procesy a jejich diagnostika. Postoje žáků ke škole a vyučovacím předmětům. Žákovská nemotivovanost a motivační vlivy převážně snižující školní výkon (strach a nuda ve škole, motivační konflikty). Překonávání motivačních krizí ve vztahu ke škole. Psychologická rizika a úskalí spojená s hodnocením. Školní úspěšnost - pojetí školní úspěšnosti (rozvoj potencialit žáka - facilitující a inhibující faktory).

5. Učení a poznávání

Pojem učení - podoby učení, vybrané teorie učení a druhy učení. Učení ve školním kontextu: Učení a chyba - práce s chybou. Autoregulace učení - vzdělávací autoregulace (diagnostika a rozvoj). Strategie efektivního učení. Individuální zvláštnosti učení: Kognitivní styl, učební styl (žákovo pojetí učení, učební strategie, učební přístupy). Dětská interpretace světa - žákovo pojetí učiva. Pojem metakognice. Specifické poruchy učení - výskyt, nejčastější projevy, diagnostika, přístup učitele, náprava. Žáci se specifickými edukačními potřebami - žáci s potížemi při učení, žáci pracující pod a nad své schopnosti, nadaní žáci, žáci s poruchami chování.

6. Systém poradenských služeb ve školství

Odborné kompetence pracovníků v systému poradenských služeb ve školství: výchovní poradci, školní metodik prevence, odborník na reedukaci SPU, školní psycholog. Spolupráce s PPP, SPC, SVP. Náročné životní situace. Stres a jeho zvládání. Copingové strategie. Krizová intervence. Lidský vztah jako součást profese. Syndrom vyhoření a jeho prevence. Žáci s poruchami chování. Šikana ve škole a její prevence.

2. Učitelství matematiky-informatiky pro střední školy

Garantující pracoviště: Katedra didaktiky matematiky

Garant oboru: doc. RNDr. Jarmila Robová, CSc. (KDM)

Garant za pedagogiku a psychologii: doc. PhDr. Isabella Pavelková, CSc. (KDF)

Doporučený průběh studia

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPED034	Pedagogika I	3	2/0 Z	—
NPED035	Pedagogika II	3	—	0/2 Z
NPED033	Psychologie	6	—	2/2 Z
NDIM001	Didaktika matematiky	6	—	2/2 Z+Zk
NMUM468	<i>Praktické aspekty vyučování matematice</i>	2	—	0/2 Z
NUMP021	Moderní matematická analýza	6	2/2 Z+Zk	—
NUMP020	Algebra II	6	—	2/2 Z+Zk
NDIM005	Pedagogická praxe z matematiky I	1	1 týden Z	

NDIM006	Pedagogická praxe z matematiky II	1		2 týdny Z
NPGR003	Základy počítačové grafiky	5	2/2 Z+Zk	—
NUIN014	Informační technologie ¹	4	—	2/1 Z+Zk
NDIN010	Didaktika informatiky I ¹	3	0/2 Z	—
NDIN013	Didaktika informatiky II ¹	3	—	0/2 KZ
NDIN011	Didaktika uživatelského software I ¹	2	0/2 Z	—
NDIN012	Didaktika uživatelského software II ¹	2	—	0/2 Z
NDIN006	Pedagogická praxe z informatiky I	1	1 týden Z	
NDIN007	Pedagogická praxe z informatiky II	1		2 týdny Z
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NUOS008	<i>Seminář z počítačových aplikací</i> ¹	3	—	0/2 Z
NPRG003	<i>Metodika programování a filozofie programovacích jazyků</i>	3	—	2/0 Zk
NUMV090	<i>Teorie her</i>	2	—	2/0 Z
NMUM365	<i>Seminář z kombinatoriky a teorie grafů</i>	2	—	0/2 Z
NMUG404	<i>Vybrané kapitoly z diferenciální geometrie</i>	5	—	2/2 Z+Zk

¹ Předmět není vyučován v každém akademickém roce, je vyučován zpravidla jednou za dva roky. Zapište si jej podle toho v 1. nebo ve 2. roce svého studia.

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NUMP015	Dějiny matematiky I	3	—	2/0 KZ
NUMP016	Logika a teorie množin	3	2/0 Zk	—
NUMV043	Metody řešení matematických úloh	3	0/2 Z	—
NUMP017	Geometrie III	3	2/0 Zk	—
NDIM007	Pedagogická praxe z matematiky III	1	2 týdny Z	
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—
NUIN014	Informační technologie ¹	4	—	2/1 Z+Zk
NDIN010	Didaktika informatiky I ¹	3	0/2 Z	—
NDIN013	Didaktika informatiky II ¹	3	—	0/2 KZ
NDIN011	Didaktika uživatelského software I ¹	2	0/2 Z	—
NDIN012	Didaktika uživatelského software II ¹	2	—	0/2 Z
NUIN017	<i>Speciální oborový seminář</i>	2	—	0/2 Z
NUOS008	<i>Seminář z počítačových aplikací</i> ¹	3	—	0/2 Z

NDIN008	Pedagogická praxe z informatiky III	1	2 týdny Z	
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6 Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—	0/10 Z
NUMV048	<i>Statistika a pojistná matematika pro střední školu</i>	3	—	0/2 Z

¹ Předmět není vyučován v každém akademickém roce, je vyučován zpravidla jednou za dva roky. Zapište si jej podle toho v 1. nebo ve 2. roce svého studia.

Státní závěrečná zkouška

Studium je zakončeno státní závěrečnou zkouškou, která se skládá ze čtyř částí:

- z obhajoby diplomové práce
- z ústní zkoušky z matematiky a didaktiky matematiky
- z ústní zkoušky z informatiky a didaktiky informatiky
- z ústní zkoušky z pedagogiky a psychologie

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů oboru Učitelství matematiky-informatiky
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce z nediplomního aprobačního předmětu

- získání alespoň 90 kreditů

Státní závěrečnou zkoušku z nediplomního aprobačního předmětu a jeho didaktiky může student skládat již v zimním semestru 2. ročníku.

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce z pedagogiky a psychologie

- získání alespoň 40 kreditů
- splnění předmětů Pedagogika I, Pedagogika II a Psychologie

Státní závěrečnou zkoušku z pedagogiky a psychologie může student skládat nejdříve v letním semestru 1. ročníku.

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z matematiky a didaktiky matematiky

Témata jsou stejná jako pro obor Učitelství fyziky-matematiky pro střední školy.

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z informatiky a didaktiky informatiky

Odborná témata

1. Zobrazení dat v počítači

Zobrazení celých a reálných čísel v počítači, algoritmy základních početních operací. Reprezentace znaků a řetězců. Implementace datových struktur (pole, záznamy, záznamy s variantními částmi, množiny).

2. Principy počítačů, operačních systémů a počítačových sítí

Architektury počítačů. Typické instrukce strojového kódu. Přerušovací systémy. Paměťové systémy. Sběrnice, způsob připojení a programové obsluhy typických periférií. Role a základní úkoly operačního systému, příklady konkrétních operačních systémů (Windows, Unix). Správa prostředků, algoritmy prevence uváznutí. Popis paralelismu a synchronizace procesů. Počítačové sítě, standard ISO, TCP/IP, Internet, elektronická pošta.

