

---

UNIVERSITAS CAROLINA PRAGENSIS  
FACULTAS MATHEMATICAE PHYSICAEQUE DISCIPLINAE

**STUDIJNÍ PLÁNY**  
**Matematicko-fyzikální fakulty**

**Doktorské studium**

# Obsah

Předmluva .....	3
Studijní program FYZIKA .....	5
4F1 Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika .....	5
4F2 Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí .....	10
4F3 Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum .....	14
4F4 Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika .....	17
4F5 Fyzika povrchů a rozhraní .....	22
4F6 Kvantová optika a optoelektronika .....	24
4F7 Geofyzika .....	26
4F8 Meteorologie a klimatologie .....	29
4F9 Subjaderná fyzika .....	33
4F10 Jaderná fyzika .....	35
4F11 Matematické a počítačové modelování .....	37
4F12 Didaktika fyziky a obecné otázky fyziky .....	43
4F13 Fyzika nanostruktur .....	46
Studijní program INFORMATIKA .....	49
4I1 Teoretická informatika .....	49
4I2 Softwarové systémy .....	53
4I3 Matematická lingvistika .....	60
4I4 Diskrétní modely a algoritmy .....	63
Studijní program MATEMATIKA .....	67
Oborová rada doktorského studijního programu Matematika .....	67
4M1 Algebra, teorie čísel a matematická logika .....	67
4M2 Geometrie a topologie, globální analýza a obecné struktury .....	77
4M3 Matematická analýza .....	81
4M4 Pravděpodobnost a matematická statistika .....	84
4M5 Ekonometrie a operační výzkum .....	87
4M6 Vědecko–technické výpočty .....	90
4M7 Finanční a pojistná matematika .....	93
4M8 Obecné otázky matematiky a informatiky .....	96
Spolupracující ústavy .....	103



# Předmluva

Matematicko-fyzikální fakulta má akreditovány tři doktorské studijní programy: studijní program fyzika, studijní program informatika a studijní program matematika.

Doktorské studium se řídí příslušnými předpisy, zejména pak Zákonem o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem Univerzity Karlovy v Praze a Opatřeními rektora a děkana pro organizaci studia na Matematicko-fyzikální fakultě, které lze nalézt na www stránkách univerzity a fakulty.

Doktorský studijní program je zaměřen na vědecké bádání a samostatnou tvůrčí činnost v oblasti výzkumu nebo vývoje. Zapojování studentů do vědeckého výzkumu má na MFF již dlouhou tradici. Je to dáno tím, že na fakultě působí vynikající odborníci, kteří mají rozsáhlou spolupráci se zahraničím. V postgraduální výchově velmi aktivně působí i odborníci ze spolupracujících ústavů a organizací, zejména z Akademie věd České republiky.

Studium v doktorském studijním programu sleduje a hodnotí oborová rada (OR). Každý ze tří doktorských studijních programů akreditovaných na MFF se člení na obory a při každém tomto oboru je zřízena rada doktorského studijního oboru (RDSO), která navrhuje náplň doktorského studia v příslušném studijním oboru a kontroluje její provádění.

Podmínkou přijetí ke studiu v doktorském studijním programu je řádné ukončení studia v magisterském studijním programu. Podle Řádu přijímacího řízení MFF má přijímací zkouška dvě části: zkoušku z cizího jazyka, kterým je angličtina, a ústní odbornou zkoušku z oboru, na který se uchazeč hlásí. Formu zkoušky z cizího jazyka a podmínky pro prominutí této zkoušky stanoví pro daný akademický rok děkan po schválení Akademickým senátem fakulty. Přijímací zkouška z angličtiny je obvykle prominuta těm uchazečům, kteří vykonali zkoušku z angličtiny v magisterském studiu na MFF. Děkan může prominout přijímací zkoušku z angličtiny také těm uchazečům, kteří mají certifikáty z anglického jazyka na úrovni B2 (nebo vyšší) podle Společného evropského rámce pro jazyky (CEF – Common European Framework), např. FCE, CAE, CPE, IELTS, TOEFL, City & Guilds aj. Obsah přijímací zkoušky stanovuje OR, členy komise jmenuje děkan. O přijetí uchazeče rozhoduje děkan na základě výsledků přijímací zkoušky. Děkan po přijetí uchazeče určí školitele, OR, RDSO a školící pracoviště, v jejichž péči bude student po celou dobu studia. Případnou změnu během studia může povolit děkan.

Studium v doktorském studijním programu se řádně ukončuje státní doktorskou zkouškou a obhajobou disertační práce. Pro doktorské státní zkoušky a pro obhajoby doktorských disertačních prací jsou jmenovány komise, které mají předsedu a jednoho nebo více místopředsedů. Každá taková komise je zpravidla určena pro státní zkoušky a obhajoby v několika oborech studijních programů. Tyto komise jsou stručně označeny jako K1 až K10. Obhajoba doktorské práce se pak koná před subkomisí, kterou jmenuje děkan fakulty. Ve výjimečných případech, kdy je třeba, aby členy zkušební komise nebo komise pro obhajoby byli odborníci nezařazení do některých z komisí K1 až K10 (to se týká zejména případů, kdy doktorské studium částečně probíhalo v cizině a je vhodné

mít v komisi i zahraniční členy), musí takovou komisi předem schválit vědecká rada fakulty.

Do studijního plánu každého studenta doktorského studijního programu je povinně zařazena zkouška z angličtiny. Složení zkoušky z angličtiny je nutnou podmínkou k tomu, aby byl student doktorského studijního programu připuštěn k obhajobě disertační práce. Maximální doba studia v doktorském studijním programu je osm let, prezenční formou studia je však možné studovat nejvýše čtyři roky. Studium lze na základě písemné žádosti studenta přerušit, a to nejméně na dobu jednoho semestru. Nejdelší celková doba přerušení je pět let.

Rád bych zde poděkoval všem pracovníkům fakulty, kteří se na výuce doktorandů podílejí. Vedení školitele při práci na disertaci je velkým darem každému doktorandovi, který si získané zkušenosti z vědecké práce odnáší do dalšího života. Velký dík za pomoc při výuce i školení doktorandů patří také partnerským ústavům Akademie věd České republiky.

V seznamech poskytované výuky jsou uváděny i kredity, jejichž počet přibližně odpovídá náročnosti výuky. Na některých oborech je stanoven i minimální počet kreditů, které student musí během určité doby získat.

Všem doktorandům přeji mnoho úspěchů v jejich obtížném studiu.

Prof. RNDr. Lubomír Skála, DrSc.  
proděkan pro koncepci studia

# Studijní program FYZIKA

## Oborová rada doktorského studijního programu Fyzika

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/ors.htm#nor4-f> .

## 4F1 Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika

### Rada doktorského studijního oboru 4F1

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f1.htm> .

### Zkušební komise K6

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk06.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F1

- 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 ve Studijním informačním systému na adrese  
[http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F1](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F1) .

## Poskytovaná výuka

Posлуhač 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	Kredity	ZS	LS
NMAF006	<b>Vybrané partie z matematiky pro fyziky</b>	3	—	2/0 Zk
NTMF063	<b>Vybrané partie obecné relativity</b>	3	2/0 Zk	—
NJSF082	<b>Vybrané partie teorie kvantovaných polí I</b>	5	3/0 Zk	—
NJSF083	<b>Vybrané partie teorie kvantovaných polí II</b>	5	—	3/0 Zk
NJSF072	<b>Elektroslabá interakce II</b>	5	2/1 Zk	—
NTMF065	<b>Úvod do kvantové teorie pole na křivém pozadí</b>	5	2/1 Zk	—
NJSF044	<b>Matematické metody kvantové teorie II</b>	3	—	2/0 Zk
NTMF070	<b>Zářivé procesy v astrofyzice</b>	3	—	2/0 Zk
NTMF035	<b>Renormalizační teorie fázových přechodů</b>	3	—	2/0 Zk
NTMF047	<b>Pravděpodobnost a matematika fázových přechodů II</b>	3	2/0 Zk	—
NTMF032	<b>Statistická fyzika kvantových mnohočásticových systémů II</b>	3	—	2/0 Zk
NJSF084	<b>Chirální symetrie silných interakcí</b>	3	2/0 Zk	—
NJSF031	<b>Klasický a kvantový chaos</b>	3	—	2/0 Zk
NDIR058	<b>Hyperbolické systémy a zákony zachování</b>	3	—	2/0 Zk
NGEM030	<b>Kalibrační pole a nekomutativní geometrie</b>	3	2/0 Zk	—
NAST021	<b>Vybrané kapitoly z astrofyziky</b>	3	2/0 Zk	—
NTMF008	<b>Seminář ústavu teoretické fyziky</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NTMF006	<b>Relativistický seminář</b>	3	0/2 Z	0/2 Z

NTMF045	<b>Seminář atomové fyziky</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NAST010	<b>Seminář Astronomického ústavu UK</b>	3	0/2 Z	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–disipační teorém. Teorie lineární odezvy, Kubovy formule. Supravodivost a supratekust. 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, spektrografie, 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

- M. Reed, B. Simon: **Methods of Modern Mathematical Physics.** *Academic Press, New York 1979.*
- C. Misner, K. S. Thorne, J. Wheeler: **Gravitation.** *Freeman, San Francisco 1973.*
- R. M. Wald: **General Relativity.** *University of Chicago Press 1984.*
- J. Bičák, V. N. Rudenko: **Teorie relativity a gravitační záření.** *Univerzita Karlova, Praha 1986.*
- C. Itzykson, J. Zuber: **Quantum Field Theory.** *McGraw–Hill, New York 1982.*
- S. Weinberg: **Quantum Theory of Fields I–III.** *Cambridge University Press, Cambridge 1995–2000.*
- G. Rickayzen: **Green’s Function and Condensed Matter.** *Academic Press, London 1984.*
- G. D. Mahan: **Many–particle Physics.** *Plenum Press, New York 1990.*
- J. Formánek: **Úvod do kvantové teorie.** *Academia, Praha 1983.*
- B. S. Tanenbaum: **Plasma Physics.** *McGraw–Hill, New York 1967.*
- M. Plischke, B. Bergsen: **Equilibrium Statistical Physics.** *2nd edition. World Scientific, Singapore 1994.*
- G. A. H. Walker: **Astronomical Observations.** *Cambridge University Press, Cambridge.*
- D. J. Martynov: **Kurs Praktičeskoj astrofyziky.** *Nauka, Moskva.*
- M. Schwarzschild: **Structure and Evolution of the Stars.** *Princeton University Press, Cambridge 1958.*
- R. Bowers, T. Deeming: **Astrophysics I–III.** *Jones Bartlet, Boston 1984.*
- J. Binney, M. Merrifield: **Galactic Astronomy.** *Princeton Series in Astrophysics 1998.*
- J. Binney, S. Tremain: **Galactic Dynamics.** *Princeton Series in Astrophysics 1988.*
- G. Gilmore, I. King, P. C. van der Kruit: **The Milky Way as a Galaxy.** *University Science Books, Lecture Notes 1989.*
- D. Mihalas: **Stellar Atmospheres.** *W. H. Freeman & Co., San Francisco 1978.*
- C. W. H. De Loore, C. Doom: **Structure and Evolution of Single and Binary Stars.** *Kluwer, Dordrecht 1992.*
- R. Kippenhahn, A. Weigert: **Stellar Structure and Evolution.** *Springer–Verlag, Berlin 1991.*
- W. K. Rose: **Advanced Stellar Astrophysics.** *Cambridge University Press 1998.*
- E. L. Schatzman, F. Praderie: **The Stars.** *Astronomy and Astrophysics Library, Springer–Verlag, Berlin 1993.*
- J. Frank, A. R. King, D. J. Raine: **Accretion Power in Astrophysics.** *2nd Edition, Cambridge University Press 1992.*
- C. J. Hansen, S. D. Kawaler: **Stellar Interiors: Physical Principles, Structure and Evolution.** *Springer–Verlag, New York 1994.*

## 4F2 Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí

### Rada doktorského studijního oboru 4F2

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f2.htm>.

