
UNIVERSITAS CAROLINA PRAGENSIS
FACULTAS MATHEMATICAE PHYSICAEQUE DISCIPLINAE

STUDIJNÍ PLÁNY
Matematicko-fyzikální fakulty

Doktorské studium

Obsah

Úvod	3
Studijní program FYZIKA	5
Oborová rada doktorského studijního programu Fyzika	5
4F1 Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika	5
4F2 Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí	9
4F3 Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum	14
4F4 Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika	17
4F5 Fyzika povrchů a rozhraní	20
4F6 Kvantová optika a optoelektronika	22
4F7 Geofyzika	25
4F8 Meteorologie a klimatologie	27
4F9 Subjaderná fyzika	30
4F10 Jaderná fyzika	33
4F11 Matematické a počítačové modelování	35
4F12 Didaktika fyziky a obecné otázky fyziky	39
4F13 Fyzika nanostruktur	43
Studijní program INFORMATIKA	47
Oborová rada doktorského studijního programu Informatika	47
4I1 Teoretická informatika	47
4I2 Softwarové systémy	51
4I3 Matematická lingvistika	58
4I4 Diskrétní modely a algoritmy	62
4I5 Počítačová grafika a analýza obrazu	65
Studijní program MATEMATIKA	71
Oborová rada doktorského studijního programu Matematika	71
4M1 Algebra, teorie čísel a matematická logika	71
4M2 Geometrie a topologie, globální analýza a obecné struktury	80
4M3 Matematická analýza	84
4M4 Pravděpodobnost a matematická statistika	89
4M6 Vědecko–technické výpočty	91
4M8 Obecné otázky matematiky a informatiky	93
4M9 Pravděpodobnost a statistika, ekonometrie a finanční matematika	97

Úvod

Matematicko-fyzikální fakulta má ve spolupráci s ústavu AV ČR a Českým hydro-meteorologickým ústavem akreditovány tři doktorské studijní programy: fyzika, informatika a matematika. Každý z programů se dělí na několik studijních oborů a každému z nich je věnována jedna část této publikace.

V tomto textu jsou v hrubých rysech popsány základní informace o doktorském studiu na MFF UK. Organizace studia se řídí především Zákonem o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem Univerzity Karlovy a Směrnicí děkana č. 10/2015 Podrobnosti o organizaci studia v doktorských studijních programech. Odkazy na výše uvedené, i na některé další, předpisy najdete na fakultní webové stránce <http://www.mff.cuni.cz/fakulta/predpisy/studijni.htm>. Další užitečné informace týkající se doktorského studia je možno nalézt na webové stránce <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/>. Technické detaily týkající se elektronické evidence individuálních studijních plánů (viz níže) jsou popsány na stránce <http://www.mff.cuni.cz/vnitro/is/sis/faq/phdisp.htm>.

Studium v doktorském studijním programu organizuje, sleduje a hodnotí Oborová rada (OR) a spolu s ní za každý studijní obor daného programu také Rada doktorského studijního oboru (RDSO). Každý studijní program má svou vlastní OR a každý studijní obor má svou vlastní RDSO. Rozdělení pravomocí těchto dvou orgánů je podrobně popsáno ve výše zmíněné Směrnicí děkana č. 10/2015. Doktorský studijní program je zaměřen na vědecké bádání a samostatnou tvůrčí činnost; v této činnosti studenta vede školitel jmenovaný děkanem na návrh RDSO.

Studium začíná zápisem ke studiu. Do jednoho měsíce od tohoto zápisu připraví student ve spolupráci se svým školitelem tzv. individuální studijní plán (ISP). Individuální studijní plán obsahuje zejména téma disertační práce, výčet studijních povinností, vědeckých, výzkumných nebo dalších tvůrčích povinností a dále plánovaných či doporučených zahraničních pobytů nebo jiných stáží anebo pedagogických aktivit (např. pomoc při zkouškách, vedení výuky) detailně rozpracovaný alespoň pro první rok studia; součástí každého ISP je též doktorská zkouška z anglického jazyka. ISP musí být schválen školitelem, vedoucím školicího pracoviště a příslušnou RDSO; školicím pracovištěm bývá obvykle pracoviště školitele. Příprava i proces schvalování ISP probíhá prostřednictvím Studijního informačního systému (SIS).

Student doktorského studijního programu může konat zkoušku ze zapsaného předmětu nejvýše dvakrát, tj. má právo na jeden opravný termín. Výsledky zkoušky jsou klasifikovány „prospěl/a” - „neprospěl/a”.

Na konci každého roku studia vypracuje student stručnou výroční zprávu (rozsahem cca jedna strana A4) shrnující a hodnotící jeho práci, výsledky a plnění ISP v tomto roce. Zároveň ve spolupráci se školitelem připraví podobu ISP pro další rok studia. Školitel, zpravidla na základě této výroční zprávy studenta, provede hodnocení studenta a podá o něm Radě doktorského studijního oboru zprávu, jejíž přílohou je výroční zpráva studenta. RDSO pak projedná zprávu školitele a závěr svého hodnocení předává děkanovi a na vědomí OR. Závěrem je jedno z následujících hodnocení:

- a) student plní ISP,
- b) student bez závažných důvodů neplní některé části ISP,
- c) student nesplnil povinnosti ISP.

V případě b) může RDSO navrhnout studentovi snížení doktorandského stipendia; případ c) vede k ukončení studia. V případech a) a b) se RDSO zároveň vyjadřuje k podobě ISP pro další rok studia. Proces popsany v tomto odstavci probíhá prostřednictvím Studijního informačního systému (SIS).

Během studia doktorského studijního programu dostávají studenti v prezenční formě studia doktorandské stipendium. Základní výše stipendia v prvním roce studia je v současné době 6300 Kč měsíčně, ve druhém až čtvrtém roce studia 7650 Kč měsíčně. Další navýšení měsíční výše stipendia je možné za složení zkoušky z angličtiny (1000 Kč), složení státní doktorské zkoušky (2000 Kč) a oborově významnou publikační aktivitu (1000 Kč); podrobnosti jsou dány ve Směrnici děkana č. 9/2015 Výplata stipendií. Další finanční prostředky je možno získat prostřednictvím Grantové agentury UK (viz <http://www.cuni.cz/UK-2446.html>), zapojením do pravidelné výuky (typicky jako cvičící), zapojením do některého z fakultních projektů SVV (viz <http://www.mff.cuni.cz/veda/granty/svv.htm>) nebo do řešení domácích i mezinárodních grantů podle aktuální situace školicího pracoviště.

Pro ukončení studia v doktorském studijním programu je třeba složit státní doktorskou zkouškou (SDZ) a především obhájit disertační práci. Předpokladem úspěšného obhájení doktorské disertační práce je několik odborných publikací. Organizační podrobnosti o SDZ a o obhajobě naleznete ve Směrnici děkana č. 10/2015. Standardní doba doktorského studia je čtyři roky, maximální doba studia je devět let přičemž v prezenční formě je možno studovat nejdéle čtyři roky.

V další části publikace najdete především údaje o výuce poskytované na jednotlivých studijních oborech, v některých případech o požadavcích na rozsah, v jakém musíte na daném oboru výuku absolvovat, a dále rámcový přehled témat státní doktorské zkoušky, včetně doporučené literatury.

Všem studentům přeji mnoho úspěchů v jejich studiu.

V Praze, 1. října 2016,

Doc. Petr Kolman, Ph.D.
proděkan pro koncepci studia

Studijní program FYZIKA

Oborová rada doktorského studijního programu Fyzika

Aktuální složení oborové rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/or/f>.

4F1 Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika

Rada doktorského studijního oboru 4F1

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f1>.

Spolupracující ústavy

- Astronomický ústav AV ČR, v.v.i.
Fričova 298, 251 65 Ondřejov
<http://www.asu.cas.cz/>
- Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
<http://www.fzu.cz/vitej.php>
- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.cz.math.cas.cz>
- Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8
<http://www.jh-inst.cas.cz/www/indexcz.php?lang=cz&p=75>
- Ústav jaderné fyziky AV ČR, v.v.i.
Husinec – Řež č. p. 130, PSC 250 68
<http://www.ujf.cas.cz/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f1>.

Poskytovaná výuka

Posluchač si musí doplnit povinné přednášky magisterského studia na MFF UK v oboru odpovídající jeho specializaci, pokud je již neabsolvoval v rámci svého magisterského studia. Vedle toho si vybírá z volitelných přednášek magisterského studia, zejména oborů Astronomie a astrofyzika, Teoretická fyzika, Fyzika kondenzovaných soustav a materiálů, Jaderná a subjaderná fyzika a Matematické a počítačové modelování ve fyzice a technice. Pro doktorandy jsou určeny hlavně následující pokročilé přednášky:

Kód	Název	ZS	LS
NMAF006	Vybrané partie z matematiky pro fyziky	—	2/0 Zk
NTMF063	Vybrané partie obecné relativity I	2/0 Zk	—
NJSF082	Vybrané partie teorie kvantovaných polí I	3/0 Zk	—
NJSF083	Vybrané partie teorie kvantovaných polí II	—	3/0 Zk
NJSF072	Elektroslabé interakce II	2/1 Zk	—
NTMF065	Úvod do kvantové teorie pole na křivém pozadí	2/1 Zk	—
NJSF044	Matematické metody kvantové teorie II	—	2/0 Zk
NTMF070	Zářivé procesy v astrofyzice	—	2/0 Zk
NTMF035	Renormalizační teorie fázových přechodů	—	2/0 Zk
NTMF047	Pravděpodobnost a matematika fázových přechodů II	2/0 Zk	—
NTMF032	Statistická fyzika kvantových mnohočásticových systémů II	—	2/0 Zk
NJSF084	Chirální symetrie silných interakcí	—	2/0 Zk
NJSF031	Klasický a kvantový chaos	—	2/0 Zk
NDIR058	Hyperbolické systémy a zákony zachování	—	2/0 Zk
NGEM030	Kalibrační pole a nekomutativní geometrie	2/0 Zk	—
NAST021	Vybrané kapitoly z astrofyziky	2/0 Zk	—
NTMF008	Seminář ústavu teoretické fyziky	0/2 Z	0/2 Z
NTMF006	Relativistický seminář	0/2 Z	0/2 Z
NTMF045	Seminář atomové fyziky	0/2 Z	0/2 Z
NAST010	Seminář Astronomického ústavu UK I	0/2 Z	—

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Doktorand zaměřený na teoretickou fyziku si volí dva z okruhů 1-7 (z toho jeden bezprostředně související s tematikou své práce) a k tomu jeden z následujících okruhů z matematiky:

- Funkcionální analýza
- Parciální diferenciální rovnice
- Teorie distribucí
- Diferenciální geometrie, Lieovy grupy a algebry
- Numerické metody

Doktorand zaměřený na astrofyziku či astronomii si volí základní okruh 10, jeden z okruhů 8-9 a jeden z okruhů 1-7.

1. *Matematická fyzika*

Funkcionální analýza v kvantové teorii. Rovnice matematické fyziky. Relativistická invariance v kvantové teorii pole. Teorie rozptylu. Dynamické systémy. Matematická statistická fyzika. Teorie fázových přechodů a kritické jevy. Geometrické metody ve fyzice. Spinory. Symetrie ve fyzice a teorie grup. Supersymetrie.

2. *Relativistická fyzika a kosmologie*

Základní principy obecné teorie relativity (princip ekvivalence, obecné kovariance a minimální vazby). Rovnice geodetiky a geodetické deviace. Einsteinovy rovnice pole. Alternativní teorie gravitace. Experimentální ověření relativistických teorií gravitace. Linearizovaná teorie a aproximační metody. Teorie gravitačních vln: asymptotická struktura prostoročasu a přesná zářivá řešení; zdroje a detekce gravitačních vln. Relativistická teorie stelární struktury (bílé trpaslíci, neutronové hvězdy, pulsary). Gravitační kolaps a fyzika černých děr — obecné fyzikální zákonitosti, role černých děr v astrofyzice. Počáteční problém a hamiltonovský formalismus. Standardní kosmologické modely a základní kosmologické testy. Fyzika raného vesmíru. Teorie lineárních perturbací kosmologických modelů.

3. *Kvantová teorie pole a fyzika elementárních částic*

Kanonický formalismus teorie pole. Feynmanův dráhový integrál. Feynmanova pravidla a poruchová teorie. Kalibrační invariance. Kvantová elektrodynamika. Renormalizace v teorii pole. Relativistická invariance. CTP teorém, spin a statistika. Neabelovské kalibrační teorie. Metoda renormalizační grupy. Asymptotická volnost. Spontánní narušení symetrie. Standardní model. Modely sjednocených interakcí. Supersymetrická polní teorie a strunové modely.

4. *Teorie pevných látek*

Plyn interagujících elektronů v kovech a polovodičích: stíněná elektron–elektronová a elektron–fononová interakce, těsnovazební modely. Teorie Fermiho kapaliny. Greenovy funkce a jejich analytické vlastnosti, Kramersovy–Kronigovy relace a flukтуаčně–dissipační teorém. Teorie lineární odezvy, Kubovy formule. Supravodivost a supratekutost. BSC teorie supravodivosti.

5. *Nerelativistická kvantová teorie*

Hermitovské operátory a jejich spektrum, Schrödingerova rovnice, kvasiklasická aproximace, princip superposice, relace neurčitosti, stacionární stavy, pohyb v centrálně symetrickém poli, teorie poruch, spin, spinory, identické částice, energetické hladiny atomů, jemná struktura atomových hladin, atomy v elektrických a magnetických polích, hustota toku, elastické srážky částic, amplituda rozptylu, optický teorém, Bornova řada, S–matice a její analytická struktura, kvazistacionární stavy, Jostova funkce a Levinsonův teorém.

6. *Hydrodynamika, magnetohydrodynamika a teorie plazmatu*

Boltzmannova a Vlasovova kinetická rovnice, soustava fluidních a magnetohydrodynamických rovnic, driftové přiblížení pohybu částic v elektromagnetických polích, rovnováha a stabilita plazmatu, disperzní rovnice pro šíření vln ve studeném plazmatu, kinetická teorie šíření vln v horkém plazmatu, Landaův útlum a nestabilita vln, nelineární interakce vln s plazmatem; zachycené částice a kvazilineární aproximace ponderomotivní síly v plazmatu, slabá a silná turbulence plazmatu, vzájemná interakce vln, deterministický chaos — úvod do teorie a aplikace v modelech anomálních jevů v plazmatu, plazma nízkoteplotní, termonukleární a astrofyzikální.

7. *Statistická fyzika a termodynamika*

Interagující statistické systémy: klasické a kvantové kapaliny a plyny, distribuční funkce a poruchové metody — viriálový a klusterový rozvoj, poruchové metody kvantové statistické mechaniky. Modely a teorie fázových přechodů: Isingův a Heisenbergův model magnetismu, statistická teorie středního pole, škálovací hypotéza a teorie renormalizační grupy.

8. *Experimentální metody v astronomii*

Základy optiky. Teleskopy, spektrografy, fotometry, interferometry, detektory (děleno podle jednotlivých oborů elektromagnetického záření). Primární redukce: dat zpracování signálu a obrazu, analýza časových řad měření včetně statistických metod. Speciální analýzy dat (řešení křivek radiální rychlosti a světelných křivek, dopplerovské zobrazení povrchových struktur atp.).

9. *Klasická astrofyzika*

Stavba a vývoj hvězd, tvoření hvězd, vývoj dvojhvězd, závěrečné fáze vývoje hvězd. Polusace a kmity hvězd, helioseismologie. Sluneční fyzika. Hvězdné atmosféry: pole záření, absorpce, emise, zdrojová funkce, rovnice statistické rovnováhy, pojem LTE a non-LTE, modely hvězdných atmosfér (základní rovnice), formování spektrálních čar, Einsteinovy koeficienty, zakázané čary. Atomy a molekuly v kosmickém prostoru, elektronová, vibrační a rotační spektra. Plazma a magnetické pole, vlny v plazmatu, rovnice magnetohydrodynamiky. Tepelné a netepelné záření plazmatu. Stavové rovnice, degenerace. Jaderné reakce ve hvězdách, nukleogeneze. Akreční jevy, fyzika akrečních disků. Fyzika rázových vln.

10. *Klasická astronomie, mechanika a dynamika kosmických těles a soustav*

Nebeská mechanika: problém dvou a tří těles, teorie potenciálu. Sférická astronomie: soustavy souřadnic a vlivy, které na ně působí, čas a jeho měření. HR diagram, rovnice přenosu záření, záření absolutně černého tělesa, základní představy o vývoji hvězd, metody určování vzdálenosti kosmických těles, základní informace morfologické (Slunce, sluneční soustava včetně malých těles, hvězdy, typy proměnných hvězd, dvojhvězdy), elementy vizuálních, zákrytových a spektroskopických dvojhvězd, hvězdokupy, dynamika. Galaxie, hvězdokupy, složky galaxií, hvězdné populace, určování stáří, Hubbleův zákon, typy galaxií, zdroje vysokých energií, mezihvězdný plyn a prach, tvorba hvězd, vznik a vývoj galaxií.

Doporučená literatura

Bičák, J., Rudenko, V. N.: **Teorie relativity a gravitační záření.** *Univerzita Karlova, Praha, 1986.*

Binney, J., Merrifield, M.: **Galactic Astronomy.** *Princeton Series in Astrophysics, 1998.*

Binney, J., Tremaine, S.: **Galactic Dynamics.** *Princeton Series in Astrophysics, 1988.*

Bowers, R., Deeming, T.: **Astrophysics I–III.** *Jones Bartlett, Boston, 1984.*

De Loore, C. W. H., Doom, C.: **Structure and Evolution of Single and Binary Stars.** *Kluwer, Dordrecht, 1992.*

Formánek, J.: **Úvod do kvantové teorie.** *Academia, Praha, 1983.*

Frank, J., King, A. R., Raine, D. J.: **Accretion Power in Astrophysics.** *2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1992.*

- Gilmore, G., King, I., Kruit, van der, P. C.: **The Milky Way as a Galaxy.** *University Science Books, Lecture Notes, 1989.*
- Hansen, C. J., Kawaler, S. D.: **Stellar Interiors: Physical Principles, Structure and Evolution.** *Springer-Verlag, New York, 1994.*
- Itzykson, C., Zuber, J.: **Quantum Field Theory.** *McGraw-Hill, New York, 1982.*
- Kippenhahn, R., Weigert, A.: **Stellar Structure and Evolution.** *Springer-Verlag, Berlin, 1991.*
- Mahan, G. D.: **Many-particle Physics.** *Plenum Press, New York, 1990.*
- Martynov, D. J.: **Kurs Praktičeskoj astrofiziky.** *Nauka, Moskva.*
- Mihalas, D.: **Stellar Atmospheres.** *W. H. Freeman & Co., San Francisco, 1978.*
- Misner, C., Thorne, K. S., Wheeler, J.: **Gravitation.** *W. H. Freeman & Co., San Francisco, 1973.*
- Plischke, M., Bergsen, B.: **Equilibrium Statistical Physics.** *2nd ed. World Scientific, Singapore, 1994.*
- Reed, M., Simon, B.: **Methods of Modern Mathematical Physics.** *Academic Press, New York, 1979.*
- Rickayzen, G.: **Green's Function and Condensed Matter.** *Academic Press, London, 1984.*
- Rose, W. K.: **Advanced Stellar Astrophysics.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1998.*
- Schatzman, E. L., Praderie, F.: **The Stars.** *Astronomy and Astrophysics Library, Springer-Verlag, Berlin, 1993.*
- Schwarzschild, M.: **Structure and Evolution of the Stars.** *Princeton University Press, Cambridge, 1958.*
- Tanenbaum, B. S.: **Plasma Physics.** *McGraw-Hill, New York, 1967.*
- Wald, R. M.: **General Relativity.** *University of Chicago Press, 1984.*
- Walker, G. A. H.: **Astronomical Observations.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1999.*
- Weinberg, S.: **Quantum Theory of Fields I–III.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1995–2000.*

4F2 Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí

Rada doktorského studijního oboru 4F2

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f2> .

Spolupracující ústavy

- Astronomický ústav AV ČR, v.v.i.
Fričova 298, 251 65 Ondřejov
<http://www.asu.cas.cz/>
- Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

<http://www.fzu.cz/vitej.php>

- Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8
<http://www.jh-inst.cas.cz/www/indexcz.php?lang=cz&p=75>
- Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i.
Boční II/1401, 141 31 Praha 4
<http://www.ufa.cas.cz/>
- Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.
Za Slovankou 1782/3, 182 00 Praha 8
<http://www.ipp.cas.cz/cz>

Domovská stránka rady doktorského studijního oboru 4F2

<http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/4F2/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f2> .

Poskytovaná výuka

Posluchač si volí přednášky a další povinnosti z nabídky oborové rady 4F2.

Kód	Název	ZS	LS
NEVF501	Nízkoteplotní plazma a jeho aplikace	2/0 Zk	—
NEVF502	Elementární procesy v plazmatu	2/0 Zk	—
NEVF503	Měřicí metody, modelování a zpracování experimentálních dat	2/0 Zk	—
NEVF504	Fyzikální procesy ve sluneční soustavě	2/0 Zk	—
NEVF505	Diagnostika plazmatu	2/0 Zk	—
NEVF506	Magnetohydrodynamika, horké a laserové plazma	2/0 Zk	—
NEVF507	Seminář počítačové a měřicí techniky	—	0/2 Z
NEVF508	Seminář o moderních směrech ve fyzice	—	0/2 Z
NEVF518	Úvod do fyziky plazmatu	2/0 Zk	—
NEVF536	Kurz speciálních experimentálních metod ve fyzice plazmatu a fyzikální chemii	—	2/0 Z
NEVF537	Vybrané kapitoly z plazmatu v kosmickém prostředí	—	2/0 Z
NEVF550	Odborné soustředění	0/2 Z	—
NEVF555	Studentská konference	—	0/3 Z
NTMF020	Základy teorie plazmatu	2/0 Zk	—
NEVF145	Plazma v kosmickém prostoru	—	2/0 Zk
NEVF135	Programování v IDL — zpracování a vizualizace dat	1/1 KZ	—

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

I. Širší základ

Zkouška má syntetický charakter, tj. jsou kladeny širší otázky, k jejichž zodpovězení je třeba znát následující tématické okruhy: Vlnová funkce, operátory fyzikálních veličin. Relace neurčitosti. Schrödingerova rovnice a její aplikace v jednoduchých případech. Přibližné metody kvantové teorie. Elektron v periodickém prostředí, pásová struktura. Základy teorie rozptylu. Jednoduchá představa chemické vazby. Stimulovaná emise, inverse hladin. Lasery a masery. Termodynamické potenciály, podmínky rovnováhy, Gibbsovo fázové pravidlo. Fázové přechody 1. a 2. druhu. Termodynamika nevratných dějů. Teorie fluktuací. Statistická rozdělení. Vztah termodynamických a statistických veličin. Entropie ve statistické termodynamice. Neideální plyn. Náhodné procesy, fluktuace a šumy. Korelace, charakteristická rovnice rozdělení. Vlastnosti a chyby odhadů.

II. Pokročilé partie oboru

Povinná část (II. 1) a volitelná část (II. 2), kde jsou požadavky rozděleny do 6 okruhů podle kurzovních přednášek, které jsou organizovány oborovou radou (při zadání otázky komise bere v úvahu, které přednášky student navštěvoval).

II.1. Povinná část

Definice a druhy plazmatu. Kinetický a hydrodynamický popis plazmatu. Elementární procesy, typy srážek, srážkové průřezy. Záření v plazmatu. Transportní jevy, vodivost, difuze a ambipolární difuze. Výboje v plynech. Chemické reakce v plazmatu. Vlny v plazmatu. Komplexní (prachové) plazma, jeho význam a aplikace.

II.2. Volitelná část

II.2.1 Nízkoteplotní plazma a jeho aplikace

Kinetický popis nízkoteplotního plazmatu (řešení kinetické rovnice, pružné a nepružné srážky, srážky elektron–elektron, vliv mag. pole na rozdělovací funkci, kinematický popis vícesložkových plazmatických systémů), výbojové plazma a jeho aplikace zejména v plazmotechnologiích (polymerace, leptání, vytvoření tenkých vrstev apod.)

II.2.2 Elementární procesy v plazmatu

Úvod do fyzikální chemie (struktura molekul, stavy, ionty, apod.), srážkové procesy (ionizace, excitace, deexcitace, chem. reakce, rekombinace apod.), termodynamika a statistická termodynamika z hlediska fyzikální chemie, reakční kinetika a dynamika a ion–molekulové reakce, úvod do plazmochemie a laserové chemie.

II.2.3 Měřicí metody, modelování a zpracování experimentálních dat

Analogové a digitální signály, analogový a digitální šum (spojité a diskrétní náhodné procesy), digitální filtrování (přehled metodik, typy filtrů, návrhy integračních a derivačních filtrů, metody zhlazování apod.), odhad parametrů modelu, optimální detekce (statistické vlastnosti, metody realizace), počítačové modelování.

II.2.4 Fyzikální procesy ve sluneční soustavě

Základní pojmy z magnetohydrodynamiky, pohyb částic v silových polích, analytické řešení pohybu částic v adiabatickém přiblížení, sluneční soustava, popis systému Země–Slunce, meziplanetární magnetické pole, plazma v meziplanetárním systému, sluneční vítr, rázové vlny, magnetopauza a magnetosféra Země, transport částic v okolí Země. Interakce slunečního větru s magnetosférou, přepojování magnetických polí. Vlny v kosmickém plazmatu.

II.2.5 Diagnostika plazmatu

Přehled diagnostických metod, optické metody, technika mikrovlnného měření, rezonátorová metoda, interferenční metoda, sondové metody, korpuskulární diagnostika. Diagnostické metody používané v kosmickém prostoru.

II.2.6 Magnetohydrodynamika, horké a laserové plazma

Magnetohydrodynamický přístup, jedno a dvoukapalinový model, zamrzlé pole a difuze siločar, magnetická energie a magnetické napětí, příklady. Principy Tokamaku, stabilita plazmatu v Tokamaku, metody ohřevu plazmy v Tokamaku, termonukleární reaktor na bázi Tokamaku, procesy interakce vysokých toků laserového záření s plazmatem, charakteristiky a problémy teoretického popisu systémů s vysokou hustotou energie, principy rentgenového laseru, inerciální fúze.

Doporučená literatura

- Akasofu, S. I., Kamide, Y. (eds.): **The Solar Wind and the Earth.** *Terra Scient. Publ. Co., Tokyo, 1987.*
- Atkins, P. W.: **Physical Chemistry.** *Oxford University Press, Oxford, 1988.*
- Baumjohann, W., Treumann, R. A.: **Basic Space Plasma Physics.** *Imperial College Press, London, 1999.*
- Biskamp, D.: **Magnetohydrodynamic Turbulence.** *Cambridge University Press, Cambridge, 2003.*
- Bittencourt, J. A.: **Fundamentals of Plasma Physics.** *Springer, New York, 2004.*
- Cravens, T. E.: **Physics of Solar System Plasma.** *Atmospheric and Space Science Series, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.*
- Encrenaz, T. et al.: **The Solar System.** *Springer, Berlin–Heidelberg–New York, 2004.*
- Fanning, D. W.: **IDL Programming Techniques.** *2nd ed. 2000.*
- Ghosh, P. K.: **Ion Traps.** *Clarendon Press, Oxford, 1995.*
- Glosík, J. (ed.): **Učební texty k přednášce Elementární procesy.** *MFF UK, Praha, 1992.*
- Goldston, R. J., Rutherford, P. H.: **Introduction to Plasma Physics.** *Institute of Physics Publishing, Bristol–Philadelphia, 1995.*
- Gombosi, T. I.: **Physics of the Space Environment.** *Atmospheric and Space Science Series, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.*
- Gross, R.: **An Introduction to Alfvén Waves.** *The Adam Hilger Series on Plasma Physics, Bristol, 1988.*
- Grün, E., Gustafson, B. A. S., Dermott, S., Fechtig, H.: **Interplanetary Dust.** *Astronomy and Astrophysics Library, Springer, Berlin, 2001.*
- Hargreaves, J. K.: **The Solar–terrestrial Environment.** *Cambridge Atmospheric and Space Science Series, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.*
- Horányi, M., Robertson, S., Walch, B. (eds.): **Physics of Dusty Plasma.** *AIP Conference Proceedings 446, Boulder, Colorado, 1998.*
- Chen, F. F.: **Plasma Diagnostic Techniques.** *Academic Press, New York, 1965.*
- Chen, F. F.: **Úvod do fyziky plazmatu.** *Academia, Praha, 1984.*
- Chung, P. M., Talbot, L., Touryan, K. J.: **Electrical Probes in Stationary and Flowing Plasmas.** *Springer, Boston, 1975 (rusky: Mir, Moskva, 1978).*

- Kallenrode, M. B.: **Space Physics: An Introduction to Plasma and Particles in the Heliosphere and Magnetospheres.** *Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2001.*
- Kivelson, M. G., Russell, C. T.: **Introduction to Space Physics.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1995.*
- Kracík, J., Šesták, B., Aubrechl, L.: **Základy klasické a kvantové fyziky plazmatu.** *Academia, Praha, 1977.*
- Kracík, J., Tobiáš, J.: **Fyzika plazmatu.** *Academia, Praha, 1966.*
- Lautrup, B.: **Physics of Continuous Matter: Exotic and Everyday Phenomena in the Macroscopic World.** *Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 2005.*
- Ng, C.-Y., Baer, T., Powis, I.: **Unimolecular and Bimolecular Ion-molecule Reactions.** *Wiley-Interscience, New York, 1994.*
- Peratt, A. L.: **Physics of the Plasma Universe.** *Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1991.*
- Piel, A.: **Plasma Physics, An Introduction to Laboratory, Space, and Fusion Plasmas.** *Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2010.*
- Priest, E. R. (ed.): **Solar System Magnetic Fields.** *Terra Scient. Publ. Co., Tokyo, 1985.*
- Shukla, P. K., Mamun, A. A.: **Introduction to Dusty Plasma Physics.** *Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 2002.*
- Schott, L.: **Plasma Diagnostics.** *North-Holland Publishing Comp., Amsterdam, 1968.*
- Swamy, K.: **Dust in the Universe: Similarities and Differences.** *World Scientific Series in Astronomy and Astrophysics, World Scientific Publishing, Singapore, 2005.*
- Swift, J. D., Schwar, M. I. R.: **Electrical Probes for Plasma Diagnostics.** *Illife Books, New York, 1969.*
- Thompson, M. J.: **An Introduction to Astrophysical Fluid Dynamics.** *Imperial College Press, London, 2006.*
- Treumann, R. A., Baumjohann, W.: **Advanced Space Plasma Physics.** *Imperial College Press, London, 2001.*
- Walker, A. D. M.: **Plasma Waves in the Magnetosphere.** *Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1993.*

4F3 Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum

Rada doktorského studijního oboru 4F3

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f3>.

Spolupracující ústavy

- Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
<http://www.fzu.cz/vitej.php>
- Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i.
Chaberská 57, 182 51 Praha 8
<http://www.ufe.cz/>
- Ústav jaderné fyziky AV ČR, v.v.i.
Husinec – Řež č. p. 130, PSC 250 68
<http://www.ujf.cas.cz/>
- Ústav makromolekulární chemie AV ČR, v.v.i.
Heyrovského nám. 2, 162 06 Praha 6
<http://www.imc.cas.cz/>
- Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8
<http://www.it.cas.cz/>

Domovská stránka rady doktorského studijního oboru 4F3

<http://krystal.karlov.mff.cuni.cz/f3>

Vypsání témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f3>.