3. Datové a řídicí struktury programovacích jazyků (programátorský a implementační pohled)

Jednoduché a strukturované datové typy. Podprogramy, komunikace podprogramu s okolím (globální proměnné, parametry, typy předávání parametrů, moduly a separátní kompilace). Porovnání vybraných programovacích jazyků z hlediska jejich datových a řídicích struktur. Principy překladu programovacích jazyků, překlad a interpretace, podprogramy a makra. Formální popisy syntaxe programovacích jazyků.

4. Metodika programování

Vývoj metodiky programování. Strukturované programování, modulární a objektové programování, abstraktní datové typy. Událostmi řízené programy. Logické a funkcionální programování. Dětské programovací jazyky.

5. Správnost a složitost algoritmů

Částečná správnost algoritmu, konečnost algoritmu, invarianty. Časová, paměťová, asymptotická složitost algoritmu - nejhorší, nejlepší, průměrný případ (definice jednotlivých pojmů). Odhad asymptotické složitosti jednoduchých algoritmů. Časová a prostorová složitost - vztah determinismu a nedeterminismu. Polynomiální preveditelnost, P- a NP- problémy, NP-úplnost.

6. Základní programovací techniky a návrh datových struktur

Různé reprezentace abstraktních datových typů (množina, zásobník, fronta, prioritní fronta, ...). Složitost vyhledávání, vkládání a vypouštění prvků, hledání minimálního a k-tého nejmenšího, průchod všemi prvky. Reprezentace faktorové množiny. Hashování. Reprezentace aritmetických výrazů a algoritmy pro výpočet jejich hodnoty. Obecnější metody návrhu efektivních algoritmů (metoda rozděl a panuj, dynamické programování atd.).

7. Algoritmy vnitřního a vnějšího třídění

Dolní odhady časové složitosti úlohy vnitřního třídění pro nejhorší a průměrný případ. Jednoduché algoritmy kvadratické složitosti. Třídění sléváním, heapsort, quicksort, přihrádkové třídění. Odlišnost vnějšího třídění od vnitřního třídění, základní myšlenky, přirozené slučování, polyfázové třídění.

8. Základní numerické algoritmy

Řešení soustav lineárních rovnic - metody přímé a iterační, metody řešení nelineárních rovnic. Interpolace funkcí polynomy, jiné metody aproximace funkcí. Numerická integrace.

9. Teorie automatů a jazyků

Chomského hierarchie, charakterizace jejich tříd pomocí gramatik a automatů. Různé ekvivalentní definice regulárních jazyků. Nerodova věta. Uzávěrové vlastnosti regulárních jazyků. Bezkontextové gramatiky, derivační stromy, normální tvary gramatik, zásobníkové automaty, uzávěrové vlastnosti, deterministické jazyky.

10. Kombinatorika a teorie grafů

Základní pojmy teorie grafů, různé možnosti datové reprezentace grafu. Základní kombinatorické pojmy a metody. Základní kombinatorické a grafové algoritmy (např. nejkratší cesta v grafu, minimální kostra, prohledávání grafu, určování různých typů souvislosti, acykličnost grafu, toky v sítích, maximální párování v grafech).

11. Vyčíslitelnost

Algoritmicky vyčíslitelné funkce, jejich vlastnosti, Churchova teze. Rekursivní a rekursivně spočetné množiny a jejich vlastnosti. Algoritmicky neřešitelné problémy. Gödelova věta o neúplnosti.

12. Informační systémy

Organizace souborů - sekvenční, indexsekvenční, indexované, hashovací metody, B-stromy. Databázové systémy - problematika návrhu, konceptuální, logické a fyzické schéma. Relační datový model. Pojem dotazu, dotazovací jazyky (SQL).

13. Počítačová geometrie a grafika

Algoritmy 2D grafiky: kreslení čar, vyplňování, pŕltónování a rozptylování barev. Barevné systémy, zobrazování barev na počítači. Transformace a projekce. 3D grafika: metody reprezentace 3D scén, zobrazovací algoritmy, výpočet viditelnosti.

14. Umělá inteligence

Heuristické metody řešení úloh. Neuronové sítě. Programování her - algoritmus minimaxu, alfa-beta prořezávání.

15. Vybrané oblasti použití počítačů

Databázové systémy, programy pro přípravu textů, programy pro přípravu prezentací, tabulkové kalkulátory, počítačová grafika a animace, formáty multimediálních souborů (grafika, audio, video). WWW - vyhledávání informací. Počítačové modelování a simulace. Kryptografie s veřejným klíčem, elektronický podpis.

Didaktická témata

Metodicky zajímavý krátký výklad jednoho z předem známých témat. V každém akademickém roce bude vypsáno 25 konkrétních témat. Hodnotí se především metodický přístup k výkladu a vystižení podstaty problematiky.

1. Jednoduchý třídící algoritmus
2. Quicksort
3. Heapsort
4. Vnější třídění
5. Rekursivní podprogramy
6. Typy předávání parametrů v Pascalu
7. Reflexivní, symetrický a tranzitivní uzávěr
8. Dynamicky a staticky alokované proměnné v Pascalu
9. Práce s lineárním spojovým seznamem, srovnání s polem
10. Vyhledávání v poli (např. binární, užití zarážky)
11. Průchod stromem do hloubky a do šířky (zásobník, fronta)
12. Vyhledávání, vkládání a vypouštění v binárním vyhledávacím stromu
13. Problém stabilních manželství
14. Prohledávání s návratem (backtracking)
15. Srovnání programovacích jazyků Pascal a C
16. Nalezení minimální kostry grafu
17. Seznamy v Prologu a jednoduché predikáty pro práci s nimi

18. Algoritmus minimaxu
19. Algoritmy vyčíslení hodnoty aritmetického výrazu
20. Výpočet hodnoty polynomu Hornerovým schématem
21. Algoritmus „binárního“ umocňování a násobení
22. Dijkstrův algoritmus
23. Určení délky nejdelší rostoucí vybrané podposlounosti
24. Generování všech permutací v lexikografickém uspořádání
25. Statické a virtuální metody a jejich srovnání

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z pedagogiky a psychologie

Témata jsou stejná jako pro obor Učitelství fyziky-matematiky pro střední školy.