### Zkušební komise K7

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk07.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F2

- 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 ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F2](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F2).

**Poskytovaná výuka**

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NEVF501	Nízkoteplotní plazma a jeho aplikace	3	2/0 Zk	—
NEVF502	Elementární procesy v plazmatu	3	2/0 Zk	—
NEVF503	Měřicí metody, modelování a zpracování experimentálních dat	3	2/0 Zk	—
NEVF504	Fyzikální procesy ve sluneční soustavě	3	2/0 Zk	—
NEVF505	Diagnostika plazmatu	3	2/0 Zk	—
NEVF506	Magnetohydrodynamika, horké a laserové plazma	3	2/0 Zk	—
NEVF507	Seminář počítačové a měřicí techniky	3	—	0/2 Z
NEVF508	Seminář o moderních směrech ve fyzice	3	—	0/2 Z
NEVF518	Úvod do fyziky plazmatu	3	2/0 Zk	—
NTMF020	Teorie plazmatu	3	2/0 Zk	—
NEVF155	Technologie počítačových sítí	3	2/0 Zk	—
NEVF145	Plazma v kosmickém prostoru	3	—	2/0 Zk
NEVF125	Hmotnostní spektrometrie	3	2/0 Zk	—
NEVF135	Programování v IDL — zpracování a vizualizace dat	3	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, inverze 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 byly 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, vo-

divost, difuze a ambipolární difuze. Výboje v plynech. Chemické reakce v plazmatu. Vlny v plazmatu. Základní diagnostické metody.

## 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, příslušné diagnostické metody.

### II.2.5 Diagnostika plazmatu

Přehled diagnostických metod, optické metody, technika mikrovlnného měření, rezonátorová metoda, interferenční metoda, sondové metody, korpuskulární diagnostika.

### 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

E. R. Priest (Ed.): **Solar System Magnetic Fields**. *Terra Scient. Publ. Co., Tokyo 1985*.

S. I. Akasofu, Y. Kamide (Eds.): **The Solar Wind and the Earth**. *Terra Scient. Publ. Co., Tokyo 1987*.

F. F. Chen: **Úvod do fyziky plazmatu**. *Academia, Praha 1984*.

P. W. Atkins: **Physical Chemistry**. *Oxford University Press 1988*.

J. Glosík (Ed.): **Učební texty k přednášce Elementární procesy**. *MFF UK, Praha 1992*.

J. Kracík, J. Tobiáš: **Fyzika plazmatu**. *Academia, Praha 1966*.

- J. Kracík, B. Šesták, L. Aubrechl: **Základy klasické a kvantové fyziky plazmatu.** *Academia, Praha 1977.*
- A. L. Peratt: **Physics of the Plasma Universe.** *Springer-Verlag, New York – Heidelberg 1991.*
- F. F. Chen: **Plasma Diagnostic Techniques.** (Ed. by R. H. Huddleston and S. L. Leonard), *Academic Press, New York 1965.*
- L. Schott: **Plasma Diagnostics.** (Ed. by W. Lochte-Holtgreven), *North-Holland Publishing Comp., Amsterdam 1968.*
- J. D. Swift, M. I. R. Schwar: **Electrical Probes for Plasma Diagnostics.** *Illife Books, New York 1969.*
- P. M. Chung, L. Talbot, K. J. Touryan: **Electrical Probes in Stationary and Flowing Plasmas.** *Springer, Boston 1975 (rusky: Mir, Moskva 1978).*
- J. K. Hargreaves: **The Solar-terrestrial Environment.** *Cambridge Atmospheric and Space Science Series, Cambridge University Press, Cambridge 1992.*
- R. J. Goldston, P. H. Rutherford: **Introduction to Plasma Physics.** *Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia 1995.*
- J. A. Bittencourt: **Fundamentals of Plasma Physics.** *Springer, New York 2004.*
- W. Baumjohann, R. A. Treumann: **Basic Space Plasma Physics.** *Imperial College Press, London 1999.*
- R. A. Treumann, W. Baumjohann: **Advanced Space Plasma Physics.** *Imperial College Press, London 2001.*
- A. D. M. Walker: **Plasma Waves in the Magnetosphere.** *Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1993.*
- Ng Yiu, T. Baer, I. Powis: **Unimolecular and Bimolecular Ion-molecule Reactions.** *Wiley-Interscience, New York 1994.*
- R. Gross: **An Introduction to Alfvén Waves.** *The Adam Hilger Series on Plasma Physics, Bristol 1988.*
- M. G. Kivelson, C. T. Russell: **Introduction to Space Physics.** *University Press, Cambridge 1995.*
- D. W. Fanning: **IDL Programming Techniques.** *2<sup>nd</sup> ed., 2000.*
- T. I. Gombosi: **Physics of the Space Environment.** *Cambridge University Press, Atmospheric and Space Science Series, Cambridge 1998.*
- M. Horányi, S. Robertson, B. Walch (Eds.): **Physics of Dusty Plasma.** *AIP Conference Proceedings 446, Boulder, Colorado 1998.*
- T. E. Cravens: **Physics of Solar System Plasma.** *Cambridge University Press, Atmospheric and Space Science Series, Cambridge 1998.*
- P. K. Ghosh: **Ion Traps.** *Clarendon Press, Oxford 1995.*
- M. J. Thompson: **An Introduction to Astrophysical Fluid Dynamics.** *Imperial College Press, London 2006.*
- T. Encrenaz, et al.: **The Solar System.** *Springer, Berlin, Heidelberg, New York 2004.*
- E. Grün, B. A. S. Gustafson, S. Dermott, H. Fechtig: **Interplanetary Dust.** *Astronomy and Astrophysics Library. Springer, Berlin 2001.*
- K. Swamy: **Dust in the Universe: Similarities and Differences.** *World Scientific Series in Astronomy and Astrophysics, World Scientific Publishing, Singapore 2005.*

D. Biskamp: **Magnetohydrodynamic Turbulence.** *Cambridge University Press, Cambridge 2003.*

M.-B. Kallenrode: **Space Physics: An Introduction to Plasma and Particles in the Heliosphere and Magnetospheres.** *Springer, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 2001.*

B. Lautrup: **Physics of Continuous Matter: Exotic and Everyday Phenomena in the Macroscopic World.** *Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia 2005.*

## 4F3 Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum

### Rada doktorského studijního oboru 4F3

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f3.htm> .

### Rada doktorského studijního oboru 4F3

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f3.htm> .

### Zkušební komise K7

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk07.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F3

- 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>

**Vypsaná témata**

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese  
[http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F3](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F3).

**Poskytovaná výuka****Povinné předměty**

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NBCM083	Vybrané partie z kvantové teorie	3	2/1 Zk	—
NFPL088	Metody statistické fyziky	3	2/1 Z+Zk	—
NFPL085	Elektronová teorie pevných látek	3	—	2/0 Zk
NFPL087	Seminář řešení fyzikálních problémů	3	—	0/2 Z
NFPL086	Experimentální metody fyziky kondenzovaného stavu	6	2/2 Zk	—

**Povinně výběrové předměty**

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NFPL082	Magnetismus a elektronová struktura kovových systémů	3	2/0 Zk	—
NFPL120	Moderní problémy fyziky materiálů	3	2/0 Zk	2/0 Zk
NFPL063	Pokročilá kvantová teorie s aplikacemi ve fyzice kondenzovaných látek	4	—	2/1 Zk
NFPL093	Vybrané kapitoly z teorie a metodiky magnetické rezonance	3	2/0 Zk	—
NFPL128	Vybrané partie z pozitronové anihilační spektroskopie	3	—	1/1 Z+Zk
NFPL178	Supratekutost a Boseova-Einsteinova kondenzace	5	—	2/1 Z+Zk
NFPL195	Vybrané partie fyziky nízkých teplot	3	—	2/0 Zk
NFPL066	Pokročilé metody a aktuální témata ze strukturní analýzy	3	2/0 Z	—



**Volitelné předměty**

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NFPL073	<b>Využití rozptylu neutronů v materiálovém výzkumu</b>	3	—	2/0 Zk
NFPL154	<b>Neutronové a synchrotronové záření v magnetických látkách</b>	6	—	2/2 Z+Zk
NFPL072	<b>Systémy s korelovanými f-elektrony</b>	3	2/0 Zk	—
NFPL076	<b>Metody studia interakcí v magnetických systémech</b>	3	—	2/0 Zk
NFPL013	<b>Rozptyl rtg záření na tenkých vrstvách</b>	3	2/0 Zk	—
NFPL158	<b>Magnetické struktury</b>	3	2/0 Zk	—
NFPL159	<b>Moderní materiály s aplikačním potenciálem</b>	3	—	2/0 Zk
NFPL174	<b>Základy mechaniky tekutin a turbulence</b>	3	2/0 Zk	—
NFPL197	<b>Základy mechaniky kontinua a teorie dislokací</b>	3	—	2/0 Zk
NFPL198	<b>Mikrostruktura a mechanické vlastnosti materiálů</b>	3	—	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 supratekutost

### III. Specializace

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

## Doporučená literatura

N. W. Ashcroft, N. D. Mermin: **Solid State Physics**. *Sounders Coll. Publishing, Philadelphia 1988*.

B. Barbara, D. Gignoux, C. Vettier: **Lectures on Modern Magnetism**. *Springer-Verlag, Berlin 1988*.

E. W. Cahn, E. Lifshin: **Concise Encyclopedia of Materials Characterization**. *Pergamon Press, Oxford 1993*.

H. Ibach, H. Luth: **Solid-State Physics**. *Springer-Verlag, Berlin 1991*.

C. Kittel: **Úvod do fyziky pevných látek**. *Academia, Praha 1985*.

P. Kratochvíl, P. Lukáč, B. Sprušil: **Úvod do fyziky kovů I**. *SNTL, Praha 1984*.

R. Kužel, M. Saxlová, J. Šternberk: **Úvod do fyziky kovů II**. *SNTL, Praha 1985*.

R. Šafrata a kol.: **Fyzika nízkých teplot**. *Matfyzpress, Praha 1998*.

V. Valvoda, M. Polcarová, P. Lukáč: **Základy strukturní analýzy**. *Karolinum, Praha 1992*.

J. M. Ziman: **Principles of the Theory of Solids**. *Cambridge University Press, Cambridge 1965*.

K. H. J. Buschow, R. W. Cahn, M. C. Flemings, B. Ilschner, E. J. Kramer, S. Mahajan: **The Encyclopedia of Materials: Science and Technology**. *Pergamon Press, Oxford 2001*.

## 4F4 Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika

### Rada doktorského studijního oboru 4F4

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f4.htm> .

### Rada doktorského studijního oboru 4F4

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f4.htm> .

### Zkušební komise K8

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk08.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

## Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F4

- 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 ve Studijním informačním systému na adrese  
[http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F4](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F4).

Kompaktní seznam témat je k dispozici na domovské stránce rady doktorského studijního oboru.