Poskytovaná výuka

Povinné předměty

Kód	Název	ZS	LS
NBCM083	Vybrané partie z kvantové teorie	2/1 Z+Zk	—
NFPL088	Metody statistické fyziky	2/1 Z+Zk	—
NFPL085	Elektronová teorie pevných látek	—	2/0 Zk
NFPL087	Seminář řešení fyzikálních problémů	—	0/2 Z
NFPL086	Experimentální metody fyziky kondenzovaného stavu	2/2 Zk	—

Povinně výběrové předměty

Kód	Název	ZS	LS
NFPL082	<i>Magnetismus a elektronová struktura kovových systémů</i>	2/0 Zk	—
NFPL120	<i>Moderní problémy fyziky materiálů</i>	2/0 Zk	—
NFPL063	<i>Pokročilá kvantová teorie s aplikacemi ve fyzice kondenzovaných látek</i>	—	2/1 Zk
NFPL093	<i>Vybrané kapitoly z teorie a metodiky magnetické rezonance</i>	2/0 Zk	—
NFPL128	<i>Vybrané partie z pozitronové anihilační spektroskopie</i>	—	1/1 Z+Zk
NFPL178	<i>Supratekutost a Boseova-Einsteinova kondenzace</i>	—	2/1 Z+Zk
NFPL195	<i>Vybrané partie fyziky nízkých teplot</i>	—	2/0 Zk
NFPL066	<i>Pokročilé metody a aktuální témata ze strukturní analýzy</i>	2/0 Z	—

Volitelné předměty

Kód	Název	ZS	LS
NFPL073	Využití rozptylu neutronů v materiálovém výzkumu	—	2/0 Zk
NFPL154	Neutronové a synchrotronové záření v magnetických látkách	—	2/2 Z+Zk
NFPL072	Systémy s korelovanými f-elektrony	2/0 Zk	—
NFPL076	Metody studia interakcí v magnetických systémech	—	2/0 Zk
NFPL013	Rozptyl rtg záření na tenkých vrstvách	2/0 Zk	—
NFPL158	Magnetické struktury	2/0 Zk	—
NFPL159	Moderní materiály s aplikačním potenciálem	—	2/0 Zk
NFPL174	Základy mechaniky tekutin a turbulence	2/0 Zk	—
NFPL197	Základy mechaniky kontinua a teorie dislokací	—	2/0 Zk
NFPL198	Teorie poruch krystalu	—	2/0 Zk

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Jsou kladeny otázky širšího zaměření a jejich úkolem je prověřit schopnost posluchače orientovat se v dané problematice.

I. Širší základ

- I.1. Kvantověmechanický popis atomů a kondenzovaných látek
- I.2. Systémy mnoha částic
- I.3. Elektronové stavy v atomech a kondenzovaných látkách
- I.4. Interakce kvantového systému s elektromagnetickým zářením
- I.5. Klasické a kvantové statistické soubory
- I.6. Termodynamické veličiny
- I.7. Ideální, klasické a kvantové plyny
- I.8. Fermiony a bosony při nízkých teplotách

- I.9. Fázové přechody
 I.10. Nerovnovážné procesy v kondenzovaných látkách

II. Pokročilé partie oboru

- II.1. Struktura a mikrostruktura kondenzovaných systémů
 II.2. Fonony
 II.3. Elektronová a atomová struktura a interakce v kondenzovaných systémech
 II.4. Kovy a polovodiče
 II.5. Dielektrika a feroelektrika
 II.6. Magnetismus
 II.7. Fyzika kondenzovaných systémů při nízkých teplotách, supravodivost a supratekustost

III. Specializace

Otázky z předmětu specializace budou navrženy školitelem. Komise vybírá jednu z alespoň tří navržených otázek.

Doporučená literatura

- Ashcroft, N. W., Mermin, N. D.: **Solid State Physics**. *Sounders Coll. Publishing, Philadelphia, 1988.*
- Barbara, B., Gignoux, D., Vettier, C.: **Lectures on Modern Magnetism**. *Springer-Verlag, Berlin, 1988.*
- Buschow, K. H. J., Cahn, R. W., Flemings, M. C., Ilshner, B., Kramer, E. J., Mahajan, S.: **The Encyclopedia of Materials: Science and Technology**. *Pergamon Press, Oxford, 2001.*
- Cahn, E. W., Lifshin, E.: **Concise Encyclopedia of Materials Characterization**. *Pergamon Press, Oxford, 1993.*
- Ibach, H., Luth, H.: **Solid-State Physics**. *Springer-Verlag, Berlin, 1991.*
- Kittel, C.: **Úvod do fyziky pevných látek**. *Academia, Praha, 1985.*
- Kratochvíl, P., Lukáč, P., Sprušil, B.: **Úvod do fyziky kovů I**. *SNTL, Praha, 1984.*
- Kužel, R., Saxlová, M., Šternberk, J.: **Úvod do fyziky kovů II**. *SNTL, Praha, 1985.*
- Šafrata, R. a kol.: **Fyzika nízkých teplot**. *Matfyzpress, Praha, 1998.*
- Valvoda, V., Polcarová, M., Lukáč, P.: **Základy strukturní analýzy**. *Karolinum, Praha, 1992.*
- Ziman, J. M.: **Principles of the Theory of Solids**. *Cambridge University Press, Cambridge, 1965.*

4F4 Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika

Rada doktorského studijního oboru 4F4

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f4> .

Spolupracující ústavy

- Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
<http://www.fzu.cz/vitej.php>
- Fyziologický ústav AV ČR, v.v.i.
Videňská 1083, 142 20 Praha 4
<http://www.biomed.cas.cz/fgu/>
- Mikrobiologický ústav AV ČR, v.v.i.
Videňská 1083, 142 20 Praha 4 - Krč
<http://www.biomed.cas.cz/mbu/cz/>
- Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i.
Chaberská 57, 182 51 Praha 8
<http://www.ufe.cz/>
- Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8
<http://www.jh-inst.cas.cz/www/indexcz.php?lang=cz&p=75>
- Ústav makromolekulární chemie AV ČR, v.v.i.
Heyrovského nám. 2, 162 06 Praha 6
<http://www.imc.cas.cz/>
- Ústav organické chemie a biochemie AV ČR, v.v.i.
Flemingovo nám. 2, 166 10 Praha 6
<http://www.uochb.cas.cz/web/structure/31.html?lang=cz>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f4> .

Domovská stránka rady doktorského studijního oboru 4F4

<http://biomolecules.mff.cuni.cz/4F4>

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NBCM198	Elektrické vlastnosti molekulárních materiálů a systémů	—	2/0 Zk
NBCM091	Seminář z fyziky polymerů	0/2 Z	0/2 Z
NBCM058	Relaxační chování polymerů	—	2/0 Zk
NBCM076	Teorie polymerních struktur	2/0 Zk	—
NBCM097	Spektroskopie povrchem zesíleného Ramanova rozptylu	—	2/0 Zk
NBCM301	Seminář pro doktorandy — aktuální problémy molekulární biologie	0/2 Z	0/2 Z
NBCM304	Molekulární mechanismy membránového transportu	—	2/0 Zk
NBCM313	Moderní metody měření a analýzy dat v časově rozlišené fluorescenční spektroskopii	2/0 Zk	—
NBCM317	Pokročilá molekulární spektroskopie	1/1 Z+Zk	—
NOOE119	Nelineární optická spektroskopie	—	2/0 Zk
NFPL193	NMR interakce a teorie relaxací	—	2/1 Z+Zk
NBCM127	Biofyzikální metody studia fotosyntézy	—	2/0 Zk
NBCM128	Pokročilé metody molekulární spektroskopie	—	2/0 Zk
NBCM129	Experimentální technika v optické spektroskopii a radiometrii	—	2/0 Zk
NBCM130	Seminář optické spektroskopie	—	0/2 Z
NBCM059	Aplikace nízkoteplotního plazmatu	2/0 Zk	—
NBCM208	Základy makromolekulární fyziky	—	3/0 Zk
NBCM066	Základy makromolekulární chemie	2/1 Z+Zk	—
NBCM228	Polymery pro aplikace ve fotonice a optoelektronice	2/0 Zk	—
NBCM012	Biochemie	—	3/0 Zk
NBCM023	Význam a funkce kovových iontů v biologických systémech	2/0 Zk	—
NBCM305	Optické senzory	2/0 Zk	—
NBCM316	Počítačové modelování biomolekul	1/2 Z+Zk	1/2 Z+Zk
NFPL179	Kvantový popis NMR	2/1 Z+Zk	2/1 Z+Zk
NFPL186	Seminář spektroskopie NMR vysokého rozlišení	0/2 Z	0/2 Z
NBCM046	Teoretický seminář chemické fyziky	0/1 Z	0/1 Z
NBCM055	Molekulární simulace v chemické fyzice	2/1 Z+Zk	2/1 Z+Zk
NBCM200	Studijní seminář plazmových polymerů	0/2 Z	0/2 Z
NBCM201	Jaderná magnetická rezonance biomolekul a makromolekulár. systémů	2/0 Zk	—
NBCM039	Kvantová teorie molekul	—	3/2 Z+Zk

NBCM098	Rentgenová strukturní analýza biomolekul a makromolekul	2/0 Zk	—
NBCM041	Základy teorie přenosu energie v molekulárních systémech I	2/0 Zk	—
NBCM300	Seminář pro doktorandy — struktura a spektroskopie biomolekul	0/2 Z	0/2 Z

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

I. Širší základ

Předpokládají se dobré znalosti obecných fyzikálních pojmů a zákonitostí v rozsahu stanoveném pro ústní část státní závěrečné zkoušky na bakalářském studijním programu Fyzika, obor Obecná fyzika a pro požadavky k ústní části státní závěrečné zkoušky na magisterském studijním programu Fyzika, obory Biofyzika a chemická fyzika a Fyzika kondenzovaných soustav a materiálů, studijní plán Fyzika makromolekulárních látek, na MFF UK v Praze. Otázky z této oblasti se jako hlavní otázky nekladou, mohou však být položeny jako otázky doplňkové v souvislosti s odpověďmi na otázky z dalších částí požadavků.

II. Pokročilé partie oboru

II.1. Kvantová teorie a statistická fyzika molekulových soustav

Hlavní metody kvantově–chemických výpočtů molekul. Atomové a molekulové orbitály. π –elektronová aproximace a Hückelova metoda. Hartreeho–Fockovy rovnice a Roothaanovy rovnice. Korelace elektronů, korelační energie. Konfigurační interakce. Vázané klastry a poruchové metody výpočtu korelační energie. Metody funkcionálu hustoty. Výpočty slabých mezimolekulárních interakcí. Vibrační stavy molekul. Metody výpočtu elektronových spekter. Termodynamické potenciály. Termodynamické věty. Statistické soubory, základní statistická rozdělení. Základní zákony rovnovážné i nerovnovážné statistické fyziky. Liouvilleova rovnice, Boltzmannova rovnice, Pauliho kinetická rovnice, zobecněné řídicí rovnice. Molekulární simulace, empirické potenciály, metody Monte Carlo, molekulová dynamika. Chemická kinetika. Elektrochemie.

II.2. Fyzika a chemie molekulových struktur

Síly určující strukturní organizaci molekul, konformace, fázové stavy a přechody v molekulárních systémech (roztoky, polymery, molekulové a kapalně krystalové tenké vrstvy, biopolymery a membránové systémy). Fyzika a chemie bílkovin a nukleových kyselin (chemická stavba, prostorová struktura, tvorba komplexů, biologická funkce). Stavba buněk a hlavní molekulární pochody na buněčné úrovni. Fotofyzika a transportní jevy v polymerech.

II.3. Experimentální metody

Interakce elektromagnetického pole s molekulárními a biologickými strukturami (šířka a tvar spektrálních čar, relaxační procesy). Stanovení struktury molekulárních a biologických systémů (difrakce rtg. záření a neutronů, elektronová mikroskopie). Využití metod magnetické resonance (ESR, NMR, spinové sondy a značky, echo metody, určování struktur 2D metodami). Metody pružného a dynamického rozptylu světla pro stanovení struktury a pohybového stavu molekulárních objektů. Využití optické spektroskopie pro studium struktury, interakcí a dynamiky procesů přenosu energie a náboje v molekulárních a biologických systémech (vibrační IR spektroskopie, UV – VIS absorpční a emisní spektroskopie, metody vysokého časového a spektrálního rozlišení,

polarizační efekty, optické chiroptické metody, Ramanův rozptyl, nelineární optické metody). Využití elektrických a dielektrických metod.

III. Specializace

Témata jsou zadávána individuálně školitelem v souladu se studijním plánem.

Doporučená literatura

- Blankenship, R. E.: **Molecular Mechanisms of Photosynthesis**. *Blackwell Science, Oxford, 2002*.
- Cantor, C. R., Schimmel, P. R.: **Biophysical Chemistry, vol. I, II, III**. *W. H. Freeman & Co., San Francisco, 1980 (rusky: Biofizičeskaja chimija. Mir, Moskva, 1984)*.
- Davydov, A. S.: **Kvantová mechanika**. *SPN, Praha, 1978*.
- Demtröder, W.: **Laser Spectroscopy**. *Springer, Berlin, 2005*.
- Guillet, J.: **Polymer Photophysics and Photochemistry**. *Cambridge University Press, Cambridge, 1985 (rusky: Fotofizika i fotochimija polimerov. Mir, Moskva, 1988)*.
- Kao, K. C., Hwang, W.: **Electrical Transport In Solids, vol. 1,2**. *Pergamon Press, Oxford, 1981 (rusky: Perenos elektronov v tverdyh telach. Mir, Moskva, 1984)*.
- Klíma, J., Šimurda, M.: **Sbírka problémů z kvantové teorie**. *Academia, Praha, 2006*.
- Prosser, V. a kol.: **Experimentální metody biofyziky**. *Academia, Praha, 1989*.
- Skála, L.: **Kvantová teorie molekul**. *Karolinum, Praha, 1995*.
- Skála, L.: **Úvod do kvantové mechaniky**. *Academia, Praha, 2005*.
- Sperling, L. H.: **Introduction to Physical Polymer Science**. *Wiley, New York, 1986*.

4F5 Fyzika povrchů a rozhraní

Rada doktorského studijního oboru 4F5

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f5>.

Spolupracující ústavy

- Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
<http://www.fzu.cz/vitej.php>
- Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i.
Chaberská 57, 182 51 Praha 8
<http://www.ufe.cz/>
- Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8
<http://www.jh-inst.cas.cz/www/indexcz.php?lang=cz&p=75>

Domovská stránka rady doktorského studijního oboru 4F5

<http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/f5/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f5>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NEVF514	Fyzika povrchů	2/0 Zk	—
NEVF515	Metody fyziky povrchů a tenkých vrstev I	—	2/0 Zk
NEVF516	Metody fyziky povrchů a tenkých vrstev II	2/0 Zk	—
NEVF517	Seminář fyziky povrchů a tenkých vrstev	0/2 Z	—

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

I. Širší základ

Elektromagnetické pole. Fotony. Vlnová funkce. Relace neurčitosti. Schrödingerova rovnice a její řešení v jednoduchých případech. Přibližné metody kvantové teorie. Elektron v periodickém prostředí, pásová struktura. Chemická vazba. Termodynamické potenciály, rovnováha, fázové pravidlo, fázové přechody. Statistická rozdělení, vztah termodynamických a statistických veličin, entropie. Náhodné procesy, fluktuace, jejich charakteristiky. Krystalografie a struktura pevných látek, typy vazeb. Elektronová struktura pevných látek, typy vazeb. Transportní jevy, rovnice kontinuity, difúzní rovnice, relaxační doby, mechanismy rozptylu. Fonony.

II. Fyzikální základy oboru

Objemové a povrchové procesy ve vakuových systémech, vypařování a kondenzace, interakce plynu s pevnou látkou (povrchová, objemová), čerpací proces, mezní tlak. Fyzikální principy metod získávání a měření nízkých tlaků. Pohyb nabitých částic v elektrických a magnetických polích, základní elektronově iontové optické soustavy. Hmotová spektroskopie. Rozhraní dvou pevných látek (kov–kov, kov–polovodič, polovodič–polovodič), elektronické procesy na rozhraních, fyzikální principy a funkce elektronických prvků. Povrch pevné látky (struktura, čistota, jevy rekonstrukce a relaxace), elektronová struktura povrchu (kovy a polovodiče), povrchové stavy, ohyb pásů, výstupní práce. Fyzikální jevy na povrchích (adsorpce; emise nabitých částic — termionemise, termiontová emise, povrchová ionizace, tunelová emise, ionizace v silném poli, fotoemise; interakce záření a částic s pevnou látkou). Teorie růstu tenkých vrstev, epitaxe. Vlastnosti tenkých vrstev, transport tenkou vrstvou.

III. Experimentální metody fyziky povrchů, tenkých vrstev a rozhraní

Vytváření definovaných povrchů a tenkých vrstev, základní metody a techniky. Metody analýzy povrchů, tenkých vrstev a rozhraní (mikroskopie — TEM, SEM, FEM, FIM, STM, elektronové a iontové spektroskopie — AES, XPS, APS, ..., difrakční metody — LEED, RHEED, rtg).

Doporučená literatura

Anselm, A. I.: **Úvod do teorie polovodičů**. Academia, Praha, 1967.

Bechstedt, F.: **Principles of Surface Physics**. Springer-Verlag, Berlin, 2003.

- Eckertová, L. a kol.: **Fyzikální elektronika pevných látek.** *Univerzita Karlova, Praha, 1992.*
- Eckertová, L. a kol.: **Metody analýzy povrchů, elektronová mikroskopie a difrakce.** *Academia, Praha, 1996.*
- Eckertová, L. a kol.: **Metody analýzy povrchů, elektronová spektroskopie.** *Academia, Praha, 1990.*
- Eckertová, L.: **Physics of thin films.** *SPN – Plenum Press, New York – Praha, 1986.*
- Frank, L. a kol.: **Metody analýzy povrchů, iontové, sondové a speciální metody.** *Academia, Praha, 2002.*
- Groszkowski, J.: **Technika vysokého vakua.** *SNTL, Praha, 1981.*
- Kittel, Ch.: **Úvod do fyziky pevných látek.** *Academia, Praha, 1985.*
- Pátý, L.: **Fyzika nízkých tlaků.** *Academia, Praha, 1968.*
- Zangwill, A.: **Physics at surfaces.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1988.*

4F6 Kvantová optika a optoelektronika

Rada doktorského studijního oboru 4F6

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f6>.

Spolupracující ústavy

- Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
<http://www.fzu.cz/vitej.php>
- Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i.
Chaberská 57, 182 51 Praha 8
<http://www.ufe.cz/>

Domovská stránka rady doktorského studijního oboru 4F6

<http://physics.mff.cuni.cz/kchfo/ooe/4F6.htm>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f6>.

Poskytovaná výuka

Povinné předměty:

Kód	Název	ZS	LS
NOOE100	Doktorský seminář kvantové optiky a optoelektroniky	0/2 Z	0/2 Z

Povinně volitelné předměty (min. 15 kreditů za první tři semestry studia z těchto předmětů, eventuálně z dalších, doporučených RDSO):

Kód	Název	ZS	LS
NFPL182	Teorie pevných látek	4/2 Z+Zk	—
NTMF002	Pokročilá kvantová teorie	3/1 Z+Zk	—
NOOE119	Nelineární optická spektroskopie	—	2/0 Zk
NBCM067	Kvantová optika I	2/1 Z+Zk	—
NBCM093	Kvantová optika II	—	2/1 Z+Zk
NOOE068	Dynamické vlastnosti laseru	2/0 Zk	—
NOOE111	Použití ultrakrátkých optických pulsů ve spektroskopii	2/0 Zk	—
NOOE069	Laserová spektroskopie polovodičových nanokrystalů	2/1 Z+Zk	—
NOOE121	Metody laserové spektroskopie v polovodičové spintronice	2/0 Zk	2/0 Zk
NOOE110	Polovodičová luminiscence a její aplikace	—	2/0 Zk
NOOE009	Optické vlastnosti pevných látek a optoelektronika	—	2/0 Zk
NOOE112	Optické interakce v periodických anizotropních strukturách	2/0 Zk	—
NOOE070	Optika nanomateriálů a nanostruktur	—	2/0 Zk
NOOE109	Polovodičová fotonika	2/0 Zk	—
NOOE108	Polovodičová optoelektronika	2/0 Zk	—
NOOE003	Optoelektronické materiály a technologie	2/0 Zk	—
NOOE107	Detekce a detektory záření	—	2/0 Zk
NOOE047	Integrovaná optika	2/0 Zk	—
NOOE049	Holografie	2/0 Zk	—
NBCM305	Optické senzory	2/0 Zk	—
NOOE113	Laserová metrologie	2/0 Zk	—
NOOE029	Mikrodutiny	2/0 Zk	—
NOOE130	Rentgenové lasery a rentgenová optika	—	2/0 Zk
NOOE125	Spektroskopie v terahertzové spektrální oblasti	—	2/0 Zk

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

I. Širší základ

Základní pojmy a zákony klasické a kvantové fyziky. Makroskopický a mikroskopický popis fyzikálních jevů. Symetrie a její role ve fyzice. Základní pojmy a zákony rovnovážné a nerovnovážné statistické fyziky. Základy nelineární fyziky. Optické experimenty fundamentálního významu pro fyziku.

II. Pokročilé partie oboru

II.1. Vlnová a kvantová optika

Způsoby popisu optického pole (přiblížení paprskové, vlnové a kvantové optiky). Gaussovské svazky. Fourierovská optika. Koherence. Interference. Základy holografie. Difrakce. Teorie optického zobrazení. Vedené vlny a optické vlnovody. Odezva kvantového systému na optické pole. Lineární a nelineární optika. Kvantování optického pole. Interakce optického záření s látkou: emise, absorpce, rozptyly — semiklasický a úplný

kvantový popis. Koherenční a statistické vlastnosti optických polí (neklasické stavy optických polí). Kvantová teorie koherence.

II.2. Laserová fyzika

Laserové generátory a zesilovače. Optické rezonátory. Módy laseru. Typy laseru podle režimu činnosti a aktivního prostředí. Klasický, semiklasický a úplný kvantový popis laseru, řešení rovnic laseru. Dynamické vlastnosti laseru. Frekvenční, časové, prostorové a výkonové parametry záření laseru. Laserové systémy s extrémními parametry generovaného záření. Nelineární optické systémy pro účinnou transformaci frekvence generovaného záření.

II.3. Optoelektronika

Pásová teorie. Brillouionova zóna. Blochovy funkce. Hustota stavů. Kvazičástice v pevných látkách. Optické přechody. Polovodičové nanostruktury. Vodivost, Boltzmannova rovnice, rozptylové mechanismy, Hallův jev, magnetorezistence. Kvantový Hallův jev. Fotovodivost, luminiscence. Polovodičové detektory. Luminiscenční diody a lasery. Optické modulátory. Heterostruktury. Integrovaná optika. Základy technologie polovodičových systémů.

III. Speciální část

Pokládá se jedna ze tří otázek, které předem navrhuje školitel podle užšího zaměření studenta. Součástí této části je také diskuse tezí doktorské práce, které předloží student v písemné podobě v rozsahu několika stran.

Doporučená literatura

- Born, M., Wolf, E.: **Principles of Optics**. Pergamon Press, Oxford, 1980.
- Boyd, R. W.: **Nonlinear Optics**. Academic Press, San Diego, USA, 1992.
- Davis, J. H.: **The Physics of Low-Dimensional Semiconductors**. Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- Haken, H.: **Light**, vol. 1, 2. North-Holland, Amsterdam, 1981/5.
- Cheo, P. K.: **Fiber Optics and Optoelectronics**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York, 1985.
- Kittel, C.: **Quantum Theory of Solids**. Wiley, New York, 1967.
- Klingshirn, C. L.: **Semiconductor Optics**. Springer Verlag, Berlin, 1997.
- Loudon, R.: **The Quantum Theory of Light**. Oxford University Press, Oxford, 2000.
- Mandel, L., Wolf, E.: **Optical Coherence and Quantum Optics**. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.
- Peřina, J.: **Quantum Statistics of Linear and Nonlinear Optical Phenomena**. Reidel, Dordrecht, 1991.
- Saleh, B. E. A., Teich, M. C.: **Základy fotoniky I–IV**. Matfyzpress, Praha, 1994–96.
- Seeger, K.: **Semiconductor Physics**. Springer-Verlag, Berlin, 1982.
- Klingshirn, C. F.: **Semiconductor Optics**. Springer-Verlag, Berlin, 2012.
- Pelant I., Valenta J.: **Luminiscenční spektroskopie I a II**. Academia, Praha, 2006 a 2010.

4F7 Geofyzika

Rada doktorského studijního oboru 4F7

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f7>.

Spolupracující ústavy

- Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i.
Boční II/1401, 141 31 Praha 4 - Spořilov
<http://www.ig.cas.cz/>
- Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i.
V Holešovičkách 41, 182 09, Praha 8
<http://www.irms.cas.cz/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f7>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NGEO078	Mechanika kontinua	—	2/1 Z+Zk
NGEO069	Mechanika kontinua II	2/2 Z+Zk	—
NGEO005	Fourierova spektrální analýza	—	2/1 Z+Zk
NGEO029	Přehled geofyziky	2/1 Z+Zk	—
NGEO017	Tíhové pole a tvar Země	2/1 Z+Zk	—
NGEO082	Seismologie	2/1 Z+Zk	—
NGEO074	Fyzika zemětřeseného zdroje	—	2/1 Z+Zk
NGEO080	Geomagnetismus a geoelektřina	3/1 Z+Zk	—
NGEO079	Geomagnetismus a geoelektřina II	2/0 Zk	—
NGEO022	Numerické metody ve Fortranu	—	3/1 Z+Zk
NGEO002	Šíření seismických vln	2/1 Z+Zk	—
NGEO057	Metody zpracování geofyzikálních dat	—	2/1 Z+Zk
NGEO015	Geotermika a radioaktivita Země	—	2/1 Z+Zk
NGEO076	Obrácené úlohy a modelování ve fyzice	—	2/0 Zk
NGEO081	Obrácené úlohy a modelování v geofyzice	—	2/2 Z+Zk
NGEO016	Stavba Země	3/0 Zk	—
NGEO084	Geodynamický seminář	0/2 Z	0/2 Z
NGEO083	Seismický seminář	0/3 Z	0/3 Z
NGEO032	Paprskové metody v seismice	2/1 Z+Zk	—
NDGF015	Dynamika pláště a litosféry pro doktorandy	2/0 Zk	2/0 Zk
NDGF014	Geomagnetismus a geoelektřina pro doktorandy	2/0 Zk	2/1 Z+Zk
NDGF013	Mechanika kontinua pro doktorandy	—	2/0 Zk
NDGF018	Okrajové úlohy pro určení tíhového pole a tvaru Země pro doktorandy	2/0 Zk	2/0 Zk

NDGF012 Rotace Země pro doktorandy	2/0 Zk	2/0 Zk
NDGF016 Seismologie pro doktorandy	2/0 Zk	2/1 Z+Zk

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

I. Širší základ

Předpokládají se znalosti obecných fyzikálních zákonitostí a pojmů. Znalosti z mechaniky hmotných bodů a tuhého tělesa, teorie potenciálu, mechaniky kontinua, šíření elastických vln, základy teorie elektromagnetického pole a termodynamiky budou zkoušeny především v rámci otázek z předmětů profilujících obor.

II. Pokročilé partie oboru

II.1. Povinná část

II.1.1 Základy geofyziky

Pohyby Země. Tíhové pole, tíhová měření a jejich redukce. Zemské slapy. Základní údaje o zemětřeseních. Seismicita Země. Šíření seismických vln. Popis magnetického pole Země, hlavní geomagnetické pole, variace. Paleomagnetismus. Zdroje a šíření tepla v Zemi. Konvekce v zemském plášti. Stáří hornin.

II.1.2 Stavba Země

Vlastní kmity Země a seismický referenční model. Průběh teploty, elektrické vodivosti a viskozity, fázové přechody v Zemi. Globální třírozměrné modely založené na seismické tomografii. Kontinentální drift, rozšiřování oceánského dna, desková tektonika.

II.2. Volitelná část

Doktorand volí jeden z následujících bloků:

II.2.1 Tíhové pole a tvar Země

Rotace Země a její časové změny. Rozvoj tíhového potenciálu. Geoid, sféroid, referenční elipsoid. Absolutní a relativní tíhová měření. Tíhové anomálie. Izostaze. Studium gravitačního pole Země pomocí umělých družic. Určování tvaru skutečného povrchu Země. Teorie zemských slapů.

II.2.2 Seismologie

Typy zemětřesení a jejich geografické rozložení. Makroseismická intenzita, magnitudo a energie zemětřesení. Fyzika zemětřesného ohniska. Seismicita. Seismické vlny, teorie jejich šíření. Seismické přístroje a observatoře. Strukturální seismologie.

II.2.3 Geomagnetismus a geoelektrina

Základní charakteristiky elektromagnetického pole Země a jeho časových změn. Paleomagnetismus. Studium elektrické vodivosti v zemské kůře a plášti. Dynamová teorie buzení magnetického pole Země. Fyzika ionosféry a magnetosféry.

II.2.4 Geodynamika

Energetická bilance Země. Reologie pláště a litosféry. Vyjádření zákonů zachování hmoty, hybnosti, momentu hybnosti a energie pro pohybující se kontinuum. Numerické modely konvekce v plášti. Postglaciální výzdvih. Dynamický geoid.

Doporučená literatura

Aki, P. K., Richards, P.: **Quantitative Seismology**. *University Science Books, Sausalito, 2002.*

- Brokešová, J.: **Asymptotic Ray Method in Seismology. A Tutorial.** *Matfyz Press, Praha, 2008.*
- Červený, V.: **Seismic Ray Theory.** *Cambridge University Press, Cambridge, 2001.*
- Dahlen, F. A., Tromp, J.: **Theoretical Global Seismology.** *Princeton University Press, Princeton, 1998.*
- Fowler, C. M. R.: **The Solid Earth.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1990.*
- Lay, T., Wallace, T. C.: **Modern Global Seismology.** *Academic Press, New York, 1995.*
- Merrill, R. T., McElhinny, M. W., McFadden, P. L.: **The Magnetic Field of the Earth.** *Academic Press, San Diego, 1998.*
- Novotný, O.: **Motions, Gravity Field and Figure of the Earth.** *UFBA, Salvador, Bahia, 1998.*
- Shearer, P. M.: **Introduction to Seismology.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1999.*
- Schubert, G. (ed.): **Treatise on Geophysics.** *Elsevier, Amsterdam, 2007.*
- Schubert, G., Turcotte, D. L., Olson, P.: **Mantle Convection in the Earth and Planets.** *Cambridge University Press, Cambridge, 2001.*

4F8 Meteorologie a klimatologie

Rada doktorského studijního oboru 4F8

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f8>.