Doporučené volitelné předměty

Matematika

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMUM468	<i>Praktické aspekty vyučování matematice</i>	2	—	0/2 Z
NUMV047	<i>Pravděpodobnost a finanční matematika pro střední školu</i>	3	0/2 Z	—
NUMV090	<i>Teorie her</i>	2	—	2/0 Z
NUMV048	<i>Statistika a pojistná matematika pro střední školu</i>	3	—	0/2 Z
NMUM365	<i>Seminář z kombinatoriky a teorie grafů</i>	2	—	0/2 Z
NMUG404	<i>Vybrané kapitoly z diferenciální geometrie</i>	5	—	2/2 Z+Zk

Informatika

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NUIN017	<i>Speciální oborový seminář</i>	2	—	0/2 Z
NUOS008	<i>Seminář z počítačových aplikací</i>	3	—	0/2 Z
NPRG003	<i>Metodika programování a filozofie programovacích jazyků</i>	3	—	2/0 Zk
NDBI007	<i>Organizace a zpracování dat I</i>	4	2/1 Z+Zk	—
NPGR004	<i>Fotorealistická grafika</i>	5	—	2/2 Z+Zk
NPGR012	<i>Interaktivní 3D grafika na webu</i>	6	2/2 Z+Zk	—
NMAI042	<i>Numerická matematika</i>	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL028	<i>Úvod do robotiky</i>	6	2/2 Z+Zk	—
NPFL012	<i>Úvod do počítačové lingvistiky</i>	3	2/0 Zk	—
NSWI072	<i>Algoritmy komprese dat</i>	3	2/0 Zk	—
NAIL069	<i>Umělá inteligence I</i>	5	2/1 Z+Zk	—

3. Učitelství matematiky-deskriptivní geometrie pro střední školy

Garantující pracoviště: Katedra didaktiky matematiky

Garant oboru: doc. RNDr. Jarmila Robová, CSc. (KDM)

Garant za pedagogiku a psychologii: doc. PhDr. Isabella Pavelková, CSc. (KDF)

Doporučený průběh studia

1. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPED034	Pedagogika I	3	2/0 Z	—
NPED035	Pedagogika II	3	—	0/2 Z
NPED033	Psychologie	6	—	2/2 Z
NDIM001	Didaktika matematiky	6	—	2/2 Z+Zk
NMUM468	<i>Praktické aspekty vyučování matematice</i>	2	—	0/2 Z
NUMP021	Moderní matematická analýza	6	2/2 Z+Zk	—
NUMP020	Algebra II	6	—	2/2 Z+Zk
NSZZ023	Diplomová práce I	6	—	0/4 Z
NDIM005	Pedagogická praxe z matematiky I	1	1 týden Z	
NDIM006	Pedagogická praxe z matematiky II	1		2 týdny Z
NDGE011	Algebraická geometrie	3	2/0 Zk	—
NDGE012	Diferenciální geometrie II	6	—	2/2 Z+Zk
NDGE013	Didaktika deskriptivní geometrie	6	2/2 Z+Zk	—
NDGE016	Pedagogická praxe z deskriptivní geometrie I	1	1 týden Z	
NDGE017	Pedagogická praxe z deskriptivní geometrie II	1		2 týdny Z
NUMV090	Teorie her	2	—	2/0 Z
NUMV021	Geometrie a architektura	2	0/2 Z	—
NMUM465	Vývoj matematického vzdělávání	2	0/2 Z	—
NUMV047	Pravděpodobnost a finanční matematika pro střední školu	3	0/2 Z	—
NMUG305	Dějiny deskriptivní geometrie	3	2/0 Zk	—
NMUG361	<i>Aplikace deskriptivní geometrie</i>	2	2/0 Z	—

2. rok studia

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NUMP015	Dějiny matematiky I	3	—	2/0 KZ
NUMP016	Logika a teorie množin	3	2/0 Zk	—
NUMP017	Geometrie III	3	2/0 Zk	—
NUMV043	Metody řešení matematických úloh	3	0/2 Z	—

NDIM007	Pedagogická praxe z matematiky III	1	2 týdny	Z	
NDGE014	Deskriptivní geometrie III	6	—		2/2 Z+Zk
NDGE018	Pedagogická praxe z deskriptivní geometrie III	1	2 týdny	Z	
NSZZ024	Diplomová práce II	9	0/6	Z	—
NSZZ025	Diplomová práce III	15	—		0/10 Z
	Povinně volitelné předměty	6			
NMUM461	Aplikace matematiky pro učitele	2	—		0/2 Kv
NUMV101	Vybrané kapitoly z teorie pravděpodobnosti	3	—		2/0 Zk
NUMV048	<i>Statistika a pojistná matematika pro střední školu</i>	3	—		0/2 Z
NUMV009	<i>Geometrie a učitel I</i>	2	0/2	Z	—

Státní závěrečná zkouška

Studium je zakončeno státní závěrečnou zkouškou, která se skládá ze čtyř částí:

- z obhajoby diplomové práce
- z ústní zkoušky z matematiky a didaktiky matematiky
- z ústní zkoušky z deskriptivní geometrie a didaktiky deskriptivní geometrie
- z ústní zkoušky z pedagogiky a psychologie

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce

- získání alespoň 120 kreditů
- splnění všech povinných předmětů oboru Učitelství matematiky-deskriptivní geometrie
- získání alespoň 6 kreditů z povinně volitelných předmětů
- odevzdání vypracované diplomové práce ve stanoveném termínu

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce z nediplomního aprobačního předmětu

- získání alespoň 90 kreditů

Státní závěrečnou zkoušku z nediplomního aprobačního předmětu a jeho didaktiky může student skládat již v zinném semestru 2. ročníku.

Podmínky pro přihlášení ke státní závěrečné zkoušce z pedagogiky a psychologie

- získání alespoň 40 kreditů
- splnění předmětů Pedagogika I, Pedagogika II a Psychologie

Státní závěrečnou zkoušku z pedagogiky a psychologie může student skládat nejdříve v letním semestru 1. ročníku.

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z matematiky a didaktiky matematiky

Témata jsou stejná jako pro obor Učitelství fyziky-matematiky pro střední školy.

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z deskriptivní geometrie a didaktiky deskriptivní geometrie

1. Porovnání jednotlivých promítacích metod

Zavedení, konstrukční postupy, názornost, užití v praxi

2. Rozvíjení prostorové představivosti

Modely, prostorová řešení úloh, rysy, obrazy, náčrtky.

3. Metody výuky rýsování a technického kreslení

Přehled o učivu na ZŠ, gymnáziích a průmyslových školách. Metodické zpracování tematických celků.

4. Užití středové kolineace v deskriptivní geometrii

Typy a specifikace středových kolineací v rovině a v prostoru. Užití kolineace při konstrukci průmětů těles, rovinných řezů, perspektivních obrazů a perspektivního reliéfu. Užití kolineace k odvození některých ploch a jejich vlastností (obrazy kulové plochy, jednodílného hyperboloidu).

5. Přímkové plochy

Určení přímkových ploch, plochy 2. stupně, ukázky ploch 3. a 4. stupně. Chaslesova věta a její užití. Konoidy.

6. Obecné vlastnosti rotačních ploch

Zavedení, významné čáry na ploše. Konstrukce průmětů ploch. Tečné roviny a řezy vybraných ploch (anuloid, plochy 2. stupně atp.) rovinami.

7. Základy kinematické geometrie v rovině

Základní pojmy, určení pohybu v rovině. Významné typy pohybů (eliptický, kardioidický, cykloidální, evolventní).