## Domovská stránka rady doktorského studijního oboru 4F4

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

## Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NBCM198	<b>Elektrické vlastnosti molekulárních materiálů a systémů</b>	3	—	2/0 Zk
NBCM091	<b>Seminář z fyziky polymerů</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NBCM058	<b>Relaxační chování polymerů</b>	3	—	2/0 Zk

NBCM076	<b>Teorie polymerních struktur</b>	3	2/0 Zk	—
NBCM097	<b>Spektroskopie povrchem zesíleného Ramanova rozptylu</b>	3	—	2/0 Zk
NBCM301	<b>Seminář pro doktorandy — aktuální problémy molekulární biologie</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NBCM304	<b>Molekulární mechanismy membránového transportu</b>	3	—	2/0 Zk
NBCM313	<b>Moderní metody měření a analýzy dat v časově rozlišené fluorescenční spektroskopii</b>	3	2/0 Zk	—
NBCM317	<b>Pokročilá molekulární spektroskopie</b>	3	1/1 Z+Zk	—
NOOE119	<b>Nelineární optická spektroskopie</b>	3	2/0 Zk	—
NFPL193	<b>NMR interakce a teorie relaxací</b>	5	—	2/1 Z+Zk
NBCM127	<b>Biofyzikální metody studia fotosyntézy</b>	3	—	2/0 Zk
NBCM128	<b>Pokročilé metody molekulární spektroskopie</b>	3	—	2/0 Zk
NBCM129	<b>Experimentální technika v optické spektroskopii a radiometrii</b>	3	—	2/0 Zk
NBCM130	<b>Seminář optické spektroskopie</b>	3	—	0/2 Z
NBCM059	<b>Aplikace nízkoteplotního plazmatu</b>	3	2/0 Zk	—
NBCM208	<b>Základy makromolekulární fyziky</b>	4	—	3/0 Zk
NBCM066	<b>Základy makromolekulární chemie</b>	5	2/1 Z+Zk	—
NBCM228	<b>Polymery pro aplikace ve fotonice a optoelektronice</b>	3	2/0 Zk	—
NBCM012	<b>Biochemie</b>	3	—	1/1 Zk
NBCM023	<b>Význam a funkce kovových iontů v biologických systémech</b>	3	2/0 Zk	—
NBCM305	<b>Optické senzory</b>	6	2/0 Zk	—
NBCM316	<b>Počítačové modelování biomolekul</b>	5	1/2 Z+Zk	1/2 Z+Zk
NFPL179	<b>Kvantový popis NMR</b>	5	2/1 Z+Zk	2/1 Z+Zk
NFPL186	<b>Seminář spektroskopie NMR vysokého rozlišení</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NBCM046	<b>Teoretický seminář chemické fyziky</b>	2	0/1 Z	0/1 Z

NBCM055	<b>Molekulární simulace v chemické fyzice</b>	5	2/1 Z+Zk	2/1 Z+Zk
NBCM200	<b>Studijní seminář plazmových polymerů</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NBCM201	<b>Jaderná magnetická rezonance biomolekul a makromolekulár. systémů</b>	3	2/0 Zk	—
NBCM039	<b>Kvantová teorie molekul</b>	7	—	3/2 Z+Zk
NBCM098	<b>Rentgenová strukturní analýza biomolekul a makromolekul</b>	3	2/0 Zk	—
NBCM041	<b>Základy teorie přenosu energie v molekulárních systémech I</b>	3	2/0 Zk	—
NBCM300	<b>Seminář pro doktorandy — struktura a spektroskopie biomolekul</b>	3	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.  $\pi$ –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 kapalné krystaly, 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

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

## 4F5 Fyzika povrchů a rozhraní

### Rada doktorského studijního oboru 4F5

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f5.htm>.

### Zkušební komise K7

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk07.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F5

- 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/>

### Vypsání témat

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F5](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F5).

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NEVF514	Fyzika povrchů	3	2/0 Zk	—
NEVF515	Metody fyziky povrchů a tenkých vrstev I	3	—	2/0 Zk
NEVF516	Metody fyziky povrchů a tenkých vrstev II	3	2/0 Zk	—
NEVF517	Seminář fyziky povrchů a tenkých vrstev	3	0/2 Z	—

## Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

### I. Širší základ

Elektromagnetické pole. Fotony. Vlnová funkce. Relace neurčitosti. Schrödingero-va 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 površích (adsorpce; emise nabitých částic — termomise, 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

- A. I. Anselm: **Úvod do teorie polovodičů.** *Academia, Praha 1967.*  
 J. Groszkowski: **Technika vysokého vakua.** *SNTL, Praha 1981.*  
 L. Eckertová a kol.: **Metody analýzy povrchů, elektronová spektroskopie.** *Academia, Praha 1990.*  
 L. Eckertová a kol.: **Metody analýzy povrchů, elektronová mikroskopie a difrakce.** *Academia, Praha 1996.*  
 L. Frank a kol.: **Metody analýzy povrchů, iontové, sondové a speciální metody.** *Academia, Praha 2002.*  
 L. Eckertová a kol.: **Fyzikální elektronika pevných látek.** *Univerzita Karlova, Praha 1992.*  
 L. Eckertová: **Physics of thin films.** *SPN – Plenum Press, New York – Praha 1986.*  
 Ch. Kittel: **Úvod do fyziky pevných látek.** *Academia, Praha 1985.*  
 L. Pátý: **Fyzika nízkých tlaků.** *Academia, Praha 1968.*  
 A. Zangwill: **Physics at surfaces.** *Cambridge University Press, Cambridge 1988.*  
 F. Bechstedt: **Principles of Surface Physics.** *Springer-Verlag, Berlin 2003.*



## 4F6 Kvantová optika a optoelektronika

### Rada doktorského studijního oboru 4F6

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f6.htm>.

### Zkušební komise K8

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk08.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F6

- 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 ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F6](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F6).

### Poskytovaná výuka

Povinné předměty:

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NOOE100	<b>Doktorský seminář kvantové optiky a optoelektroniky</b>	3	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	Kredity	ZS	LS
NFPL182	<b>Teorie pevných látek</b>	9	4/2 Z+Zk	—
NTMF002	<b>Pokročilá kvantová teorie</b>	6	3/1 Z+Zk	—
NOOE069	<b>Laserová spektroskopie polovodičových nanokrystalů</b>	5	2/1 Z+Zk	—
NOOE060	<b>Kvantová statistika optických polí</b>	3	2/0 Zk	—
NOOE103	<b>Teorie koherence</b>	4	3/0 Zk	—

NOOE101	<b>Kvantová a nelineární optika I</b>	3	2/0 Zk	—
NOOE102	<b>Kvantová a nelineární optika II</b>	3	—	2/0 Zk
NOOE026	<b>Ultrakrátké světelné pulsy</b>	3	2/0 Zk	—
NOOE111	<b>Použití ultrakrátkých optických pulsů ve spektroskopii</b>	3	2/0 Zk	—
NOOE121	<b>Metody laserové spektroskopie v polovodičové spintronice</b>	3	2/0 Zk	2/0 Zk
NOOE110	<b>Polovodičová luminiscence a její aplikace</b>	3	—	2/0 Zk
NOOE009	<b>Optické vlastnosti pevných látek a optoelektronika</b>	3	—	2/0 Zk
NOOE112	<b>Optické interakce v periodických anizotropních strukturách</b>	3	2/0 Zk	—
NOOE109	<b>Polovodičová fotonika</b>	3	2/0 Zk	—
NOOE108	<b>Polovodičová optoelektronika</b>	3	2/0 Zk	—
NOOE003	<b>Optoelektronické materiály a technologie</b>	3	2/0 Zk	—
NOOE107	<b>Detekce a detektory záření</b>	3	—	2/0 Zk
NOOE047	<b>Integrovaná optika</b>	3	2/0 Zk	—
NOOE049	<b>Holografie</b>	3	2/0 Zk	—
NBCM305	<b>Optické senzory</b>	6	2/0 Zk	—
NOOE113	<b>Laserová metrologie</b>	3	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

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

## 4F7 Geofyzika

### Rada doktorského studijního oboru 4F7

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f7.htm>.

### Zkušební komise K9

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk09.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

## Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F7

- 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.irmsm.cas.cz/>

## Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese  
[http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F7](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F7) .

## Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NGEO078	Mechanika kontinua I	5	2/1 Z+Zk	—
NGEO069	Mechanika kontinua II	3	—	2/0 Zk
NGEO005	Fourierova spektrální analýza	5	2/1 Z+Zk	—
NGEO029	Přehled geofyziky	3	2/0 Zk	—
NGEO017	Tíhové pole a tvar Země	5	—	2/1 Z+Zk
NGEO082	Seismologie I	5	—	2/1 Z+Zk
NGEO074	Seismologie II	3	2/0 Zk	—
NGEO080	Geomagnetismus a geoelektřina I	5	—	2/1 Z+Zk
NGEO079	Geomagnetismus a geoelektřina II	3	2/0 Zk	—
NGEO022	Numerické metody ve Fortranu	6	3/1 Z+Zk	—
NGEO002	Šíření seismických vln	5	2/1 Z+Zk	—
NGEO057	Metody zpracování geofyzikálních dat	5	—	2/1 Z+Zk
NGEO015	Geotermika a radioaktivita Země	5	—	2/1 Z+Zk
NGEO076	Obrácené úlohy a modelování ve fyzice	3	—	2/0 Zk
NGEO081	Obrácené úlohy a modelování v geofyzice	6	—	2/2 Z+Zk
NGEO016	Stavba Země	4	3/0 Zk	—
NGEO084	Geodynamický seminář	3	0/2 Z	0/2 Z
NGEO083	Seismický seminář	3	0/2 Z	0/2 Z
NGEO032	Paprskové metody v seismice	5	—	2/1 Z+Zk
NDGF015	Dynamika pláště a litosféry pro doktorandy	6	2/0 Zk	2/0 Zk
NDGF014	Geomagnetismus a geoelektřina pro doktorandy	8	2/0 Zk	2/1 Z+Zk

NDGF013	<b>Mechanika kontinua pro doktorandy</b>	8	2/1 Z+Zk	2/0 Zk
NDGF018	<b>Okrajové úlohy pro určení tíhového pole a tvaru Země pro doktorandy</b>	6	2/0 Zk	2/0 Zk
NDGF012	<b>Rotace Země pro doktorandy</b>	6	2/0 Zk	2/0 Zk
NDGF016	<b>Seismologie pro doktorandy</b>	8	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

- C. M. R. Fowler: **The Solid Earth**. *Cambridge Univ. Press, Cambridge 1990.*
- G. Schubert (Editor-in-Chief): **Treatise on Geophysics**. *Elsevier, Amsterdam 2007.*
- R. T. Merrill, M. W. McElhinny, P. L. McFadden: **The Magnetic Field of the Earth**. *Academic Press, San Diego 1998.*
- V. Červený: **Seismic Ray Theory**. *Cambridge Univ. Press, Cambridge 2001.*
- F. A. Dahlen, J. Tromp: **Theoretical Global Seismology**. *Princeton University Press, Princeton 1998.*
- T. Lay, T. C. Wallace: **Modern Global Seismology**. *Academic Press, New York 1995.*
- G. Schubert, D. L. Turcotte, P. Olson: **Mantle Convection in the Earth and Planets**. *Cambridge Univ. Press, Cambridge 2001.*
- J. Brokešová: **Asymptotic Ray Method in Seismology. A Tutorial**. *Matfyz Press, Praha 2008.*
- O. Novotný: **Motions, Gravity Field and Figure of the Earth**, (skripta). *UFBA, Salvador, Bahia 1998.*
- P. M. Shearer: **Introduction to Seismology**. *Cambridge Univ. Press, Cambridge 1999.*
- P. K. Aki, P. Richards: **Quantitative Seismology**. *University Science Books, Sausalito 2002.*

## 4F8 Meteorologie a klimatologie

### Rada doktorského studijního oboru 4F8

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f8.htm> .

### Zkušební komise K10

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk10.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F8

- 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 ve Studijním informačním systému na adrese  
[http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F8](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F8) .

## Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMET501	<b>Radičně aktivní plyny v atmosféře</b>	3	2/0 Zk	—
NMET502	<b>Matematické modelování dějů v atmosféře</b>	3	2/0 Zk	—
NMET503	<b>Vybrané partie z dynamické meteorologie</b>	3	2/0 Zk	—
NMET504	<b>Transport znečištění v atmosféře</b>	3	—	2/0 Zk
NMET505	<b>Atmosférické aerosoly</b>	3	—	2/0 Zk
NMET506	<b>Expertní systémy v meteorologii</b>	3	2/0 Zk	—
NMET507	<b>Prediktabilita atmosférických procesů</b>	3	—	2/0 Zk
NMET508	<b>Numerické předpovědní metody</b>	3	—	2/0 Zk
NMET509	<b>Dynamika systému oceán — atmosféra</b>	3	2/0 Zk	—
NMET510	<b>Stratosféra a mezosféra</b>	3	2/0 Zk	—
NMET511	<b>Aplikovaná fyzika oblaků a srážek</b>	3	—	2/0 Zk
NMET512	<b>Využití vícerozměrných statistických metod v meteorol. a klimat.</b>	3	—	2/0 Zk
NMET513	<b>Seminář o aktuálních otázkách meteorologie</b>	2	0/1 Z	0/1 Z
NMET514	<b>Klimatologický seminář</b>	3	—	0/2 Z
NMET515	<b>Seminář z dynamické a synoptické meteorologie</b>	3	0/2 Z	—
NMET517	<b>Vybrané partie geofyzikální hydrodynamiky</b>	3	—	2/0 Zk
NMET518	<b>Scénáře změny klimatu</b>	3	—	2/0 Zk
NMET519	<b>Modelování klimatických změn</b>	3	—	2/0 Zk
NMET520	<b>Aktuální otázky synoptické klimatologie</b>	3	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 zonálním 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, stabilitní 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. Mezosféra, základní pojmy a procesy.

## Doporučená literatura

- F. Pechala, J. Bednár: **Příručka dynamické meteorologie**. Academia, Praha 1991.
- F. Mesinger, A. Arakawa: **A Numerical Methods Used in Atmospheric Models**. WMO–GARP Publications Series No. 17 1976.
- D. Drikakis, W. Rider: **High–Resolution Methods for Incompressible and Low–Speed Flows**. Springer, Berlin 2005.
- D. G. Andrews, J. R. Holton, C. B. Leovy: **Middle Atmosphere Dynamics**. Academic Press, New York 1987.
- M. Z. Jacobson: **Fundamentals of Atmospheric Modeling**. Cambridge University Press, Cambridge 1999.
- J. R. Holton: **The Dynamic Meteorology of the Stratosphere and Mesosphere**. Am. Met. Soc., Boston 1975.
- J. A. Dutton: **Dynamics of Atmospheric Motion**. Dover, New York 1995.
- J. Pedlosky: **Geophysical Fluid Dynamics**. Springer–Verlag, Berlin 1995.
- J. A. Curry, P. J. Webster: **Thermodynamics of Atmospheres and Oceans**. Academic Press, New York 1999.
- A. S. Zverev: **Synoptická Meteorológia**. Alfa–SNTL, Bratislava, Praha 1986.
- K. McGuffie, A. Henderson–Sellers: **A Climate Modelling Primer**. druhé vydání, John Wiley and Sons, New York 1999.
- J. N. Rayner: **Dynamic Climatology**. Blackwell Publishers, Inc., Malden, Mass. USA 2001.
- G. R. Bigg: **The Oceans and Climate**. druhé vydání, Cambridge University Press, Cambridge 1999.
- J. P. Peixoto, A. H. Oort: **Physics of Climate**. American Inst. of Physics, New York 1992.
- H. R. Pruppacher, J. D. Klett: **Microphysics of Clouds and Precipitation**. druhé vydání, Atmospheric and oceanographic sciences library, Vol. 18, Kluwer Academic Publishers, Oxford 1997.
- R. A. Houze Jr.: **Cloud Dynamics**. International Geophysics Series, Vol. 53, Academic Press, New York 1993.

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

## 4F9 Subjaderná fyzika

### Rada doktorského studijního oboru 4F9

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f9.htm>.

### Zkušební komise K6

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk06.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F9

- 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/>

### Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F9](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F9).

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NJSF091	Seminář částicové a jaderné fyziky I	3	0/2 Z	—
NJSF092	Seminář částicové a jaderné fyziky II	3	—	0/2 Z
NJSF072	Elektroslabá interakce II	5	2/1 Zk	—
NJSF086	Kvarky, partony a kvantová chromodynamika	6	—	2/2 Z+Zk
NJSF085	Základy teorie elektroslabých interakcí	6	—	2/2 Z+Zk
NJSF075	Detektory pro fyziku vysokých energií	3	2/0 Zk	—
NJSF057	Od hledání původu za standardní model	3	—	2/0 Zk

NJSF063	Vybrané partie ze subjaderné fyziky	3	2/0 Zk	—
NJSF074	Experimentální prověrka standardního modelu II	3	2/0 Zk	—
NJSF077	Praktická fyzika vysokých energií	3	0/2 Z	—
NJSF080	Pravděpodobnost a stochastické procesy ve fyzice částic	3	2/0 Zk	—
NJSF082	Vybrané partie teorie kvantovaných polí I	5	3/0 Zk	—
NJSF083	Vybrané partie teorie kvantovaných polí II	5	—	3/0 Zk
NJSF062	Kvantová teorie pole I	9	4/2 Z+Zk	—
NJSF098	Kvantová teorie pole II	9	—	4/2 Z+Zk
NJSF068	Kvantová teorie pole I	9	4/2 Z+Zk	—
NJSF069	Kvantová teorie pole II	9	—	4/2 Z+Zk
NJSF100	Vybrané partie z teorie pole	3	2/0 Zk	—
NJSF030	Kvantová teorie pole při konečné teplotě	3	—	2/0 Zk
NJSF042	Praktická kvantová teorie pole	5	—	2/1 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

- J. Formánek: *Úvod do kvantové teorie*. Academia, Praha 2004.  
 J. Hořejší: *Fundamentals of electroweak theory*. Karolinum, Praha 2002.

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

## 4F10 Jaderná fyzika

### Rada doktorského studijního oboru 4F10

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f10.htm> .

### Zkušební komise K6

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk06.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F10

- 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 ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F10](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F10) .

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NJSF024	Jaderné analytické metody	3	2/0 Zk	—
NJSF132	Teorie nanoscale systémů I	3	2/0 Zk	—
NJSF133	Teorie nanoscale systémů II	3	—	2/0 Zk

NJSF056	<b>Problém mnoha těles ve struktuře jádra</b>	3	2/0 Zk	—
NJSF031	<b>Klasický a kvantový chaos</b>	3	—	2/0 Zk
NJSF085	<b>Základy teorie elektroslabých interakcí</b>	6	—	2/2 Z+Zk
NJSF086	<b>Kvarky, partony a kvantová chromodynamika</b>	6	—	2/2 Z+Zk
NMAF020	<b>Pravděpodobnost a matematická statistika</b>	5	2/0 Zk	—
NJSF058	<b>Jaderné reakce s těžkými ionty</b>	3	2/0 Zk	—
NJSF041	<b>Aplikovaná jaderná fyzika</b>	6	4/0 Zk	—
NJSF070	<b>Urychlovače nabitých částic</b>	3	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 (lagranžiany 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, strukturní 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

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

## 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, případně s aplikacemi ve vědě o materiálech, 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 související matematikou 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 komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f11.htm> .

### Zkušební komise K3

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk03.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

## Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F11

- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.  
Žitná 25, 115 67 Praha 1  
<http://www.cz.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 ve Studijním informačním systému na adrese  
[http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F11](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F11) .

## Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMOD001	Matematické metody v mechanice tekutin pro doktorandy	6	2/0 —	2/0 Zk
NDIR065	Regularita řešení Navier-Stokesových rovnic	3	2/0 Zk	—
NDIR142	Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice pro doktorandy I	3	2/0 Zk	—
NDIR143	Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice pro doktorandy II	3	—	2/0 Zk
NDIR051	Diferenciální rovnice pro pokročilé	6	2/2 Z+Zk	—
NNUM131	Vybrané kapitoly z numerické lineární algebry 1	3	2/0 Zk	—
NNUM231	Vybrané kapitoly z numerické lineární algebry 2	3	—	2/0 Zk
NNUM080	Matematická teorie tvarové optimalizace pro doktorandy I	3	2/0 Zk	—
NNUM081	Matematická teorie tvarové optimalizace pro doktorandy II	3	—	2/0 Zk
NMOD014	Úvod do teorie optimalizace	3	2/0 Zk	—
NDIR066	Matematická analýza rovnic stlačitelného proudění	3	2/0 Zk	—
NMOD042	Matematická analýza modelů termodynamiky nenewtonovských tekutin	3	—	2/0 Zk
NMOD140	Matematické metody v mechanice kontinua tuhých látek pro doktorandy 1	3	2/0 Zk	—
NMOD043	Teorie směsí	3	—	2/0 Zk

NMOD036	<b>Biodynamika</b>	6	2/2 Z+Zk	—
NNUM070	<b>Metoda konečných objemů pro stlačitelné proudění</b>	3	2/0 Zk	—
NNUM066	<b>Pokročilé partie metody konečných prvků</b>	3	2/0 Zk	—
NEVF160	<b>Moderní počítačová fyzika I</b>	5	2/1 KZ	—
NEVF161	<b>Moderní počítačová fyzika II</b>	5	—	2/1 KZ
NEVF526	<b>Počítačová fyzika I</b>	6	2/2 Z	—
NEVF532	<b>Počítačová fyzika II</b>	6	—	2/2 Zk
NEVF523	<b>Numerické metody počítačové fyziky I</b>	6	2/2 Zk	—
NEVF529	<b>Numerické metody počítačové fyziky II</b>	6	—	2/2 Zk
NEVF525	<b>Fyzika plazmatu a počítačové modelování v plazmatu I</b>	6	2/2 Z	—
NEVF531	<b>Fyzika plazmatu a počítačové modelování v plazmatu II</b>	6	—	2/2 Zk
NPRF036	<b>Moderní metody počítačové fyziky</b>	3	1/1 Z	—
NEVF524	<b>Seminář počítačové fyziky I</b>	3	0/2 Z	—
NEVF530	<b>Seminář počítačové fyziky II</b>	3	—	0/2 Z
NPRF001	<b>Programování ve Fortranu a zpracování dat</b>	5	—	2/1 Z+Zk
NPRF005	<b>UNIX pro fyziky</b>	3	2/0 Z	—
NPRF006	<b>Pokročilé metody programování</b>	3	1/1 Z	—
NBCM316	<b>Počítačové modelování biomolekul</b>	5	1/2 Z+Zk	—
NEVF114	<b>Fyzika tenkých vrstev I</b>	3	2/0 Zk	—

## Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Zkouška se skládá ze čtyř částí:

I — Základy moderní matematiky (výběr jedné až tří oblastí I.1 až I.4)

II — Základy moderní fyziky (výběr jedné až tří oblastí II.1 až II.4)

III — Pokročilé kapitoly (výběr jedné z oblastí III.1 až III.3)

IV — Speciální kapitoly

Celkem je třeba zvolit tři až čtyři oblasti z částí I+II.

### *I. Základy moderní matematiky*

#### *I.1. Vybrané partie matematické analýzy*

Teorie míry a integrálu, Fourierovy řady, věta o implicitních funkcích. Existenční teorie pro systémy obyčejných diferenciálních rovnic, kvalitativní vlastnosti. Základy teorie disipativních dynamických systémů.



### *I.2. Základy numerických metod*

Numerické metody lineární algebry, interpolace a aproximace funkcí, metody numerické integrace, řešení nelineárních rovnic a jejich soustav, soustava diferenciálních rovnic, numerické řešení obyčejných diferenciálních rovnic, optimalizační metody.

### *I.3. Lineární funkcionální analýza*

Metrické prostory, vektorové prostory, normované lineární prostory, teorie lineárních operátorů, Hilbertovy a Banachovy prostory, spojité lineární funkcionály, Hahn–Banachova věta, Fredholmovy věty, řešení integrálních rovnic, Lebesgueovy prostory a jejich duály.

### *I.4. Lineární parciální diferenciální rovnice*

Lineární rovnice prvního řádu, metoda charakteristik, formulace základních úloh pro jednotlivé typy rovnic 2. řádu, jejich řešitelnost, vlastnosti harmonických funkcí, rovnice vedení tepla, vlnová rovnice, integrální transformace. Sobolevovy a Bochnerovy prostory, moderní teorie lineárních parciálních diferenciálních rovnic.