Spolupracující ústavy

- Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4
<http://www.chmu.cz/>
- Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i.
Boční II/1401, 141 31 Praha 4
<http://www.ufa.cas.cz/>
- Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8
<http://www.it.cas.cz/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f8>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NMET501	Radičně aktivní plyny v atmosféře	2/0 Zk	—

NMET502	Matematické modelování dějů v atmosféře	2/0 Zk	—
NMET503	Vybrané partie z dynamické meteorologie	2/0 Zk	—
NMET504	Transport znečištění v atmosféře	—	2/0 Zk
NMET505	Atmosférické aerosoly	—	2/0 Zk
NMET506	Expertní systémy v meteorologii	2/0 Zk	—
NMET507	Prediktabilita atmosférických procesů	—	2/0 Zk
NMET508	Numerické předpovědní metody	—	2/0 Zk
NMET509	Dynamika systému oceán — atmosféra	2/0 Zk	—
NMET510	Stratosféra a mezosféra	2/0 Zk	—
NMET511	Aplikovaná fyzika oblaků a srážek	—	2/0 Zk
NMET512	Využití vícerozměrných statistických metod v meteorol. a klimát.	—	2/0 Zk
NMET513	Seminář o aktuálních otázkách meteorologie	0/1 Z	0/1 Z
NMET514	Klimatologický seminář	—	0/2 Z
NMET515	Seminář z dynamické a synoptické meteorologie	0/2 Z	—
NMET517	Vybrané partie geofyzikální hydrodynamiky	—	2/0 Zk
NMET518	Scénáře změny klimatu	—	2/0 Zk
NMET519	Modelování klimatických změn	—	2/0 Zk
NMET520	Aktuální otázky synoptické klimatologie	2/0 Zk	—

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

I. Širší základ

Předpokládá se znalost obecných zákonitostí a pojmů z fyziky. Znalosti z okruhu mechanika, molekulová fyzika a termika, termodynamika a optika budou zkoušeny především v rámci otázek z předmětů profilujících obor.

II. Pokročilé partie oboru

II.1. Povinná část

II.1.1 Dynamická meteorologie

Termodynamika otevřených a uzavřených systémů, fázové přechody. Typy atmosférického proudění, interpretace ageostrofických složek, proudová funkce a divergenční potenciál. Teorie tlakových změn, interpretace základních rovnic dynamiky atmosféry, teorém potenciální vorticity, cirkulační teorémy, gravitační a inerční oscilace, vlny v zónálním proudění, baroklinní instabilita, transformace energie v atmosféře, prediktabilita atmosférických dějů, cirkulace v různých atmosférických měřítkách.

II.1.2 Synoptická meteorologie

Objektivní analýza polí meteorologických prvků, využití numerických předpovědních metod v prognóze počasí, zvláštnosti synoptických procesů nad střední Evropou, statistický postprocessing, předpovědi nebezpečných jevů a stavů, regionální vlivy na atmosférické fronty a na počasí uvnitř vzduchových hmot.

II.1.3 Mezní vrstva atmosféry

Turbulence v atmosféře, transformace kinetické energie v mezní vrstvě, řešení problému uzávěru, modely turbulence, Moninova a Obuchovova teorie podobnosti, stabi-

litní parametry, interakce mezi zemským povrchem a atmosférou, proudění přes horské překážky, transport a reakce znečišťujících příměsí v atmosféře.

II.1.4 *Klimatologie*

Klimatický systém, zpětné vazby, prediktabilita klimatu. Fyzikální a chemické procesy v klimatickém systému, horizontální a vertikální struktura atmosférické a oceánské cirkulace, interakce mezi atmosférou a oceánem. Variabilita v klimatickém systému, cirkulační indexy, módy variability. Struktura klimatických modelů, globální cirkulační modely, modely na omezené oblasti. Vlivy antropogenní činnosti na klimatický systém.

II.2. *Volitelná část*

Doktorand si vybere jeden z uvedených předmětů:

II.2.1 *Numerické předpovědní metody*

Typy parciálních diferenciálních rovnic používaných při formulaci meteorologických modelů (hyperbolické, parabolické a eliptické rovnice včetně okrajových úloh). Rovnice mělké vody, baroklinní modely. Matematická formulace meteorologických předpovědí, celokoulové modely a modely na omezené oblasti. Numerické řešení rovnic atmosférické dynamiky.

II.2.2 *Fyzika oblaků a srážek*

Fyzikální vlastnosti oblačných a srážkových částic, mikrofyzikální procesy v oblačích, dynamika vrstevnatých a konvekčních oblaků, mezosynoptické konvekční systémy, chemie oblaků a srážek, oblačná elektřina, využití meteorologických radiolokátorů při měření srážek.

II.2.3 *Atmosférická optika a akustika*

Rozptyl a absorpce elektromagnetického záření v atmosféře, výklad základních optických a akustických jevů v atmosféře, meteorologická aplikace radarů, sodarů a metod dálkového průzkumu.

II.2.4 *Transport znečišťujících příměsí v atmosféře*

Znečišťující příměsí a jejich zdroje, rozptyl znečištění, depozice na zemském povrchu, vymývání srážkami, základy chemismu atmosféry, chemie ozónu, monitoring znečištění ovzduší, metody měření emisí, modely šíření znečišťujících příměsí v různých prostorových měřítkách, ekologické důsledky znečišťování ovzduší.

II.2.5 *Vyšší vrstvy atmosféry*

Teplotní a chemická struktura stratosféry. Cirkulace ve stratosféře. Ozónová vrstva a její vývoj. Výměna mezi troposférou a stratosférou, role vlnových procesů. Role stratosféry v troposférických procesech. Vliv vulkanických erupcí a sluneční aktivity na stratosféru. Mezoféra, základní pojmy a procesy.

Doporučená literatura

Andrews, D. G., Holton, J. R., Leovy, C. B.: **Middle Atmosphere Dynamics.** Academic Press, New York, 1987.

Bigg, G. R.: **The Oceans and Climate.** Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

Cotton, W. R., Anthes, R. A.: **Storm and Cloud–Dynamics.** *Int. Geoph. Series, vol. 44,* Academic Press, New York, 1989.

Curry, J. A., Webster, P. J.: **Thermodynamics of Atmospheres and Oceans.** Academic Press, New York, 1999.

- Drikakis, D., Rider, W.: **High-Resolution Methods for Incompressible and Low-Speed Flows.** *Springer, Berlin, 2005.*
- Dutton, J. A.: **Dynamics of Atmospheric Motion.** *Dover, New York, 1995.*
- Holton, J. R.: **The Dynamic Meteorology of the Stratosphere and Mesosphere.** *Am. Met. Soc., Boston, 1975.*
- Houze Jr., R. A.: **Cloud Dynamics.** *International Geophysics Series, vol. 53, Academic Press, New York, 1993.*
- Jacobson, M. Z.: **Fundamentals of Atmospheric Modeling.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1999.*
- McGuffie, K., Henderson-Sellers, A.: **A Climate Modelling Primer.** *John Wiley & Sons, New York, 1999.*
- Mesinger, F., Arakawa, A.: **A Numerical Methods Used in Atmospheric Models.** *WMO-GARP Publications Series, no. 17, 1976.*
- Pedlosky, J.: **Geophysical Fluid Dynamics.** *Springer-Verlag, Berlin, 1995.*
- Pechala, F., Bednář, J.: **Příručka dynamické meteorologie.** *Academia, Praha, 1991.*
- Peixoto, J. P., Oort, A. H.: **Physics of Climate.** *American Inst. of Physics, New York, 1992.*
- Pruppacher, H. R., Klett, J. D.: **Microphysics of Clouds and Precipitation.** *Atmospheric and oceanographic sciences library, vol. 18, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1997.*
- Rayner, J. N.: **Dynamic Climatology.** *Blackwell Publishers, Inc., Malden, Mass. USA, 2001.*
- Zverev, A. S.: **Synoptická Meteorológia.** *Alfa-SNTL, Bratislava-Praha, 1986.*

4F9 Subjaderná fyzika

Rada doktorského studijního oboru 4F9

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f9>.

Spolupracující ústavy

- Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
<http://www.fzu.cz/vitej.php>
- Ústav jaderné fyziky AV ČR, v.v.i.
Husinec – Řež č. p. 130, PSC 250 68
<http://www.ujf.cas.cz/>

Vypsání témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f9>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NJSF091	Seminář částicové a jaderné fyziky I	0/2 Z	—
NJSF092	Seminář částicové a jaderné fyziky II	—	0/2 Z
NJSF072	Elektroslabé interakce II	2/1 Zk	—
NJSF086	Kvarky, partony a kvantová chromodynamika	—	2/2 Z+Zk
NJSF085	Základy teorie elektroslabých interakcí	—	2/2 Z+Zk
NJSF075	Detektory pro fyziku vysokých energií	2/0 Zk	—
NJSF082	Vybrané partie teorie kvantovaných polí I	3/0 Zk	—
NJSF083	Vybrané partie teorie kvantovaných polí II	—	3/0 Zk
NJSF068	Kvantová teorie pole I	4/2 Z+Zk	—
NJSF069	Kvantová teorie pole II	—	4/2 Z+Zk
NJSF030	Kvantová teorie pole při konečné teplotě	—	2/0 Zk
NJSF071	Úvod do supersymetrie	2/1 Zk	—
NJSF073	Experimentální prověrka standardního modelu	—	2/1 Z+Zk
NJSF060	Kvantová teorie pole I	4/2 Z+Zk	—
NJSF061	Kvantová teorie pole II	—	4/2 Z+Zk
NJSF084	Chirální symetrie silných interakcí	—	2/0 Zk
NJSF101	Polovodičové detektory v jaderné a subjaderné fyzice.	2/0 Zk	—
NJSF102	Jaderná astrofyzika	2/0 Zk	—
NJSF112	Jaderné procesy ve vesmíru	2/0 Zk	—
NJSF125	Seminář teoretické částicové fyziky I	0/2 Z	—
NJSF126	Seminář teoretické částicové fyziky II	—	0/2 Z
NJSF129	Pokročilé koncepty symetrie	—	2/2 Zk
NJSF130	Kosmické záření	—	2/0 Zk
NJSF139	Částicová fyzika za standardním modelem I	2/1 Zk	—
NJSF140	Částicová fyzika za standardním modelem II	—	2/1 Zk
NJSF141	Zpracování experimentálních dat	—	2/0 Zk
NJSF143	Statistické metody ve fyzice vysokých energií	—	2/0 Zk
NJSF195	Silná interakce při vysokých energiích	2/0 Zk	—
NJSF079	Kvantová teorie pole III	4/2 Z+Zk	—

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce*I. Širší základ*

Formální schema a základní postuláty kvantové teorie. Relace neurčitosti. Schrödingerova rovnice a její řešení pro jednoduché systémy v rámci nerelativistické kvantové mechaniky. Kvantování a skládání momentu hybnosti. Spin. Přibližné metody. Základy teorie rozptylu. Systémy identických částic. Symetrie v kvantové teorii. Základy speciální teorie relativity. Rovnice relativistické mechaniky a klasické teorie pole. Poincarého

grupa. Relativistická kvantová mechanika. Kleinova–Gordonova a Diracova rovnice, jejich řešení pro volné částice a částice v elektromagnetickém poli. Základy kvantové teorie pole. Feynmanovy diagramy. Procesy kvantové elektro–dynamiky v nejnižším řádu. Diagramy s jednou uzavřenou smyčkou. Základní techniky regularizace a renormalizace.

II. Základy subjaderné fyziky

Detekční metody pro registraci elementárních částic. Systematika a měření charakteristik elementárních částic. Geneze současného standardního modelu mikrosvěta z experimentálního hlediska. Urychlovače částic a detektory. Kvarkový model. Partonový model. Evidence pro barvu. Základy kvantové chromodynamiky: interakční lagrangián, běžící vazbová konstanta. Evoluční rovnice. Experimentální testy kvantové chromodynamiky. Teoretické základy a experimentální testy standardního modelu elektroslabých interakcí. Neutrální a nabitě proudy. Vlastnosti intermediálních bosonů. Elementární procesy v nejnižším řádu. Narušení CP–invariance. Kobayashi–Maskawova matice. Oscilace neutrin.

Doporučená literatura

- Cahn, R., Goldhaber, G.: **Experimental foundations of particle physics.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1989.*
- Ferbel, T.: **Experimental techniques in high energy nuclear and particle physics.** *World Scientific, Singapore, 1991.*
- Formánek, J.: **Úvod do kvantové teorie.** *Academia, Praha, 2004.*
- Formánek, J.: **Úvod do relativistické kvantové mechaniky a kvantové teorie pole.** *Karolinum, Praha, 2000.*
- Hořejší, J.: **Fundamentals of electroweak theory.** *Karolinum, Praha, 2002.*
- Cheng, T.–P., Li, L.–F.: **Gauge theory of elementary particle physics.** *Clarendon Press, Oxford, 1984.*
- Itzykson, C., Zuber, J.–B.: **Quantum field theory.** *McGraw–Hill, New York, 1980.*
- Leo, W. R.: **Techniques for nuclear and particle physics experiments.** *Springer, Berlin, 1994.*
- Peskin, M., Schroeder, D.: **An Introduction to quantum field theory.** *Addison–Wesley, Reading, 1995.*
- Weinberg, S.: **The quantum theory of fields I, II.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1995, 1996.*
- Žáček, J.: **Úvod do fyziky elementárních částic.** *Karolinum, Praha, 2005.*
- Davídek, T., Leitner, R.: **Elementární částice od prvních objevů po současné experimenty.** *Matfyzpress, Praha, 2012.*

4F10 Jaderná fyzika

Rada doktorského studijního oboru 4F10

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f10>.

Spolupracující ústavy

- Ústav jaderné fyziky AV ČR, v.v.i.
Husinec – Řež č. p. 130, PSC 250 68
<http://www.ujf.cas.cz/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f10>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NJSF024	Jaderné analytické metody	2/0 Zk	—
NJSF132	Teorie nanoskopických systémů I	2/0 Zk	—
NJSF133	Teorie nanoskopických systémů II	—	2/0 Zk
NJSF056	Problém mnoha těles ve struktuře jádra	2/0 Zk	—
NJSF031	Klasický a kvantový chaos	—	2/0 Zk
NJSF085	Základy teorie elektroslabých interakcí	—	2/2 Z+Zk
NJSF086	Kvarky, partony a kvantová chromodynamika	—	2/2 Z+Zk
NMAF020	Pravděpodobnost a matematická statistika	2/1 Zk	—
NJSF058	Jaderné reakce s těžkými ionty	2/0 Zk	—
NJSF041	Experimentální a aplikovaná jaderná fyzika	4/0 Zk	—
NJSF070	Urychlovače nabitých částic	2/0 Zk	—

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

I. Kvantová teorie

Teorie maločásticových systémů (dvoučásticový a tříčásticový problém v kvantové mechanice). Teorie mnohočásticových systémů, druhé kvantování, soustavy identických částic, variační metody, metoda selfkonzistentního pole. Střední pole a zbytkové interakce, párové korelace, HFB, TDA, RPA. Teorie rozptylu. Poruchové teorie. Relativistické rovnice (Kleinova–Gordonova, Diracova). Kvantová teorie pole (lagranžiány volných a interagujících polí, kvantování polí, interagující pole, S matice, Feynmanovy diagramy, účinné průřezy).

II. Fyzika jádra a jaderných reakcí

Symetrie a zákony zachování v jaderné fyzice. Jaderné síly, malonukleonové systémy (deuteron), charakteristiky jader (rozměry, tvar, typy spekter atd.). Stupně volnosti jaderného pohybu (jednočásticové a kolektivní stupně volnosti — vibrace a rotace jader). Elektromagnetické přechody a momenty v jádře (absolutní a redukováná pravděpodobnost přechodu, koeficient míchání multipolarit a typů přechodu, konverzní koeficienty).

Beta přechody v jádře (spektrum, veličina $\log ft$, helicity vzniklých částic, nezachování parity, V–A teorie, Fermiho a Gamowovy–Tellerovy přechody). Alfa přechody (spektrum, pravděpodobnost alfa přechodů, rozpadové řady). Základní pojmy a mechanismy jaderných reakcí (účinný průřez a jeho souvislost s S maticí, Lippmannova–Schwingerova rovnice, Bornova řada, reakce jdoucí přes složené jádro, přímé jaderné reakce: PWBA, DWBA, metoda vázaných kanálů, optický model). Štěpení jader a princip jaderných reaktorů. Jaderná astrofyzika.

III. Experimentální metody jaderné fyziky

Průchod nabitých částic, neutronů a fotonů prostředím. Detektory a spektrometry jaderného záření. Měření časových a úhlových korelací. Urychlovače nabitých částic a zdroje neutronů. Základní dozimetrické jednotky a pojmy.

IV. Subjaderná fyzika

Klasifikace částic, vlastnosti jednotlivých skupin částic. Multiplety a supermultiplety mezonů a baryonů. Zákony zachování ve fyzice částic, experimentální testy C, P a T invariance. Partony, pružný a nepružný rozptyl elektronů na hadronech, strukturální funkce. Kvarkový model, vázané stavy kvarků, mezony a baryony. Základní ideje kvantové elektrodynamiky. Slabá interakce (základní ideje standardního modelu). Základní ideje kvantové chromodynamiky.

Doporučená literatura

- Formánek, J.: **Úvod do kvantové teorie.** *Academia, Praha, 1983.*
- Formánek, J.: **Úvod do relativistické kvantové mechaniky a kvantové teorie pole 2a a 2b.** *Karolinum, Praha, 2000.*
- Greiner, W., Maruhn, J. A.: **Nuclear Models.** *Springer–Verlag, New York, 1996.*
- Griffiths, D.: **Introduction to Elementary Particles.** *Wiley, New York, 1987.*
- Heyde, K.: **Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics.** *Institute of Physics Publishing, London, 1994.*
- Heyde, K.: **The Nuclear Shell Model.** *Springer–Verlag, New York, 1994.*
- Knoll, G. F.: **Radiation Detection and Measurement.** *Wiley, New York, 2000.*
- Leo, W. R.: **Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments.** *Springer–Verlag, New York, 1994.*
- Mandl, F., Shaw, G.: **Quantum Field Theory.** *Wiley, New York, 1988.*
- Nilsson, S. G., Ragnarsson, I.: **Shapes and Shells in Nuclear Structure.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1995.*
- Ring, I. P., Schuck, P.: **The Nuclear Many–Body Problem.** *Springer–Verlag, New York, 1980.*

4F11 Matematické a počítačové modelování

Anotace oboru

Na rozdíl od jiných programů doktorského studia je obor 4F11 kombinovaný mezi matematikou a fyzikou. Je zaměřen na modelování ve fyzice pevných látek, kapalin, plynů a plazmatu, s aplikacemi ve vědě o materiálech, v chemii, v biologii a v lékařství. Podle tématu doktorské práce se lze věnovat buď kontinuálnímu, částicovému nebo hybridnímu modelování, s akcenty buď v matematice či fyzice. Kontinuální modelování je zaměřeno na studium modelů mechaniky a termodynamiky kontinua jak tekutin (tedy kapalin nebo plynů) tak tuhých látek, či na související matematickou a numerickou analýzu odpovídajících systémů parciálních diferenciálních rovnic a případně na jejich numerické řešení. Částicové a hybridní modelování je zaměřeno na studium makromolekul, tenkých vrstev a povrchů a na studium nízkoteplotního a vysokoteplotního plazmatu v úzké vazbě na experimentální data, často s cílem pomoci při interpretaci získaných experimentálních výsledků a vývoji nových diagnostických metodik.

Rada doktorského studijního oboru 4F11

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f11>.

Spolupracující ústavy

- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.math.cas.cz>
- Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8
<http://www.it.cas.cz/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f11>.

Poskytovaná výuka

Volbu předmětů stanoví student ve spolupráci se školitelem a se souhlasem RDSO. Lze absolvovat jakýkoliv předmět vyučovaný na Univerzitě Karlově v Praze. Nabídka zahrnuje především předměty navazujícího magisterského studia oborů MOD a NUM, které student neabsolvoval během dřívějšího studia. Dále jsou nabízeny tyto předměty:

Kód	Název	ZS	LS
NMMO561	Regularita řešení Navier-Stokesových rovnic	2/0 Zk	—
NMMO621	Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice pro doktorandy I	2/0 Zk	—
NMMO622	Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice pro doktorandy II	—	2/0 Zk
NMMA452	Seminář z parciálních diferenciálních rovnic	0/2 Z	0/2 Z

NMMA431	Seminář z diferenciálních rovnic	0/2 Z	0/2 Z
NMMA583	Kvalitativní vlastnosti slabých řešení parciálních diferenciálních rovnic	2/0 Zk	—
NMMA584	Regularita slabých řešení parciálních diferenciálních rovnic	—	0/2 Z
NMMA621	Analýza matematických modelů, popisujících pohyb tělesa v tekutině I	2/0 Zk	—
NMMA622	Analýza matematických modelů, popisujících pohyb tělesa v tekutině II	—	2/0 Zk
NMMA623	Nové výsledky v teorii Eulerových rovnic	—	2/0 Zk
NMNV461	Techniky aposteriorního odhadování chyby	2/0 Zk	—
NMNV462	Numerické modelování problémů elektrotechniky	—	2/0 Zk
NMNV463	Modelování materiálů — teorie, redukce modelů a efektivní numerické metody	0/2 Z	0/2 Z
NMNV464	Aposteriorní numerická analýza metodou vyvážených toků	—	2/0 Zk
NMNV561	Bifurkační analýza dynamických systémů 1	2/0 Zk	—
NNNV562	Bifurkační analýza dynamických systémů 2	—	2/0 Zk
NMNV627	Moderní algoritmy numerické optimalizace	2/0 Zk	—
NGEO005	Fourierova spektrální analýza	—	2/1 Z+Zk
NGEO076	Obrácené úlohy a modelování ve fyzice	—	2/0 Zk
NGEO102	Inverzní modelování v geodynamice	2/0 Zk	—
NEVF156	Počítačové modelování ve fyzice plazmatu I	2/0 Zk	—
NEVF157	Počítačové modelování ve fyzice plazmatu II	—	1/1 KZ
NEVF160	Moderní počítačová fyzika I	2/1 KZ	—
NEVF161	Moderní počítačová fyzika II	—	2/1 KZ
NEVF523	Numerické metody počítačové fyziky I	2/2 Zk	—
NEVF529	Numerické metody počítačové fyziky II	—	2/2 Zk
NEVF525	Fyzika plazmatu a počítačové modelování v plazmatu I	2/2 Z	—
NEVF531	Fyzika plazmatu a počítačové modelování v plazmatu II	—	2/2 Zk
NBCM321	Základy počítačové fyziky I	2/2 KZ	—
NBCM322	Základy počítačové fyziky II	—	2/2 Zk
NMMO566	Plasticita a creep	—	2/0 Zk

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Zkouška se skládá ze tří částí:

- I — Metody analýzy parciálních diferenciálních rovnic
- II — Metody numerické matematiky a vědeckých výpočtů
- III — Metody fyziky kontinua a fyziky plazmatu

Školitel v koordinaci se studentem a garantem RDSO volí z každé části po jednom tématu. Jedno téma (tzv. speciální) je zaměřené na problematiku disertační práce, zpravidla jde o studium nejnovějších článků či knih v daném oboru. Předpokládá se, že toto téma se primárně týká jedné z částí I, II nebo III. Ze zbylých dvou částí se volí zpravidla témata, která tvoří nadstavbu nad znalostmi navazujícího magisterského studia daného studenta. Zpravidla jde o problematiku, pokrytou jednou až dvěma pokročilými výběrovými přednáškami, které student absolvoval během doktorského studia, nebo jejichž obsah nastudoval student sám. Současná nabídka zahrnuje například tyto přednášky:

I Metody analýzy parciálních diferenciálních rovnic

Matematické metody v mechanice nenewtonovských tekutin — NMMO539, Matematické metody v mechanice pevných látek — NMMO535, Matematická teorie Navierových-Stokesových rovnic — NMMO532, Matematické metody v mechanice stlačitelných tekutin — NMMO536, Regularita řešení Navier-Stokesových rovnic — NMMO561.

Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice 1 — NMMO533, Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice 2 — NMMO534, Parciální diferenciální rovnice 3 — NMMA531.

II Metody numerické matematiky a vědecké výpočty

Sedlobodové úlohy a jejich řešení — NMMO537, Paralelní maticové výpočty — NMNV532, Maticové iterační metody 1 — NMNV407.

Metoda konečných prvků 2 — NMNV436, Matematické metody v mechanice tekutin 1 — NMNV537, Matematické metody v mechanice tekutin 2 — NMNV538, Aposteriorní numerická analýza metodou vyvážených toků — NMNV464, Základy nespojitě Galerkinovy metody — NMNV540.

Numerické metody počítačové fyziky I — NEVF523, Numerické metody počítačové fyziky II — NEVF529.

III Metody fyziky kontinua a fyziky plazmatu

Klasické úlohy mechaniky kontinua — NMMO432, Biotermodynamika — NMMO531, Teorie směsí — NMMO541.

Klasická elektrodynamika — NOFY026, Elektromagnetické pole a speciální teorie relativity — NTMF034.

Fyzika plazmatu a počítačové modelování v plazmatu I — NEVF525, Počítačové modelování ve fyzice plazmatu II — NEVF157, Počítačová fyzika I - NEVF526, Základy počítačové fyziky II — NBCM322.

Inverzní modelování v geodynamice — NCEO102.

Doporučená literatura

Addison, P. S.: **The Illustrated Wavelet Transform Handbook.** *Institute of Physics Publishing, Bristol, 2002.*

Callen, H. B.: **Thermodynamics and an introduction to thermostatics.** *John Wiley & Sons, New York, 1985.*

Ciarlet, P. G.: **Mathematical elasticity. Vol. I. Three-dimensional elasticity.** *Studies in Mathematics and its Applications, 20. North-Holland Publishing Co., Amsterdam, 1988.*

Ciarlet, P. G.: **Linear and nonlinear functional analysis with applications.** *SIAM, Philadelphia, 2013.*

- Ciarlet, P. G., Lions, J.L. (eds.): **Finite Element Methods. Handbook of Numerical Analysis, part 1.** 3rd ed. North–Holland–Elsevier, 2007.
- Elman, H., Silvester, D., Wathen, A.: **Finite Elements and Fast Iterative Solvers (with applications in incompressible fluid dynamics).** Oxford Science Publications, Oxford University Press, Oxford, 2008.
- Evans, L.: **Partial Differential Equations.** AMS, 2010 (druhé rozšířené vydání).
- Feireisl, E., Novotný, A.: **Singular Limits in Thermodynamics of Viscous Fluids.** *Advances in Mathematical Fluid Mechanics*, Birkhäuser Basel, 2009.
- Feireisl, E.: **Dynamics of viscous compressible fluids.** *Oxford Lecture Series in Mathematics and its Applications*, 26. Oxford University Press, Oxford, 2004.
- Feistauer, M., Felcman, J., Straškraba, I.: **Mathematical and computational methods for compressible flow.** *Numerical Mathematics and Scientific Computation. The Clarendon Press–Oxford University Press*, Oxford, 2003.
- Feistauer, M.: **Mathematical Methods in Fluid Mechanics.** *Longman Scientific and Technical Series*, Harlow, 1993.
- Gurtin, M. E., Fried, E., Anand, L.: **The mechanics and thermodynamics of continua.** Cambridge University Press, Cambridge, 2010.
- Gershenfeld, N.: **The Nature of Mathematical Modelling.** Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
- Haille, J. M.: **Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods.** J. Wiley, New York, 1992.
- Hockney, R. W., Eastwood, J. W.: **Computer Simulation Using Particles.** Taylor & Francis, New York, 1988
- Hrach, R.: **Počítačová fyzika I.** PF UJEP, Ústí nad Labem, 2003.
- Hrach, R.: **Počítačová fyzika II.** PF UJEP, Ústí nad Labem, 2004.
- Chadwick, P.: **Continuum Mechanics: Concise Theory and Problems.** 2nd ed. Dover Publications, Dover, 1999.
- Chen, F. F.: **Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion.** Springer, New York, 2006.
- Kvasnica, J.: **Statistická fyzika.** Academia, Praha, 1983.
- Landau, D. P., Binder, K.: **A Guide to Monte Carlo Simulation in Statistical Physics.** Cambridge University Press, Cambridge, 2005.
- Liesen, J., Strakoš, Z.: **Krylov subspace methods. Principles and analysis.** *Numerical Mathematics and Scientific Computation*, Oxford University Press, Oxford, 2013.
- Lukeš, J.: **Zápisky z funkcionální analýzy.** MFF UK, Karolinum, 1998.
- Málek, J., Nečas, J., Rokyta, M., Růžička, M.: **Weak and Measure-valued solutions to evolutionary equations.** Chapman & Hall, 1996.
- Málek, J., Rajagopal, K.R.: **Mathematical issues concerning the Navier–Stokes equations and some of its generalizations.** *Evolutionary equations, vol. II, p. 371–459, Handb. Differ. Equ., ed. C.M. Dafermos, E. Feireisl. Elsevier/North–Holland, Amsterdam, 2005.*
- Málek, J., Strakoš, Z.: **Preconditioning and the conjugate gradient method in the context of solving PDEs.** *SIAM Spotlights*, 1, SIAM, Philadelphia, 2015.
- Maršík, F., Dvořák, I.: **Biotermodynamika.** Academia, Praha, 1998.
- Maršík, F.: **Termodynamika kontinua.** Academia, Praha, 1999.
- Nežbeda, I., Kolafa, J., Kotrla, M.: **Počítačové simulace.** MFF UK, Praha, 1998.

- Novotný, A., Straškraba, I.: **Introduction to the mathematical theory of compressible flow.** *Oxford Lecture Series in Mathematics and its Applications*, 27. Oxford University Press, Oxford, 2004.
- Ogden, R. W.: **Nonlinear elastic deformations.** *Ellis Horwood Series: Mathematics and its Applications.* Ellis Horwood Ltd., Chichester; Halsted Press [John Wiley Sons, Inc.], New York, 1984.
- Perthame, B.: **Transport equations in biology.** *Frontiers in Mathematics.* Birkhäuser Verlag, Basel, 2007.
- Phan—Thien, N.: **Understanding Viscoelasticity.** Springer, 2002.
- Pratt, W. K.: **Digital Image Processing.** Wiley, New York, 1991.
- Press, W. H. et al.: **Numerical Recipes — The Art of Scientific Computing.** 3rd ed. Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
- Rapaport, D. C.: **The Art of Molecular Dynamics Simulations.** Cambridge University Press, Cambridge, 1995.
- Roubíček, T.: **Nonlinear Partial Differential Equations with Applications. Second edition.** *International Series of Numerical Mathematics*, 153. Birkhäuser/Springer Basel AG, Basel, 2013.
- Spencer, A. J. M.: **Continuum Mechanics.** *Dover Books on Physics*, Dover Publications, Dover, 2004.
- Temam, R.: **Navier–Stokes equations and nonlinear functional analysis.** 2nd ed. *CBMS–NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics*, 66. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), Philadelphia, PA, 1995.
- Temam, R.: **Navier–Stokes equations. Theory and numerical analysis.** *Reprint of the 1984 edition.* AMS Chelsea Publishing, Providence, RI, 2001.
- Truesdell, C.; Noll, W.: **The non-linear field theories of mechanics. Third edition.** Edited and with a preface by Stuart S. Antman. Springer-Verlag, Berlin, 2004.
- Zeidler, E.: **Applied Functional Analysis.** Springer-Verlag, Berlin, 1995.
- Zeidler, E.: **Nonlinear Functional Analysis and its Applications**, vol. I–V. Springer-Verlag, Berlin, 1986–1995.

4F12 Didaktika fyziky a obecné otázky fyziky

Rada doktorského studijního oboru 4F12

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f12>.