8. Šroubovice, šroubový pohyb, šroubové plochy

Vlastnosti šroubovice. Třídění šroubových ploch a jejich užití v praxi.

9. Užití deskriptivní geometrie v praxi

Geometrický podklad diagnostických přístrojů (rentgen, tomograf) a kartografických metod. Užití ploch ve strojnictví a stavebnictví. Technické kreslení.

10. Parametrické vyjádření křivky

Parametrizace obloukem, Frenetovy vzorce. Výpočet křivosti a torze při obecném parametru. Oskulační kružnice.

11. Parametrické vyjádření plochy

První a druhá základní forma plochy.

12. Křivky na ploše

Hlavní směry a hlavní křivosti. Gaussova křivost plochy.

13. Geodetické křivky na ploše

14. Geometrické základy kartografie

15. Deskriptivní geometrie podporovaná počítačem

16. Mezipředmětové vztahy a jejich využití

Požadavky znalostí ke státní závěrečné zkoušce z pedagogiky a psychologie

Témata jsou stejná jako pro obor Učitelství fyziky-matematiky pro střední školy.

Povinně volitelné a doporučené volitelné předměty

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NUMV090	Teorie her	2	—	2/0 Z
NMUM461	Aplikace matematiky pro učitele	2	—	0/2 Kv
NUMV021	Geometrie a architektura	2	0/2 Z	—
NMUM465	Vývoj matematického vzdělávání	2	0/2 Z	—
NUMV101	Vybrané kapitoly z teorie pravděpodobnosti	3	—	2/0 Zk
NUMV047	Pravděpodobnost a finanční matematika pro střední školu	3	0/2 Z	—
NMUG305	Dějiny deskriptivní geometrie	3	2/0 Zk	—
NMUG361	<i>Aplikace deskriptivní geometrie</i>	2	2/0 Z	—
NUMV100	<i>Psychologické drobnosti pro učitele</i>	2	0/2 Z	—
NUMV048	<i>Statistika a pojistná matematika pro střední školu</i>	3	—	0/2 Z
NUMV009	<i>Geometrie a učitel I</i>	2	0/2 Z	—

Vyučování všeobecně vzdělávacích předmětů

Nabízené kurzy:

- Vyučování všeobecně vzdělávacího předmětu fyzika
(garant kurzu doc. RNDr. Zdeněk Drozd, Ph.D.)
- Vyučování všeobecně vzdělávacího předmětu matematika
(garanti kurzu doc. RNDr. Jindřich Bečvář, CSc. a Mgr. Zdeněk Halas, DiS., Ph.D.)
- Vyučování všeobecně vzdělávacího předmětu informatika
(garant kurzu doc. RNDr. Pavel Töpfer, CSc.)

Cílovou skupinou, pro kterou je nabízený program koncipován, jsou učitelé všeobecně vzdělávacích předmětů, kteří si svou aprobaci chtějí rozšířit o výše nabízené předměty. Jedná se např. o učitele chemie, technických prací apod.

Přihlášku do kurzu je možné podat do konce září. Formulář přihlášky je zveřejněn mezi studijními formuláři, v části *Celoživotní vzdělávání*. Pro zapsání do kurzu je třeba spolu s vyplněnou přihláškou dodat doklad o zaplacení úhrady za kurz na příslušný akademický rok a vyplněný formulář *Záznam o požární ochraně a bezpečnosti práce pro účastníky CŽV*. Uchazeč o celoživotní vzdělávání se před návštěvou studijního oddělení rovněž seznámí se všemi řády a předpisy o celoživotním vzdělávání a potvrdí to na studijním oddělení svým podpisem.

Poplatky za studium se řídí směrnicí děkana.

Studium v těchto kurzech se řídí *Řádem celoživotního vzdělávání UK*.

Průběh studia a způsob hodnocení

Studium je koncipováno jako tříleté. Předměty, které musí uchazeč během studia absolvovat, a doporučený průběh studia jsou uvedeny ve vzdělávacím plánu jednotlivých kurzů (viz dále). Studium probíhá v kombinované formě studia. Ve vzdělávacím plánu je specifikován rozsah prezenční výuky, která bude probíhat blokově v prostorách MFF UK, a přibližná doba samostudia. Pokud to studujícím čas dovolí, mohou navštěvovat přednášky a cvičení společně se studenty prezenčního studia učitelských bakalářských a magisterských oborů.

Pro úspěšné absolvování programu je nutné úspěšně vykonat závěrečnou komisionální zkoušku zaměřenou na studovaný předmět a didaktiku tohoto předmětu. Dále je nutné úspěšně obhájit závěrečnou práci, která se bude tematicky dotýkat oboru didaktika fyziky, resp. matematiky, resp. informatiky. Podmínkou přihlášení se k těmto zkouškám je řádné absolvování všech předmětů předepsaných ve vzdělávacích plánech. Pokud jste některý předepsaný předmět (nebo jemu obsahově podobný) absolvovali již ve svém předchozím studiu, můžete požádat o jeho uznání.

Požadavky ke komisionální závěrečné zkoušce z fyziky a didaktiky fyziky

Student musí prokázat dostatečný fyzikální nahléd nad partiiemi fyziky, které bude ve své praxi vyučovat. Musí proto prokázat znalost klíčových experimentů a základních fyzikálních teorií, jakož i jejich vzájemných souvislostí. Musí umět vysvětlit podstatu a význam základních fyzikálních veličin, zákonů a jejich důsledků, experimentálních metod a jejich 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. Patří sem také znalost jednotek veličin a hodnot základních fyzikálních konstant.

Odborná témata

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. Mechanické vlnění. 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 a optika*

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. Vlastnosti optického záření: spektrální složení, mohutnost, polarizace, koherence, šíření ve vakuu. Průchod izotropním, dvojlomným a absorbujícím prostředím. Odraz a lom, rozptyl. Zobrazení zrcadlem a čočkou. Jednoduché optické přístroje. Lidské oko. Zdroje optického záření. Monochromátor, interferometr. Polarizační soustavy.

3. *Molekulová fyzika, termodynamika a statistická fyzika*

Základní veličiny a pojmy molekulové fyziky, teplota a střední kvadratická rychlost, tlak plynu, vnitřní energie jednoatomového plynu, rozdělení molekul podle rychlostí, transportní jevy v plynech, základní myšlenky a výsledky kinetické teorie plynů, zákony platné pro ideální a reálný plyn, povrchové jevy (molekulární tlak, povrchové napětí, kapilární jevy). Základní termodynamické veličiny (termodynamický i statistický přístup). Termodynamické věty a jejich důsledky (pro uzavřený i otevřený systém). Děje vratné, nevratné a kruhové. Termodynamické potenciály a jejich fyzikální význam. Entropie. Fázové přechody 1. a 2. druhu. Základní hypotézy statistické fyziky. Statistické soubory. Statistická rozdělení a jejich vzájemné vztahy. Ekvipartiční teorém. Zákony záření černého tělesa.