## *II. Základy moderní fyziky*

### *II.1. Mechanika kontinua*

Tenzorová mechanika kontinua, tenzor velké deformace, infinitezimální deformace. Tenzor napětí, konstituční vztahy, princip objektivity, materiálová symetrie. Ideální newtonovské viskoelastické vlastnosti a nenewtonovské tekutiny, elastické a viskoelastické pevné látky. Bilanční rovnice, rovnice mechaniky tekutin, věta o transportu, okrajové podmínky, formulace okrajových úloh, zjednodušené modely.

### *II.2. Termodynamika*

Základní zákony termodynamiky. Termodynamické veličiny, stav systému – I. zákon termodynamiky, termodynamický proces, entropie – II. zákon termodynamiky. Důsledky principu časové nevratnosti procesů a principu maximální pravděpodobnosti stavu, konstituční vztahy pro termoviskoelastické těleso, termoviskoelastickou tekutinu a termodynamické podmínky stability jejich stavu. Klasická nerovnovážná termodynamika, zobecněná definice entropie pro lokálně nerovnovážné stavy.

### *II.3. Kvantová teorie*

Základní pojmy a postuláty kvantové mechaniky. Schrödingerova rovnice, relace neurčitosti, jednočásticové a dvoučásticové problémy, lineární harmonický oscilátor, částice v potenciálové jámě, přibližné metody kvantové mechaniky, spin. Kvantová teorie pevných látek a molekul.

### *II.4. Statistická fyzika*

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

## *III. Pokročilé kapitoly*

### *III.1. Metody moderní matematické analýzy*

Nelineární funkcionální analýza, moderní teorie vybraných nelineárních parciálních diferenciálních rovnic a parciálních diferenciálních nerovnic, matematická teorie mechaniky tuhých těles a mechaniky tekutin, základy optimalizace.

### *III.2. Numerická matematika*

Metoda konečných prvků (konformních i nekonformních), metoda sítí, metoda konečných objemů.

### III.3. Metody počítačové fyziky

Spojité a částicové modelování — metoda Monte Carlo, metoda molekulární dynamiky, spojitě modelování, hybridní modelování. Algebraické manipulace, integrální transformace, počítačová grafika, zpracování obrazu, vizualizace, pokročilé metody programování, pokročilé metody počítačové fyziky — wavelety, použití neuronových sítí ve fyzice, evoluční modelování. Základy paralelizace výpočtů.

### IV. Speciální kapitoly

Požadavky budou stanoveny vždy podle tématu doktorské práce na základě individuálního plánu každého doktoranda.

## Doporučená literatura

- P. S. Addison: **The Illustrated Wavelet Transform Handbook**. *Institute of Physics Publishing, Bristol 2002*.
- H. B. Callen: **Thermodynamics and an introduction to thermostatics**. *John Wiley and Sons, New York 1985*.
- P. Chadwick: **Continuum Mechanics: Concise Theory and Problems**. *Dover Publications, Second expanded edition, Dover 1999*.
- F. F. Chen: **Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion**. *Springer, New York 2006*.
- P. G. Ciarlet, J.L. Lions (ed.): **Finite Element Methods. Handbook of Numerical Analysis, Part 1**. *North-Holland-Elsevier, 2007 (3rd edition)*.
- S. Davydov: **Kvantová mechanika**. *SPN, Praha 1978*.
- H. Elman, D. Silvester, A. Wathen: **Finite Elements and Fast Iterative Solvers (with applications in incompressible fluid dynamics)**. *Oxford Science Publications, Oxford University Press, 2008*.
- L. Evans: **Partial Differential Equations**. *AMS 1998*.
- E. Feireisl: **Dynamics of viscous compressible fluids**. *Oxford Lecture Series in Mathematics and its Applications, 26. Oxford University Press, Oxford, 2004*.
- E. Feireisl, A. Novotný: **Singular Limits in Thermodynamics of Viscous Fluids**. *Advances in Mathematical Fluid Mechanics, Birkhäuser Basel, 2009*.
- M. Feistauer: **Mathematical Methods in Fluid Mechanics**. *Longman Scientific and Technical Series, Harlow 1993*.
- M. Feistauer, J. Felcman, I. Straškraba: **Mathematical and computational methods for compressible flow**. *Numerical Mathematics and Scientific Computation. The Clarendon Press, Oxford University Press, Oxford, 2003*.
- N. Gershenfeld: **The Nature of Mathematical Modelling**. *Cambridge Univ. Press, Cambridge 1999*.
- M. E. Gurtin: **An introduction to continuum mechanics**. *Mathematics in Science and Engineering, 158. Academic Press, Inc., New York-London, 1981*.
- J. M. Haille: **Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods**. *J. Willey, New York 1992*.
- R. W. Hockney, J. W. Eastwood: **Computer Simulation Using Particles**. *Taylor and Francis, New York 1988*.
- R. Hrach: **Počítačová fyzika I**. *PF UJEP, Ústí nad Labem 2003*.
- R. Hrach: **Počítačová fyzika II**. *PF UJEP, Ústí nad Labem 2004*.
- I. Nezbeda, J. Kolafa, M. Kotrla: **Počítačové simulace**. *Skripta MFF UK, Praha 1998*.

- J. Kvasnica: **Statistická fyzika**. *Academia, Praha 1983*.
- D. P. Landau, K. Binder: **A Guide to Monte Carlo Simulation in Statistical Physics**. *Cambridge Univ. Press, Cambridge 2005*.
- J. Lukeš: **Zápisky z funkcionální analýzy**. *Skripta MFF UK, Karolinum 1998*.
- J. Málek, J. Nečas, M. Rokyta, M. Růžička: **Weak and Measure-valued solutions to evolutionary equations**. *Chapmann & Hall, 1996*.
- J. Málek, K.R. Rajagopal: **Mathematical issues concerning the Navier–Stokes equations and some of its generalizations. Evolutionary equations. Vol. II, 371–459, Handb. Differ. Equ., ed. C.M. Dafermos, E. Feireisl. Elsevier/North–Holland, Amsterdam, 2005**.
- F. Maršík, I. Dvořák: **Biodynamika**. *Academia, Praha 1998*.
- F. Maršík: **Termodynamika kontinua**. *Academia, Praha 1999*.
- A. Novotný, I. Straškraba: **Introduction to the mathematical theory of compressible flow**. *Oxford Lecture Series in Mathematics and its Applications, 27. Oxford University Press, Oxford, 2004*.
- B. Perthame: **Transport equations in biology**. *Frontiers in Mathematics. Birkhäuser Verlag, Basel, 2007*.
- W. K. Pratt: **Digital Image Processing**. *Wiley, New York 1991*.
- W. H. Press et al.: **Numerical Recipes — The Art of Scientific Computing. Third Edition**. *Cambridge Univ. Press, Cambridge 2007*.
- D. C. Rapaport: **The Art of Molecular Dynamics Simulations**. *Cambridge University Press, Cambridge 1995*.
- T. Roubíček: **Nonlinear Partial Differential Equations with Applications**. *Birkhäuser, Basel, 2005*.
- A. J. M. Spencer: **Continuum Mechanics**. *Dover Books on Physics, Dover Publications; Dover edition, Dover 2004*.
- R. Temam: **Navier–Stokes equations and nonlinear functional analysis. Second edition, CBMS–NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics, 66. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), Philadelphia, PA, 1995**.
- R. Temam: **Navier–Stokes equations. Theory and numerical analysis. Reprint of the 1984 edition**. *AMS Chelsea Publishing, Providence, RI, 2001*.
- N. Phan–Thien: **Understanding Viscoelasticity**. *Springer, 2002*.
- E. Zeidler: **Applied Functional Analysis**. *Springer–Verlag, Berlin 1995*.
- E. Zeidler: **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 komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f12.htm>.

### Zkušební komise K1

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk01.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F12

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

### Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=F12](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=F12).

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDFY029	Problémy fyzikálního vzdělávání	3	0/2 Z	—
NDFY054	Moderní trendy ve fyzikálním vzdělávání	3	—	0/2 Z
NDFY064	Doktorandský seminář f12 I	1	0/1 Z	—
NDFY065	Doktorandský seminář f12 II	1	—	0/1 Z
NDFY066	Fyzikální obraz světa II	3	—	0/2 Z
NPOZ007	Filozofické problémy fyziky	2	0/1 Z	0/1 Z
NDFY071	Úvod do řešeršní a výzkumné činnosti I	1	0/1 Z	—
NDFY072	Úvod do řešeršní a výzkumné činnosti II	1	—	0/1 Z
NDFY042	Vývoj fyzikálních experimentů	3	0/2 Z	—
NDFY070	Vývoj fyzikálních experimentů II	3	—	0/2 Z
NDFY068	Fyzika v kulturních dějinách lidstva I	3	2/0 Zk	—
NDFY069	Fyzika v kulturních dějinách lidstva II	3	—	2/0 Zk
NPED040	Úvod do metodologie pedagogických a didaktických výzkumů	3	0/2 Z	—

NPED041	<b>Metody pedagogického a didaktického výzkumu</b>	3	—	2/0 Zk
NDFY067	<b>Současné trendy pedagogiky a didaktiky fyziky</b>	3	—	0/2 Z
NDPP001	<b>Doktorský seminář z pedagogiky a psychologie I</b>	3	0/2 Z	—
NDPP002	<b>Doktorský seminář z pedagogiky a psychologie II</b>	3	—	0/2 Z
NPSY001	<b>Psychologie učitelství</b>	3	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 neinerciální 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 dizertační 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 výchozí diskuse, 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

- R. P. Feynman a kol.: **Feynmanovy přednášky z fyziky 1–3. Český překlad. Fragment, Havlíčkův Brod, 2000–2002.**
- M. Brdička, A. Hladík: **Teoretická mechanika. Academia, Praha, 1987.**
- J. Kvasnica: **Teorie elektromagnetického pole. Academia, Praha, 1985.**
- J. Pišút, L. Gomolčák, V. Černý: **Úvod do kvantové mechaniky. Alfa, Bratislava, 1983.**
- Ch. Kittel: **Úvod do fyziky pevných látek. Český překlad Academia, Praha, 1985.**
- V. Hajko a kol.: **Fyzika v experimentoch. Veda, Bratislava, 1987.**
- Y. Bertrand: **Soudobé teorie vzdělávání. Český překlad Portál, Praha, 1998.**
- J. Průcha: **Moderní pedagogika. Portál, Praha, 2002.**
- P. Gavora: **Úvod do pedagogického výzkumu. Paido, Brno, 2000.**
- J. Pelikán: **Základy empirického výzkumu pedagogických jevů. Karolinum, Praha, 1998.**
- M. Disman: **Jak se vyrábí sociologická znalost. Karolinum, Praha, 1998.**
- M. Chráska: **Metody pedagogického výzkumu. Základy kvantitativního výzkumu. Grada, Praha, 2007.**
- A. Strauss, J. Corbinová: **Základy kvalitativního výzkumu. Albert, Brno, 1999.**
- J. Hendl: **Úvod do kvalitativního výzkumu. Unitisk, Praha, 1999.**
- J. Bell: **Doing your research project: a guide for first-time researchers in education, health and social science. Open Univ. Press, Maidenhead, 2005.**
- F. N. Kerlinger: **Základy výzkumu chování. Academia, Praha, 1972.**
- J. Ferjenčík: **Úvod do metodologie psychologického výzkumu. Portál, Praha, 2000.**
- J. Fenclová: **Úvod do teorie a metodologie didaktiky fyziky. SPN, Praha, 1982.**
- J. Fenclová: **Didaktické myšlení a jednání učitele fyziky. SPN, Praha, 1984.**
- I. Volf: **Metodika řešení úloh ve středoškolské fyzice. Gaudeamus, Hradec Králové, 1997.**
- M. Chráska: **Didaktické testy. Paido, Brno, 1999.**
- D. Nezvalová: **Konstruktivismus a jeho aplikace v integrovaném pojetí přírodovědného vzdělávání. Úvodní studie. Vydavatelství UP, Olomouc, 2006.**
- J. Bennett: **Teaching and Learning Science. A Guide to Recent Research and its Applications. Continuum, London, N.Y., 2003.**
- K. Popper: **Logika vědeckého zkoumání. OIKOYMENH, Praha, 1998.**
- T. S. Kuhn: **Struktura vědeckých revolucí. OIKOYMENH, Praha, 1997.**
- R. Zajac, J. Šebesta: **Historické pramene súčasnej fyziky 1. Alfa, Bratislava, 1990.**

R. Zajac, J. Pišút, J. Šebesta: **Historické pramene súčasnej fyziky 2.** *Univerzita Komenského, Bratislava, 1997.*

H. Kragh: **Quantum generations: a history of physics in the twentieth century.** *Princeton University Press, Princeton 2002.*

## 4F13 Fyzika nanostruktur

### Rada doktorského studijního oboru 4F13

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-f13.htm> .