Spolupracující ústavy

- Astronomický ústav AV ČR, v.v.i.
Fričova 298, 251 65 Ondřejov
<http://www.asu.cas.cz/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f12>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NDFY029	Problémy fyzikálního vzdělávání	0/2 Z	0/2 Z
NDFY054	Moderní trendy ve fyzikálním vzdělávání	—	0/2 Z
NDFY064	Doktorandský seminář f12 I	0/1 Z	—
NDFY065	Doktorandský seminář f12 II	—	0/1 Z
NDFY066	Fyzikální obraz světa II	—	0/2 Z
NDFY071	Úvod do řešení a výzkumné činnosti I	0/1 Z	—
NDFY072	Úvod do řešení a výzkumné činnosti II	—	0/1 Z
NDFY042	Vývoj fyzikálních experimentů	0/2 Z	—
NDFY070	Vývoj fyzikálních experimentů II	—	0/2 Z
NDFY068	Fyzika v kulturních dějinách lidstva I	2/0 Zk	—
NDFY069	Fyzika v kulturních dějinách lidstva II	—	2/0 Zk
NPED015	Pedagogický seminář I	0/2 Z	—
NPED016	Pedagogický seminář II	—	0/2 Z
NPOZ008	Fyzika jako dobrodružství poznání	—	0/2 Z
NDFY067	Současné trendy pedagogiky a didaktiky fyziky	—	0/2 Z
NPSY001	Psychologie učitelství	2/0 Zk	—

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Zkouška se skládá ze tří částí I. Širší základ, II. Partie fyziky související s tématem dizertační práce, III. Specializace.

I. Širší základ

1. Zákony zachování ve fyzice, rovnice kontinuity. 2. Prostor a čas, inerciální a ne-inerciální systémy, speciálně relativistická kinematika a dynamika. 3. Energie, hybnost a moment hybnosti v různých oblastech fyziky. 4. Popis dynamiky různých systémů (pohybové rovnice, variační formulace fyzikálních zákonů, rovnice pole). 5. Oscilátor v klasické i kvantové fyzice. 6. Základy klasické elektrodynamiky (budování teorie z experimentů i deduktivní vyvození z Maxwellových rovnic). 7. Potenciály a jejich význam ve fyzice. 8. Vlnění (mechanické i elektromagnetické, vlastnosti, šíření, buzení). 9. Interakce elektromagnetického záření s hmotou (na klasické i kvantové úrovni). 10. Zákony specifické pro mikrovět (kvantový popis, základní představy jaderné a částicové fyziky, aplikace). 11. Základní principy a aplikace termodynamického a statistického popisu. 12. Makroskopické vlastnosti látek a jejich mikroskopický výklad. 13. Měření fyzikálních veličin (veličiny a jejich jednotky, metody měření, základní fyzikální konstanty a jejich měření). 14. Fyzikální podstata jevů z běžného života a technické praxe (schopnost teorií vysvětlit pozorované jevy, aplikace výsledků fyziky). 15. Meze platnosti fyzikálních teorií (vztah klasické, kvantové a relativistické fyziky, další příklady typu elektrostatika — elektrodynamika).

Předpokládá se obecný přehled fyziky v duchu Feynmanova kursu. K tomu patří vysvětlení souvislosti základních fyzikálních zákonitostí a jejich důsledků s experimentálními výsledky a aplikacemi. Důraz je kladen i na schopnost vyložit dané téma také elementárnějšími prostředky.

II. Partie fyziky související s tématem dizertační práce

Vzhledem k šíři tematiky prací spadajících do daného oboru stanoví Rada doktorského studijního oboru požadavky pro každého uchazeče individuálně. V této části zkoušky musí uchazeč prokázat hlubší fyzikální vhled do zvolené části fyziky související s tématem jeho dizertační práce.

III. Specializace

Ve specializaci si uchazeč vybírá v návaznosti na téma disertační práce jedno ze zaměření oboru: a) didaktika fyziky, b) filozofie a metodologie fyziky, c) historie fyziky. Uchazeč musí prokázat celkový přehled v dané oblasti, umět vysvětlit její východiska, základní pojmy a jejich souvislosti (včetně vazby na jednotlivé obory fyziky), metodologii příslušných výzkumů a nejdůležitější výsledky. V návaznosti na konkrétnější zaměření dizertační práce může Rada doktorského studijního oboru požadavky z oblasti specializace upravit pro každého uchazeče individuálně.

Uchazeč musí prokázat celkový přehled v dané oblasti, umět vysvětlit její východiska, základní pojmy a jejich souvislosti (včetně vazby na jednotlivé obory fyziky), metody práce, nejdůležitější výsledky. V případě didaktiky fyziky i jejich aplikace ve vzdělávání, např. stanovování cílů výuky, volba metod výuky, metody řešení úloh, didaktické funkce experimentu a hodnocení výsledků výuky.

Rozsah je dán níže uvedenou literaturou. V návaznosti na konkrétnější zaměření dizertační práce může Rada doktorského studijního oboru požadavky z oblasti specializace upravit pro každého uchazeče individuálně.

Doporučená literatura

- Anděl, J.: **Statistické metody.** *Matfyzpress, Praha, 2003.*
- Bell, J.: **Doing your research project: a guide for first-time researchers in education, health and social science.** *Maidenhead: Open University Press, 2005.*
- Bennett, J.: **Teaching and learning science: a guide to recent research and its applications.** *Continuum, London, 2003.*
- Bertrand, Y.: **Soudobé teorie vzdělávání.** *Český překlad Portál, Praha, 1998.*
- Brdička, M., Hladík, A.: **Teoretická mechanika.** *Academia, Praha, 1987.*
- Denzin, N. K., Lincoln, Y. S. (Eds.): **The SAGE handbook of qualitative research.** *Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc., 2005.*
- Dvořák, L., Kekule, M., Žák, V.: **Didaktika fyziky včera, dnes a zítra.** *In I. Stuchlíková T. Janík (Eds.), Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy (pp. 123–157). Brno: Masarykova univerzita, 2015.*
- Fenclová, J.: **Úvod do teorie a metodologie didaktiky fyziky.** *SPN, Praha, 1982.*
- Feynman, R. P. a kol.: **Feynmanovy přednášky z fyziky 1–3.** *Český překlad Fragment, Havlíčkův Brod, 2000–2002.*
- Fraser, J. B., McRobbie, C. J., Sands, M.: **Second international handbook of science education.** *Dordrecht: Springer, 2012.*
- Gavora, P.: **Úvod do pedagogického výzkumu.** *Paído, Brno, 2000.*
- Hendl, J.: **Přehled statistických metod zpracování dat.** *Praha: Portál, 1999.*
- Hendl, J.: **Kvalitativní pedagogický výzkum.** *In J. Průcha (Ed.), Pedagogická encyklopedie (819–823). Praha: Portál, 2009.*

- Hollander, M., Wolfe, D. A.: **Nonparametric statistical methods**. Hoboken: John Wiley Sons, Inc. 1999.
- Chráška, M.: **Didaktické testy**. Paido, Brno, 1999.
- Chráška, M.: **Metody pedagogického výzkumu. Základy kvantitativního výzkumu**. Grada, Praha, 2007.
- Chráška, M.: **Kvantitativní pedagogický výzkum**. In J. Průcha (Ed.), *Pedagogická encyklopedie (819–823)*. Praha: Portál, 2009.
- Janík, T. a kol.: **Kvalita (ve) vzdělávání: obsahově zaměřený přístup ke zkoumání a zlepšování výuky**. Brno, Masarykova univerzita, 2013.
- Kašpar, E. (Ed.): **Didaktika fyziky - obecné otázky**. Praha, SPN 1978.
- Korthagen, F. A. J., Kessels, J., Koster, B., Lagerwerf, B., Wubbels, T.: **Linking practice and theory: The pedagogy of realistic teacher education**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2001.
- Kuhn, T. S.: **Struktura vědeckých revolucí**. OIKOYMENH, Praha, 1997.
- Kvasnica, J.: **Teorie elektromagnetického pole**. Academia, Praha, 1985.
- Mawwell, J. A.: **Qualitative research design: an interactive approach**. Los Angeles: SAGE Publications, Inc., 2013.
- Musilová, J. (Ed.): **Fyzikální vzdělávání [Monotematické číslo]**. *Československý časopis pro fyziku*, 62(5–6) 2012.
- Popper, K.: **Logika vědeckého zkoumání**. OIKOYMENH, Praha, 1998.
- Průcha, J. (Ed.): **Pedagogická encyklopedie**. Portál, Praha, 2011.
- Skála, L.: **Úvod do kvantové mechaniky**. Praha: Karolinum 1999.
- Stuchlíková, I., Janík, T. (Eds.): **Oborové didaktiky: vývoj – stav – perspektivy**. Brno: Masarykova univerzita, 2015.
- Švaříček, R., Šedová K. (Eds.): **Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách**. Praha: Portál, 2007.
- Teddlie, C., Tahakkori, A.: **Foundations of mixed methods research**. Los Angeles: SAGE Publications, Inc., 2009.
- Yin, R. K.: **Case study research: design and methods**. . . Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc., 2003.
- Zajac, R., Pišút, J., Šebesta, J.: **Historické pramene súčasnej fyziky 2**. Univerzita Komenského, Bratislava, 1997.
- Zajac, R., Šebesta, J.: **Historické pramene súčasnej fyziky 1**. Alfa, Bratislava, 1990.

4F13 Fyzika nanostruktur

Rada doktorského studijního oboru 4F13

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4f13>.

Spolupracující ústavy

- Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
<http://www.fzu.cz/vitej.php>
- Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i.
Chaberská 57, 182 51 Praha 8
<http://www.ufe.cz/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4f13>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NEVF534	Fyzika nízkodimenzionálních struktur	2/0 Zk	2/0 Zk
NFPL199	Fyzikální metody studia nanostruktur	—	2/0 Zk
NEVF535	Nanomateriály: příprava, vlastnosti a aplikace	2/0 Zk	2/0 Zk
NEVF533	Fyzikální metody technologie nanostruktur	2/0 Zk	2/0 Zk
NFPL187	Seminář — Nanomateriály: Fyzika, technologie, využití I	0/2 Z	—
NFPL188	Seminář — Nanomateriály: Fyzika, technologie, využití II	—	0/2 Z

Seznam požadavku ke státní doktorské zkoušce

I. Širší základ

I.1. Strukturální vlastnosti a dynamika mřížky

Krystalografie 3D a 2D krystalových mřížek, povrchová relaxace a rekonstrukce, typy vazeb. Fonony, povrchové fononové stavy. Mechanické vlastnosti nanostruktur, plastická a elastická deformace

I.2. Elektronová struktura, optické a magnetické vlastnosti

Elektrony v periodickém prostředí, pásová struktura, chemická vazba. Transportní vlastnosti, rovnice kontinuity, transportní rovnice, relaxační doby, mechanismy rozptylu. Povrchové elektronové stavy, výstupní práce, elektronové stavy v nízkodimenzionálních systémech. Teorie lineární odezvy, optické přechody, “quantum confinement effect”. Magnetické vlastnosti nízkodimenzionálních struktur

II. Fyzikální základy oboru

II.1. Základy technologie

Fyzikální a chemické metody růstu tenkých vrstev a nanočástic. Metody přípravy nanostruktur použité v dizertační práci. Klasická teorie nukleace, teorie rustu tenkých vrstev, procesy samouspořádání.

II.2. Metody analýzy nanostruktur

Difrakční metody (rtg a elektronová difrakce, neutronový rozptyl), elektronová mikroskopie, iontová mikroskopie, metody AFM, STM a jiné rastrovací metody. Metody povrchové elektronové a iontové spektroskopie (UPS, XPS, AES aj.), optické metody studia nanostruktur (UV–VIS–IR spektroskopie, elipsometrie, Ramanův rozptyl, nelineární optická spektroskopie) transportní metody, elektrické metody (el. vodivost, potenciostatické, potenciodynamické metody) a další experimentální techniky podle zaměření doktorské práce.

Doporučená literatura

- Bhushan, B. (ed.): **Springer Handbook of Nanotechnology**. 2nd ed. Springer, 2007.
- Bimberg, D. et al.: **Quantum Dot Heterostructures**. J. Wiley, 1999.
- Delerue, C., Lannoo, M.: **Nanostructures, theory and modeling**. Springer, 2004.
- Edelstein, A. S., Cammarata, R.: **Nanomaterials, Synthesis, Properties and Application**. Inst. of Physics Publishing, 1996.
- Frank, L., Král, J.: **Metody analýzy povrchu, iontové, sondové a speciální techniky**. Academia, Praha, 2002.
- Gabrys, B. J. (ed.): **Applications of Neutron Scattering to Soft Condensed Matter**. Gordon and Breach Science Publisher, 2000.
- Grundmann, M.: **Nano-optoelectronics**. Springer, 2002.
- Guozhong, C.: **Nanostructures and Nanomaterials**. Imp. Coll. Press, 2004.
- Herman, M. A., Richter, W., Sitter, H.: **Epitaxy: Physical Principles and Technical Implementation**. Springer, 2004.
- Hirsch, P.: **Electron Microscopy of Thin Crystals**. R. E. Krieger Publishing, 1977.
- Lowe, T. C., Valiev, R. Z. (eds.) **Investigations and Applications of Severe Plastic Deformation**. NATO Science Series 80, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000.
- Lu, G. Q., Zhao, X. S.: **Nanoporous Materials Science and Engineering**. Imperial College Press, 2004.
- Michely, T., Krug, J.: **Atoms, Mounds and Atoms, Patterns and Processes in Crystal Growth Far from Equilibrium**. Springer, 2004.
- Mills, D. J., Bland, J. A. C. (eds): **Nanomagnetism**. Elsevier, 2006.
- Ozin, G. A., Arsenault, A. C.: **Nanochemistry**. RSC Publ., 2005.
- Pietsch, U. et al.: **High-resolution x-ray scattering from thin films and nanostructures**. Springer, 2004.
- Reich, S., Thomsen, C., Maultzsch, J.: **Carbon Nanotubes**. J. Wiley, 2003.
- Roe, R.-J.: **Methods of x-ray and Neutron Scattering in Polymer Science**. Oxford University Press, Oxford, 2000.

Shchukin, V. A., Ledentsov, N. N., Bimberg, D.: **Epitaxy of Nanostructures.** *Springer, 2004.*

Venables, J. A.: **Introduction to Surface and Thin Film Processes.** *Cambridge University Press, Cambridge, 2000.*

Williams, D. B., Carter, C. B.: **Transmission Electron Microscopy, a Textbook for Material Science.** *Plenum Press, New York, 1996.*

Wolf, E. L.: **Nanophysics and Nanotechnology, An Introduction to Modern Concepts in Nanoscience.** *Wiley-VCH, Berlin, 2006.*

Hošek, J.: **Úvod do nanotechnologie.** *Skripta ČVUT, 2010.*

Vollath, D., **Nanomaterials.** *Wiley, 2010.*

Studijní program INFORMATIKA

Oborová rada doktorského studijního programu Informatika

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/or/i> .

4I1 Teoretická informatika

Rada doktorského studijního oboru 4I1

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4i1> .

Spolupracující ústavy

- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.cz.math.cas.cz>
- Ústav informatiky AV ČR, v.v.i.
Pod vodárenskou věží 2, 182 07 Praha 8
<http://www.cs.cas.cz/>
- Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i.
Pod vodárenskou věží 4/1143, 182 08 Praha 8
<http://www.utia.cas.cz/czech-info/>
- Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8
<http://www.it.cas.cz/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4i1> .

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NTIN006	Algebraické algoritmy	—	2/0 Zk
NTIN088	Algoritmická náhodnost	—	2/0 Zk

NTIN098	Pokročilé datové struktury	2/0 Zk	—
NAIL013	Aplikace teorie neuronových sítí	—	2/0 Zk
NDMI018	Aproximační a online algoritmy	—	2/2 Z+Zk
NAIL021	Booleovské funkce a jejich aplikace	2/0 Zk	—
NAIL078	Lambda-kalkulus a funkcionální programování I	2/1 Z+Zk	—
NAIL079	Lambda-kalkulus a funkcionální programování II	—	2/1 Z+Zk
NAIL076	Logické programování I	2/0 Zk	—
NAIL077	Logické programování II	—	2/0 Zk
NTIN017	Paralelní algoritmy	—	2/0 Zk
NAIL071	Plánování a rozvrhování	—	2/0 Zk
NDMI025	Pravděpodobnostní algoritmy	—	2/2 Z+Zk
NTIN097	Problémy na hyperkrychlích	2/0 Zk	—
NOPT042	Programování s omezujícími podmínkami	2/2 Z+Zk	—
NTIN096	Pseudo-Booleovská optimalizace	—	2/0 Zk
NAIL031	Reprezentace booleovských funkcí	—	2/0 Zk
NTIN050	Seminář z výpočetní složitosti	0/2 Z	0/2 Z
NDBI031	Statistické metody v systémech pro dobývání znalostí z dat	1/1 Z+Zk	—
NTIN081	Strukturální složitost	—	2/0 Zk
NTIN085	Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti I	2/1 Z+Zk	—
NTIN086	Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti II	—	2/1 Z+Zk
NTIN082	Výpočetní složitost	2/0 Zk	—

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Pro obor 4I1 Teoretická informatika jsou povinná tři témata z uvedených okruhů, z toho jedno téma povinně z okruhů 1. a 2., a téma profilující podle dohody se školitelem:

1. Logika

Výrokový a predikátový počet, syntax a sémantika, jejich vztah. Formální systémy, formální aritmetika, bezespornost a úplnost, Goedelovy věty. Turingovy stroje. Algoritmicky nerozhodnutelné problémy, nerozhodnutelnost predikátové logiky, nerozhodnutelnost bezesporných rozšíření elementární aritmetiky. Nedefinovatelnost pravdy v aritmetice. Věty o rekurzi. Základy teorie modelů.

2. Teorie složitosti

Modely sekvenčních a paralelních počítačů. Booleovské formule a obvody, větvení se programy. Míry složitosti. Nedeterministické, alternující a interaktivní výpočty. Třídy složitosti, redukce a úplné úlohy, polynomiální hierarchie. Výrokové kalkuly a jejich složitost. Dolní odhady pro explicitní funkce a formule. Náhodnost a pseudonáhodnost. Komunikační složitost a její aplikace. Základy teorie informace.

3. Diskrétní matematika

Grafové algoritmy, souvislost grafů, barvení grafů, extrémální problémy, Ramseyovy věty, náhodné grafy, náhodné procházky v grafech, lineární programování a dualita, vztah grafů matic a polynomů. Samoopravné kódy.

4. Algoritmy

Deterministické, pravděpodobnostní a paralelní algoritmy. Návrh efektivních algoritmů a jejich analýza. Efektivní datové struktury a jejich analýza. Efektivní algoritmy pro lineární programování a jejich aplikace. Metody pro řešení obtížných úloh: aproximační algoritmy, schémata a heuristické metody. Základní kryptografické protokoly.

5. Umělá inteligence

Reprezentace znalostí, automatické dokazování, rezoluční metoda. Booleovská splnitelnost, splňování omezujících podmínek. Deklarativní programovací jazyky. Prohledávání stavového prostoru, metaheuristiky a jejich příklady a aplikace, lokální prohledávání. Plánování akcí. Práce s neurčitostí, Bayesovské sítě. Strojové učení, metody pro dobývání znalostí. Kognitivní systémy. Multiagentní systémy a teorie her. Neurové sítě, jejich modely, aplikace a vlastnosti. Evoluční algoritmy.

Doporučená literatura

1. Logika:

- Demuth, O., Kryl, R., Kučera, A.: **Teorie algoritmů I, II.** SPN, Praha, 1989.
- Nies, A.: **Computability and randomness.** Oxford University Press, Oxford, 2009.
- Rautenberg W.: **A concise introduction to mathematical logic.** Springer, 2010.
- Štěpánek, P.: **Meze formální metody.** Text přístupný na <http://ktiml.mff.cuni.cz/index.php?select=teaching§ion=sources&lang=czech> .
- Štěpánek, P.: **Predikátová logika.** Text přístupný na <http://ktiml.mff.cuni.cz/index.php?select=teaching§ion=sources&lang=czech> .
- Švejdar, V.: **Logika: neúplnost, složitost a nutnost.** Academia, Praha, 2002.

2. Teorie složitosti:

- Arora, S., Barak, B.: **Computational Complexity: A Modern Approach.** Text přístupný na <http://theory.cs.princeton.edu/complexity/> .
- Hopcroft, J. E., Ullman, J. D.: **Introduction to Automata Theory, Languages and Computation.** Addison–Wesley, Reading, MA, 1979.
- Hromkovič, J.: **Communication Complexity and Parallel Computing.** Springer–Verlag, Berlin, 1997.
- Kushilevitz, E., Nisan, N.: **Communication complexity.** Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
- Papadimitriou, C. H.: **Computational Complexity.** Addison–Wesley, Reading, MA, 1994.
- Sipser, M.: **Introduction to the Theory of Computation.** PWS Publishing Company, Boston, 1997.
- Jukna S.: **Boolean Function Complexity: Advances and Frontiers.** Springer–Verlag, 2012.
- Cover T.M., Thomas, J.A.: **Elements of Information Theory.** John Wiley & Sons, 2nd edition, 2006.

3. Diskrétní matematika:

- Alon, N., Spencer, J.: **The Probabilistic Method.** Wiley, 2001.
- Diestel, R.: **Graph Theory.** 2nd ed., Springer–Verlag, 2000.

- Bollobás, B.: **Modern Graph Theory**. *Corr. ed.*, Springer–Verlag, 2002.
- van Lint, J. H.: **Introduction to Coding Theory**. *3rd. ed.*, Springer–Verlag, 1999.
- Matoušek, J., Gärtner, B.: **Understanding and Using Linear Programming**. Springer–Verlag, 2006.
- Jukna, S.: **Extremal Combinatorics**. Springer–Verlag, 2011.

4. Algoritmy:

- Kleinberg, J., Tardos, E.: **Algorithms Design**. Addison–Wesley, Reading, MA, 2005.
- Motwani, R., Raghavan, P.: **Randomized algorithms**. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.
- Vazirani, V. V.: **Approximation Algorithms**. Springer–Verlag, 2001.
- Williamson, D. P., Shmoys, D. B.: **The Design of Approximation Algorithms**. Cambridge University Press, 2011.
- Mitzenmacher, M., Upfal, E.: **Probability and Computing: Randomized Algorithms and Probabilistic Analysis**. Cambridge University Press, 2005.
- Matoušek, J., Gärtner, B.: **Understanding and Using Linear Programming**. Springer–Verlag, 2006.

5. Umělá inteligence:

- Aggarwal, C. C.: **Data Mining: The Textbook**. Springer–Verlag, 2015.
- Eiben, A. E., Smith, J. E.: **Introduction to Evolutionary Computing**. *2nd ed.*, Springer, 2007.
- Ghallab, M., Nau, D., Traverso, P.: **Automated Planning: Theory and Practice**. Morgan Kaufmann, 2004.
- Haykin, S.: **Neural Networks: A Comprehensive Foundation**. *3rd ed.*, Pearson, 2009.
- Rossi, F., Beek van, P., Walsh, T. (eds.): **Handbook of Constraint Programming**. Elsevier, 2006.
- Russell, S. J., Norvig, P.: **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. *3rd ed.*, Pearson, 2009.

4I2 Softwarové systémy

Rada doktorského studijního oboru 4I2

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4i2>.

Spolupracující ústavy

- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.cz.math.cas.cz>
- Ústav informatiky AV ČR, v.v.i.
Pod vodárenskou věží 2, 182 07 Praha 8
<http://www.cs.cas.cz/>
- Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i.
Pod vodárenskou věží 4/1143, 182 08 Praha 8
<http://www.utia.cas.cz/czech-info/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4i2>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NSWI132	Analýza programů a verifikace kódu	—	2/2 Z+Zk
NSWI080	Middleware	—	2/1 Z+Zk
NSWI101	Modely a verifikace chování systémů	2/2 Z+Zk	—
NSWI029	Moderní trendy v informatice	0/2 Z	0/2 Z
NDBI033	Netradiční databázové modely, architektury a jazyky	2/0 Zk	—
NSWI068	Objektové a komponentové systémy	2/2 Z+Zk	—
NTIN055	Paralelní architektury	2/0 Zk	—
NPRG042	Programování v paralelním prostředí	—	2/2 Z+Zk
NSWI103	Řízení projektů – Systémová dynamika I	0/2 Z	—
NSWI104	Řízení firem – Systémová dynamika II	—	0/2 Z
NTIN083	Seminář z datových struktur I	0/2 Z	—
NTIN021	Seminář z datových struktur II	—	0/2 Z
NDBI019	Stochastické metody v databázích	—	2/0 Zk
NDBI016	Transakce	—	2/0 Zk
NSWI057	Výběrový seminář z distribuovaných a komponentových systémů I	0/4 Z	—
NSWI058	Výběrový seminář z distribuovaných a komponentových systémů II	—	0/4 Z

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Tématické celky 1 a 2 jsou povinné. K nim si uchazeč po dohodě se školitelem zvolí z uvedených celků další dva a dále jedno profilující téma podle svého zaměření. Zde bude požadována znalost nejnovějších výsledků podle pokynů školitele. Toto páté (profilující) téma nemusí být z níže uvedeného seznamu, určí je předseda RDSO 4I2 na návrh školitele. Výběr a upřesnění témat pro státní doktorskou zkoušku jednotlivého doktoranda schvaluje RDSO 4I2.

1. Teoretické základy informatiky

Diskrétní matematika: Základy teorie grafů, reprezentace grafů v paměti, algoritmy nad grafy.

Algebra, logika, algoritmy: Vybrané algebraické struktury, univerzální algebry. Predikátový počet. Formální systémy, bezspornost a úplnost, Goedelovy věty. Rozhodnutelnost formálních systémů, teorie modelů. Unifikace. Teorie vyčíslitelnosti, Turingovy stroje a ekvivalentní modely výpočtu. Algoritmy a jejich složitost, NP-úplné problémy. Algoritmicky nerozhodnutelné problémy. Věty o rekurzi.

2. Teoretické základy softwarových systémů

Formální jazyky, gramatiky a automaty. Formální modely a specifikace sémantiky jazyků. Atributové gramatiky. Formální sémantika souběžných systémů, přechodové systémy jako sémantika nízké úrovně; ekvivalence, model checking, modely souběžných systémů, Petriho sítě, algebraické modely, CCS a CSP. Verifikace souběžných systémů v praxi. Metody formálních a algebraických specifikací. Lambda kalkul, typové systémy.

3. Jazyky a překladače:

Přehled konceptů programovacích jazyků (procedurálních i neprocedurálních). Struktura překladače typického procedurálního jazyka. Syntaktická analýza, LL, LR a GLR metody, RRP gramatiky. Atributové gramatiky. Principy implementace jazyků s vnořenou strukturou procedur a objektových jazyků, late binding. Sekvenční a deklarativní mezikódy, základní bloky. Detekce závislostí, SSA mezikódy. Typické vlastnosti moderních procesorů z hlediska generování kódu. Metody alokace registrů. Generování a optimalizace kódu s paralelismem na úrovni instrukcí. Scheduling, list scheduling, trace scheduling, software pipelining.

4. Distribuované systémy

Architektury distribuovaných systémů. Komunikace, zasílání zpráv, RPC, skupinová komunikace, doručovací protokoly. Distribuované synchronizační algoritmy — vzájemné vyloučení procesů, volba koordinátora, detekce globálního stavu, algoritmy pro distribuovaný konsenzus. Distribuované souborové systémy, replikace souborů, správa prostorů jmen. Migrace procesů, vyvažování zátěže. Distribuované sdílení paměti, konzistenční modely, distribuované stránkování.

5. Operační systémy

Architektura počítačů. Koncepty a protokoly počítačových sítí. Koncepce, struktura a realizace operačních systémů. Abstrakce poskytované jádrem operačního systému. Koncepce mikrojádra, abstrakce a techniky pro správu paměti a procesů mimo jádro. Synchronizace paralelních procesů a vhodné synchronizační nástroje a jejich implementace včetně multiprocesorových a paralelních systémů. Virtualizace paměti při rozsáhlých adresových prostorech. Síťové a distribuované systémy souborů, speciální systémy souborů pro zvláštní média, systémy souborů s malou režii, s velkou spolehlivostí, transakční systémy souborů, žurnálové systémy souborů.

6. Databázové systémy

Konceptuální modely. Relační model dat — teorie závislostí, dotazovací jazyky — jejich vyjadřovací síla a složitost, neúplné informace, složité objekty. Logika jako databázový jazyk: Datalog a jeho sémantika, deduktivní databáze. Modely objektových databází, objektové dotazovací jazyky, teorie typů. Implementační problémy databází — datové struktury vhodné pro indexaci, transakční modely, optimalizační problémy. Nové databázové architektury: datové sklady, multidimenzionální databáze, databáze a Web, XML databáze.

7. Objektové systémy

Koncepty jazyků založených na třídách (dědičnost a delegování, subsumption, typové informace, kovariance, kontravariance, typ self, rozlišování podtříd a podtypů, parametrizace typů). Koncepty jazyků bez tříd (prototypování a klonování, delegování, dynamická dědičnost). Koncept „mixin“. Aspektově orientované programování. Objektové modely pro distribuovaná prostředí. Komponentové modely. Protokoly chování objektů a komponent. Objektové modelování a návrh, principy podpůrných nástrojů. Vývoj založený na modelech. Implementační techniky konstrukcí objektových jazyků.

8. Techniky síťových aplikací

Architektura síťových aplikací, klient–server a vícestupňové (n–tier) architektury, federace služeb, agenti. Komunikační middleware, standardy, rozhraní. Technologie pro klient–server a vícestupňové (n–tier) aplikace, applety, servlety, transakční middleware, aplikační servery. Platformy pro mobilní výpočty. Ad hoc a senzorové sítě. Prostředky interoperability, datové formáty, protokoly. Bezpečnost, kryptografické techniky pro šifrování a autentizaci.

9. Softwarové inženýrství

Předmět SW inženýrství, příčiny úspěchu a neúspěchu SW projektů. Strategické cíle informačních systémů, zájmové skupiny. Sociální důsledky používání informačních technologií. Základy počítačové ergonomie (RSI). Příprava projektu, analýza rizik, marketing a principy vyjednávání. Business process reengineering, outsourcing. Techniky zjišťování požadavků. Oponentury při vývoji SW. SW prototypy. Procesy používané při vývoji softwaru. Softwarové metriky. Odhady SW metrik (COCOMO, Function Points). Principy řízení projektů a organizace týmů. SW architektury, middleware, XML. Diagramy pro specifikaci a návrh SW. Notace a diagramy pro dokumentaci SW artefaktů, modelování SW. Testování a řízení konfigurace. Předání SW díla a jeho údržba. SW dokumentace. Hodnocení SW. Techniky vývoje uživatelského rozhraní.

Doporučená literatura

1. Teoretické základy informatiky

Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., Stein, C.: **Introduction to Algorithms**. 2nd ed. MIT Press, 2001.

Demuth. O., Kryl, R., Kučera, A.: **Teorie algoritmů I, II**. SPN, Praha, 1989.

Garey, M. R., Johnson, D. S.: **Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP–completeness**. W. H. Freeman, San Francisco, 1978.

Hopcroft, J. E., Motwani, R., Ullman, J. D.: **Introduction to Automata Theory, Languages and Computation**. 3rd ed. Addison–Wesley, 2007.

McKenzie, R. N., McNulty, G. F., Taylor, W. F.: **Algebras, Lattices, Varieties**. Advanced Books and Software, Wadsworth and Brooks/Cole, Monterey, 1987.