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, vazebné síly. Modely jader. Radioaktivita. Jaderné reakce (s využitím v energetice). Elementární částice, jejich vlastnosti a interakce. Experimenty jaderné a částicové fyziky.

5. 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 učiva 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, přístroje pro demonstraci základních plynových zákonů, vzduchová dráha, souprava GAMABETA. Student musí zvládat i základy práce se systémy typu Vernier, ISES nebo podobných systémů 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 ke komisionální závěrečné zkoušce z matematiky a didaktiky matematiky

Lineární algebra a algebra

1. Relace, zobrazení a jejich základní vlastnosti.

Relace a jejich vlastnosti. Ekvivalence, uspořádání, úplné uspořádání, příklady. Rozklad množiny podle ekvivalence. Zobrazení (injektivní, surjektivní a bijektivní), skládání zobrazení. Jádro a obraz zobrazení ($\text{Ker } f$, $\text{Im } f$), rozklad zobrazení na surjekci, bijekci a injekci.

2. Vektorový prostor, báze, dimenze, lineární zobrazení. Vektorový prostor se skalárním součinem.

Příklady vektorových prostorů, lineární závislost a nezávislost, báze a dimenze konečně generovaného vektorového prostoru, věta o dimenzích spojení a průniku. Vlast-

nosti homomorfismu, věta o hodnosti a defektu.

Skalární součin na reálném vektorovém prostoru, ortonormální báze, ortogonální doplněk podprostoru. Cauchyova-Schwarzova nerovnost, trojúhelníková nerovnost, Gramův-Schmidtův ortogonalizační proces, ortogonální projekce, ortogonální zobrazení, ortogonální matice.

3. Matice a jejich vlastnosti, užití k řešení soustav lineárních rovnic. Formy.

Hodnost matice, regulární a singulární matice, inverzní matice, matice homomorfismu. Frobeniova věta o řešitelnosti soustavy lineárních rovnic. Věta o dimenzi vektorového prostoru všech řešení homogenní soustavy. Užití matic k řešení soustav lineárních rovnic, Gaussova eliminační metoda.

Vlastní čísla a vlastní vektory, podobnost matic. Charakteristický a minimální polynom.

Lineární formy, duální báze. Bilineární a kvadratické formy, jejich matice, polární a normální báze, Sylvestrův zákon o setrvačnosti, signatura.

4. Determinanty a jejich vlastnosti, Cramerovo pravidlo.

Definice determinantu, Sarrusovo pravidlo, věta o rozvoji determinantu, charakterizace regulárních matic pomocí determinantů. Výpočet inverzní matice pomocí determinantů. Věta o násobení determinantů. Řešení soustav lineárních rovnic pomocí Cramerova pravidla.

5. Přirozená a celá čísla, dělitelnost.

Přirozená čísla, Peanovy axiomy, matematická indukce, dobré uspořádání. Konstrukce oboru integrity celých čísel. Dělitelnost, největší společný dělitel, nejmenší společný násobek. Eukleidův algoritmus a Bézoutova věta, Eukleidovo lémma, Základní věta aritmetiky. Numerační soustavy o různých základech.

Prvočísla, Eratosthenovo síto, mohutnost množiny všech prvočísel. Mersennova čísla, dokonalá čísla, věta Eukleidova a Eulerova. Fermatova čísla a prvočísla. Přirozená čísla jako svaz. Kongruence modulo n , odvození kritérií dělitelnosti. Malá Fermatova věta.

6. Čísla racionální, reálná a komplexní.

Konstrukce pole racionálních čísel, podílové pole. Reálná čísla (Dedekindovy řezy, desetinné rozvoje, cauchyovské posloupnosti, axiomatický popis \mathbb{R}), iracionalita. Řetězové zlomky, konvergenty, aproximace reálných čísel racionálními. Algebraická a transcendentní čísla.

Pole komplexních čísel, zavedení, vlastnosti. Algebraický a goniometrický tvar, operace a jejich geometrické znázornění, důkazy některých goniometrických vzorců. Mohutnosti číselných oborů.

7. Grupy a jejich homomorfismy. Algebraické struktury se dvěma binárními operacemi.

Binární operace na množině. Pojem grupy, grupa permutací, grupy symetrií pravidelných n -úhelníků, další příklady. Podgrupy a jejich vlastnosti. Svaz podgrup. Cyklické grupy a jejich vlastnosti. Lagrangeova věta. Homomorfismy grup, příklady. Jádro a obraz homomorfismu a jejich vlastnosti. Faktorizace grupy podle normální podgrupy. Příklady. Obor integrity, těleso, pole, příklady.

8. Základní pojmy dělitelnosti v komutativním oboru integrity.

Relace dělitelnosti a asociovanosti v oboru integrity. Příklady eukleidovských oborů integrity a příklady na užití Eukleidova algoritmu. Ireducibilní prvek, prvočinitel.

9. Rovnice.

Základní věta algebry. Rovnice 1., 2. a 3. stupně, Cardanovy vzorce, casus irreducibilis. Vietovy vzorce. Racionální a celočíselné kořeny algebraických rovnic s celočíselnými koeficienty, algebraická a transcendentní čísla. Reciproká rovnice. Lineární diofantické rovnice.

10. Posloupnosti, průměry.

Aritmetická a geometrická posloupnost. Aritmetické posloupnosti vyšších řádů. Geometrická řada a harmonická řada. Aritmetický, geometrický a harmonický průměr, jejich vztah a geometrické znázornění.

Matematická analýza

1. Posloupnosti reálných čísel, limity, elementární funkce.

Posloupnost, limita posloupnosti, věty o limitách, vybrané posloupnosti. Elementární funkce, jejich zavedení a základní vlastnosti.

2. Funkce jedné reálné proměnné: limita, spojitost, derivace, průběh funkce.

Limita funkce, věty o limitách. Spojitost funkce, Heineova definice spojitosti, vlastnosti spojitých funkcí. Derivace funkce a její vlastnosti. Věty o střední hodnotě, L'Hospitalovo pravidlo. Průběh funkce. Taylorova věta.

3. Primitivní funkce, Newtonův integrál.

Primitivní funkce, integrace per partes, první a druhá věta o substituci. Integrace racionálních funkcí, základní typy substitucí.

4. Riemannův integrál.

Riemannův integrál a jeho vlastnosti a aplikace. Newtonova-Leibnizova formule. Nevlastní integrál.

5. Nekonečné číselné řady, mocninné řady.

Nekonečné číselné řady, kritéria konvergence. Absolutně a neabsolutně konvergentní řady. Mocninná řada, vlastnosti, poloměr konvergence.

6. Diferenciální rovnice.

Existence a jednoznačnost řešení počáteční úlohy. Metody řešení diferenciálních rovnic, lineární rovnice.