### Zkušební komise K7

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk07.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4F13

- 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 ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redir.php?redir=szn\\_obor&fak=11320&obor=F13](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redir.php?redir=szn_obor&fak=11320&obor=F13) .

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NEVF534	<b>Fyzika nízkodimenzionálních struktur</b>	3	2/0 Zk	2/0 Zk
NFPL199	<b>Fyzikální metody studia nanostruktur</b>	3	2/0 Zk	2/0 Zk
NEVF535	<b>Nanomateriály: příprava, vlastnosti a aplikace</b>	3	2/0 Zk	2/0 Zk
NEVF533	<b>Fyzikální metody technologie nanostruktur</b>	3	2/0 Zk	2/0 Zk
NFPL187	<b>Seminář — Nanomateriály: Fyzika, technologie, využití I</b>	3	0/2 Z	—
NFPL188	<b>Seminář — Nanomateriály: Fyzika, technologie, využití II</b>	3	—	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

- R.–J. Roe: **Methods of x–ray and Neutron Scattering in Polymer Science.** Oxford Univ. Press 2000.
- B. J. Gabrys (Ed.): **Applications of Neutron Scattering to Soft Condensed Matter.** Gordon and Breach Science Publisher 2000.
- U. Pietsch et al.: **High–resolution x–ray scattering from thin films and nanostructures.** Springer 2004.
- D. B. Williams and C. B. Carter: **Transmission Electron Microscopy, a Textbook for Material Science.** Plenum Press, New York 1996.
- E. L. Wolf: **Nanophysics and Nanotechnology, An Introduction to Modern Concepts in Nanoscience.** Wiley–VCH, Berlin 2006.
- Springer Handbook of Nanotechnology,** Bharat Bhushan (Ed.). 2nd ed. Springer 2007.
- J. A. Venables: **Introduction to Surface and Thin Film Processes.** Cambridge University Press 2000.
- V. A. Shchukin, N. N. Ledentsov, D. Bimberg: **Epitaxy of Nanostructures.** Springer 2004.
- T. Michely, J. Krug: **Atoms, Mounds and Atoms, Patterns and Processes in Crystal Growth Far from Equilibrium.** Springer 2004.



- M. A. Herman, W. Richter, H. Sitter: **Epitaxy: Physical Principles and Technical Implementation.** *Springer 2004.*
- Guozhong Cao: **Nanostructures and Nanomaterials.** *Imp. Coll. Press 2004.*
- Investigations and Applications of Severe Plastic Deformation,** NATO Science Series 80, ed. T. C. Lowe and R. Z. Valiev. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2000.*
- D. Bimberg et al.: **Quantum Dot Heterostructures.** *J. Wiley 1999.*
- C. Delerue, M. Lannoo: **Nanostructures, theory and modeling.** *Springer 2004.*
- D. J. Mills and J.A.C. Bland (eds): **Nanomagnetism.** *Elsevier 2006.*
- M. Grundmann: **Nano-optoelectronics.** *Springer 2002.*
- A. S. Edelstein and R. Cammarata: **Nanomaterials, Synthesis, Properties and Application.** *Inst. of Physics Publishing 1996.*
- G. A. Ozin, A.C. Arsenault: **Nanochemistry.** *RSC Publ. 2005.*
- S. Reich, C. Thomsen, J. Maultzsch: **Carbon Nanotubes.** *J Wiley, 2003.*
- G. Q. Lu, X. S. Zhao: **Nanoporous Materials Science and Engineering.** *Imperial College Press 2004.*
- L. Frank, J. Král: **Metody analýzy povrchu, iontové, sondové a speciální techniky.** *Academia, Praha 2002.*
- P. Hirsch: **Electron Microscopy of Thin Crystals.** *R. E. Krieger Publishing 1977.*

# Studijní program INFORMATIKA

## Oborová rada doktorského studijního programu Informatika

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/ors.htm#nor4-i> .

## 4I1 Teoretická informatika

### Rada doktorského studijního oboru 4I1

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-i1.htm> .

### Zkušební komise K2

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk02.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4I1

- 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 ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=I1](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=I1) .

**Poskytovaná výuka**

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NDMI018	<b>Aproximační a online algoritmy</b>	3	—	2/1 Z+Zk
NDMI025	<b>Pravděpodobnostní algoritmy</b>	3	—	2/1 Z+Zk
NTIN050	<b>Seminář z výpočetní složitosti</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NAIL076	<b>Logické programování I</b>	3	2/0 Zk	—
NAIL077	<b>Logické programování II</b>	3	—	2/0 Zk
NAIL078	<b>Lambda-kalkulus a funkcionální programování I</b>	5	2/1 Z+Zk	—
NAIL079	<b>Lambda-kalkulus a funkcionální programování II</b>	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN088	<b>Algoritmická náhodnost I</b>	3	2/0 Zk	—
NTIN089	<b>Algoritmická náhodnost II</b>	3	—	2/0 Zk
NAIL013	<b>Aplikace teorie neuronových sítí</b>	3	—	2/0 Zk
NAIL026	<b>Teoretické otázky neuronových sítí — aproximace</b>	3	2/0 Zk	—
NAIL021	<b>Booleovské funkce a jejich aplikace</b>	3	2/0 Zk	—
NAIL031	<b>Reprezentace booleovských funkcí</b>	3	2/0 Zk	—
NTIN081	<b>Strukturální složitost I</b>	3	2/0 Zk	—
NTIN082	<b>Strukturální složitost II</b>	3	—	2/0 Zk
NTIN006	<b>Algebraické algoritmy</b>	3	2/0 Zk	—
NOPT042	<b>Programování s omezujícími podmínkami</b>	5	2/1 Zk	—
NAIL071	<b>Plánování a rozvrhování</b>	3	—	2/0 Zk
NAIL029	<b>Strojové učení</b>	3	2/0 Zk	—
NAIL025	<b>Evoluční algoritmy I</b>	6	2/2 Z+Zk	—
NDBI029	<b>Statistické aspekty dobývání znalostí z dat</b>	3	—	1/1 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, algebra*

Výrokový a predikátový počet, syntax a sémantika, jejich vztah. Formální systémy, Elementární aritmetika, Peanova aritmetika, úplná aritmetika, Presburgerova aritmetika, bezspornost a úplnost, Goedelovy věty. Turingovy stroje. Algoritmicky nerozhodnutelné problémy, nerozhodnutelnost predikátové logiky, nerozhodnutelnost bezsporných rozšíření elementární aritmetiky. Nedefinovatelnost pravdy v aritmetice. Věty o rekurzi. Teorie formálních jazyků a konečné automaty. Vybrané algebraické struktury, univerzální algebry. Úvod do teorie modelů, standardní model aritmetiky, existence ne-standardních modelů aritmetiky, algebraické specifikace programů.

## 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.

## 3. Diskrétní matematika

Teorie grafů, grafové algoritmy. Lineární programování a dualita. Základy teorie her, typy her, jejich řešení. Kombinatorické principy a jejich aplikace. Extremální problémy v kombinatorice. Pravděpodobnostní metody v kombinatorice. 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

Automatické dokazování, rezoluční metoda, dokazování v rovnostních teoriích. Deklarativní programovací jazyky. Reprezentace znalostí, práce s neurčitostí, multiagentní systémy, strojové učení, metody pro dobývání znalostí. Kognitivní systémy. Prohledávání stavového prostoru, metaheuristiky a jejich příklady a aplikace, lokální prohledávání. Plánování, splňování podmínek, booleovská splnitelnost. Neuronové sítě, jejich modely, aplikace a vlastnosti. Genetické algoritmy a evoluční programování.

## Doporučená literatura

### 1. Logika, algebra:

V. Švejdar: **Logika: neúplnost, složitost a nutnost**. *Academia, Praha, 2002*.

P. Hájek, P. Pudlák: **Metamathematics of first-order arithmetic**. *Springer-Verlag, Berlin, 1993*.

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

P. Štěpánek: **Predikátová logika**. *Učební text na webových stránkách katedry katedra teoretické informatiky a matematické logiky, MFF UK, <http://ktiml.mff.cuni.cz/index.php?select=teaching&section=sources&lang=czech>*

P. Štěpánek: **Meze formální metody**. *Učební text na webových stránkách katedry katedra teoretické informatiky a matematické logiky, MFF UK, <http://ktiml.mff.cuni.cz/index.php?select=teaching&section=sources&lang=czech>*

G. Birkhoff, S. MacLane: **Prehled modernej algebry**. *Alfa, Bratislava, 1979*.

J. Ježek: **Univerzální algebra a teorie modelů**. *SNTL, Praha, 1976*.

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

A. Nies: **Computability and randomness**. *Oxford University Press, 2009*.

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

### 2. teorie složitosti:

S. Arora and B. Barak: **Computational Complexity: A Modern Approach**. <http://www.cs.princeton.edu/theory/index.php/Compbook/Draft>

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

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

E. Kushilevitz, N. Nisan: **Communication complexity**. Cambridge University Press, 1997.

J. Hromkovič: **Communication Complexity and Parallel Computing**. Springer–Verlag, Berlin, 1997.

J. E. Hopcroft, J. D. Ullman: **Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation**. Addison–Wesley, Reading, MA, 1979.

### 3. Diskrétní matematika:

J. Matoušek, J. Nešetřil: **Kapitoly z diskrétní matematiky**. Karolinum, Praha, 2000.

J. Matoušek: **Lineární programování a lineární algebra pro informatiky**. ITI Series 2006–311.

R. Diestel: **Graph Theory**. Springer–Verlag, 2nd ed., 2000.

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

N. Alon, J. Spencer: **The Probabilistic Method**. Wiley, 2001.

F. J. MacWilliams, N. J. A. Sloane: **The Theory of Error–Correcting Codes**. North–Holland, Amsterdam, 1977.

### 4. Algoritmy:

J. Kleinberg, E. Tardos: **Algorithms Design**. Addison–Wesley, Reading, MA, 2005.

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

V. V. Vazirani: **Approximation Algorithms**. Springer–Verlag, 2001.

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

J. Jájá: **An Introduction to Parallel Algorithms**. Addison–Wesley, Reading, MA, 1992.

### 5. Umělá inteligence:

S. J. Russell, P. Norvig: **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Prentice Hall, 2003.

R. Pfeifer, C. Scheier: **Understanding Intelligence**. The MIT Press, Cambridge, MA, 2001.

A. Robinson, A. Voronkov (ed.): **Handbook of Automated Reasoning I, II**. Elsevier, Amsterdam, The MIT Press, Cambridge, MA, 2001.

L. De Raedt: **Logical and Relational Learning**. Springer–Verlag, Berlin, 2008.

M. Ghallab, D. Nau, P. Traverso: **Automated Planning: Theory and Practice**. Morgan Kaufmann, 2004.

F. Rossi, P. van Beek, T. Walsh (ed.): **Handbook of Constraint Programming**. Elsevier, 2006.

J. Šíma, R. Neruda: **Teoretické otázky neuronových sítí**. Matfyz Press, Praha 1996.

S. Haykin: **Neural Networks: A Comprehensive Foundation**. 2nd edition, *Prentice Hall, USA, 1999*.

Z. Michalewicz: **Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs**. *Springer-Verlag, 1999*.

S. Nolfi, D. Floreano: **Evolutionary robotics, the biology, intelligence and technology of self-organizing machines**. *The MIT Press, Cambridge, MA, USA, 2000*.