Mehlhorn, K.: **Data Structures and Algorithms 2: Graph Algorithms and NP-completeness.** *EATCS – monograph, Springer-Verlag, 1984.*

Soare, R. I.: **Recursively enumerable sets and degrees.** *Springer-Verlag, 1987.*

Tarjan, R. E.: **Data Structures and Network Algorithms.** *Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 1983.*

2. Teoretické základy softwarových systémů

Emerson, E. A.: **Temporal and Modal Logic.** *Volume B of Handbook of TCS, Elsevier, 1990, p. 995–1072.*

Esparza, J.: **Decidability and Complexity of Petri Net Problems – an Introduction.** *Lectures on Petri Nets I: Basic Models. Advances in Petri Nets, LNCS 1491, Springer-Verlag, 1988, p. 374–428.*

McMillan, K.: **Symbolic Model-Checking.** *Kluwer, 1993.*

Milner, R.: **Communication and Concurrency.** *Prentice Hall, 1995.*

Peterson, J. L.: **Petri Net Theory and the Modelling of Systems.** *Prentice Hall, 1981.*

Vardi, M.: **An Automata-Theoretic Approach to LTL.** *Logics for Concurrency, LNCS 1043, Springer-Verlag, 1996, p. 238–263.*

Clarke, E. M., Grumberg, O., Peled, D. A.: **Model Checking.** *The MIT Press, 1999, ISBN 978-0262032704.*

Nielson, F., Nielson, H. R., Hankin, C.: **Principles of Program Analysis.** *Springer, 2004, ISBN 978-3540654100.*

3. Jazyky a překladače

Grune, D., Bal, H. E., Jacobs, C. J. H., Langendoen, K. G.: **Modern Compiler Design.** *J. Wiley, 2000.*

Aho, A. V., Lam, M. S., Sethi, R., Ullman, J. D.: **Compilers: Principles, Techniques, and Tools (2nd Edition).** *Addison Wesley, 2006, ISBN 978-0321486813.*

Grune, D., van Reeuwijk, K., Bal, H., Jacobs, C., Langendoen, K.: **Modern Compiler Design.** *Springer, 2012, ISBN 978-1461446989.*

Muchnick, S.: **Advanced Compiler Design and Implementation.** *Morgan Kaufmann, 1997, ISBN 978-1558603202.*

Allen, R., Kennedy, K.: **Optimizing Compilers for Modern Architectures: A Dependence-Based Approach.** *Morgan Kaufmann, 2001, ISBN 978-1558602861.*

Shen, J. P., Lipasti, M. H.: **Modern Processor Design: Fundamentals of Superscalar Processors.** *Waveland Press, 2013, ISBN 978-1478607830.*

4. Distribuované systémy

Attiya, H., Welch, R.: **Distributed Computing — Fundamentals, Simulations and Advanced Topics.** *2nd ed. Wiley Interscience, 2004.*

Mullender, S.: **Distributed Systems.** *2nd ed. Addison-Wesley, 1993.*

Tanenbaum, A.: **Distributed Operating Systems.** *Prentice Hall, 1994.*

Tanenbaum, A.: **Distributed Systems: Principles and Paradigms.** *2nd ed. Prentice Hall, 2006.*

- Coulouris, G., Dollimore, J., Kindberg, T., Blair, G.: **Distributed Systems: Concepts and Design (5th Edition)**. *Pearson, 2011, ISBN 978-0132143011*.
- Fokkink, W.: **Distributed Algorithms: An Intuitive Approach**. *The MIT Press, 2013, ISBN 978-0262026772*.

5. Operační systémy

- Boykin, J., Kirschen, D., Langerman, A., LoVerso, S.: **Programming under Mach**. *Addison–Wesley, 1993*.
- Chow, R., Johnson, T.: **Distributed Operating Systems and Algorithms**. *Addison–Wesley, 1997*.
- Schimmel, C.: **Unix Systems for Modern Architectures**. *Addison–Wesley, 1994*.
- Stallings, W.: **Operating Systems, Internals and Design Principles**. *6th ed. Prentice Hall, 2008*.
- Vahalia, U.: **Unix Internals**. *2nd ed. The new Frontiers, Prentice Hall, 2001*.
- Herlihy, M., Shavit, N.: **The Art of Multiprocessor Programming (Revised Reprint)**. *Morgan Kaufmann, 2012, ISBN 978-0123973375*.
- Love, R.: **Linux Kernel Development (3rd Edition)**. *Addison–Wesley, 2010, ISBN 978-0672329463*.
- Russinovich, M., Solomon, D., Ionescu, A.: **Windows Internals (6th Edition)**. *Microsoft Press, 2012, ISBN 978-0735648739 a 978-0735665873*.

6. Databázové systémy

- Abiteboul, S., Buneman, P., Suciu, D.: **Data on the web: from relations to semistructured data and XML**. *Morgan Kaufmann, San Francisco, 2000*.
- Abiteboul, S., Hull, R., Vianu, V.: **Foundations of Databases**. *Addison–Wesley, 1995*.
- Atzeni, P., DeAntonellis, V.: **Relational Database Theory**. *Benjamin & Cummings Publ. Co., Menlo Park, California, 1993*.
- Atzeni, P.: **Database systems: concepts, languages and architectures**. *McGraw–Hill, London, 1999*.
- Garcia–Molina, H., Ullman, J., Widom, J.: **Database System Implementation**. *Prentice Hall, 2000*.
- Gray, J., Reuter, A.: **Transaction processing: concepts and techniques**. *Kaufmann, San Mateo, 1993*.
- Thalheim, B.: **Entity–Relationship Modeling Foundations of Database Technology**. *Springer–Verlag, 2000*.
- Ullman, J. D.: **Principles of Database and Knowledge–Base Systems**. *Volume I. Computer Science Press, 1988*.
- Ullman, J. D.: **Principles of Database and Knowledge–Base Systems**. *Volume II. Computer Science Press, 1989*.
- Silberschatz, A. H., Korth, H. F., Sudarashan, S.: **Database System Concepts (6th Edition)**. *McGraw–Hill, 2010, ISBN 978-0073523323*.
- Garcia–Molina, H., Ullman, J.D., Widom, J.: **Database Systems: The Complete Book (2nd Edition)**. *Pearson, 2008, ISBN 978-0131873254*.
- Sakr, S., Pardede, E.: **Graph Data Management: Techniques and Applications**. *IGI Global, 2012, ISBN 978-1613500538*.

Sakr, S., Gaber, M.: **Large Scale and Big Data: Processing and Management.** *CRC Press, 2014, ISBN 978-1466581500.*

7. Objektové systémy

Abadi, M., Cardelli, L.: **A theory of Objects.** *Corrected ed. Springer-Verlag, 1998.*

Eliens, A.: **Principles of Object-Oriented Software Development.** *2nd ed. Addison-Wesley, 2000.*

Leavens, G. T., Sitaraman, M. (eds.): **Foundations of Component-based Systems.** *Cambridge University Press, Cambridge, 2000.*

Miles, R.: **AspectJ Cookbook.** *O'Reilly, 2004.*

Pierce, B.: **Types and Programming Languages.** *MIT Press, 2002.*

Plášil, F., Stahl, M.: **An Architectural view of distributed objects and components in CORBA, Java RMI and COM/DCOM.** *Software Concepts and Tools, vol. 19, no. 1, Springer-Verlag, 1998.*

Rausch, A. et al.: **The Common Component Modeling Example: Comparing Software Component Models.** *Springer-Verlag, 2008.*

Stahl, T., Volter, M.: **Model-driven Software Development.** *J. Wiley & Sons, 2006.*

Szyperski, C.: **Component Software: Beyond Object-Oriented Programming.** *2nd ed. Addison-Wesley, 2002.*

Tate, B. A.: **Seven Languages in Seven Weeks: A Pragmatic Guide to Learning Programming Languages.** *The Pragmatic Bookshelf, 2010, ISBN 978-1934356593.*

Fogus, M., Houser, C.: **Joy of Closure.** *Manning Publications, 2011.*

Koenig, D., Glover, A., King, P., Laforge, G., Skeet, J.: **Groovy in Action.** *Manning Publications, 2007. j / I ě*

Brown, G. T.: **Ruby Best Practices.** *j I ě O'Reilly Media, 2009.*

Odersky, M., Spoon, L., Venners, B.: **Programming in Scala (2nd Edition).** *Artima, 2010.*

Flanagan, D.: **JavaScript: The Definitive Guide.** *O'Reilly Media, 2011.*

Ghosh, D.: **DSLs in Action.** *Manning Publications, 2010.*

8. Techniky síťových aplikací

Attiya, H., Welch, R.: **Distributed Computing — Fundamentals, Simulations and Advanced Topics.** *2nd ed. Wiley Interscience, 2004.*

Baker, S.: **CORBA Distributed Objects, Using Orbix.** *Addison-Wesley, 1997.*

Krakowiak, S. et al: **Advances in Distributed Computing: From Algorithms to Systems.** *Springer-Verlag, 2000.*

Microsoft: **Microsoft .NET Architecture.** *Text přístupný na <http://www.microsoft.com> .*

OASIS: **Web Service Standard Specifications.** <http://www.oasis-open.org> .

Object Management Group: **Common Object Request Broker Architecture.** *Text přístupný na <http://www.omg.org> .*

Orfali, R. et al: **Client/Server Survival Guide.** *3rd ed. J. Wiley & Sons, 1999.*

Pfleeger, Ch.: **Security In Computing.** *4th ed. Prentice Hall, 2006.*

Sun Microsystems: **Enterprise Java**. *Text přístupný na <http://www.sun.com>* .
Woolf, B., Hohpe, G.: **Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions**. *TBS, 2003, ISBN 978-8131725085*.

9. Softwarové inženýrství

- Adair, J.: **Vytváření efektivních týmů**. *Management Press, Praha, 1994*.
- Arlow, J., Neustadt, I.: **UML 2 a unifikovaný proces vývoje aplikací**. *Computer Press, 2007*.
- Fowler, M.: **UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language**. *3rd ed. Addison-Wesley, 2003*.
- Hall, E. M.: **Managing Risks — Methods for Software Systems Development**. *Addison-Wesley, 1998*.
- Jarvis, A., Kehoe, R.: **A Tool for Software Products and Process Improvement**. *Springer-Verlag, 1996*.
- Koubek, J.: **Řízení lidských zdrojů — Základy moderní personalistiky**. *Management Press, Praha, 1999*.
- Král, J.: **Informační systémy**. *Science Veletiny, 1998*.
- Landauer, T. K.: **The Trouble with Computers**. *MIT Press, 1995*.
- Larman, C.: **Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development**. *3rd ed. Prentice Hall, 2007*.
- Lax, D. A., Sebenius, J. K.: **Manažer jako vyjednávač**. *Victoria Publ., Praha, 1994*.
- Moore, J. W.: **Software Engineering Standards — A User Road Map**. *IEEE, Los Alamitos, Ca., 1998*.
- Nielsen, J.: **Usability Engineering**. *Academic Press, 1995*.
- Pressman, R. S.: **Software Engineering — A Practitioner Approach**. *6th ed. McGraw-Hill, 2004*.
- Sommerville, I.: **Software Engineering**. *8th ed. Addison-Wesley, 2008*.
- Steward, C. J., Steward, C.: **Interviewing Principles and Practices**. *Oracle Co., Berkshire, 1994*.
- Bourque, P., Fairley, R. E.: **Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (Version 3.0)**. *IEEE Computer Society, 2014*.

4I3 Matematická lingvistika

Rada doktorského studijního oboru 4I3

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4i3>.

Spolupracující ústavy

- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.cz.math.cas.cz>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4i3>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NPFL004	Seminář z formální lingvistiky	0/2 Z	0/2 Z
NPFL006	Úvod do formální lingvistiky	2/0 Zk	—
NPFL024	Syntaktická analýza češtiny	—	0/2 Z
NPFL015	Metody automatizovaného překladu	0/2 Z	—
NPFL054	Úvod do strojového učení	2/2 Z+Zk	—
NPFL067	Statistické metody zpracování přirozených jazyků I	2/2 Z+Zk	—
NPFL068	Statistické metody zpracování přirozených jazyků II	—	2/2 Z+Zk
NPFL073	Matematické metody v lingvistice	0/2 Z	—
NPFL070	Zdroje lingvistických dat	—	1/2 KZ
NPFL083	Lingvistická teorie a gramatické formalismy	—	2/2 Z+Zk
NPFL079	Algoritmy rozpoznávání mluvené řeči	—	2/2 Z+Zk
NPFL087	Statistický strojový překlad	—	2/2 Z+Zk
NPFL075	Pražský závislostní korpus	—	2/2 Z+Zk
NPFL094	Morfologická a syntaktická analýza	2/0 KZ	—
NPFL095	Moderní metody v počítačové lingvistice	0/2 Z	—
NPFL110	Moderní metody v počítačové lingvistice II	—	0/2 Z
NPFL097	Vybrané problémy ve strojovém učení	0/2 Z	—
NPFL098	Automatické zpracování textových dat	—	2/2 Z+Zk
NPFL099	Statistické dialogové systémy	—	2/1 Z+Zk
NPFL100	Variabilita jazyků v čase a prostoru	1/1 Z	—
NPFL103	Vyhledávání informací	2/2 Z+Zk	—
NPFL104	Metody strojového učení	—	1/2 Z+Zk
NPFL106	Obecná lingvistika	—	1/1 KZ
NPFL108	Bayesovská inference	—	2/1 Z(+Zk)
NPFL109	Číslicové zpracování zvukových signálů	2/2 Z+Zk	—

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Zkouška se skládá ze dvou částí. Téma první části stanoví uchazeč po dohodě se školitelem v návaznosti na zadanou doktorskou disertační práci. Ve druhé části jsou kladeny otázky ze tří okruhů. Okruh 1 je povinný a ze zbývajících okruhů 2 až 5 uchazeč volí dva.

1. Základní přístupy k počítačovému zpracování přirozeného jazyka

Typy úloh v počítačovém zpracování přirozeného jazyka, matematické a lingvistické základy. Lingvistická data, korpusy, anotace. Návrh a vyhodnocení lingvistických experimentů, evaluační metriky. Základy teorie grafů. Systém rovin popisu jazyka. Obecná lingvistika, jazyková typologie. Morfologie a syntax přirozeného jazyka. Automaty a gramatiky, složková syntax, Chomského hierarchie. Závislostní syntax, vlastnosti závislostních stromů. Jazykové modelování.

2. Formální lingvistika

Strukturní lingvistika a její zdroje. Formální popis přirozeného jazyka. Závislostní přístupy. Funkční generativní popis. Pražský závislostní korpus. Model „mysl—text“. Vývoj Chomského teorie gramatiky. Další základní gramatické formalismy (HPSG, LFG, kategoriální gramatiky, (L)TAG). Fonetika. Fonologie. Morfologie. Syntax. Počítačová lexikografie. Aktuální členění věty; informační struktura, diskurz. Koreference.

3. Statistické metody a strojové učení v počítačové lingvistice

Pravděpodobnostní modelování jazyka. Metody řízeného učení pro klasifikaci a regresi. Lineární a nelineární metody. Support Vector Machines a kernelové funkce. Logistická regrese. Rozhodovací stromy. Metody neřízeného učení. Jazykové modely a modely kanálu. Vyhlažování modelů. Skryté Markovovy modely (algoritmy Baum–Welch, Forward–Backward, Viterbi). Algoritmy pro statistický tagging. Algoritmy pro složkový a závislostní statistický parsing. Statistický strojový překlad. Základy neuronových sítí pro využití v počítačovém zpracování jazyka. Testy signifikance.

4. Aplikace metod pro zpracování textu

Typy jazykových korpusů a jejich vlastnosti. Nástroje pro vyhledávání v jazykových korpusech. Víceznačnost v jazyce a metody jejího řešení v NLP. Kontrola překlepů, kontrola gramatické správnosti. Strojový překlad. Počítačem podporovaný překlad. Vyhodnocování kvality překladu. Vyhledávání informací, vyhledávací modely. Rozšiřování dotazů. Shlukování dokumentů. Vyhledávání na webu. Hledání duplicit a detekce plagiátorství. Evaluace vyhledávání informací. Postojová analýza.

5. Aplikace metod pro zpracování mluvené řeči

Metody zpracování řečového signálu. HMM modelování akustiky fonému. Implementace Baum–Welch a Viterbi algoritmu pro rozpoznávání řeči. Adaptační techniky. Sumarizace řečových nahrávek. Vyhledávání témat a slov v řečových korpusech. Rozpoznávání mluvčího. Generování promluvy. Metody syntézy řeči. Zpracování textu pro syntézu řeči, prozodie. Základní komponenty dialogového systému. Porozumění mluvené řeči. Stav dialogu, řízení dialogu. Hodnocení kvality dialogových systémů.

Doporučená literatura

1. Základní přístupy k počítačovému zpracování přirozeného jazyka

Allen, J.: **Natural Language Understanding**. *The Benjamins/Cummings Publishing Company, Inc., Rewood City, 1994.*

- Hajičová, E., Sgall, P., Panevová, J.: **Úvod do teoretické a počítačové lingvistiky.** *Svazek 1 Teoretická lingvistika.* Karolinum, Praha, 2002.
- Hopcroft, J. E., Rajeev, M., Ullman, J. D.: **Introduction to Automata Theory, Languages and Computation.** 3rd ed. Addison Wesley, 2006.
- Chytil, M.: **Automaty a gramatiky.** SNTL, Praha, 1984.
- Nešetřil, J.: **Teorie grafů.** SNTL, Praha, 1979.
- Partee, B. H., Meulenter, A., Wall, R.: **Mathematical Methods in Linguistics.** corrected 1st ed. Kluwer, Dordrecht, 1993.
- Peregrin, J.: **Úvod do teoretické sémantiky.** FF MU, Brno, 1994.
- Skalička, V.: **Typ češtiny.** Souborné dílo V. Skaličky, díl II. Karolinum, Praha, 2004, s. 475–536.
- Štěpánek, P.: **Predikátová logika.** Text přístupný na <http://ktiml.mff.cuni.cz/index.php?select=teaching§ion=sources&lang=czech> .

2. Formální lingvistika

- Abeillé, A., Rambow, O. (eds.): **Tree Adjoining Grammar: An Overview.** *Tree Adjoining Grammars. Formalisms, Linguistic Analysis and Processing.* The University of Chicago Press, 2000.
- Čermák, F.: **Jazyk a jazykověda.** 3. vydání. Karolinum, 1997.
- Černý, J.: **Dějiny lingvistiky.** Votobia, Olomouc, 1997.
- Chomsky, N.: **Syntaktické struktury.** Academia, Praha, 1966.
- Kahane, S.: **The Meaning–Text Theory.** In Agel, V. et al (eds.) *Dependency and Valency. An International Handbook of Contemporary Research.* De Gruyter, Berlin, 2004, p. 546–569.
- Lopatková, M., Plátek, M., Sgall, P.: **Towards a Formal Model for Functional Generative Description: Analysis by Reduction and Restarting Automata.** *The Prague Bulletin of Mathematical Linguistics* 87, 2007, p. 7–26.
- Mathesius, M.: **Jazyk, kultura a slovesnost.** Odeon, Praha, 1982.
- Mel'chuk, I. A.: **Dependency Syntax: Theory and Practice.** State University of New York, Albany, 1988.
- Panevová, J.: **Formy a funkce ve stavbě české věty.** Academia, Praha, 1980.
- Saussure de, F.: **Kurs obecné lingvistiky.** Odeon, Praha, 1989.
- Sgall, P.: **Language in Its Multifarious Aspects.** Karolinum, Praha, 2006.
- Steedman, M.: **The Syntactic Process (Language, Speech and Communication).** The MIT Press, 2001.
- Šmilauer, V.: **Novočeská skladba.** SPN, Praha, 1966.

3. Statistické metody a strojové učení v počítačové lingvistice

- Alpaydin, E.: **Introduction to Machine Learning.** MIT Press, 2004.
- Bishop, C.: **Pattern Recognition and Machine Learning.** Springer, 2007.
- Duda, R. O., Hart, P. E.: **Pattern Classification** 2nd ed. Wiley–Interscience, 2000.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J.: **The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction.** Springer, 2001.
- Koehn, P.: **Statistical Machine Translation.** Cambridge University Press New York, 2010.

- Kübler, S., McDonald, R., Nivre, J.: **Dependency Parsing**. *Morgan and Claypool Publishers, 2009*
- Manning C. D., Schuetze, H.: **Foundations of Statistical Natural Language Processing**. *MIT Press, Cambridge, 1999*.
- Ripley, B. D.: **Pattern Recognition and Neural Networks**. *Cambridge University Press, Cambridge, 1996*.
- Venables, W. N., Ripley, B. D.: **Modern Applied Statistics with S**. *4th ed. Springer, 2003*.

4. Aplikace metod pro zpracování textu

- Aggarwal, C., Zhai, C.: **Mining Text Data**. *Springer, 2012*
- Cruse, D. A.: **Lexical Semantics**. *Cambridge University Press, Cambridge, 1986*.
- Čermák F., Blatná R. (eds.): **Korpusová lingvistika: Stav a modelové přístupy**. *Nakl. Lidové noviny, Praha, 2006*.
- Čermák, F., Klímová, J., Petkevič, V. (eds.): **Studie z korpusové lingvistiky**. *AUC – Philologica 3–4. Karolinum, Praha, 2000*.
- Hajič, J.: **Disambiguation of Rich Inflection: Computational Morphology of Czech**. *Karolinum, Praha, 2004*.
- Manning, C., Raghavan, P., Schuetze, H.: **Introduction to Information Retrieval**. *Cambridge University Press, 2008*.
- Těšitelová, M.: **Otázky lexikální statistiky**. *Academia, Praha, 1974*.

5. Aplikace metod pro zpracování mluvené řeči

- Jelinek, F.: **Statistical Methods for Speech Recognition**. *MIT Press, 1997*.
- Lemon, O., Pietquin, O.: **Data-Driven Methods for Adaptive Spoken Dialogue Systems: Computational Learning for Conversational Interfaces**. *Springer, Springer New York, 2012*.
- Pieraccini, R., Suendermann, D.: **Data-Driven Methods in Industrial Spoken Dialog Systems**. *In Data-Driven Methods for Adaptive Spoken Dialogue Systems (pp. 151-171). Springer New York, 2012*.
- Psutka, J., Müller, L., Matoušek, J., Radová, V.: **Mluvíme s počítačem česky**. *Academia, 2006*.
- Rabiner, L., & Juang, B. H.: **Fundamentals of speech recognition**. *Prentice-Hall, 1993*.
- Yu, D., Deng, L.: **Automatic Speech Recognition: A Deep Learning Approach**. *Signals and Communication Technology, Springer London, 2014*.

4I4 Diskrétní modely a algoritmy

Rada doktorského studijního oboru 4I4

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4i4>.

Spolupracující ústavy

- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.cz.math.cas.cz>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4i4>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NTIN022	Pravděpodobnostní techniky	2/2 Z+Zk	—
NDMI035	Geometrické reprezentace grafů II	2/0 Zk	—
NDMI009	Kombinatorická a výpočetní geometrie I	2/2 Z+Zk	—
NDMI013	Kombinatorická a výpočetní geometrie II	—	2/2 Z+Zk
NDMI041	Kombinatorický seminář pro pokročilé	0/3 Z	0/3 Z
NDMI028	Aplikace lineární algebry v kombinatorice	2/2 Z+Zk	—
NDMI036	Kombinatorické struktury	—	2/0 Zk
NDMI015	Kombinatorické počítání	—	2/0 Zk
NDMI042	Grafy a homomorfismy	2/0 Zk	—
NDMI070	Vybrané kapitoly z teorie grafů	2/0 Zk	2/0 Zk
NDMI045	Analytická a kombinatorická teorie čísel	—	2/0 Zk
NDMI066	Algebraická teorie čísel	2/0 Zk	—
NDMI058	Toky a cykly v grafech	—	2/0 Zk
NDMI055	Vybrané kapitoly z kombinatoriky I	2/0 Zk	—
NDMI056	Vybrané kapitoly z kombinatoriky II	—	2/0 Zk

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Uchazeč si zvolí 4 z povinných témat, a to 2 témata z okruhů 1., 2., 3. a 2 témata z okruhů 4.–10. Po dohodě se školitelem bude stanoveno volitelné téma, které může být také jedno z témat 4.–10.

1. Diskrétní matematika

Základy teorie grafů, reprezentace grafů, grafové algoritmy. Lineární algebra. Základy obecné topologie. Vybrané algebraické struktury, univerzální algebra. Kombinatorická teorie pravděpodobnosti.

2. Logika

Úvod do teorie modelů, algebraické specifikace programů. Výrokový a predikátový počet, syntax a sémantika, jejich vztah. Formální systémy, bezspornost a úplnost, Gödelovy věty.

3. Vyčíslitelnost a složitost

Turingovy stroje a ekvivalentní modely. Algoritmy a jejich složitost. NP-úplnost a NP-úplné problémy. Algoritmicky nerozhodnutelné problémy. Věty o rekurzi.

4. Kombinatorická optimalizace

Polyedrální kombinatorika. Lineární programování, dualita. Celočíselné programování. Kombinatorické algoritmy.

5. Kombinatorika

Pokročilá kombinatorika, problémy výběru. Ramseyova teorie a teorie rozkladů. Extremální teorie. Pokročilá teorie grafů.

6. Algebraická kombinatorika

Enumerace. Metody lineární algebry, vlastní čísla, aplikace. Teorie matroidů.

7. Teorie struktur

Kategorické a strukturální otázky kombinatorických objektů.

8. Pravděpodobnostní metoda

Nekonstruktivní metody v kombinatorice, pravděpodobnostní algoritmy. Náhodné grafy.

9. Topologické metody

Obecná a algebraická topologie. Topologické metody v informatice.

10. Diskrétní geometrie

Kombinatorika geometrických konfigurací v euklidovských prostorech. Výpočetní geometrie. Geometrické reprezentace grafů.

Doporučená literatura

1. Diskrétní matematika

Bollobás, B.: **Graph theory, An introductory course.** *Graduate Text in Mathematics 63, Springer-Verlag, New York, 1979.*

Bollobás, B.: **Modern graph theory.** *Graduate Text in Mathematics 184, Springer-Verlag, New York, 1998.*

Hell, P., Nešetřil, J.: **Graphs and homomorphisms.** *Oxford University Press, Oxford, 2004.*

Matoušek, J., Nešetřil, J.: **Invitation to discrete mathematics.** *Oxford University Press, Oxford, 2008.*

Diestel, R.: **Graph Theory.** *Springer-Verlag 2010.*

2. Logika

Handbook of Logic in Computer Science. *Clarendon Press, Oxford, 1992.*

Shoenfield, J. R.: **Mathematical logic.** *Addison-Wesley, Reading, 1967.*

3. Vyčíslitelnost a složitost

Garey, M. R., Johnson, D. S.: **Computers and Intractability, A guide to the theory of NP-completeness.** *W. H. Freeman, San Francisco, 1979.*

Papadimitriou, C. H.: **Computational Complexity.** *Addison-Wesley, Reading, 1994.*

Sipser, M.: **Introduction to the Theory of Computation.** *PWS Publishing Company, Boston, 1997.*

Shmoys, D. B. , Williamson, D. P.: **The Design of Approximation Algorithms.** *Cambridge University Press 2011.*

4. Kombinatorická optimalizace

Cook, W. J., Cunningham, W. H., Pulleyblank, W. R., Schrijver, A.: **Combinatorial optimization.** *Wiley, New York, 1998.*

Schrijver, A.: **Theory of linear and integer programming.** *Wiley, New York, 1998.*

Schrijver, A.: **Combinatorial Optimization, Polyhedra and Efficiency.** *Springer-Verlag 2003.*

5. Kombinatorika

Bollobás, B.: **Modern graph theory.** *Graduate Text in Mathematics 184, Springer-Verlag, New York, 1997.*

Graham, R. L., Spencer, J., Rothschild, B.: **Ramsey Theory.** *Wiley, New York, 1990.*

Hall, M.: **Combinatorial Theory.** *Wiley, New York, 1986.*

Lint van, J. H., Wilson, R. H.: **A course in combinatorics.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1992.*

Nešetřil, J., Ossona de Mendez, P.: **Sparsity, Graphs, Structures, and Algorithms.** *Springer-Verlag 2012.*

6. Algebraická kombinatorika

Biggs, N. L.: **Algebraic graph theory.** *Cambridge University Press, Cambridge 1994.*

Cvetkovic, D. M., Doob, M., Sachs, H.: **Spectra of graphs, Theory and applications.** *J. A. Barth Verlag, Leipzig, 1995.*

Oxley, J.: **Matroid theory.** *Oxford University Press, Oxford, 1992.*

7. Teorie struktur

Adámek, J., Herrlich, H., Strecker, G. E.: **Abstract and Concrete Categories.** *Wiley, New York, 1990.*

MacLane, S.: **Categories for the working mathematician.** *Graduate Texts in Mathematics 5, Springer-Verlag, New York, 1971.*

8. Pravděpodobnostní metoda

Alon, N., Spencer, J.: **The Probabilistic Method.** *Wiley, New York, 2000.*

Grimmet, G. R., Stirzaker, D. R.: **Probability and random processes: Problems and solutions.** *Clarendon Press, Oxford, 1992.*

Motwani, R., Raghavan, P.: **Randomized algorithms.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1995.*

9. Topologické metody

Handbook of Logic in Computer Science. *Clarendon Press, Oxford, 1992.*

Johnstone, P. T.: **Stone spaces.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1982.*

Kelly, J.: **General Topology.** *Van Nostrand, New York, 1955.*

Pultr, A.: **Podprostory eukleidovských prostorů.** *SNTL, Praha, 1984.*

Matoušek, J.: **Using the Borsuk-Ulam Theorem.** *Lectures on Topological Methods in Combinatorics and Geometry*, Springer 2003.

de Longueville, M.: **A Course in Topological Combinatorics.** Springer 2013.

Hatcher, A.: **Algebraic Topology.** Cambridge University Press 2001.

Munkres, J.R.: **Elements of Algebraic Topology.** Westview Press 1996.

10. Diskrétní geometrie

Berg de, M., Kreveld van, M., Overmars, M., Schwarzkopf, O.: **Computational Geometry: Algorithms and applications.** Springer-Verlag, Berlin, 2000.

Pach, J., Agarwal, P.: **Combinatorial Geometry.** Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

Matoušek, J.: **Lectures on Discrete Geometry.** Springer 2002.

4I5 Počítačová grafika a analýza obrazu

Rada doktorského studijního oboru 4I5

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4i5>.

Spolupracující ústavy

- Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i.
Pod Vodárenskou věží 4, 182 08 Praha 8
<http://www.utia.cas.cz/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4i5>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NMNM331	Analýza maticových výpočtů 1	2/2 Z+Zk	—
NMNM332	Analýza maticových výpočtů 2	—	2/2 Z+Zk
NPGR016	Aplikovaná výpočetní geometrie	—	2/1 Z+Zk
NNUM103	Fourierova analýza a wavelety	2/0 Zk	—
NPGR020	Geometrie pro počítačovou grafiku	2/0 Zk	—
NPGR030	Optika pro počítačovou grafiku	2/0 Zk	—
NPGR010	Počítačová grafika III	2/2 Z+Zk	—
NPGR024	Seminář z vědecké práce	—	0/2 Z
NPGR028	High Performance Ray Tracing	—	2/0 Zk
NPGR013	Speciální funkce a transformace ve zpracování obrazu	—	2/0 Zk
NPGR005	Speciální seminář z počítačové grafiky	0/2 Z	0/2 Z
NPGR022	Speciální seminář ze zpracování obrazu	0/2 Z	—
NPGR027	Shading Languages	—	2/1 Z+Zk
NPGR026	Predictive Image Synthesis Technologies	—	2/2 Z+Zk

NUM102 Teorie spline funkcí a waveletů pro doktorandy	2/0 Zk	—
NPGR025 Introduction to Colour Science	2/0 Zk	—
NPGR029 Variační metody ve zpracování obrazu	—	2/0 Zk
NPGR023 Visualizace	2/1 Z+Zk	—

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Tématické okruhy 1 - 4 jsou povinně volitelné v tom smyslu, že student je povinen složit zkoušku z alespoň jednoho z okruhů 1 a 2 a zároveň alespoň jednoho z okruhů 3 a 4. K nim si uchazeč zvolí jedno téma profilující z (dosud nezvolených) okruhů 1 - 7 anebo jiné podle dohody se školitelem. Student by měl složit státní doktorskou zkoušku do konce druhého ročníku studia.