Geometrie

Syntetická geometrie

1. Planimetrie (věty i s důkazy).

Základní věty geometrie trojúhelníku: např. Thalétova, Eukleidovy, Pýthagorova a její zobecnění, sinová, kosinová, součet vnitřních úhlů, Eulerova přímka. Konstrukce trojúhelníku. Klasifikace a vlastnosti čtyřúhelníků, konstrukce; vlastnosti tečnových a tětiových čtyřúhelníků. Kružnice a její vlastnosti (obvodové a středové úhly, úsekový úhel, mocnost bodu ke kružnici). Obvody a obsahy rovinných útvarů. Shodnosti, podobnosti, stejnolehlost. Kruhová inverze. Hlavní myšlenky axiomatického zavedení eukleidovské geometrie, neeukleidovské geometrie.

2. Stereometrie (věty i s důkazy).

Základní stereometrické věty a jejich důkazy (rovnoběžnost přímky a roviny, rovnoběžnost dvou rovin, vzájemná poloha tří rovin, kolmost přímky a roviny, kolmost dvou rovin). Řezy mnohostěnů. Vzdálenosti a odchylky bodů, přímek, rovin. Mnohostěny,

Eulerova věta. Pravidelné mnohostěny (jejich počet a vlastnosti). Objem a povrch těles a jejich částí, Cavalieriho princip. Geometrická zobrazení v prostoru (shodnosti, podobnosti).

3. Zobrazovací metody.

Princip rovnoběžného a středového promítání. Řešení stereometrických úloh ve volném rovnoběžném promítání. Osová afinita, afinní obraz kružnice (užití osové afinity při konstrukci řezů hranolů a válců). Základy Mongeova promítání. Základy kosoúhlého promítání, základy lineární perspektivy.

Analytická a diferenciální geometrie

1. Afinní prostor.

Afinní prostor a jeho zaměření. Lineární kombinace bodů. Lineární soustava souřadnic. Podprostor a jeho parametrické vyjádření. Obecná rovnice nadroviny, podprostor jako průnik nadrovin, obecné rovnice podprostoru. Vzájemná poloha podprostorů. Orientace afinního prostoru.

2. Eukleidovský prostor.

Eukleidovský prostor. Vnější součin, vektorový součin a jejich základní vlastnosti. Kartézská soustava souřadnic. Kolmost podprostorů. Odchylka dvou přímek, dvou nadrovin, přímky a nadroviny, odchylka přímky a podprostoru. Vzdálenost bodu od podprostoru, vzdálenost podprostorů; osa dvou mimoběžných podprostorů. Příklady v E^2 a E^3 .

3. Množiny bodů daných vlastností, kuželosečky.

Kuželosečky jako řezy kuželové plochy, elipsa jako řez válcové plochy. Definice, vlastnosti a klasifikace kuželoseček. Kanonické rovnice kuželoseček a jejich transformace. Vzájemná poloha přímky a kuželosečky. Apollóniova kružnice.

4. Grupy geometrických zobrazení.

Dělicí poměr, afinní zobrazení, asociovaný homomorfismus. Afinity (základní afinity, homothetie), samodružné body a směry, příklady v A^2 a A^3 včetně analytického vyjádření. Projekce. Shodnosti, podobnosti, samodružné body a směry, příklady v E^2 a E^3 včetně analytického vyjádření, klasifikace v E^2 . Analytické vyjádření kruhové inverze, její vlastnosti. Grupy geometrických transformací.

5. Diferenciální geometrie.

Parametrické vyjádření křivky, příklady. Délka křivky, parametrizace obloukem. Frenetův repér a Frenetovy vzorce v rovině a v prostoru, křivost a torze. Parametrické vyjádření plochy, příklady. Tečná rovina, normála. První a druhá základní forma plochy a jejich užití. Střední a Gaussova křivost. Zobrazení mezi plochami (izometrie, konformní zobrazení).

Další matematické a didaktické okruhy

1. Logika a teorie množin.

Výrokový a predikátový počet. Axiomatická teorie. Konečné množiny; spočetné a nespočetné množiny. Dobré uspořádání. Kardinální a ordinální čísla. Axiom výběru a jeho ekvivalenty. Peanova aritmetika a model přirozených čísel v teorii množin. Mohutnosti oborů přirozených, celých, racionálních a reálných čísel.

2. Kombinatorika, pravděpodobnost a matematická statistika.

Princip inkluze a exkluze, permutace bez pevných bodů. Řešení rekurentních rovnic, generující funkce. Fibonacciho čísla. Pravděpodobnostní prostor, různé definice

pravděpodobnosti. Podmíněná pravděpodobnost a nezávislost náhodných jevů. Náhodné veličiny – základní charakteristiky, nezávislost. Diskrétní a spojitá rozdělení náhodných veličin. Náhodné vektory. Zákon velkých čísel, centrální limitní věta. Popisná statistika. Korelace, regresní přímka. Odhady parametrů a testy hypotéz. Lineární model a jeho speciální případy, lineární regrese.

3. *Didaktika matematiky.*

Argumentace a ověřování ve školské matematice (induktivní a deduktivní metody, výroky, důkazy a jejich typy). Vytváření představ, pojmů a jejich vlastností, klasifikace pojmů (číslo, číselné obory, funkce a posloupnosti, geometrická zobrazení). Rozvíjení geometrické představivosti v rovině a v prostoru (vzájemné polohy a vlastnosti geometrických útvarů, konstrukční úlohy). Metody řešení úloh v algebře (rovnice, nerovnice a jejich soustavy) a analytické geometrii (rovnice přímek a rovin, vzdálenosti a odchylky). Aplikace matematiky v praxi (finanční matematika, kombinatorika, pravděpodobnost a statistika).

Požadavky ke komisionální závěrečné zkoušce z informatiky a didaktiky informatiky

Odborná témata

1. *Zobrazení dat v počítači*

Zobrazení celých a reálných čísel v počítači, algoritmy základních početních operací. Reprezentace znaků a řetězců. Implementace datových struktur (pole, záznamy, záznamy s variantními částmi, množiny).

2. *Principy počítačů, operačních systémů a počítačových sítí*

Architektury počítačů. Typické instrukce strojového kódu. Přerušovací systémy. Paměťové systémy. Sběrnice, způsob připojení a programové obsluhy typických periférií. Role a základní úkoly operačního systému, příklady konkrétních operačních systémů (Windows, Unix). Správa prostředků, algoritmy prevence uváznutí. Popis paralelismu a synchronizace procesů. Počítačové sítě, standard ISO, TCP/IP, Internet, elektronická pošta.

3. *Datové a řídicí struktury programovacích jazyků (programátorský a implementační pohled)*

Jednoduché a strukturované datové typy. Podprogramy, komunikace podprogramu s okolím (globální proměnné, parametry, typy předávání parametrů, moduly a separátní kompilace). Porovnání vybraných programovacích jazyků z hlediska jejich datových a řídicích struktur. Principy překladu programovacích jazyků, překlad a interpretace, podprogramy a makra. Formální popisy syntaxe programovacích jazyků.

4. *Metodika programování*

Vývoj metodiky programování. Strukturované programování, modulární a objektové programování, abstraktní datové typy. Událostmi řízené programy. Logické a funkcionální programování. Dětské programovací jazyky.