## 4I2 Softwarové systémy

### Rada doktorského studijního oboru 4I2

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-i2.htm>.

### Zkušební komise K2

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk02.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4I2

- 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 ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=I2](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=I2).

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN055	Paralelní architektury	3	2/0 Zk	—
NTIN044	Sémantika programovacích jazyků	5	—	2/1 Z+Zk
NDBI016	Transakce	3	—	2/0 Zk

NSWI104	Řízení projektů firem	3	—	0/2 Z
NSWI057	Výběrový seminář z distribuovaných a komponentových systémů I	6	0/4 Z	—
NSWI058	Výběrový seminář z distribuovaných a komponentových systémů II	6	—	0/4 Z
NSWI068	Objektové a komponentové systémy	5	2/1 Z+Zk	—
NSWI132	Analýza programů a verifikace kódu	6	2/2 Z+Zk	—
NSWI101	Modely a verifikace chování systémů	6	—	2/2 Z+Zk
NPRG042	Programování v paralelním prostředí	5	—	2/1 Z+Zk
NSWI080	Middleware	5	—	2/1 Z+Zk
NDBI019	Stochastické metody v databázích	3	—	2/0 Zk
NTIN083	Seminář z datových struktur	3	0/2 Z	—
NPRG021	Vybrané partie z jazyka Java	3	—	0/2 Z
NDBI033	Netradiční databázové modely, architektury a jazyky	3	2/0 Zk	—

## 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

#### okruh 1

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

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

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

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

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

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

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

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

#### okruh 2

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

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

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

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

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

C. Stirling: **Modal and Temporal Logics**. Handbook of Logic in Computer Science, pp. 477–563, Oxford 1992.

W. Thomas: **Automata on Infinite Objects**. Volume B of Handbook of TCS, pp. 135–192, Elsevier 1990.

R. van Glaabeek: **The Linear Time-Branching Time Spectrum**. Proc. of Concur 90, LNCS 458, pp. 278–297, Springer-Verlag 1990.

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

### okruh 3

A. V. Aho, R. Sethi, and J. D. Ullman: **Compilers: Principles, Techniques and Tools.** *Addison–Wesley 1988.*

V. H. Allan, R. B. Jones, R. M. Lee, S. J. Allan: **Software Pipelining.** *In ACM Computing Surveys 27, 3 (September), pp. 367–432, ACM 1995.*

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

R. Mak: **Writing Compilers And Interpreters.** *Wiley Computer Publishing 1996.*

D. E. M. Penrose, C. Palmer: **Advanced Compiler Design and Implementation.** *Morgan Kaufmann Publishers, 1997.*

D. Wall: **Limits to instruction level parallelism.** *Proc. 4th Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, pp. 176–188, ACM 1991.*

### okruh 4

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

J. Dollimore: **Distributed Systems: Concepts and Design.** *Addison–Wesley, 4th edition 2005.*

A. Goscinski: **Distributed Operating Systems — The Logical Design.** *Addison–Wesley 1992.*

S. Mullender: **Distributed Systems.** *Addison–Wesley, 2nd edition 1993.*

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

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

### okruh 5

J. Boykin, D. Kirschen, A. Langerman, S. LoVerso: **Programming under Mach.** *Addison–Wesley 1993.*

R. Chow, T. Johnson: **Distributed Operating Systems & Algorithms.** *Addison–Wesley 1997.*

M. Herlihy: **The Art of Multiprocessor Programming.** *Morgan Kaufmann 2008.*

R. Love: **Linux Kernel Development.** *Novell Press, 2nd edition 2005.*

F. Plášil, F. Staudek: **Operační systémy.** *SNTL Praha 1991.*

M. Russinovich: **Microsoft Windows Internals.** *Microsoft Press, 4th edition 2005*

C. Schimmel: **Unix Systems for Modern Architectures.** *Addison–Wesley 1994.*

W. Stallings: **Operating Systems, Internals and Design Principles.** *Prentice Hall, 6th edition 2008.*

U. Vahalia: **Unix Internals.** *The new Frontiers, Prentice Hall, 2nd edition 2001.*

### okruh 6

- S. Abiteboul, R. Hull, V. Vianu: **Foundations of Databases**. *Addison–Wesley 1995*.
- S. Abiteboul, P. Buneman, D. Suciu: **Data on the web: from relations to semistructured data and XML**. *Morgan Kaufmann, San Francisco 2000*.
- P. Atzeni, V. DeAntonellis: **Relational Database Theory**. *Benjamin and Cummings Publ. Co., Menlo Park California 1993*.
- P. Atzeni: **Database systems: concepts, languages and architectures**. *McGraw–Hill, London 1999*.
- H. Garcia–Molina, J. Ullman, J. Widom: **Database System Implementation**. *Prentice–Hall 2000*.
- J. Gray, A. Reuter: **Transaction processing: concepts and techniques**. *Kaufmann, San Mateo 1993*.
- A. H. Silberschatz, H. F. Korth, S. Sudarashan: **Database system concepts**. *3rd ed., McGraw–Hill, Boston 1999*.
- B. Thalheim: **Entity–Relationship Modeling Foundations of Database Technology**. *Springer–Verlag 2000*.
- J. D. Ullman: **Principles of Database and Knowledge–Base Systems**. *Volume I. Computer Science Press 1988*.
- J. D. Ullman: **Principles of Database and Knowledge–Base Systems**. *Volume II. Computer Science Press 1989*.

#### okruh 7

- M. Abadi, L. Cardelli: **A theory of Objects**. *Springer–Verlag, corrected edition 1998*.
- A. Eliens: **Principles of Object–Oriented Software Development**. *Addison–Wesley, 2nd edition 2000*.
- G. T. Leavens, M. Sitaraman (ed.): **Foundations of Component–based Systems**. *Cambridge University Press 2000*.
- B. Pierce: **Types and Programming Languages**. *MIT Press 2002*.
- F. Plášil, M. Stahl: **An Architectural view of distributed objects and components in CORBA, Java RMI, and COM/DCOM**. *Software Concepts & Tools, Vol. 19, No. 1, Springer–Verlag 1998*.
- A. Rausch et al.: **The Common Component Modeling Example: Comparing Software Component Models**. *Springer–Verlag 2008*.
- Russ Miles: **AspectJ Cookbook**. *O’Reilly 2004*.
- T. Stahl, M. Volter: **Model–driven Software Development**. *J. Wiley & Sons 2006*.
- C. Szyperski: **Component Software: Beyond Object–Oriented Programming**. *Addison–Wesley, 2nd edition 2002*.

#### okruh 8

- H. Attiya, R. Welch: **Distributed Computing — Fundamentals, Simulations and Advanced Topics**. *Wiley Interscience, 2nd edition 2004*.
- S. Baker: **CORBA Distributed Objects, Using Orbix**. *Addison–Wesley 1997*.
- S. Krakowiak et al: **Advances in Distributed Computing: From Algorithms to Systems**. *Springer–Verlag 2000*.
- Microsoft: **Microsoft .NET Architecture**. <http://www.microsoft.com> .

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

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

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

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

Sun Microsystems: **Enterprise Java**. <http://www.sun.com>

## okruh 9

J. Adair: **Vytváření efektivních týmů**. *Management Press, Praha 1994.*

J. Arlow, I. Neustadt: **UML 2 a unifikovaný proces vývoje aplikací**. *Computer Press 2007.*

M. Fowler: **UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language**. *Addison-Wesley, 3rd edition 2003.*

E. M. Hall: **Managing Risks — Methods for Software Systems Development**. *Addison-Wesley 1998.*

A. Jarvis, R. Kehoe: **A Tool for Software Products and Process Improvement**. *Springer-Verlag 1996.*

J. Koubek: **Řízení lidských zdrojů — Základy moderní personalistiky**. *Management Press, Praha 1999.*

J. Král: **Informační systémy**. *Science Veletiny 1998.*

T. K. Landauer: **The Trouble with Computers**. *MIT Press 1995.*

C. Larman: **Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development**. *Prentice-Hall, 3rd edition 2007.*

D. A. Lax, J. K. Sebenius: **Manažer jako vyjednávač**. *Victoria Publ., Praha 1994.*

J. W. Moore: **Software Engineering Standards — A User Road Map**. *IEEE, Los Alamitos, Ca. 1998.*

J. Nielsen: **Usability Engineering**. *Academic Press 1995.*

R. S. Pressman: **Software Engineering — A Practitioner Approach**. *McGraw-Hill, 6th edition 2004.*

I. Sommerville: **Software Engineering**. *Addison-Wesley, 8th edition 2008.*

C. J. Steward, C. Steward: **Interviewing Principles and Practices**. *Oracle Co. UK, Berkshire 1994.*

## 4I3 Matematická lingvistika

### Rada doktorského studijního oboru 4I3

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-i3.htm>.

### Zkušební komise K2

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk02.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4I3

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

### Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=I3](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=I3).

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NPFL004	Seminář z formální lingvistiky	3	0/2 Z	0/2 Z
NPFL006	Úvod do formální lingvistiky	3	2/0 Zk	—
NPFL024	Syntaktická analýza češtiny	3	—	0/2 Z
NPFL051	Syntax bez transformací	3	0/2 Z	—
NPFL012	Úvod do počítačové lingvistiky	3	2/0 Zk	—
NPFL015	Nástroje pro automatický překlad	3	0/2 Z	—
NPFL007	Počítačové zpracování přirozeného jazyka	3	2/0 Z	—
NPFL044	Automatické rozpoznávání mluvené řeči	3	2/0 Zk	—
NPFL054	Úvod do strojového učení (v počítačové lingvistice)	6	2/2 Z+Zk	—
NPFL035	Gramatická cvičení pro doktorandy	3	—	0/2 Z
NPFL067	Statistické metody zpracování přirozených jazyků I	6	2/2 Z+Zk	—
NPFL068	Statistické metody zpracování přirozených jazyků II	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL042	Syntéza řeči z psaného textu	3	—	2/0 Zk
NPFL064	Čtení textů z obecné lingvistiky	2	—	0/1 Z

NPFL066	<b>Korpusová lingvistika — aplikace</b>	3	—	0/2 Z
NPFL071	<b>Vybrané problémy z lingvistiky I</b>	3	2/0 Zk	—
NPFL072	<b>Vybrané problémy z lingvistiky II</b>	3	—	2/0 Zk
NPFL074	<b>Matematické metody v lingvistice II</b>	3	—	0/2 Z
NPFL076	<b>Zdroje lingvistických dat II</b>	3	—	0/2 KZ
NPFL077	<b>Doktorandský seminář — prezentace výsledků</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NPFL083	<b>Lingvistická teorie a gramatické formalismy</b>	5	—	2/1 Z+Zk
NPFL079	<b>Algoritmy rozpoznávání mluvené řeči</b>	6	—	2/2 Z+Zk
NPFL087	<b>Statistický strojový překlad</b>	3	—	0/2 KZ
NPFL075	<b>Pražský závislostní korpus</b>	5	2/1 Zk	—
NPFL086	<b>Lexikologie — slova a významy</b>	3	—	0/2 Z

## Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Okruhy 1 a 2 jsou povinné, další okruh je výběrový po dohodě se školitelem a podle zaměření doktoranda.

### 1. *Matematické základy počítačové lingvistiky*

Výrokový a predikátový počet a jeho specifické případy, syntax a sémantika, jejich vztah. Extenzionální a intenzionální logika, lambda–kalkulus. Formální jazyky a automaty, Chomského hierarchie gramatik a jazyků. Kategoriální gramatiky a lexikalizované gramatiky. Základní pojmy teorie grafů.