Povinně volitelné okruhy (alespoň jeden okruh z 1 a 2; alespoň jeden okruh z 3 a 4)

1. Teoretické základy informatiky

Diskrétní matematika: Základy teorie grafů, reprezentace grafů v paměti, algoritmy nad grafy.

Logika, algoritmy: Vybrané algebraické struktury. Predikátový počet. Formální systémy, bezespornost a úplnost, Goedelovy věty. Teorie vyčíslitelnosti, Turingovy stroje a ekvivalentní modely výpočtu. Algoritmy a jejich složitost, NP-úplné problémy. Algoritmicky nerozhodnutelné problémy. Věty o rekursi.

2. Matematické metody pro grafiku a zpracování obrazu

Maticové výpočty: Schurova věta, význam ortogonality a normality, rozklady matic, metody pro řešení soustav lineárních rovnic, singulární rozklad, úlohy nejmenších čtverců, částečný problém vlastních čísel, nelinearita a numerická nestabilita v maticových výpočtech.

Spliny: teorie polynomiálních splinů, interpolační a zhlazující spliny, racionální spliny.

Wavelety: teorie multirozkladu, aplikace, algoritmy, biortogonální wavelety, více-rozměrné wavelety, balíčky waveletů, „lifting scheme”, spojitá waveletová transformace; Mallatova konstrukce multirozkladu; wavelety s kompaktním nosičem; příklady waveletů

Fourierova transformace v $L_1(\mathbb{R})$; Wienerova teorie Fourierovy transformace v $L_2(\mathbb{R})$; Paleyova-Wienerova věta a Heisenbergova nerovnost.

Základy variačního počtu (Euler-Lagrangeovy rovnice, brachistochrona, Lagrangeova funkce, funkce s omezenou variací)

Základy numerických metody řešení (parciální diferenciální rovnice, metoda konečných prvků, metoda konečných diferencí, metoda největšího spádu, konjugovaných gradientů, kvadratické programování)

3. Základy počítačové grafiky

Základy 2D grafiky: vidění a barvy, kolorimetrie a barevné prostory, měření a reprodukce barev, rastrová grafika, operace s rastrovým obrazem, rastrové kreslení, anti-aliasing, datové struktury pro 2D vyhledávání, komprese obrazu a videa, HDR fotografie, mapování odstínů.

Základy 3D grafiky: transformace, reprezentace 3D scén, úroveň detailu, parametrické křivky a plochy, viditelnost, stínování, textury, hardwarově akcelerovaná grafika, stínovací programy, základy CUDA/OpenCL.

Základy realistické syntézy obrazu: Rekurzivní sledování paprsku a metody jeho urychlení, datové struktury, distribuované (rozprostřené) sledování paprsku, základy radiační metody, zobrazovací rovnice a její řešení pomocí Monte Carlo metod.

Základy vizualizace dat: objemová data, počítačová tomografie a magnetická rezonance, výpočet izoploch, přímé zobrazování objemu, model šíření světla v 3D médiu, vizualizace vektorových polí a tenzorů vyšších řádů

4. Základy analýzy obrazu

Digitalizace obrazu, vzorkování a kvantování spojitých funkcí, Shannonův teorém. Základní operace s obrazy, histogram, změny kontrastu, odstranění šumu, zaostření obrazu. Lineární filtrace v prostorové a frekvenční oblasti, konvoluce, Fourierova transformace. Detekce hran a rohů. Degradace obrazu a její modelování, odstranění základních typů degradací (rozmazání pohybem a defokusací), inverzní a Wienerův filtr, odhady PSF, slepá a vícekanálová dekonvoluce, variační přístup. Segmentace obrazu, klasické i variační přístupy (prahování, region growing, Mumford-Shah funkcionál, active contours, level sets). Registrace (matching) obrazů. Invarianty pro popis a rozpoznávání 2-D objektů (obecné principy, vizuální příznaky, momenty, Fourierovy deskriptory, diferenciální příznaky, momentové invarianty). Teorie příznakového rozpoznávání, klasifikátory s učením a bez učení, NN-klasifikátor, lineární klasifikátor, SVM klasifikátory, Bayesův klasifikátor. Příklady použití v analýze obrazu. Shluková analýza v prostoru příznaků, iterační a hierarchické metody. Redukce dimenzionality příznakového prostoru, PCT, suboptimální metody pro výběr příznaků. 2D waveletová transformace (WT) - matematické základy. Použití WT pro detekci hran a význačných bodů v obrazu, potlačení šumu, registraci obrazu a fúze obrazu. Komprese obrazu pomocí WT.

Volitelné okruhy

5. Počítačová geometrie

Aplikovaná výpočetní geometrie: definice, vlastnosti a algoritmy pro geometrické vyhledávání, konvexní obálky, Voronoi diagramy, jejich aplikace a zobecnění, triangulace v 2D a 3D a jejich aplikace, střední osa, rekonstrukce povrchu, průsečíky a průniky geometrických objektů.

Geometrie pro počítačovou grafiku: Grupa projektivních, afinních a eukleidovských transformací. Reprezentace těchto grup pomocí matic. Projektivní prostor, homogenní souřadnice. Sférická geometrie. Využití kvaternionů a duálních kvaternionů při popisu eukleidovského pohybu.

Křivky a plochy v počítačové grafice: Prostor spline funkcí, Hermitovy spliny, kubické spliny, Bézierovy křivky a plochy, B-spline křivky a plochy, racionální křivky a plochy, NURBS, speciální plochy, geometrická spojitost.

6. Syntéza realistického obrazu

Radiometrické a fotometrické veličiny, zobrazovací rovnice, důležitost, dualita transportu světla a důležitosti, operátorové vyjádření transportu světla a důležitosti. Monte Carlo kvadratura, nestranné Monte Carlo metody pro řešení zobrazovací rovnice (sledování cest, sledování světla). Kombinované estimátory a aplikace: přímé osvětlení, obousměrné sledování cest. Metropolis-Hastings metoda vzorkování, Metropolis light transport. Přibližné metody řešení zobrazovací rovnice: (progresivní) mapování fotonů,

(ir)radiance caching, okamžitá radiozita, lightcuts. Radianční metoda, adaptivní zjemňování, hierarchická radiozita, stochastická radiozita. Zobrazování participujících médií: rovnice transportu světla, algoritmy pro zobrazování médií, speciální techniky pro mraky a atmosféru, průsvitné materiály, BSSRDF. Předpočítaný přenos radiance: matice přenosu světla, kompresní techniky (výběr vhodné báze, SVD, PCA, local PCA). Reyes architektura, standard RenderMan, princip stínovacích jazyků v RenderMan a OpenGL. Prediktivní syntéza obrazu: regulace chyby v rendering pipeline, psycho-fyzikálně věrné mapování odstínů, simulace pokročilých optických jevů (polarizace, difrakce), fluorescenční materiály, fyzikální věrnost konstruktů stínovacích jazyků.

7. Invarianty pro rozpoznávání

Geometrické momenty, definice a základní vlastnosti, normalizace. Komplexní momenty. Momentové invarianty vzhledem k otáčení a měřítku obrazu, úplnost, nezávislost, konstrukce báze. Momentové invarianty vzhledem k afinní transformaci obrazu, metoda grafů. Momentové invarianty vzhledem ke konvoluci, N-fold symetrická jádra, nulprostor a diskriminabilita. Kombinované invarianty. Momentový matching. Ortogonální momenty (Legendrovy momenty, Fourier-Mellin momenty, Zernikovy momenty). Diskrétní momenty a algoritmy pro jejich výpočet.

Doporučená literatura

1. Teoretické základy informatiky

K. Mehlhorn: **Data Structures and Algorithms 2: Graph Algorithms and NP-completeness**. *EATCS – monograph, Springer-Verlag 1984*.

R. E. Tarjan: **Data Structures and Network Algorithms**. *Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia 1983*.

J. E. Hopcroft, J. D. Ullman: **Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation**. *Addison-Wesley Publ. Company 1979*.

M. R. Garey, D. S. Johnson: **Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-completeness**. *Freeman, San Francisco 1978*.

O. Demuth, R. Kryl, A. Kučera: **Teorie algoritmů I, II**. *SPN Praha 1989*.

R. I. Soare: **Recursively enumerable sets and degrees**. *Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1987*

2. Matematické metody pro grafiku a zpracování obrazu

Duintjer Tebbens, J., Hnětynková, I., Plešinger, M., Strakoš, Z., Tichý, P.: **Analýza metod pro maticové výpočty I**. *Skripta MFF UK, 2011*.

Watkins, D.S.: **Fundamentals of Matrix Computations**. *J. Wiley & Sons, New York, Third edition 2010*.

Golub, G.H., Van Loan, C.F.: **Matrix Computations (Third edition)**. *J. Hopkins Univ. Press, Baltimore, 1996*

Najzar K.: **Základy teorie waveletů**. *Skripta, Nakl. Karolinum 2004*.

Najzar K.: **Základy teorie splinů**. *Skripta, 2006*.

Micula Ch. and Micula S.: **Handbook of splines**. *1999*.

Resnikoff H. L., Wells R. O., Jr.: **Wavelets analysis**. *Springer 1998*.

Andreas Antoniou and Wu-Sheng Lu: **Practical Optimization: Algorithms and Engineering Applications**. *Springer, 2007*.

3. Základy počítačové grafiky

Shirley P., Ashikhmin M., Marschner S.: **Fundamentals of Computer Graphics**. *A K Peters, 3rd Revised edition, 2009.*

Shirley P., Morley R. K.: **Realistic Ray Tracing**. *A K Peters, 2nd Revised edition, 2003.*

4. Základy analýzy obrazu

Pratt W. K.: **Digital Image Processing (3rd ed.)**. *John Wiley, New York, 2001*
Gonzales R. C., Woods R. E.: **Digital Image Processing (2nd ed.)**. *Prentice Hall, 2002*

Zitová B., Flusser J.: **Image registration methods: a survey**. *Image and Vision Computing, 21 (2003), 11, pp. 977-1000*

Duda R.O. et al.: **Pattern Classification, (2nd ed.)**. *John Wiley, New York, 2001*

Flusser J., Suk T. and Zitová B.: **Moments and Moment Invariants in Pattern Recognition**. *Wiley & Sons Ltd., 2009.*

5. Počítačová geometrie

O' Rourke, Joseph: **Computational Geometry in C**. *Cambridge University Press, 1.vydání, 1994 nebo 2.vydání, 2000.*

de Berg, Mark, van Kreveld, Marc, Overmars, Mark, Schwarzkopf, Otfried: **Computational Geometry, Algorithms and Applications**. *Springer Verlag, 1.vydání, 1997 nebo 2.vydání, 2001.*

M. Lávička: **KMA/G2 Geometrie 2**. *Pomocný učební text, ZČU Plzeň, 2006*

Jirí Žára a kol: **Moderní počítačová grafika**. *Computer Press, 1998*

František Ježek: **Geometrické a počítačové modelování**. *Plzeň 2009*

6. Syntéza realistického obrazu

Dutre P., Bala K., Bekaert P.: **Advanced Global Illumination**. *A k Peters, 2nd edition, 2006.*

Glassner A.: **Principles of Digital Image Synthesis**. *Addison- Wesley, 1995.*

Jensen H.W.: **Realistic Image Synthesis Using Photon Mapping**. *A K Peters, 2001.*

Pharr M., Humphreys G.: **Physically Based Rendering: From Theory To Implementation**. *Morgan Kaufmann; 2nd edition, 2010.*

Veach E.: **Robust Monte Carlo Methods for Light Transport Simulation**. *Ph.D. dissertation, Stanford University, 1997.*

7. Invarianty pro rozpoznávání

J. Flusser, T. Suk and B. Zitová: **Moments and Moment Invariants in Pattern Recognition**. *Wiley & Sons Ltd., 2009.*

Studijní program MATEMATIKA

Oborová rada doktorského studijního programu Matematika

Aktuální složení oborové rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/or/m>.

Obecná poznámka, platná pro všechny obory programu Matematika

Součástí studijního plánu každého studenta nebo studentky doktorského studia v rámci doktorského studijního programu Matematika by mělo být vystoupení na konferenci. Vhodnou přípravou pro vystoupení na mezinárodní konferenci je vystoupení na interní konferenci Week of Doctoral Students of the School of Mathematics (WDS-M), kterou každoročně s tímto účelem pořádá matematická sekce, viz <http://karlin.mff.cuni.cz/wds-m/>. Vystoupení na WDS-M není všeobecnou povinností pro všechny studenty, ale je-li vystoupení na WDS-M zařazeno do individuálního studijního plánu studenta na daný akademický rok, stává se pro něj povinným. Povinnost vystoupení na WDS-M je tak dáno především rozhodnutím školitele resp. jeho dohodou s příslušným studentem či studentkou.

4M1 Algebra, teorie čísel a matematická logika

Rada doktorského studijního oboru 4M1

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4m1>.

Spolupracující ústavy

- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.math.cas.cz>
- Ústav informatiky AV ČR, v.v.i.
Pod Vodárenskou věží 2, 182 07 Praha 8
<http://www.ustavinformatiky.cz/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4m1>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NAIL056	Logický seminář I	0/2 Z	—
NAIL080	Logický seminář II	—	0/2 Z
NMAG460	Komutativní algebra 1	—	3/1 Z+Zk
NMAG466	Teorie svazů 2	—	2/0 Zk
NMAG475	Výběrový seminář z MSTR	0/2 Z	0/2 Z
NMAG498	Výběrová přednáška z MSTR 1	2/0 Zk	—
NMAG499	Výběrová přednáška z MSTR 2	—	2/0 Zk
NMAG561	Komutativní algebra 2	2/0 Zk	—
NMAG562	Homologická a homotopická algebra	2/0 Zk	—
NMAG563	Úvod do složitosti CSP	2/0 Zk	—
NMAG565	Algebra a nekonečná kombinatorika	2/0 Zk	—
NMAG567	Reprezentace grup 2	2/2 Z+Zk	—
NMAG568	Charaktery v teorii čísel	—	2/0 Zk
NMAG571	Algebraický seminář	0/2 Z	0/2 Z
NMAG573	Seminář k problému CSP	0/2 Z	0/2 Z
NMMB451	Aplikace matematiky v informatice	0/2 Z	0/2 Z
NMMB452	Seminář z matematiky inspirované kryptografií	0/2 Z	0/2 Z
NMMB453	Studentský logický seminář	0/2 Z	0/2 Z
NMMB471	Výběrový seminář z MMIB	0/2 Z	0/2 Z
NMMB498	Výběrová přednáška MMIB 1	2/0 Zk	—
NMMB499	Výběrová přednáška MMIB 2	—	2/0 Zk
NMMB551	Seminář z kombinatorické, algoritmické a finitní algebry	0/2 Z	0/2 Z
NMMB621	Doktorandský seminář z kryptologie	0/2 Z	0/2 Z
NTIN071	Automaty a gramatiky	—	2/2 Z+Zk
NLTM001	Teorie množin	—	2/2 Z+Zk
NMAG575	Forsing	2/0 Zk	—
NMAG576	Seminář z forsingu	—	0/2 Z
NLTM011	Pokročilá teorie modelů	2/2 Z+Zk	—
NLTM014	Nestandardní seminář I	0/2 Z	—
NLTM015	Nestandardní seminář II	—	0/2 Z
NLTM026	Booleovy algebry	2/0 Zk	—
NMAG577	Seminář z počtů	0/2 Z	0/2 Z
NLTM036	Základní nestandardní seminář	—	0/2 Z
NTIN062	Složitost I	2/1 Z+Zk	—
NTIN063	Složitost	—	2/1 Z+Zk
NTIN064	Vyčíslitelnost	—	2/0 Zk
NTIN065	Vyčíslitelnost II	—	2/0 Zk
NTIN073	Rekurze	2/0 Zk	—
NTIN074	Rekurze II	—	2/1 Z+Zk

NTIN088	Algoritmická náhodnost	—	2/0 Zk
NTIN089	Algoritmická náhodnost II	—	2/0 Zk
NMAI067	Logika v informatice	2/0 Zk	—
NAIL021	Booleovské funkce a jejich aplikace	2/0 Zk	—
NMAI040	Úvod do teorie čísel	2/0 Zk	—
NDMI066	Algebraická teorie čísel	2/0 Zk	—

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Student si po dohodě se školitelem vybere jednu ze tří specializací: „Algebra“, „Matematická logika“ nebo „Teorie čísel.“ Státní doktorskou zkoušku koná ve vybrané specializaci podle následujícího seznamu požadavků:

Algebra

I. Širší základ

Povinná část.

I.1 Základy algebry

Teorie grup: konečné grupy, Sylowovy věty, struktura konečně generovaných komutativních grup, volné grupy a jejich podgrupy.

Okruhy, moduly a reprezentace algeber: noetherovské okruhy, Groebnerovy báze, Projektivní a injektivní moduly, Krull–Schmidtova věta. Lineární reprezentace grafů a moduly nad algebami cest.

Univerzální algebra: Variety algeber, Birkhoffova věta. Svazy kongruencí. Přepisující systémy.

II. Pokročilé partie

Studující si vybere po dohodě se školitelem dvě různá témata z pokročilých partií specializace „Algebra“, „Teorie čísel“ nebo „Matematická logika.“ Aspoň jedno z nich ale musí být některé z následujících (II.1–II.9):

II.1. Teorie grup

Akce grupy na množině. Permutační, řešitelné a nilpotentní grupy. Lineární grupy. Jenoduché konečné grupy, jednoduchost A_n a $\text{PSL}_n(\mathbb{K})$. Základy teorie rozšíření grup, semidirektní součiny grup. Grupová algebra a reprezentace grup, Maschkeho věta, tabulky charakterů, modulární a integrální reprezentace.

II.2 Binární systémy

Levodistributivní grupoidy (volné, monogenerované, problém slov), souvislost s grupami pletenců. Mediální a oboustranně distributivní grupoidy, rovnicová teorie mediálních idempotentních grupoidů. Normální podkvazigrupy a kongruence lup a kvazigrup, nuklea, centrum, nilpotence. Vazby na multiplikační grupu. LCC, CC, extra, bolovské a moufangovské lupy. Inverzní vlastnosti, diasociativita. Izotopie, centrální a mediální kvazigrupy. Toyodova věta.

II.3 Komutativní algebra I

Komutativní noetherovské okruhy: spektrum, lokalizace, primární rozklady, Krullova věta o dimenzi. Celistvá rozšíření, Dedekindovy obory, faktorizace ideálů. Algebraické množiny, radikálové ideály, Hilbertova věta o nulách.

II.4 Komutativní algebra II

Galoisova rozšíření, grupy a korespondence. Normy a stopy. Cyklická a radikálová rozšíření, neřešitelnost polynomiálních rovnic v radikálech. Tenzorový součin, lokalizace

a zúplnění modulů. Regulární posloupnosti, hloubka, Auslander–Buchsbaumova věta. Cohen–Macaulayovy a Gorensteinovy okruhy.

II.5 Teorie modulů

Direktní limity. Čistě–injektivní moduly, modelově–teoretické souvislosti. Funktory Ext a dlouhá exaktní posloupnost. Filtrace. Dekonstruovatelnost pro regulární a singulární kardinály (závislost na rozšíření ZFC, Hillovo lemma, Shelahova věta o singulární kompaktnosti). Struktura Whiteheadových a Baerových modulů. Kategorie modulů, Moritova věta.

II.6 Teorie reprezentací algeber

Konečně dimenzionální algebry jako faktory algeber cest grafů. Skoro štěpitelná zobrazení, AR–posloupnosti, AR–graf konečně dimenzionální algebry. Dědičné algebry. Konečný, krotký a divoký typ. Gabrielova věta. Vychylující moduly a vychýlené algebry. Derivované kategorie.

II.7 Univerzální algebra a teorie svazů

Svazy variet, reprezentační věty, konečně bázované variety, Malcevovy podmínky, primální algebry a jejich zobecnění, rovnicová logika, aritmetika volných svazů, algebraické reprezentace svazů, variety svazů, modulární a geometrické svazy.

II.8 Univerzálně algebraické metody v CSP

Minimální množiny konečných algeber, jejich typy, uniformita, separace a hustota. Struktura minimálních množin. Abelovskost a řešitelnost obecných algeber. Charakterizace vypouštění typů pro lokálně konečné variety. Souvislost složitosti CSP a klonu polymorfismů. Schaeferova věta. Malcevské CSP, problémy konečné šířky.

II.9 Kombinatorika na slovech

Dicksonovo lemma. F–pologrupy (minimální množina generátorů, kódy, podmínka stability, řády pologrupy). Chomskeho hierarchie (formální gramatiky a odpovídající automaty, Kleenova věta, pumpovací lemmata, Parikhova věta). Rovnice ve volných monoidech (věta o kompaktnosti, grafové lemma, vlastnosti defektu, ekvivalenční a testovací množiny). Postův korespondenční problém.

Doporučená literatura

- Anderson, F. W., Fuller, K. R.: **Rings and Categories of Modules. GTM 13.** 2nd ed. Springer, New York, 1992.
- Assem I., Simson, D., Skowronski, A.: **Elements of the Representation Theory of Associative Algebras I. LMSST 65.** Cambridge University Press, Cambridge, 2006.
- Berstel, J., Perrin, D.: **Theory of Codes.** Academic Press, London, 1985.
- Bruck, R. H.: **A Survey of Binary Systems.** Springer, Berlin, 1971.
- Bruns, W., Herzog, J.: **Cohen–Macaulay Rings. CSAM 39.** Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- Bulatov, A., Krokhin, A., Larose, B.: **Dualities for constraint satisfaction problems.** In: *Complexity of Constraints, LNCS 5250.* Springer, New York, 2008.
- Bulatov, A., Valeriote, M.: **Results on the algebraic approach to the CSP.** Proc. Dagstuhl Sem., LNCS, Springer, New York, 2008.
- Burris, S., Sankappanavar, H. P.: **A Course in Universal Algebra.** Springer, New York, 1981.

- Crawley, P., Dilworth, R. P.: **Algebraic Theory of Lattices**. *Prentice Hall, 1973*.
- Dehornoy, P.: **Braids and Self Distributivity**. *Birkhauser, Basel, 2000*.
- Eilenberg, S.: **Automata, languages and machines A and B**. *Academic Press, 1973, 1974*.
- Eisenbud, D.: **Commutative Algebra. GTM 150**. *Springer, New York, 1995*.
- Eklof, P. C., Mekler, A. H.: **Almost-Free Modules. 2nd ed.** *Elsevier, Amsterdam, 2002*.
- Enochs, E. E., Jenda, O. M. G.: **Relative Homological Algebra. Vol. 1,2. GEM 30, 54. 2nd ed.** *W. de Gruyter, Berlin, 2011*.
- Facchini, A.: **Module Theory**. *Birkhauser, Basel, 1998*.
- Goebel, R., Trlifaj, J.: **Approximations and Endomorphism Algebras of Modules. Vol. 1,2. GEM 41. 2nd ed.** *W. de Gruyter, Berlin, 2012*.
- Gratzer, G.: **General Lattice Theory. 2nd ed.** *Birkhauser, Basel, 1998*.
- Hobby, D., McKenzie, R.: **The structure of finite algebras, Contemp. Math. 76.** *AMS, Providence, 1988*.
- Jezeek, J.: **Universal Algebra. Text přístupný na <http://www.karlin.mff.cuni.cz/~jezek>**.
- Lallement, G.: **Semigroups and combinatorial applications**. *Wiley, 1979*.
- Lang, S.: **Algebra. 3rd ed.** *Academic Press, New York, 1993*.
- Lothaire, M.: **Algebraic Combinatorics on Words. Cambridge University Press, Cambridge, 2002**.
- Lothaire, M.: **Applied Combinatorics on Words. Cambridge University Press, Cambridge, 2005**.
- Lothaire, M.: **Combinatorics on Words. Cambridge University Press, Cambridge, 1997**.
- Matsumura, H.: **Commutative Ring Theory. CSAM 8. Cambridge University Press, Cambridge, 1994**.
- Pflugfelder, H. O.: **Quasigroups and Loops: Introduction. Heldermann Vlg, Berlin, 1990**.
- Prochazka, L. a kolektiv: **Algebra. Academia, Praha, 1990**.
- Rotman, J. J.: **An introduction to the theory of groups. Springer, New York, 1995**.
- Rowen, L. H.: **Graduate Algebra: Commutative View. GSM 73. AMS, Providence, 2006**.
- Rowen, L. H.: **Graduate Algebra: Noncommutative View. GSM 91. AMS, Providence, 2008**.
- Rozenberg, G., Salomaa, A. (eds.): **Handbook of Formal Languages, vol. 1 – 3. Springer, 2004**.
- Weibel, C.: **An Introduction to Homological Algebra. CSAM 38. Cambridge University Press, Cambridge, 1994**.
- Weintraub, S. H.: **Representation Theory of Finite groups. GSM 59. AMS, Providence, 2003**.

Matematická logika

I. Širší základ

Povinná část.

I.1 Základy logiky

Výroková logika a logika prvního řádu. Struktury prvního řádu, Tarského definice splňování. Predikátový počet, dokazatelnost. Věty o úplnosti a o kompaktnosti. Teorie množin jako teorie prvního řádu. Gödelova věta o neúplnosti a o nedokazatelnosti bezespornosti. Turingovy stroje: universální stroj, algoritmicky nerozhodnutelné problémy, halting problem. Eliminace kvantifikátorů v uspořádaném tělese reálných čísel.

II. Pokročilé partie

Studující se vybere po dohodě se školitelem dvě z uvedených šesti témat.

II.1. Obecná teorie modelů

Základní pojmy: podstruktura a elementární podstruktura, diagram, homomorfismus, vnoření a elementární vnoření, isomorfismus. Löwenheim–Skolemovy věty. Modelová úplnost. Definovatelné množiny, typy, eliminace kvantifikátorů. Konstrukce modelů: pomíjení typů, Henkinova konstrukce, Skolemizace. Craigova interpolace, elementární řetězce, Robinsonova věta o bezespornosti, nerozlišitelné prvky. Saturované a homogenní modely, prvomodely. Ultraprodukt a jeho základní vlastnosti. Elementární třídy.

II.2 Aplikovaná teorie modelů

Realně uzavřená uspořádaná tělesa a jejich redukty a rozšíření, Věty Tarského a Wilkiova. \mathcal{O} -minimální struktury a jejich základní geometrické a topologické vlastnosti. Stabilní a ω -stabilní teorie, nespočetná kategoričnost, Morleyho věta. Minimální a silně minimální struktury, obecné uzávěrové operace, geometrie a dimenze v silně minimálních strukturách. ω -stabilní grupy, Cherlin–Zilberova hypotéza. Hrushovského amalgamační metoda.

II.3. Teorie množin

Axiomatika teorie ZFC. Axiom výběru AC, Zornovo lema, dobrá uspořádání. Ordinalní a kardinální aritmetika, transfinitní indukce. Nekonečná kombinatorika: nezávislé a skorodisjunktní systémy množin, Ramseyova věta, uzavřené a neomezené množiny a stacionární množiny, diamantový princip, Martinův axiom. Stromy (Suslinovy, Aronszajnovy, Kurepovy), Suslinova hypotéza. Booleovy algebry, ultrafiltry, Stoneova dualita. GCH. Konstruktivní množiny, axiom $V=L$. GCH a AC v L. Forcing a Booleovské modely, nezávislost CH. Nedosažitelné a měřitelné kardinály, elementární vnoření. Deskriptivní teorie množin: Borelovské, analytické a projektivní množiny, nekonečné hry, determinovanost. Uniformizační věty. Borelovské ekvivalence. Polské prostory, Polské grupy a jejich akce.

II.4. Teorie vyčíslitelnosti

Částečně rekurzivní funkce, rekurzivní množiny a rekurzivně spočetné množiny. Univerzální částečně rekurzivní funkce, index. Věty o rekurzi, Riceova věta. Kreativní množiny. Efektivní neoddělitelnost. Operace skoku. Aritmetická hierarchie. Stupně nerozhodnutelnosti. Aritmetický forcing, prioritní metody. Kolmogorovská složitost, základy algoritmické náhodnosti.

II.5 Teorie důkazů a formální aritmetika

Gentzenův sekvenční kalkulus, eliminace řezu, Herbrandova věta. Craigova interpolace. Robinsonova aritmetika Q a Peanova aritmetika PA. Interpretovatelnost teorií. Nerozhodnutelnost Q a PA. Dokazatelně totální rekursivní funkce. Nemožnost konečné axiomatizace PA. Logika druhého řádu, jednoduchá teorie typů, infinitární logika. Reversní matematika. Neklasické logiky: intuitionistická, modální, vícehodnotové.

II.6 Logika a složitost

Časová a prostorová složitost algoritmů, hlavní třídy složitosti. Boolovské obvody a hlavní známé spodní odhady na jejich velikost. Koncept přirozených důkazů spodních odhadů (Razborov–Rudich). Teorie konečných modelů, deskriptivní složitost. Definovatelnost v konečných strukturách, Faginova věta. Logiky s operátorem pevného bodu. 0–1 zákony. Ehrenfeucht–Fraissého metoda. Lokalita a věty Gaifmana a Hanfa. Oblázkové hry. Problém spektra. Důkazová složitost, výrokové důkazové systémy (Cook–Reckhow). Resoluce, DPLL algoritmus pro SAT a jejich souvislost. Fregeho systémy a rozšířené Fregeho systémy. Spodní odhad na délku důkazů v resoluci. Omezená aritmetika. Definovatelnost polynomiální hierarchie. Dosvědčovací funkce a vyhledávací problémy. Překlady do výrokové logiky. Problém konečné axiomatizovatelnosti omezené aritmetiky.

Doporučená literatura

- Balcar, B., Stěpánek, P.: **Teorie množin**. *Academia, Praha, 1986, 2001.*
- Bartoszynski, T., Judah, H.: **Set Theory, On the Structure of Real Line**. A. K. Peters, Wellesley, Massachusetts, 1995.
- Barwise, J. (ed.): **Handbook of Mathematical Logic**. NHPC, 1972 (rusky *Nauka, Moskva, 1982*).
- Buss, S. R. (ed.): **Handbook of Proof Theory, Studies in Logic and the Foundations of Mathematics 137**. Elsevier, Amsterdam, 1998.
- Cook, S. A., Nguyen, P.: **Logical foundations of proof complexity**. Cambridge University Press.
- Demuth, O., Kryl, R., Kučera, A.: **Teorie algoritmů I, II**. SPN, Praha, 1984, 1989.
- Devlin, K. J.: **Constructibility**. Springer–Verlag, Heidelberg, 1984.
- Dries van den, L.: **Tame Topology and O–minimal Structures**. London Mathematical Society Lecture Note Series, no. 248, 1998.
- Ebbinghaus, H.–D., Flum, J., Thomas, W.: **Mathematical Logic**. Springer–Verlag, Heidelberg, 1984.
- Ebbinghaus, H.–D., Flum, J.: **Finite Model Theory**. Springer–Verlag, 2005.
- Gabbay, D., Guenther, F. (eds.): **Handbook of Philosophical Logic I–IV**. D. Reidel Publishing comp., 1983.
- Hájek, P., Pudlák, P.: **Metamathematics of First–Order Arithmetic**. Springer–Verlag, Heidelberg, 1993.
- Hodges, W.: **Model Theory**. Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- Chang, C. C., Keisler, H. J.: **Model–Theory**. NHP, New York, 1973 (rusky *Mir, Moskva, 1977*).
- Jech, T.: **Set Theory**. Springer–Verlag, 2002.
- Kechris, A.: **Classical descriptive set theory**. Springer–Verlag, New York, 1994.
- Krajíček, J.: **Bounded arithmetic, propositional logic, and complexity theory**. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.
- Kunen, K.: **Set Theory, An Introduction to Independence Proofs**. NHP, New York, 1980.
- Laxembourgh, W. A. J., Stroyan, K. D.: **Introduction to the Theory of Infinitesimals**. Academic Press, London, 1976.