5. *Správnost a složitost algoritmů*

Částečná správnost algoritmu, konečnost algoritmu, invarianty. Časová, paměťová, asymptotická složitost algoritmu - nejhorší, nejlepší, průměrný případ (definice jednotlivých pojmů). Odhad asymptotické složitosti jednoduchých algoritmů. Časová a prostorová složitost - vztah determinismu a nedeterminismu. Polynomiální převeditelnost, P- a NP- problémy, NP-úplnost.

6. Základní programovací techniky a návrh datových struktur

Různé reprezentace abstraktních datových typů (množina, zásobník, fronta, prioritní fronta, ...). Složitost vyhledávání, vkládání a vypouštění prvků, hledání minimálního a k-tého nejmenšího, průchod všemi prvky. Reprezentace faktorové množiny. Hashování. Reprezentace aritmetických výrazů a algoritmy pro výpočet jejich hodnoty. Obecnější metody návrhu efektivních algoritmů (metoda rozděl a panuj, dynamické programování atd.).

7. Algoritmy vnitřního a vnějšího třídění

Dolní odhady časové složitosti úlohy vnitřního třídění pro nejhorší a průměrný případ. Jednoduché algoritmy kvadratické složitosti. Třídění sléváním, heapsort, quicksort, přihrádkové třídění. Odlišnost vnějšího třídění od vnitřního třídění, základní myšlenky, přirozené slučování, polyfázové třídění.

8. Základní numerické algoritmy

Řešení soustav lineárních rovnic - metody přímé a iterační, metody řešení nelineárních rovnic. Interpolace funkcí polynomy, jiné metody aproximace funkcí. Numerická integrace.

9. Teorie automatů a jazyků

Chomského hierarchie, charakterizace jejich tříd pomocí gramatik a automatů. Různé ekvivalentní definice regulárních jazyků. Nerodova věta. Uzávěrové vlastnosti regulárních jazyků. Bezkontextové gramatiky, derivační stromy, normální tvary gramatik, zásobníkové automaty, uzávěrové vlastnosti, deterministické jazyky.

10. Kombinatorika a teorie grafů

Základní pojmy teorie grafů, různé možnosti datové reprezentace grafu. Základní kombinatorické pojmy a metody. Základní kombinatorické a grafové algoritmy (např. nejkratší cesta v grafu, minimální kostra, prohledávání grafu, určování různých typů souvislosti, acykličnost grafu, toky v sítích, maximální párování v grafech).

11. Vyčíslitelnost

Algoritmicky vyčíslitelné funkce, jejich vlastnosti, Churchova teze. Rekursivní a rekursivně spočetné množiny a jejich vlastnosti. Algoritmicky neřešitelné problémy. Gödelova věta o neúplnosti.

12. Informační systémy

Organizace souborů - sekvenční, indexsekvenční, indexované, hashovací metody, B-stromy. Databázové systémy - problematika návrhu, konceptuální, logické a fyzické schéma. Relační datový model. Pojem dotazu, dotazovací jazyky (SQL).

Počítačová geometrie a grafika

Algoritmy 2D grafiky: kreslení čar, vyplňování, pultónování a rozptylování barev. Barevné systémy, zobrazování barev na počítači. Transformace a projekce. 3D grafika: metody reprezentace 3D scén, zobrazovací algoritmy, výpočet viditelnosti.

14. Umělá inteligence

Heuristické metody řešení úloh. Neuronové sítě. Programování her - algoritmus minimaxu, alfa-beta prořezávání.

15. Vybrané oblasti použití počítačů

Databázové systémy, programy pro přípravu textů, programy pro přípravu prezentací, tabulkové kalkulátory, počítačová grafika a animace, formáty multimediálních

souborů (grafika, audio, video). WWW - vyhledávání informací. Počítačové modelování a simulace. Kryptografie s veřejným klíčem, elektronický podpis.

Didaktická témata

Metodicky zajímavý krátký výklad jednoho z předem známých témat. V každém akademickém roce bude vypsáno 25 konkrétních témat. Hodnotí se především metodický přístup k výkladu a vystižení podstaty problematiky.

- Jednoduchý třídící algoritmus
- Quicksort
- Heapsort
- Vnější třídění
- Rekursivní podprogramy
- Typy předávání parametrů v Pascalu
- Reflexivní, symetrický a tranzitivní uzávěr
- Dynamicky a staticky alokované proměnné v Pascalu
- Práce s lineárním spojovým seznamem, srovnání s polem
- Vyhledávání v poli (např. binární, užití zarážky)
- Průchod stromem do hloubky a do šířky (zásobník, fronta)
- Vyhledávání, vkládání a vypouštění v binárním vyhledávacím stromu
- Problém stabilních manželství
- Prohledávání s návratem (backtracking)
- Srovnání programovacích jazyků Pascal a C
- Nalezení minimální kostry grafu
- Seznamy v Prologu a jednoduché predikáty pro práci s nimi
- Algoritmus minimaxu
- Algoritmy vyčíslení hodnoty aritmetického výrazu
- Výpočet hodnoty polynomu Hornerovým schématem
- Algoritmus „binárního“ umocňování a násobení
- Dijkstrův algoritmus
- Určení délky nejdelší rostoucí vybrané podposloupnosti
- Generování všech permutací v lexikografickém uspořádání
- Statické a virtuální metody a jejich srovnání

Závěrečná práce

Závěrečnou práci zadává studentovi na jeho žádost garant kurzu kdykoliv v průběhu studia, nejpozději v semestru, který bude předcházet semestru s předpokládaným odevzdáním a obhajobou práce. Garant kurzu zároveň stanovuje konzultanta, na kterého se může student v průběhu řešení závěrečné práce obracet s odbornými dotazy apod. Závěrečná práce se obecně zabývá vzděláváním v odpovídajícím všeobecně vzdělávacím předmětu. Může se jednat například o tvorbu metodických materiálů pro školní praxi, vytvoření popularizačního textu o konkrétním oboru nebo jevu, realizaci šetření/průzkumu na školách apod. Rozsah práce bude upřesněn konzultantem a garantem kurzu dle charakteru práce; standardně se předpokládá rozsah 20 normostran vlastního textu. Student obhajuje práci před minimálně tříčlennou komisí, kterou určí garant kurzu. Student odevzdá práci jak v elektronické tak v tištěné podobě v souladu

s termínem pro odevzdávání diplomových prací uvedeným v harmonogramu akademického roku. Garant určí oponenta závěrečné práce. Jak oponent, tak konzultant napíše na práci posudek.

Akreditace: Kurzy jsou akreditovány u MŠMT na základě § 25 a § 27 zákona č. 563/2004 Sb., o pedagogických pracovnících a o změně některých zákonů, a v souladu se zákonem č. 500/2004 Sb. pod č. j. 16497/2015–1–582. Akreditace je prodloužena do 3. 8. 2021.