- Li, M., Vitanyi, P.: **An Introduction to Kolmogorov Complexity and Its Applications.** *Springer, 1997.*
- Marker, D.: **Model Theory — An Introduction.** *Springer, 2002.*
- Moschovakis, Y.: **Descriptive Set Theory.** *North-Holland, 1980.*
- Odifreddi, P.: **Classical Recursion Theory. The Theory of Functions and Sets of Natural Numbers.** *NHPC, New York, 1989.*
- Papadimitriou, C. H.: **Computational Complexity.** *Addison Wesley, 1994.*
- Pillay, A.: **Geometric Stability Theory.** *Clarendon Press, Oxford, 1996.*
- Priest, G.: **An Introduction to Non-Classical Logic** *Cambridge University Press, 2001.*
- Rogers, H., Jr.: **Theory of Recursive Functions and Effective Computability.** *Mc Graw-Hill, New York, 1967.*
- Shelah, S.: **Classification Theory.** *NHPC, New York, 1990.*
- Shelah, S.: **Proper and Improper Forcing.** *Springer-Verlag, Heidelberg, 1998.*
- Shoenfield, J. R.: **Mathematical Logic.** *Addison Wesley Publishing Company, Reading, 1967 (rusky Nauka, Moskva, 1975).*
- Simpson, S.: **Subsystems of second order arithmetic.** *Springer-Verlag, New York, 1999.*
- Soare, R. I.: **Recursively Enumerable Sets and Degrees, A Study of Computable Functions and Computably Generated Sets.** *Springer-Verlag, Heidelberg, 1987.*
- Takeuti, G.: **Proof Theory.** *Elsevier, Amsterdam, 1987.*

Teorie čísel

I. Širší základ

Teorie čísel: Hustota prvočísel, Legendreovy a Jacobiho symboly, kvadratická reciprocity, řetězové zlomky, kvadratická číselná tělesa, Rabinův–Millerův algoritmus a RSA, kvadratické síto.

Kryptologie: Generátory pseudonáhodných čísel, symetrické a proudové šifry, hašovací funkce, dokazatelná bezpečnost, kryptografické protokoly, důkazy s nulovou znalostí.

Počítačová algebra: Berlekampův algoritmus pro faktorizaci polynomů. Groebnerovy báze a Buchbergerův algoritmus. Faktorizace polynomů s celočíselnými koeficienty.

II. Pokročilé partie oboru

Studující si vybere po dohodě se školitelem dvě různá témata z pokročilých partií specializace „Algebra“, „Teorie čísel“ nebo „Matematická logika.“ Aspoň jedno z nich ale musí být některé z následujících (II.1–II.4):

II.1 Pokročilé kryptoanalytické metody

Teorie booleovských funkcí, S-boxy, jejich kryptografické vlastnosti, lineární a diferenciální kryptoanalýza, LLL-algoritmus a jeho kryptoanalytické aplikace.

II.2 Faktorizace

Struktura číselných těles (norma, prvoideály, ramifikace, jednotky). Rozklad ideálu na prvoideály v číselných tělesech (Pohst–Zassenhausova věta, Dedekindovo kritérium). Celobory a celistvá báze. Duální báze. Číselné síto a jeho dílčí algoritmy (hledání odmocniny, volba polynomu aj.). Další faktorizační algoritmy ($p-1$, $p+1$, rho, použití eliptických křivek) a jejich význam pro číselné síto. Testy a důkazy prvočíselnosti (kvadratický Frobeniův, N-1 test, ECPP, algoritmy pracující v polynomiálním čase).

II.3 Samoopravné kódy

Klasická teorie cyklických kódů. Samoduální kódy a teorie invariantů. Konvoluční kódy. Turbo kódy. Dekódovací algoritmy, zejména Viterbiho a různé algoritmy pro Reed–Solomonovy kódy. Kvaternární kódy. Pokrývací poloměr a aplikace ve steganografii. Podrobná znalost BCH, alternatních, Kerdockových, Preparatových, Justensenových, Reedových–Mullerových a QR kódů. Asymptotické odhady a konstrukce asymptoticky dobrých kódů. LDPC kódy. MDS kódy. Základní odhady (Plotkin, Hamming, Griesmer, Singleton, Johnson, Gilbert–Varšamov, lineární programování).

II.4 Eliptické křivky

p -adická čísla. Variety nad konečnými tělesy (Frobeniův morfismus, Hasse–Weilova věta pro jakobián, Tatova věta). Aritmetika eliptických křivek (grupový zákon, racionální body, torzní body, izomorfismy a izogenie). Montgomeryho skalární násobení. Párování a jeho implementace. Výpočet počtu bodů (elementární metody, Schoofův a Satohův algoritmus, komplexní násobení). Výpočet diskrétního logaritmu (čínská věta o zbytku, baby–step giant–step, Pollardovy metody). Kryptografie založená na párování. Použití eliptických křivek pro faktorizaci a testy prvočíslnosti.

Doporučená literatura

- Cassels, J. W. S.: **Local Fields**. *Cambridge University Press, Cambridge, 1986*.
- Cohen H.: **A course in computational algebraic number theory**. *Springer, Berlin, 1993*.
- Cohen, H., Frey, G. et al. (eds.): **Handbook of Elliptic and Hyperelliptic Curve Cryptography**. *Chapman & Hall–CRC, Boca Raton, 2005*.
- Crandall, R., Pomerance, C.: **Prime Numbers — A Computational Perspective**. *2nd ed. Springer, New York, 2005*.
- Goldreich, O.: **Foundations of Cryptography, Basic Tools**. *Cambridge University Press, Cambridge, 2001*.
- Gôuvea, F. Q.: **p -adic Numbers: An Introduction**. *Springer, New York, 1997*.
- Hardy, G. H., Wright, E. M.: **An Introduction to the Theory of Numbers**. *Clarendon Press, Oxford, 1945*.
- Ireland, K., Rosen, M.: **A classical introduction to modern number theory**. *Springer, Berlin, 1990*.
- Koblitz, N.: **Introduction to Elliptic Curves and Modular Forms**. *Springer, 1993*.
- Koblitz, N.: **p -adic Numbers, p -adic Analysis and Zeta–Functions**. *Springer, 1984*.
- Lang, S.: **Algebra**. *Springer, New York, 2003*.
- Lang, S.: **Algebraic Number Theory**. *Springer, New York, 1994*.
- Marcus, D. A.: **Number Fields**. *Springer, 1977*.
- Menezes, A.J. et al. (eds.): **Handbook of Applied Cryptography**. *Chapman & Hall–CRC, Boca Raton, 2006*.
- Milne, J. S.: **Algebraic Number Theory**. *Text přístupný na <http://www.jmilne.org/math/>*.
- Milne, J. S.: **Elliptic Curves**. *Text přístupný na <http://www.jmilne.org/math/>*.
- Pless, V. S., Brualdi, R. A., Huffman, W. C. (eds.): **Handbook of Coding Theory**. *North Holland, 1998*.

- Silverman, J. H.: *The Arithmetic of Elliptic Curves*. Springer, 1986.
 Steuding, J.: *Diophantine Analysis*. Chapman & Hall, 2005.
 Stinson, D. R.: *Cryptography: Theory and Practice*. CRC Press, Boca Raton, 2006.
 Sudan, M.: *Algorithmic Introduction to Coding Theory*. Text přístupný na <http://theory.lcs.mit.edu/~madhu/FT01/course.html>.

4M2 Geometrie a topologie, globální analýza a obecné struktury

Rada doktorského studijního oboru 4M2

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4m2>.

Spolupracující ústavy

- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
 Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.math.cas.cz>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4m2>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NMAG569	Matematické metody kvantové teorie pole	0/2 Z	—
NMAG575	Forsing	2/0 Zk	—
NMAG471	Základy teorie kategorií	2/2 Z+Zk	—
NMAG461	Hyperkomplexní analýza	2/0 Zk	—
NMAG566	Riemannova geometrie 2	—	2/0 Zk
NMAG451	Fraktály	—	0/2 Z
NMAG498	Výběrová přednáška z MSTR 1	2/0 Zk	—
NMAG561	Komutativní algebra 2	2/0 Zk	—
NMAG437	Seminář z diferenciální geometrie	—	0/2 Z
NMAG452	Úvod do diferenciální topologie	—	2/0 Zk
NMAG454	Fibrované prostory a kalibrační pole	—	3/1 Z+Zk
NMAG532	Algebraická topologie 2	—	2/2 Z+Zk
NMAG448	Teorie invariantů	—	2/2 Z+Zk

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

I. Širší základ

Výběr alespoň tří témat z následujících:

I.1. Obecná topologie

Základní pojmy. Urysonovo lemma, Tietzeova věta. Souvislost a lokální souvislost. Kompaktnost a lokální kompaktnost. Tichonovova věta, Stoneova–Weierstrassova věta,

Čechova–Stoneova kompaktifikace. Parakompaktnost. Stoneova věta o parakompaktnosti metrických prostorů. Metrizovatelné prostory, metrizační věty, úplnost metrických prostorů. Topologické grupy, základní vlastnosti. Uniformní prostory a stejnoměrně spojitá zobrazení, metrizovatelnost, úplnost.

I.2. Teorie množin

Axiomatika teorie množin. Ordinální a kardinální čísla, základní aritmetika s nimi. Axiom výběru a jeho ekvivalenty, transfinitní rekurse. Nekonečna kombinatorika, stacionární množiny. Ramseyova věta, Erdosova–Radoova věta, lemma o delta systému, nezávislé systémy. Částečná uspořádání.

I.3. Teorie kategorií

Kategorie a funktory, příklady. Přirozené transformace a ekvivalence, příklady. Limity a kolimity, úplnost, jejich tvar v konkrétních kategoriích. Adjunkce, reflektivita a koreflektivita. Uzavřené a kartézsky uzavřené kategorie. Malé kategorie. MacLaneova reprezentace.

I.4. Vybrané partie z algebry

Tensorová algebra, speciálně multilineární algebra. Vybrané partie z teorie okruhů a modulů (rozšíření, resolventy, gradace, filtrace). Základy homologické algebry (homologie komplexů, kohomologie grup a jiných algebraických systémů).

I.5. Riemannovy variety

Teorie konexí. Paralelní přenos. Riemannova metrika, Riemannovy konexe, tenzory křivosti a jejich význam. Sekcionální křivost a její význam. Geodetické křivky. Homogenní Riemannovy variety. Hermitovské metriky. Podvariety euklidovského prostoru. Grupy holonomií.

I.6. Analýza na varietách

Vektorové fibrované prostory, jejich klasifikace. Diferenciální operátory, invariantní diferenciální operátory na homogenních varietách. Integrace na varietách. Základy integrální geometrie na varietách. Fourierova a Radonova transformace. Komplexní variety, holomorfní a meromorfní funkce.

I.7. Lieovy grupy a algebry

Klasifikace jednoduchých Lieových algeber a jejich konečnědimenzionálních reprezentací. Rozklad tensorového součinu na ireducibilní komponenty. Klimykova formule. Charaktery reprezentací a charakterové formule (Weylova. Freudenthalova aj.).

I.8. Algebraická topologie

Homologické a kohomologické grupy (buďto simplicialní nebo singuární) a jejich výpočet. Borsukovy věty, věty o invariantnosti oblasti a o invariantnosti dimenze, základní věta algebry. Eulerova věta. Stupeň zobrazení. Lefschetzova věta o pevném bodu. De Rhamovy kohomologie. Základy homotopické teorie.

II. Pokročilé partie oboru

Výběr jednoho z následujících témat:

II.1. Obecná topologie

Bezbodové přístupy k topologii. Různé varianty Stonevy duality. Booleovy algebry, Heytingovy algebry, spojitě svazy, s nimi spojené duality. Zesilování struktury

bezbodové topologie. Prostory spojitých funkcí, možné topologie na nich, Arzelova–Ascoliho věta, $C_p(X)$. Kardinální invarianty topologických prostorů, jejich vzájemné vztahy. Prostory ultrafiltrů, kardinální charakteristiky. Počítačová topologie. Topologická dynamika, skoro periodické body, klasifikace dynamických systémů, Ellisův obal, rekurence v dynamických systémech, aplikace v kombinatorice. Vlastnosti topologických prostorů související s kombinatorickými principy teorie množin. Struktry spojitosti, teorie miformních a proximitních systémů.

II.2. Teorie množin

Booleovy algebry, částečná uspořádání. Stoneova dualita, strukturální vlastnosti. Kombinatorické principy, Martinův axiom, Fodorova–Solovayova věta, Silverova věta, Suslinovy a Aronszajnovy stromy. Kurepova hypotéza, Hausdorffův gap. Základy forcingu. PFA. Elementární podstrukturny, ultraprodukt, základy pcf teorie.

II.3. Teorie kategorií

Monády a monadické kategorie. Kategorie a logika. Základy teorie toposů. Konkrétní kategorické otázky speciálních struktur. Teorie konkrétních kategorií a struktur. Iničiální a terminální vytváření objektu. Algebraické a topologické kategorie. Úplná a skoro úplná vnoření. Strnulé objekty, strnulé grafy, algebry a prostory. Univerzalita a skoro univerzalita, skoro univerzalita kategorie parakompaktních prostorů.

II.4. Geometrie homogenních a symetrických prostorů

Homogenní prostory, reduktivní prostory, kanonické konexe. Invariantní metriky a diferenciální operátory na homogenních prostorech, zvláště riemannovských. Teorie riemannovských symetrických prostorů, příklady, klasifikace. Některá zobecnění symetrických prostorů, Einsteinovy prostory.

II.5. Parabolické struktury na varietách

Graduované Lieovy algebry, jejich reálné formy. Hlavní fibrované prostory, konexe, kovariantní derivace a jejich křivosti. Homogenní diferenciální operátory. Cartanovy a parabolické geometrie, Cartanova konexe a její křivost. Konformní, projektivní, kvaternionické geometrie a další příklady parabolických geometrií.

II.6. Integrální geometrie a komplexní analýza

Funkce více komplexních proměnných. Komplexní variety, Hermitovské a Kaehlerovy variety. Svazky a předsvazky. Diferenciální formy na komplexních varietách a Dolbeautovy kohomologie. Radonova a Penroseova transformace.

II.7. Invariantní diferenciální operátory

Spin struktury na Riemannových varietách. Dirakův operátor jeho vlastnosti, Laplaceův operátor. Spektrální vlastnosti diferenciálních operátorů. Teorie operátorů Dirakova typu. Konformní invariance operátorů na konformní varietě. Bochnerova a Weitzenbockovy formule. Invariantní operátory pro jiné geometrické struktury.

II.8. Algebraická topologie

Derivované funktory. Spektrální posloupnosti a jejich aplikace. Fibrace, homologická a homotopická teorie fibrací. Topologie Lieových grup a klasifikačních prostorů. Charakteristické třídy vektorových bundlů, Chern–Weilův izomorfismus. Základy K–teorie. Kohomologické operace. Teorie obstukcí. Indexové věty Operády, algebry nad operádami.

Doporučená literatura

- Adámek, J., Herrlich H., Strecker G.: **Abstract and Concrete Categories.** Wiley, New York, 1990.
- Adámek, J.: **Matematické struktury a kategorie.** SNTL, Praha, 1982.
- Balcar, B., Štěpánek, P.: **Teorie množin.** Academia, Praha, 1980.
- Borceaux, F., Bosche van den, G.: **Algebra in a Localic Topos with Applications to Ring Theory.** Springer, 1983.
- Čap, A., Slovák, J.: **Parabolic geometries, I: Background and general theory.** AMS Publishing House, 2009.
- Ellis, R.: **Lectures in Topological Dynamics.** Benjamin, New York, 1967.
- Engelking, R.: **General Topology.** PWN, Warszawa, 1977.
- Friedrich, Th.: **Dirac Operatoren in der Riemannschen Geometrie.** Wiesbaden, 1997.
- Fulton, W., Harris, J.: **Representation Theory. A first course, GTM 129.** Springer New York, 1991.
- Fustenberg, H.: **Reccurence in Ergodic Theory and Combinatorial Number Theory.** Princeton University Press, Princeton, 1981.
- Gillmann, L., Jerison, M.: **Rings of continuous functions.** D. van Nostrand, New York, 1960.
- Harris, J.: **Algebraic geometry. A first course, GTM 133.** Springer, New York, 1992.
- Hatcher A.: **Algebraic Topology.** Text přístupný na <http://www.math.cornell.edu/~hatcher/AT/ATpage.html>.
- Helgason, S.: **Differential geometry, Lie groups and Symmetric spaces.** Pure and Appl. Math. 80, Ac. Press, 1978.
- Isbell J. R.: **Uniform spaces.** Amer. Math. Soc., Providence, 1964.
- Johnstone, P. T.: **Stone Spaces.** Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
- Johnstone, P. T.: **Topos Theory.** Academic Press, London, 1972.
- Juhásy, I.: **Cardinal functions in topology — Ten Years Later.** Math Centre Tracts 125, Amsterdam, 1980.
- Juhásy, I.: **Cardinal Functions in Topology.** Math. Centre Tracts 34, Amsterdam, 1975.
- Kelley, J. L.: **General Topology.** Van Nostrand, New York, 1955.
- Kunen, K.: **Set Theory — An Introduction to Independence Proofs.** North-Holland, Amsterdam, 1980.
- Lawson, B. L., Michelsohn, M. L.: **Spin Geometry.** Princeton Math. Series, Princeton, 1989.
- MacLane, S.: **Categories for the Working Mathematician.** GTM5. Springer-Verlag, New York, 1970.
- MacLane, S.: **Homology.** Academic Press, New York, 1963.
- Massey, W.: **Singular Homology theory.** GTM 70. Springer, New York, 1976.
- Monk, J. D., Bonnet, R.: **Handbook of Boolean Algebras, vol 1.** North-Holland, Amsterdam, 1989.
- Pult, A.: **Podprostory Euklidových prostorů.** SNTL, Praha, 1986.
- Pultr, A., Trnková, V.: **Combinatorial, Algebraic and Topological Representations of Groups, Semigroups and Categories.** Academia, Praha, 1980.

Rudin, M. E.: **Lectures on Set Theoretic Topology.** *Amer. Math. Soc., Providence, 1975.*

Samelson, H.: **Notes on Lie algebras.** *Van Nostrand, New York, 1969.*

Sharpe, R. W.: **Differential geometry.** *GTM 166. Cartans Generalization of Kleins Erlangen Program, Springer, 1997.*

Wells, R. O. jr.: **Differential analysis on complex manifolds.** *GTM65. Springer New York, 1979.*

4M3 Matematická analýza

Rada doktorského studijního oboru 4M3

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4m3>.

Spolupracující ústavy

- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.math.cas.cz>

Domovská stránka studijního oboru 4M3

<http://karlin.mff.cuni.cz/studium/phd/4m3/>.

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4m3>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NMMA437	Derivace a integrál pro pokročilé 1	2/0 Zk	—
NMMA438	Derivace a integrál pro pokročilé 2	—	2/0 Zk
NMMA433	Deskriptivní teorie množin 1	2/0 Zk	—
NMMA434	Deskriptivní teorie množin 2	—	2/0 Zk
NMMA440	Diferenciální rovnice v Banachových prostorech	—	2/0 Zk
NMMA583	Kvalitativní vlastnosti slabých řešení parciálních diferenciálních rovnic	2/0 Zk	—
NMMA577	Kvazikonformní zobrazení 1	2/0 Zk	—
NMMA578	Kvazikonformní zobrazení 2	—	2/0 Zk
NMMA561	Operátorové algebry 1	2/0 Zk	—
NMMA562	Operátorové algebry 2	—	2/0 Zk
NMMA403	Reálné funkce 1	2/0 Zk	—
NMMA404	Reálné funkce 2	—	2/0 Zk
NMMA461	Regularita Navier — Stokesových rovnic	0/2 Z	0/2 Z
NMMA584	Regularita slabých řešení parciálních diferenciálních rovnic	—	0/2 Z

NMMA451 Seminář z geometrické analýzy	0/2 Z	0/2 Z
NMAA009 Seminář z matematické analýzy	0/2 Z	0/2 Z
NMMA454 Seminář z prostorů funkcí	0/2 Z	0/2 Z
NMMA575 Topologické a geometrické vlastnosti konvexních množin 1	2/0 Zk	—
NMMA576 Topologické a geometrické vlastnosti konvexních množin 2	—	2/0 Zk
NMMA435 Topologické metody ve funkcionální analýze 1	2/0 Zk	—
NMMA436 Topologické metody ve funkcionální analýze 2	—	2/0 Zk
NMMA565 Úvod do teorie aproximací 1	2/0 Zk	—
NMMA566 Úvod do teorie aproximací 2	—	2/0 Zk
NMMA533 Úvod do teorie interpolací 1	2/0 Zk	—
NMMA534 Úvod do teorie interpolací 2	—	2/0 Zk
NMAG533 Harmonická analýza 1	3/1 Z+Zk	—
NMAG534 Harmonická analýza 2	—	3/1 Z+Zk
NMMO623 Matematické metody v mechanice kontinua tuhých látek pro doktorandy 1	2/0 Zk	—
NMMO624 Matematické metody v mechanice kontinua tuhých látek pro doktorandy 2	—	2/0 Zk
NMMO539 Matematické metody v mechanice neneutronovských tekutin	2/0 Zk	—
NMMO535 Matematické metody v mechanice pevných látek	2/0 Zk	—
NMMO536 Matematické metody v mechanice stlačitelných tekutin	—	2/0 Zk
NMMO621 Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice pro doktorandy I	2/0 Zk	—
NMMO622 Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice pro doktorandy II	—	2/0 Zk
NMMO561 Regularita řešení Navier-Stokesových rovnic	2/0 Zk	—
NMAG437 Seminář z diferenciální geometrie	0/2 Z	0/2 Z
NMAG569 Matematické metody kvantové teorie pole	0/2 Z	0/2 Z
NMMO461 Seminář z mechaniky kontinua	0/2 Z	0/2 Z
NMMA452 Seminář z parciálních diferenciálních rovnic	0/2 Z	0/2 Z
NMMA458 Topologický seminář	0/2 Z	0/2 Z

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Pro účely státní doktorské zkoušky jsou na stránkách RDSO <http://karlin.mff.cuni.cz/studium/phd/4m3/> vedeny dva seznamy témat označené jako seznam A a seznam B.

Seznam A

1. *Teorie distribucí*
2. *Pokročilejší partie spektrální teorie*
3. *Komplexní analýza*
4. *Úvod do abstraktní harmonické analýzy*
5. *Úvod do teorie aproximací*
6. *Klasické partie harmonické analýzy*
7. *Haudsorfiova míra a záměna proměnných v integrálu*
8. *Prostory funkcí s konečnou variací a aproximace hladkými funkcemi*
9. *Kvalitativní teorie ODR*
10. *Klasická teorie potenciálu*
11. *Základy teorie hyperbolických zákonů zachování*
12. *Úvod do teorie optimálních řízení*
13. *Sturm-Liouvilleova teorie lineárních rovnic 2. řádu*
14. *Integrální rovnice a problém vlastních čísel*
15. *Laplaceova transformace*

Seznam B

1. *Úvod do teorie interpolací*
2. *Topologický stupeň*
3. *Integrální reprezentace na kompaktech*
4. *Teorie C^* -algeber*
5. *Deskriptivní teorie množin*
6. *Prostory funkcí*
7. *Singulární integrály*
8. *Littewoodova-Payleyova teorie*
9. *Rieszovy a Besselovy potenciály*
10. *Hardyho prostory*
11. *Zobrazení s konečnou distorzí*
12. *Isoperimetrická nerovnost*
13. *Diferencovatelnost konvexních funkcí*
14. *Úvod do teorie homogenizace*
15. *Základy teorie stochastických parabolických rovnic*
16. *Existenční teorie pro Navierův-Stokesův-Fourierův systém*
17. *Atraktor: struktura a odhady dimenze*
18. *Volterrový integrální rovnice*
19. *Regularita Navierových-Stokesových rovnic*

Témata obou seznamů mají jednotný rozsah odpovídající přibližně 70-100 stránkám knižního textu. Školitel studenta chystajícího se na státní doktorskou zkoušku vybere jedno téma ze seznamu A a jedno téma ze seznamu B. K těmto dvěma tématům

přidá ještě třetí téma (stejného rozsahu) podle vlastního uvážení, a to buď z uvedených seznamů, nebo téma dle vlastního výběru, které se na seznamech (zatím) nevyskytuje. Třetí téma by mělo být blízké hlavnímu oboru studia či výzkumu studenta. Soubor tří témat pak předloží školitel RDSO ke schválení ještě před podáním žádosti o stanovení termínu zkoušky. RDSO posoudí přiměřenost návrhu a hlasováním rozhodne, zda návrh schvaluje. Je-li návrh schválen, jsou tím otázky pro doktorskou zkoušku stanoveny. Vlastní zkouška pak sestává ze tří částí odpovídajících schváleným třem tématům. Třetí téma, pokud dosud nebylo součástí seznamů A či B, může být do budoucna na některý z těchto seznamů rozhodnutím RDSO zařazeno.

Seznam témat A a témat B má k datu vydání této publikace výše uvedenou podobu. Podrobnější rozpracování uvedených témat, stejně jako případná nová témata, která byla do některého ze seznamů po tomto datu přidána pomocí mechanismu, uvedeného výše, lze nalézt na adrese <http://karlin.mff.cuni.cz/studium/phd/4m3/phdzkouska.php>.

Doporučená literatura

Adams, R.A.: **Sobolev spaces.** *Pure and Applied Mathematics, Vol. 65. Academic Press, 1975.*

Alfsen, E.M.: **Compact convex sets and boundary integrals.** *Ergebnisse der Mathematik und ihrer Grenzgebiete, Band 57. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1971.*

Amann, H.: **Ordinary differential equations : an introduction to nonlinear analysis.** *De Gruyter, Berlin, 1990.*

Ambrosio, L., Fusco, N., Pallara, D.: **Functions of bounded variation and free discontinuity problems.** *Oxford Mathematical Monographs. The Clarendon Press, Oxford University Press, New York, 2000.*

Armitage, D.H., Gardiner, S.J.: **Classical potential theory.** *Springer, London, 2001.*

Bennett, C., Sharpley, R.: **Interpolation of Operators.** *Pure and Applied Mathematics, 129. Academic Press, Inc., Boston, MA, 1988.*

Benyamini, Y., Lindenstrauss, J.: **Geometric Nonlinear Functional Analysis, Vol. 1.** *Colloquium Publications Vol 48, Amer. Math. Soc., 2000.*

Bergh, J., Löfström, J.: **Interpolation spaces. An introduction.** *Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, No. 223. Springer-Verlag, Berlin-New York, 1976.*

Bressan, A., Piccoli, B.: **Introduction to the mathematical theory of control.** *AIMS Series on Applied Mathematics Vol 2, AIMS, 2007.*

Chavel, I.: **Isoperimetric inequalities. Differential geometric and analytic perspectives.** *Cambridge Tracts in Mathematics, 145. Cambridge University Press, Cambridge, 2001.*

Cheney, E.W.: **Introduction to approximation theory.** *McGraw-Hill Book Co., New York-Toronto, Ont.-London 1966.*

Deimling, K.: **Nonlinear functional analysis.** *Springer-Verlag, Berlin, 1985.*

DeVore, R.A., Lorentz, G.G.: **Constructive approximation.** *Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften 303, Springer-Verlag, Berlin, 1993.*

DiBenedetto, E.: **Partial differential equations.** *Birkhauser Boston Inc., 1995.*

- Evans, L.C.: **Partial differential equations.** *American Mathematical Society, Providence, 2010.*
- Evans, L.C., Gariépy, R.F.: **Measure theory and fine properties of functions.** *Studies in Advanced Mathematics. CRC Press, Boca Raton, FL, 1992.*
- Folland, B.B.: **A course in abstract harmonic analysis.** *Studies in Advanced Mathematics. CRC Press, Boca Raton, FL, 1995.*
- Grafakos, L.: **Classical Fourier Analysis.** *Graduate Texts in Mathematics, 250. Springer, New York, 2009.*
- Grafakos, L.: **Modern Fourier Analysis.** *Graduate Texts in Mathematics, 249. Springer, New York, 2008.*
- Hartman, Ph.: **Ordinary differential equations.** *S. M. Hartman, Baltimore, Md., 1973.*
- Iwaniec, T., Martin, G.: **Geometric Function Theory and Non-linear Analysis.** *Oxford Mathematical Monographs. The Clarendon Press, Oxford University Press, New York, 2001.*
- Kechris, A.S.: **Classical descriptive set theory.** *Graduate Texts in Mathematics, 156. Springer-Verlag, New York, 1995.*
- Kufner, A., John, O., Fučík, S.: **Function Spaces.** *Monographs and Textbooks on Mechanics of Solids and Fluids; Noordhoff International Publishing, Leyden; Academia, Praha, 1977.*
- Pick, L., Kufner, A., John, O., Fučík, S.: **Function spaces. Vol. 1.** Second revised and extended edition. *De Gruyter Series in Nonlinear Analysis and Applications, 14. Walter de Gruyter & Co., Berlin, 2013.*
- Robinson, J.C.: **Infinite-dimensional dynamical systems : an introduction to dissipative parabolic PDEs and the theory of global attractors.** *Cambridge University Press, 2001.*
- Rudin, W.: **Functional analysis. Second edition.** *International Series in Pure and Applied Mathematics. McGraw-Hill, Inc., New York, 1991.*
- Rudin, W.: **Analýza v reálném a komplexním oboru.** *Academia, Praha, 2003.*
- Srivastava, S.M.: **A course on Borel sets.** *Graduate Texts in Mathematics, 180. Springer-Verlag, New York, 1998.*
- Stein, E.M.: **Singular Integrals and Differentiability Properties of Functions.** *Princeton Mathematical Series, No. 30 Princeton University Press, Princeton, N.J. 1970.*
- Stein, E.M.: **Harmonic Analysis: Real-Variable Methods, Orthogonality, and Oscillatory Integrals.** *Princeton Mathematical Series 43. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1993.*
- Takesaki, M.: **Theory of operator algebras. I.** *Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1979.*
- Widder, D.V.: **The Laplace Transform** *Princeton Mathematical Series Vol 6, Princeton, 1941.*
- Ziemer, W.P.: **Weakly differentiable functions. Sobolev spaces and functions of bounded variation.** *Graduate Texts in Mathematics, 120. Springer-Verlag, New York, 1989.*

4M4 Pravděpodobnost a matematická statistika

Rada doktorského studijního oboru 4M4

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4m4>.

Spolupracující ústavy

- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.math.cas.cz>
- Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i.
Pod Vodárenskou věží 4/1143, 182 08 Praha 8
<http://www.utia.cas.cz/cs/>

Domovská stránka studijního oboru 4M9

<http://karlin.mff.cuni.cz/studium/phd/4m9/>.

Vypsaná témata

Noví studenti již nejsou do tohoto oboru přijímáni, obor slouží pouze k dostudování již studujících studentů. Roli oboru 4M4 přejal od akademického roku 2014/15 obor 4M9 Pravděpodobnost a statistika, ekonometrie a finanční matematika.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NMSA600	Beseda KPMS	0/1 Z	0/1 Z
NMSA601	Oborový seminář z pravděpodobnosti a matematické statistiky	0/2 Z	0/2 Z
NMTP613	Seminář z pravděpodobnosti pro doktorandy I	0/2 Z	—
NMTP614	Seminář z pravděpodobnosti pro doktorandy II	—	0/2 Z
NMST611	Problémy aplikované statistiky	0/1 Z	0/1 Z
NMTP611	Seminář o stochastických evolučních rovnicích	0/2 Z	0/2 Z
NMAG467	Seminář ze stochastické geometrie	0/1 Z	0/1 Z
NSTP134	Stochastické programování a aproximace	0/2 Z	0/2 Z
NMSA602	Pokročilé partie oboru	2/0 Zk	—
NMSA603	Pokročilé partie oboru	—	2/0 Zk
NMST603	Moderní metody matematické statistiky	2/0 Zk	—
NMTP601	Vybrané partie z prostorového modelování	—	2/0 Zk
NMST605	Časové řady pro pokročilé	2/0 Zk	—
NMST535	Simulační metody	2/2 Z+Zk	—

NMTP604	Pokročilé partie stochastických diferenciálních rovnic	—	2/0 Zk
NMTP432	Stochastická analýza	—	4/2 Z+Zk
NMST604	Robustní statistika a ekonometrie — regresní analýza trochu jinak	—	2/0 Zk
NMTP612	Systémy částic	—	2/0 Zk

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

I. Širší základ

Diferenciální rovnice, funkcionální analýza, komplexní analýza, maticový počet, teorie míry.

II. Pravděpodobnost

Markovovy procesy, martingaly, procesy s nezávislými přírůstky, prostorové modelování, princip invariance, stacionární procesy, stochastická analýza, stochastické diferenciální rovnice, teorie spolehlivosti.

III. Matematická statistika

Teorie odhadu a testování hypotéz, rozhodovací funkce, mnohorozměrná analýza, regrese, výběrová šetření, robustní a neparametrické metody, bayesovská a sekvenční analýza, prostorová statistika, výpočetní aspekty statistických metod, analýza přežití.

Doporučená literatura

- Anděl, J.: **Základy matematické statistiky**. *Matfyzpress, Praha, 2007*.
- Billingsley, P.: **Convergence of Probability Measures**. *Wiley, New York, 1999*.
- Daley, D., Vere-Jones, D.: **Introduction to the Theory of Point Processes I**. *2nd ed. Springer, New York, 2003*.
- Daley, D., Vere-Jones, D.: **Introduction to the Theory of Point Processes II**. *2nd ed. Springer, New York, 2008*.
- Hewitt, E., Stromberg, K.: **Real and Abstract Analysis**. *Wiley, New York, 1969*.
- Jurečková, J., Sen, P. K.: **Robust Statistical Procedures**. *Wiley, New York, 1996*.
- Kallenberg, O.: **Foundations of Modern Probability**. *Springer-Verlag, Berlin, 1997*.
- Lehmann, E. L.: **Testing Statistical Hypothesis**. *Chapman & Hall, New York, 1993*.
- Lehmann, E. L.: **Theory of Point Estimation**. *Wadsworth & Brook/Cole, Pacific Grove, 1991*.
- Sen, P. K., Singer, J. M.: **Large Sample Methods in Statistics**. *Chapman & Hall, London, 1993*.
- Shorack, G. R.: **Probability for Statisticians**. *Springer-Verlag, New York, 2000*.
- Štěpán, J.: **Teorie pravděpodobnosti**. *Academia, Praha, 1987*.

4M6 Vědecko–technické výpočty

Rada doktorského studijního oboru 4M6

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4m6>.

Spolupracující ústavy

- Ústav informatiky AV ČR, v.v.i.
Pod Vodárenskou věží 2, 182 07 Praha 8
<http://www.ustavinformatiky.cz/>
- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.math.cas.cz>
- Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8
<http://www.it.cas.cz/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4m6>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NMNV451	Seminář numerické matematiky	0/2 Z	0/2 Z
NMNV622	Doktorandský seminář výpočtové matematiky	0/2 Z	0/2 Z
NNNV463	Modelování materiálů - teorie, redukce modelů a efektivní numerické metody	0/2 Z	0/2 Z
NNNV623	Aktuální problémy numerické matematiky	0/3 Z	0/3 Z
NNNV461	Techniky aposteriorního odhadování chyby	2/0 Zk	—
NNNV464	Aposteriorní numerická analýza metodou vyvážených toků	—	2/0 Zk
NNNV462	Numerické modelování problémů elektrotechniky	—	2/0 ZK
NNNV561	Bifurkační analýza dynamických systémů 1	2/0 Zk	—
NNNV562	Bifurkační analýza dynamických systémů 2	—	2/0 Zk
NNNV466	Metody rozkladu oblasti	—	2/0 Zk
NNNV571	Víceúrovňové metody	2/0 Zk	—
NMMO537	Sedlobodové úlohy a jejich řešení	—	2/2 Z+Zk
NMMO623	Matematické metody v mechanice kontinua tuhých látek pro doktorandy 1	2/0 Zk	—
NMMO621	Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice pro doktorandy I	2/0 Zk	—
NNNV569	Numerické výpočty s verifikací	—	2/0 Zk

NMST442 Maticové výpočty ve statistice	—	2/2 Z+Zk
NLTM021 Vyčíslitelnost	—	2/0 Zk

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

1. Matematická a funkcionální analýza

Obyčejné a parciální diferenciální rovnice, klasické a slabé řešení. Integrální rovnice. Fourierova transformace. Spektrální teorie lineárních operátorů. Speciální typy operátorů, vlastnosti. Distribuce, Sobolevovy prostory. Monotónní, potenciální operátory. Nelineární diferenciální rovnice.

2. Numerické metody

Metody řešení soustav lineárních algebraických rovnic. Metody pro výpočet vlastních čísel a vektorů matic. Metody řešení soustav nelineárních algebraických rovnic. Aproximace, interpolace a extrapolace. Minimalizační a optimalizační metody. Numerické metody pro obyčejné diferenciální rovnice. Numerická integrace. Metoda konečných diferencí pro řešení diferenciálních rovnic. Metoda konečných prvků a konečných objemů. Numerické řešení nelineárních parciálních diferenciálních rovnic. Multigradní metody.

3. Volitelné okruhy se zaměřením na téma doktorské práce

Doporučená literatura

- Axelsson, O., Barker, V. A.: **Finite Element Solution of Boundary Value Problems, Theory and Computation.** *Academic Press, New York, 1984.*
- Ciarlet, P. G.: **The Finite Element Method for Elliptic Problems.** *North-Holland, Amsterdam, 1978.*
- Ciarlet, P. G.: **Linear and Nonlinear Functional Analysis with Applications.** *SIAM, 2013.*
- Demmel, J. W.: **Applied Numerical Linear Algebra.** *PA, SIAM, Philadelphia, 1997.*
- Dolejší, V., Feistauer, M.: **Discontinuous Galerkin Method - Analysis and Applications to Compressible Flow.** *Springer, 2015.*
- Feistauer, M., Felcman, J., Straškraba, I.: **Mathematical and Computational Methods for Compressible Flow.** *Clarendon Press, Oxford, 2003.*
- Feistauer, M.: **Mathematical Methods in Fluid Dynamics.** *Longmann Scientific & Technical, Harlow, 1993.*
- Fučík, S., Kufner, A.: **Nelineární diferenciální rovnice.** *SNTL, Praha, 1978.*
- Golub, G. H., Loan van, C. F.: **Matrix Computations.** *4rd ed., Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2013.*
- Greenbaum, A., Chartier, T. P.: **Numerical Methods: Design, Analysis, and Computer Implementation of Algorithms.** *Princeton University Press, 2012.*
- Johnson, C.: **Numerical Solution of Partial Differential Equations by the Finite Element Method.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1988.*
- Křížek, M., Neittaanmaki, P.: **Mathematical and Numerical Modelling in Electrical Engineering, Theory and Applications.** *Kluwer, Dordrecht, 1996.*
- Liesen, J., Strakoš, Z.: **Krylov Subspace Methods, Principles and Analysis.** *Oxford University Press, 2013.*

Málek, J., Strakoš, Z.: **Preconditioning and the Conjugate Gradient Method in the Context of Solving PDEs.** *SIAM Spotlight Series, SIAM, Philadelphia, 2015.*

Meurant, G.: **Computer Solution of Large Linear Systems.** *North-Holland, 1999.*

Nečas, J.: **Introduction to the Theory of Nonlinear Elliptic Equations.** *Teubner, Band 52, 1983.*

Ortega, J. M., Rheinboldt, W. C.: **Iterative Solution of Nonlinear Equations in Several Variables.** *Academic Press, New York, London, 1970.*

Rudin, W.: **Analýza v reálném a komplexním oboru.** *Academia, Praha, 2003.*

Saad, Y.: **Iterative Methods for Sparse Linear Systems.** *PWS Publishing Company, 1996.*

Trefethen, L. N., Bau, D.: **Numerical Linear Algebra.** *SIAM, Philadelphia, 1997.*

Ueberhuber, C. W.: **Numerical Computation 2.** *Springer, Berlin, 1995.*

Yosida, K.: **Functional Analysis.** *Springer Verlag, Berlin, 1980.*

4M8 Obecné otázky matematiky a informatiky

Rada doktorského studijního oboru 4M8

Aktuální složení rady je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4m8>.

Spolupracující ústavy

- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.
Žitná 25, 115 67 Praha 1
<http://www.math.cas.cz>

Domovská stránka studijního oboru 4M8

<http://karlin.mff.cuni.cz/studium/phd/4m8/>.

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4m8>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NMUM603	Matematika ve starověku I	2/0 Zk	—
NMUM604	Matematika ve starověku II	—	2/0 Zk
NMUM363	Didakticko-historický seminář I	0/2 Z	—
NMUM364	Didakticko-historický seminář II	—	0/2 Z
NMUM465	Vývoj matematického vzdělávání	0/2 Z	—
NMUM467	Reformy výuky matematiky	2/0 Z	—
NMUM602	Didaktika matematiky pro doktorandy	—	2/2 Z+Zk

NUMV084	ICT ve výuce matematiky I	0/2 Z	—
NUMV085	ICT ve výuce matematiky II	—	0/2 Z
NMIN203	Mathematica pro začátečníky	0/2 Z	—
NMIN264	Mathematica pro pokročilé	—	0/2 Z
NMUM461	Aplikace matematiky pro učitele	0/2 Kv	—
NUMV058	Řecké matematické texty I	0/2 Z	—
NUMV059	Řecké matematické texty II	—	0/2 Z
NUMV101	Vybrané kapitoly z teorie pravděpodobnosti	—	2/0 Zk
NDIN010	Didaktika informatiky I	2/1 Z	—
NDIN013	Didaktika informatiky II	—	0/2 Z
NAIL102	Filosofické problémy Informatiky	0/1 Z	0/1 Z
NPOZ007	Filozofické problémy fyziky	0/1 Z	—
NPGR020	Geometrie pro počítačovou grafiku	2/0 Zk	—
NPGR021	Geometrické modelování	2/2 Z+Zk	—

Charakteristika oboru

Obor Obecné otázky matematiky a informatiky má tři podobory:

1. Elementární matematika
2. Dějiny matematiky a informatiky
3. Výuka matematiky a informatiky na středních a vysokých školách

Podobor *Elementární matematika* nabízí řadu možností pro zvyšování celkové matematické kultury středoškolských učitelů, kteří tak budou lépe kvalifikováni pro své učitelské působení všeobecně a zvláště pro práci s talentovanými žáky. Elementární matematikou rozumíme klasické partie matematiky, které nějakým způsobem navazují jak na středoškolskou látku, tak na náplň studia učitelství matematiky a tyto oblasti vhodně rozšiřují. Jedním z cílů práce v elementární matematice by mělo být udržení určité historické kontinuity matematiky a posílení respektu k tradičním matematickým hodnotám. Disertační práce z elementární matematiky by měly být zpravidla metodicko-didaktickou koncovkou celého doktorského studia.

V podoboru *Dějiny matematiky a informatiky* by měla být pozornost věnována hlavně problematice 19. a 20. století, české matematice a informatice; neměly by být opomíjeny ani biografické a bibliografické aspekty. Historie matematiky úzce souvisí s otázkami výuky matematiky, neboť vývoj je podmiňován i předáváním poznatků prostřednictvím učitelů a učebnic. V zahraničí je často didaktika s historií matematiky spojována do jednoho oboru; podobně tomu bylo dříve i u nás.

Studium v podoboru *Výuka matematiky a informatiky* by mělo být zahajováno až po několikaleté učitelské praxi uchazeče a to zejména kombinovanou formou (současné prověřování poznatků v učitelské praxi). Jednou částí disertační práce by mohlo být např. sepsání učebního textu, sbírky úloh apod., včetně metodického komentáře, rozboru obtížných partií; to vše by mělo být podloženo vyhodnocením vlastního působení na škole.

Obor je určen zejména pro absolventy učitelského studia kombinací s matematikou nebo informatikou s aprobací pro 3. stupeň (resp. absolventy vysokých škol, kteří mají doplněnou učitelskou kvalifikaci) a pro učitele pedagogických a technických fakult, kteří vyučující matematiku, informatiku, resp. didaktiky těchto předmětů.

Pro přijetí studentů do oboru 4M8 je požadována bezpečná znalost hlubších základů celé středoškolské matematiky a základních univerzitních matematických kursů.

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Koncepce doktorské zkoušky vychází z toho, že cílem studia v daném oboru je vychovat matematika/informatika s širokým všeobecným rozhledem, který sice není připravován cíleně k vědecké práci v některém úzkém oboru, je však erudován natolik, že ve svém středoškolském, respektive vysokoškolském působišti prokáže schopnost tvorby kvalitních učebních textů, je seznámen s výsledky moderních metod vyučování, důkladně se orientuje v odborné literatuře související s jeho specializací a své odborné výsledky pravidelně publikuje.

Doktorandi konají doktorskou zkoušku z matematiky/informatiky, dějin matematiky a informatiky a z vyučování matematice. Stanovení jednotných požadavků pro všechny doktorandy není možné vzhledem k tomu, že konkrétní zaměření jednotlivých studentů jsou rozdílná a pokrývají prakticky všechny disciplíny matematiky a informatiky. Proto lze stanovit požadavky k doktorské zkoušce jen rámcově; jejich upřesnění provede školitel a examinační komise.

I. Požadavky

I.1. Matematika/informatika

Předpokládá se nadhled nad znalostmi požadovanými u státní zkoušky na učitelském studiu na MFF UK. Student musí prokázat, že rozumí souvislostem středoškolské a vysokoškolské látky a orientuje se v základní učebnicové literatuře.

Další požadavky stanoví školitel a examinační komise (minimálně několik kapitol odborného textu, jehož obsah není součástí standardního vysokoškolského kursu). Celá tato partie by měla jít výrazně nad rámec znalostí specifikovaných v předchozím odstavci.

I.2. Dějiny matematiky a informatiky

Předpokládá se, že student rozumí matematické podstatě historických témat a dovede se v nich orientovat. Hlubší matematické znalosti se předpokládají v těch partiích, které bezprostředně souvisejí s jeho specializací. Cílem není podrobná znalost historie matematiky, ale základní orientace ve vývoji některých matematických disciplín.

Školitel a examinační komise určí alespoň 300 stran odborné literatury.

I.3. Vyučování matematice

Předpokládá se, že student je informován o klasických i moderních vyučovacích postupech a dokáže je demonstrovat na konkrétních tématech. Předpokládá se rozhled v metodách řešení matematických úloh a v literatuře.

Školitel a examinační komise určí alespoň 150 stran odborné literatury.

I.4. Specializace

Podle zaměření doktoranda stanoví školitel a examinační komise rozšiřující požadavek v jednom z předchozích tří okruhů (Matematika/informatika, Dějiny matematiky a informatiky, Vyučování matematice) v rozsahu nejméně 100 stran odborného textu.

I.5. Rozšíření obzorů, kultivace

Předpokládá se, že doktorand projevuje zájem o svůj obor, zná a sleduje naše časopisy a literaturu týkající se matematiky, informatiky a vyučování, ovládá způsob citování prací, dovede se orientovat v referativních časopisech a elektronických databázích, zvládá základní práci s počítačem atd.

Doktorská zkouška završuje studijní část přípravy doktoranda, je nadstavbou nad zkouškami a zápočty povinného a rozšiřujícího programu studia. Literatura k doktorské zkoušce je tedy dána jednak požadavky ke zkouškám povinného programu, jednak rozšiřujícími požadavky školitele.

Doporučená literatura

Vybrané svazky z ediční řady **Dějiny matematiky**. Přehled dosud vyšlých svazků na adrese <https://www.fd.cvut.cz/personal/becvamar/Edice/Edice.htm>.

Alten, H.-W., Naini, A. D., Folkerts, M., Schlosser, H., Schlote, K.-H., Wußing, H.: **4000 Jahre Algebra**. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2008.

Anglin, W. S., Lambek, J.: **The Heritage of Thales**. Springer, New York, 1995.

Anglin, W. S.: **Mathematics - A Concise History and Philosophy**. Springer, New York, 1994.

Boyer, C. B., Merzbach, U. C.: **A History of Mathematics**. 3rd ed., John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2011.

Cooke, R.: **The History of Mathematics, A Brief Course**. 2nd ed., John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2005.

Dieudonné, J. (ed.): **Abrégé d'histoire des mathématiques 1700-1900**. Paris 1978; německy **Geschichte der Mathematik 1700-1900**. Vieweg, Braunschweig, 1985.

Edwards, C. H.: **The Historical Development of the Calculus**. Springer-Verlag, New York, 1979.

Eves, H. W.: **An Introduction to the History of Mathematics**. 6th ed., Saunders College Publishing, Philadelphia, 1990.

Gericke, H.: **Mathematik in Antike, Orient und Abendland**. Fourier Verlag, Wiesbaden, 2003.

Hecht, T., Sklenáriková, Z.: **Metódy riešenia matematických úloh**. SPN, Bratislava, 1992.

Hejný, M.: **Teória vyučovania matematiky 2**. SPN, Bratislava, 1990.

Herman, J., Kučera, R., Šimša, J.: **Metody řešení matematických úloh I, II**. Masarykova univerzita, Brno, 2001 a 2004.

Chabert, J.-L.: **A History of Algorithms - From the Pebble to the Microchip**. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1999.

Juškevič, A. P.: **Dějiny matematiky ve středověku**. Academia, Praha, 1977.

Katz, V. J.: **A History of Mathematics. An Introduction**. 3rd ed., Pearson, 2008.

Kline, M.: **Mathematical Thought from Ancient to Modern Times**. Oxford University Press, New York, 1990.

Komenský, J. A.: **Analytická didaktika**. SN, Praha, 1947.

Larson, L. C.: **Metódy riešenia matematických problémov**. Alfa, Bratislava, 1990.

Metropolis, N., Howlett, J., Rota, G.-C.: **A History of Computing in the Twentieth Century**. Academic Press, New York, 1980.

Naumann, F.: **Dějiny informatiky. Od abaku k internetu**. Academia, Praha, 2009.

Nový, L. a kol.: **Dějiny exaktních věd v českých zemích**. ČSAV, Praha, 1961.

- Priestley, W. M.: **Calculus: An Historical Approach**. Springer-Verlag, New York, 1979.
- Scriba, C. J., Schreiber, P.: **5000 Jahre Geometrie**. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2005; *anglicky 5000 Years of Geometry*. Birkhäuser, Basel, 2015.
- Scholz, E. (Hrsg.): **Geschichte der Algebra, Eine Einführung**. Wissenschaftsverlag, Mannheim-Wien-Zürich, 1990.
- Sonar, T.: **3000 Jahre Analysis**. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2011.
- Stillwell, J.: **Mathematics and Its History**. 3rd ed., Springer-Verlag, New York-Dordrecht-Heidelberg-London, 2010.
- Veselý, F.: **100 let Jednoty československých matematiků a fyziků**. SPN, Praha, 1962.
- van der Waerden, B. L.: **A History of Algebra, From al-Khwárizmí to Emmy Noether**. Springer-Verlag, Berlin, 1985.
- Williams, M. R.: **A History of Computing Technology**. 2nd ed., IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California, 1997.
- Wußing, H.: **6000 Jahre Mathematik I, II**. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2008, 2009.

4M9 Pravděpodobnost a statistika, ekonometrie a finanční matematika

Rada doktorského studijního oboru 4M9

Aktuální složení komise je na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/rdso/4m9>.

Spolupracující ústavy

- Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i.
Pod Vodárenskou věží 4/1143, 182 08 Praha 8
<http://www.utia.cas.cz/cs/>

Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí v SIS i na adrese <http://mff.cuni.cz/phd/temata/4m9>.

Poskytovaná výuka

Kód	Název	ZS	LS
NMSA600	Beseda KPMS	0/1 Z	0/1 Z
NMSA601	Oborový seminář z pravděpodobnosti a matematické statistiky	0/2 Z	0/2 Z
NMEK613	Stochastické modelování v ekonomii a financích	0/2 Z	0/2 Z
NMTP613	Seminář z pravděpodobnosti pro doktorandy I	0/2 Z	—
NMTP614	Seminář z pravděpodobnosti pro doktorandy II	—	0/2 Z

NMST611	Problémy aplikované statistiky	0/1 Z	0/1 Z
NMTP611	Seminář o stochastických evolučních rovnicích	0/2 Z	0/2 Z
NMAG467	Seminář ze stochastické geometrie	0/1 Z	0/1 Z
NSTP134	Stochastické programování a aproximace	0/2 Z	0/2 Z
NMEK612	Dynamická ekonomie a ekonometrie	—	0/2 Z
NMSA602	Pokročilé partie oboru	2/0 Zk	—
NMSA603	Pokročilé partie oboru	—	2/0 Zk
NMST603	Moderní metody matematické statistiky	2/0 Zk	—
NMEK603	Optimalizace a variační analýza	2/0 Zk	2/0 Zk
NMFM601	Vybrané partie z pojišťovnictví a finanční matematiky	2/0 Zk	—
NMTP601	Vybrané partie z prostorového modelování	—	2/0 Zk
NMFM612	Pokročilé partie teorie rizika	—	2/0 Zk
NMST605	Časové řady pro pokročilé	2/0 Zk	—
NMST535	Simulační metody	2/2 Z+Zk	—
NMFM614	Pokročilé partie finanční matematiky	—	2/0 Zk
NMTP604	Pokročilé partie stochastických diferenciálních rovnic	—	2/0 Zk
NMTP432	Stochastická analýza	—	4/2 Z+Zk
NMEK605	Kapitoly z moderní optimalizace a ekvilibrií	2/0 Zk	—
NMEK606	Kapitoly z moderní optimalizace a ekvilibrií	—	2/0 Zk
NMFM613	Finanční modelování v životním pojištění	2/0 Zk	—
NMFM611	Pokročilé partie matematiky neživotního pojištění	2/0 Zk	—
NMFM602	Matematické metody v řízení solventnosti a účetním výkaznictví pojišťoven	—	2/0 Zk
NMST604	Robustní statistika a ekonometrie — regresní analýza trochu jinak	—	2/0 Zk
NMTP612	Systémy částic	—	2/0 Zk
NMEK617	Teorie prospektů	—	2/0 Zk

Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Zkouška se skládá ze tří částí, první tématický okruh je zvolen z I. nebo II. Druhý tématický okruh je zvolen z I., II., III. nebo IV., ale tato volba nesmí být totožná s volbou v prvním tématickém okruhu. Třetí tématický okruh je v přímé návaznosti na zadané téma doktorské disertace.

I. Pravděpodobnost a náhodné procesy.

Teorie extrémních hodnot, teorie spolehlivosti, principy invariance, ergodická teorie. Markovské procesy, martingaly, procesy s nezávislými přírůstky, stacionární procesy, prostorové modelování, stochastická geometrie, stochastická analýza, stochastické diferenciální rovnice.

II. Matematická statistika.

Teorie odhadu a testování hypotéz, rozhodovací funkce, mnohorozměrná analýza, regrese, výběrová šetření, robustní a neparametrické metody, bayesovská a sekvenční analýza, prostorová statistika, výpočetní aspekty statistických metod, simulační metody, analýza přežití.

III. Ekonometrie a operační výzkum.

Ekonometrické modely, časové řady. Optimalizace v prostorech konečné dimenze. Konvexní a variační analýza. Celočíselné, nelineární, parametrické, dynamické a stochastické programování. Stabilita, analýza výsledků. Teorie her a oligopolu. Operační výzkum. Teorie užitku, mikroekonomické a makroekonomické modely, ekonomická dynamika.

IV. Finanční a pojistná matematika.

Stochastické finanční modely, aplikace na kursy, akcie, kontrakty. Řízení rizik, portfolio, zajišťovací nástroje, výnosové křivky. Tabulky úmrtnosti, vyrovnávání tabulek. Teorie kredibility, Bayesovské metody, tvorba pojišťovacích tarifů, odhady strukturálních parametrů. Modelování rizika, teorie ruinování, ekonomický kapitál, účetní výkaznictví pojišťoven.

Doporučená literatura

- Anděl, J.: **Základy matematické statistiky.** *Matfyzpress, Praha, 2007.*
- Baxter, M., Rennie, A.: **Financial Calculus.** *Cambridge University Press, Cambridge, 1996.*
- Bazaraa, M. S., Sherali, H. D., Shetty, C. M.: **Nonlinear Programming: Theory and Algorithms** *Wiley, New York, 2006.*
- Beneš, V., Rataj, J.: **Stochastic Geometry - Selected Topics.** *Kluwer Acad. Publ., Boston, 2004.*
- Bertsekas, D. P.: **Dynamic programming and optimal control, 3rd edition.** *Athena Scientific, Massachusetts, 2005.*
- Bickel, P., Doksum, K.: **Mathematical Statistics: Basic Ideas and Selected Topics.** *Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2015.*
- Billingsley, P.: **Convergence of Probability Measures.** *Wiley, New York, 1999.*
- Blum, C., Overbeck, L., Wagner, C.: **An Introduction to Credit Risk Modeling.** *Chapman & Hall/CRC, London, 2003.*
- Booth, P. et al.: **Modern Actuarial Theory and Practice.** *Chapman & Hall/CRC, London, 2005.*
- Bowers, N. et al.: **Actuarial Mathematics.** *Society of Actuaries, Schaumburg, IL, 1997.*
- Brockwell, P. J., Davis, R. A.: **Time Series: Theory and Methods.** *Springer, New York, 1991.*
- Bühlmann, H., Gisler, A.: **A Course in Credibility Theory and its Applications.** *Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2005.*
- Cipra, T.: **Finanční ekonometrie.** *Ekopress, Praha, 2008.*
- Cipra, T.: **Matematika cenných papírů.** *HZ, Praha, 2000.*
- Cipra, T.: **Penze: kvantitativní přístup.** *Ekopress, Praha 2012.*
- Clarke, R.: **Optimization and Nonsmooth Analysis.** *Wiley Interscience, New York, 1983.*

- Davidson, J.: **Stochastic Limit Theory**. *Advanced Texts in Econometrics*. Oxford University Press, Oxford, 1994.
- Denuit, M. et al.: **Actuarial Theory for Dependent Risks**. Wiley, Chichester, 2005.
- Dupačová, J., Hurt, J., Štěpán, J.: **Stochastic Modeling in Economics and Finance**. Kluwer, Dordrecht, 2002.
- Dupačová, J.: **Portfolio Optimization and Risk Management**. Osaka University Press, Osaka, 2009.
- Elton, E. J., Gruber, M. J.: **Modern Portfolio Theory and Investment Analysis**. Wiley, New York, 1987.
- Fan, J., Yao, Q.: **Nonlinear Time Series**. Springer, New York, 2003.
- Föllmer, H., Schied, A.: **Stochastic Finance. An Introduction in Discrete Time**. de Gruyter, Berlin, 2002.
- Hájek, J., Šidák, Z., Sen, P.K.: **Theory of Rank Tests**. Academic Press, Orlando, 1999.
- Hamilton, J. D.: **Time Series Analysis**. Princeton University Press, Princeton, 1994.
- Hewitt, E., Stromberg, K.: **Real and Abstract Analysis**. Wiley, New York, 1969.
- Jurečková, J., Sen, P. K., Picek, J.: **Methodology in Robust and Nonparametric Statistics**. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2013.
- Jurečková, J., Picek, J.: **Robust Statistical Methods in R**. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2006.
- Kallenberg, O.: **Foundations of Modern Probability**. Springer-Verlag, Berlin, 1997.
- Karatzas, I., Shreve S. E.: **Brownian Motion and Stochastic Calculus**. Springer-Verlag, New York, 1988.
- Klebanov, L. B., Kozubowski, T. J., Rachev, S.: **Ill-Posed Problems in Probability and Stability of Random Sums**. Nova Scientific Publ., New York, 2006.
- Lehmann, E. L.: **Testing Statistical Hypothesis**. Chapman & Hall, New York, 1993.
- Lehmann, E. L.: **Theory of Point Estimation**. Wadsworth & Brook/Cole, Pacific Grove, 1991.
- Mandl, P.: **Pravděpodobnostní dynamické modely**. Academia, Praha, 1985.
- Mendelson, E.: **Introducing Game Theory and Its Applications**. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2004.
- Moller J., Waagepetersen R.: **Statistical Inference and Simulation for Spatial Point Processes**. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2004.
- McNeil, A. J., Frey, R., Embrechts, P.: **Quantitative Risk Management**. Princeton University Press. Princeton 2005.
- Oksendal B.: **Stochastic Differential Equations**. Springer, Heidelberg, 2003.
- Panjer, H., Wilmot, G.: **Insurance Risk Models**. Society of Actuaries, Schaumburg, IL, 1992.
- Rachev, S., Klebanov, L.B., Stoyanov S.V., Fabozzi, F.J.: **The Methods of Distances in the Theory of Probability and Statistics**. Springer, New York, 2013.

- Rockafellar, R. T., Wets, R. J.: **Variational Analysis**. Springer Verlag, Berlin, 1998.
- Seidler, J.: **Vybrané partie ze stochastické analyzy**. Matfyzpress, Praha, 2011.
- Sen, P. K., Singer, J. M.: **Large Sample Methods in Statistics**. Chapman & Hall/CRC, London, 1993.
- Serfling, R.J.: **Approximation Theorems of Mathematical Statistics**. Wiley, New York, 2002.
- Shapiro, A., Dentcheva, D., Ruszczyński, A.: **Lectures on Stochastic Programming, Modeling and Theory**. MPS-SIAM Series on Optimization, 2009.
- Shorack, G. R.: **Probability for Statisticians**. Springer-Verlag, New York, 2000.
- Schott, J. R.: **Matrix Analysis for Statistics**. Wiley, New York, 1997.
- Schneider R., Weil, W.: **Stochastic and Integral Geometry**. Springer, Berlin, 2008.
- Štěpán, J.: **Teorie pravděpodobnosti**. Academia, Praha, 1987.
- Wolsey, L. A., Nemhauser, G. L.: **Integer and Combinatorial Optimization**, Wiley, New York, 1999.