Studijní plány

V následujících tabulkách jsou uvedeny studijní plány kurzů vyučování všeobecně vzdělávacích předmětů *fyzika*, *matematika* a *informatika*. Je zde specifikován hodinový rozsah výuky a forma výuky daného předmětu. Časový rozsah je rozdělen do dvou částí: jednak je zde počet hodin přímé výuky (P–přednáška, C–cvičení, resp. seminář) a dále je uveden očekávaný minimální počet hodin samostudia.

Ve sloupci *Kód* je uveden kód předmětu podobného charakteru, který je určen pro studenty bakalářského (magisterského) studijního programu.

Vyučování všeobecně vzdělávacího předmětu fyzika

1. rok studia

Kód	Název	Zimní semestr		Letní semestr	
		výuka	samost.	výuka	samost.
NFUF101	Mechanika	48/P+C	48	—	—
NFUF103	Elektřina a magnetismus	—	—	48/P+C	48
NUFY082	Praktický úvod do elektroniky	16/C	12	—	—
NFUF106	Matematické metody ve fyzice	—	—	13/C	43
NPED035	Pedagogika II	—	—	10/P+C	20
	CELKEM	64	60	71	111

2. rok studia

Kód	Název	Zimní semestr		Letní semestr	
		výuka	samost.	výuka	samost.
NUFY102	Fyzika III (optika)	60/P+C	24	—	—
NFUF104	Molekulová fyzika	—	—	20/P+C	8
NUFY028	Teoretická mechanika	16/P	8	—	—
NUFY100	Kvantová mechanika	—	—	20/P+C	60
NDFY043	Didaktika fyziky I	12/P+C	30	—	—
NDFY045	Praktikum školních pokusů I	30/C	12	—	—

NDFY046	Praktikum školních pokusů II	—	—	40/C	16
	CELKEM	118	74	80	84

3. rok studia

Kód	Název	Zimní semestr		Letní semestr	
		výuka	samost.	výuka	samost.
NUFY103	Fyzika IV (atomová fyzika)	12/P+C	30	—	—
NUFY097	Teorie relativity	—	—	10/P	18
NUFY094	Termodynamika a statistická fyzika	20/P+C	40	—	—
NUFY126	Fyzikální praktikum pro celoživotní vzdělávání	27	—	—	—
NUFY020	Astronomie a astrofyzika	10/P	18	—	—
NUFY023	Fyzikální obraz světa	10/P	18	—	—
NDFY038	Pedagogická praxe z fyziky (CŽV)	—	—	34	—
	Kurz bezpečnosti práce	—	—	—	—
	Závěrečná práce	—	—	—	—
	CELKEM	79	106	44	18

Vyučování všeobecně vzdělávacího předmětu matematika

1. rok studia

Kód	Název	Zimní semestr		Letní semestr	
		výuka	samost.	výuka	samost.
NMTM101	Matematická analýza I	40/P+C	40	—	—
NMTM103	Lineární algebra I	30/P+C	32	—	—
NMTM102	Matematická analýza II	—	—	35/P+C	50
NMTM104	Lineární algebra II	—	—	25/P+C	36
NMTM106	Základy planimetrie	—	—	10/P+C	15
NPED035	Pedagogika II	—	—	10/P+C	20
	CELKEM	70	72	80	121

2. rok studia

Kód	Název	Zimní semestr		Letní semestr	
		výuka	samost.	výuka	samost.
NMUM201	Matematická analýza III	35/P+C	20	—	—
NMUM203	Geometrie I	30/P+C	20	—	—
NMTM105	Aritmetika a algebra I	15/P+C	15	—	—

Vyučování všeobecně vzdělávacích předmětů

NMUM403	Pravděpodobnost a matematická statistika I	20/P+C	12	—	—
NMUM205	Základy prostorové geometrie	10/P+C	15	—	—
NMUM204	Geometrie II	—	—	30/P+C	25
NMUM404	Pravděpodobnost a matematická statistika II	—	—	20/P+C	25
NMUM208	Kombinatorika	—	—	15/P	20
NMUM206	Základy aritmetiky a algebry II	—	—	15/P+C	15
CELKEM			110	82	80
				80	85

V letním semestru 2. roku studia se doporučuje absolvovat nepovinný předmět NMUM312 Pedagogicko-didaktická propedeutika matematiky, který je vhodnou přípravou k předmětu NMUM405 Didaktika matematiky.

3. rok studia

Kód	Název	Zimní semestr		Letní semestr	
		výuka	samost.	výuka	samost.
NMUM307	Metody řešení matematických úloh	10/C	18	—	—
NMUM301	Diferenciální geometrie	25/P+C	30	—	—
NMUM303	Základy zobrazovacích metod	15/C	25	—	—
NMUM505	Logika a teorie množin	20/P	25	—	—
NMUM405	Didaktika matematiky	10/P+C	20	—	—
NMUM511	Pedagogická praxe z matematiky III	17	—	—	—
NMUM410	Pedagogická praxe z matematiky II	—	—	17	—
	Závěrečná práce	—	—	—	—
CELKEM		97	118	17	0

Vyučování všeobecně vzdělávacího předmětu informatika

1. rok studia

Kód	Název	Zimní semestr		Letní semestr	
		výuka	samost.	výuka	samost.
NDMI002	Diskrétní matematika	25/P+C	20	—	—
NPRG062	Algoritmizace	20/P+C	20	—	—
NPRG030	Programování 1	25/P+C	50	—	—

NTIN060	Algoritmy a datové struktury 1	—	—	25/P+C	20
NPRG031	Programování 2	—	—	25/P+C	40
NSWI177	Úvod do Linuxu	—	—	20/P+C	20
NPED035	Pedagogika II	—	—	10/P+C	20
CELKEM		70	90	80	100

2. rok studia

Kód	Název	Zimní semestr		Letní semestr	
		výuka	samost.	výuka	samost.
NTIN061	Algoritmy a datové struktury II	30/P+C	30	—	—
NSWI169	Principy počítačů	20/P	20	—	—
NSWI141	Úvod do počítačových sítí	15/P	20	—	—
NDIN017	Didaktika uživatelského software I (CŽV)	10/C	20	—	—
NTIN071	Automaty a gramatiky	—	—	30/P+C	20
NSWI170	Počítačové systémy	—	—	30/P+C	30
NDIN019	Dětské programovací jazyky	—	—	15/C	20
NDIN018	Didaktika uživatelského software II (CŽV)	—	—	10/C	20
CELKEM		75	90	85	90

3. rok studia

Kód	Název	Zimní semestr		Letní semestr	
		výuka	samost.	výuka	samost.
NDBI025	Databázové systémy	20/P+C	20	—	—
NPGR003	Základy počítačové grafiky	20/P+C	30	—	—
NSWI142	Webové aplikace	20/P+C	30	—	—
NUIN014	Informační technologie	20/P+C	20	—	—
NSWI090	Počítačové sítě	—	—	20/P	20
NDIN016	Didaktika informatiky (CŽV)	—	—	10/C	20
NDIN009	Pedagogická praxe z informatiky (CŽV)	—	—	34	—
	Závěrečná práce	—	—	—	—
CELKEM		80	100	64	40