### 2. *Formální lingvistika*

Strukturní lingvistika a její zdroje. Formální popis přirozeného jazyka. Vývoj Chomského teorie gramatiky od standardní, rozšířené standardní teorie přes teorii principů a parametrů po univerzální gramatiku a minimalismus. Optimalita, lexikálně–funkční gramatika, HPSG. Závislostní přístupy, stratifikační přístupy, model „smysl — text“, „Tree Adjoining Grammar“. Pražský funkční generativní popis. Formální sémantika.

### 3. *Počítačová a korpusová lingvistika*

Morfologická a syntaktická analýza přirozeného jazyka (metodami symbolickými, statistickými). Generování přirozeného jazyka. Komunikace s počítačem v přirozeném jazyce: znalostní systémy, umělá inteligence, neuronové sítě. Strojový překlad a jeho typy. Kvantitativní lingvistika. Automatické rozpoznávání a syntéza mluvené řeči. Počítačové korpusy textů. Anotované korpusy a jejich druhy. Počítačová lexikografie.

### 4. *Zpracování přirozeného jazyka: statistické metody a strojové učení*

Skryté Markovovy modely (algoritmy Baum–Welch, Forward–Backward, Viterbi). Pravděpodobnostní bezkontextové gramatiky. Jazykové modely. Překladové modely. Metody vyhlazování. Lineární a nelineární klasifikační metody. Shlukovací metody. Rozhodovací stromy. Vyhodnocovací metriky. Porovnání dvou a více klasifikátorů. Testy signifikance výsledků experimentů.

## Doporučená literatura

### Okruh 1

Bach, E.: **Informal Lectures on Formal Semantics**. State University of New York. 1989.

Partee, Barbara H., Alice ter Meulen and Robert Wall: **Mathematical Methods in Linguistics**. Dordrecht: Kluwer, 1990. Second printing, corrected first edition, 1993.

Peregrin, J.: **Úvod do teoretické sémantiky**. FF MU, Brno 1994.

Štěpánek, P.: **Predikátová logika**. Učební text na webových stránkách katedra teoretické informatiky a matematické logiky, MFF UK, <http://ktiml.mff.cuni.cz/index.php?select=teaching&section=sources&lang=czech> .

Hopcroft, J. E., Rajeev, M., J. D. Ullman: **Introduction to Automata Theory, Languages and Computation**. Addison Wesley, 3rd edition, 2006.

Chytil, M.: **Automaty a gramatiky**. SNTL, Praha 1984.

Nešetřil, J.: **Teorie grafů**. SNTL, Praha 1979.

### Okruh 2

Abeillé, A., Rambow, O.: **Tree Adjoining Grammar: An Overview**. In Abeillé, A., Rambow, O. (ed.) *Tree Adjoining Grammars. Formalisms, Linguistic Analysis and Processing*. The University of Chicago Press, 2000

Čermák, F.: **Jazyk a jazykověda**. Pražská imaginace Praha 1994, 2.vyd. 1997, 3. vydání Karolinum.

Černý, J.: **Dějiny lingvistiky**. Votobia, Olomouc 1997.

Chomsky, N.: **Syntaktické struktury**. Academia, Praha 1966.

Hajičová, E., P. Sgall, J. Panevová, **Úvod do teoretické a počítačové lingvistiky**, Svazek 1 Teoretická lingvistika. Karolinum, Praha 2002.

Kahane, S.: **The Meaning–Text Theory**. In Agel, V. et al (ed.) *Dependency and Valency. An International Handbook of Contemporary Research*. Berlin: De Gruyter, 2004, s. 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, s. 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.

de Saussure, F.: **Kurs obecné lingvistiky**, Odeon, Praha 1989, překlad Fr.Čermáka.

Sgall, P.: **Language in Its Multifarious Aspects**. Karolinum, Praha 2006.

Skalička, V.: **Typ češtiny**. 1951. In: *Souborné dílo V. Skaličky, díl II*, Karolinum, Praha, 2004, s. 475 – 536.

Steedman, M.: **The Syntactic Process (Language, Speech and Communication)**, The MIT Press, 2001.

Šmilauer, V.: **Novočeská skladba**. SPN, Praha 1966.

### Okruh 3

- Allen, J.: **Natural Language Understanding**. Rewood City – The Benjamins/Cummings Publishing Company, Inc. 1994.
- Cruse, D. A.: **Lexical Semantics**. Cambridge University Press, 1986
- Čermák, F., Klímová, J., Petkevič, V. (ed.): **Studie z korpusové lingvistiky**. AUC – Philologica 3–4. Karolinum, Praha 2000.
- Čermák F., Blatná R. (ed.): **Korpusová lingvistika: Stav a modelové přístupy**. Nakl. Lidové noviny, Praha 2006.
- Hajič, J.: **Disambiguation of Rich Inflection: Computational Morphology of Czech**. Karolinum, Praha, 2004
- Russel, S., Norvig, P.: **Artifitial Intelligence: A Modern Approach**. Prentice Hall, 2002.
- Těšitelová, M.: **Otázky lexikální statistiky**. Academia, Praha 1974.

#### Okruh 4

- Bishop, Ch.: **Pattern Recognition and Machine Learning**. Springer 2007.
- Duda, R. O., Hart, P. E.: **Pattern Classification (2nd Edition)**. Wiley–Interscience, 2000.
- Hatie, T., R. Tibshirani, J. Friedman: **The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction**. Springer, 2001.
- Ethem Alpaydin: **Introduction to Machine Learning**. MIT Press , 2004.
- Jelinek, F.: **Statistical Methods for Speech Recognition**. MIT Press, 1997.
- Ripley, B. D.: **Pattern Recognition and Neural Networks**. Cambridge University Press, 1996.
- Venables, W. N., Ripley, B. D.: **Modern Applied Statistics with S (4th edition)**. Springer, 2003.
- Manning C. D., Schuetze, H.: **Foundations of Statistical Natural Language Processing**. MIT Press, Cambridge 1999.

## 4I4 Diskrétní modely a algoritmy

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-i4.htm> .

### Rada doktorského studijního oboru 4I4

#### Zkušební komise K2

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk02.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4I4

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



## Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese  
[http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=I4](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=I4) .

## Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NTIN022	<b>Pravděpodobnostní metoda</b>	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI035	<b>Geometrické reprezentace grafů II</b>	3	—	2/0 Zk
NDMI009	<b>Kombinatorická a výpočetní geometrie I</b>	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI013	<b>Kombinatorická a výpočetní geometrie II</b>	6	—	2/2 Z+Zk
NDMI041	<b>Kombinatorický seminář pro pokročilé</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NDMI028	<b>Aplikace lineární algebry v kombinatorice</b>	6	2/2 Z+Zk	—
NDMI036	<b>Kombinatorické struktury</b>	3	—	2/0 Zk
NDMI015	<b>Kombinatorické počítání</b>	3	—	2/0 Zk
NDMI042	<b>Grafy a homomorfismy</b>	3	2/0 Zk	—
NDMI070	<b>Vybrané kapitoly z teorie grafů</b>	3	2/0 Zk	2/0 Zk
NDMI045	<b>Analytická a kombinatorická teorie čísel</b>	3	—	2/0 Zk
NDMI066	<b>Algebraická teorie čísel</b>	3	2/0 Zk	—
NDMI058	<b>Toky a cykly v grafech</b>	3	—	2/0 Zk
NDMI055	<b>Vybrané kapitoly z kombinatoriky I</b>	3	2/0 Zk	—
NDMI056	<b>Vybrané kapitoly z kombinatoriky II</b>	3	—	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, bezespornost 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. Celočíslné 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

### okruh 1

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

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

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

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

### okruh 2

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

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

### okruh 3

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

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

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

**okruh 4**

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

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

**okruh 5**

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

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

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

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

**okruh 6**

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

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

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

**okruh 7**

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

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

**okruh 8**

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

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

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

**okruh 9**

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

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

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

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

**okruh 10**

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

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

# Studijní program MATEMATIKA

## Oborová rada doktorského studijního programu Matematika

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/ors.htm#nor4-m>.

## 4M1 Algebra, teorie čísel a matematická logika

### Rada doktorského studijního oboru 4M1

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-m1.htm>.

### Zkušební komise K3

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk03.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4M1

- 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/>

### Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=M1](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=M1).

## Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NALG021	Reprezentace grup	6	2/2 Z+Zk	—
NALG124	Reprezentace grup II	6	—	2/2 Z+Zk
NALG022	Teorie reprezentací konečně-dimenzionálních algeber	6	—	3/1 Z+Zk
NALG125	Homologická a homotopická algebra	3	—	2/0 Zk
NALG028	Okruhy a moduly	6	2/2 Z+Zk	—
NALG029	Kategorie modulů a homologická algebra	6	—	2/2 Z+Zk
NALG030	Algebraický seminář	3	0/2 Z	0/2 Z
NALG031	Algebra a nekonečná kombinatorika	3	2/0 Zk	—
NALG052	Úvod do teorie konečných grup	6	2/0 —	2/0 Zk
NALG068	Sporadické grupy	6	2/0 —	2/0 Zk
NALG073	Struktura modulů a okruhů	6	2/0 —	2/0 Zk
NALG077	Aproximace modulů	3	—	2/0 Zk
NALG080	Seminář z kombinatorické, algoritmické a finitní algebry	3	0/2 Z	0/2 Z
NALG081	Cohen-Macaulayovy okruhy	6	0/2 Z	0/2 Z
NALG100	Komutativní okruhy	6	4/0 Zk	—
NALG123	Seminář z teorie krotkých kongruencí	3	—	0/2 Z
NALG118	Seminář k problému CSP	3	—	0/2 Z
NALG021	Reprezentace grup	6	2/2 Z+Zk	—
NALG033	Kombinatorická teorie grup	9	2/2 Z	2/0 Zk
NALG017	Úvod do teorie grup	6	2/2 Z+Zk	—
NALG109	Teorie svazů	3	2/0 Zk	—
NALG129	Teorie svazů II	3	—	2/0 Zk
NALG083	Kombinatorika na slovech	3	2/0 Zk	—
NALG080	Seminář z kombinatorické, algoritmické a finitní algebry	3	0/2 Z	0/2 Z
NTIN071	Automaty a gramatiky	6	—	2/2 Z+Zk
NAIL062	Výroková a predikátová logika	6	2/2 Z+Zk	—
NAIL063	Teorie množin	3	—	2/0 Zk
NLTM001	Teorie množin	6	—	2/2 Z+Zk
NLTM003	Forsing	3	2/0 Zk	—
NLTM004	Seminář z forsingu	3	—	0/2 Z
NLTM005	Topologická dynamika	3	—	2/0 Zk
NLTM006	Základy matematické logiky	3	—	2/0 Zk
NLTM010	Matematická logika a aritmetika	3	—	2/0 Zk
NLTM011	Teorie modelů	6	—	2/2 Z+Zk

NLTM014	Nestandardní seminář I	3	0/2 Z	—
NLTM015	Nestandardní seminář II	3	—	0/2 Z
NLTM026	Booleovy algebry	3	2/0 Zk	—
NLTM030	Úvod do teorie množin	6	2/2 Z+Zk	—
NLTM034	Seminář z počtů I	3	0/2 Z	—
NLTM035	Seminář z počtů II	3	—	0/2 Z
NLTM036	Základní nestandardní seminář	3	—	0/2 Z
NMAI020	Základy teorie metrických prostorů	3	—	2/0 Zk
NMUE023	Logika a teorie množin	3	2/0 Zk	—
NTIN062	Složitost I	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN063	Složitost II	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN064	Vyčíslitelnost I	3	2/0 Zk	—
NTIN065	Vyčíslitelnost II	3	—	2/0 Zk
NTIN073	Rekurze I	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN074	Rekurze II	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN085	Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti I	5	2/1 Z+Zk	—
NTIN086	Vybrané kapitoly z výpočetní složitosti II	5	—	2/1 Z+Zk
NTIN088	Algoritmická náhodnost I	3	2/0 Zk	—
NTIN089	Algoritmická náhodnost II	3	—	2/0 Zk
NTIN090	Základy složitosti a vyčíslitelnosti	5	2/1 Z+Zk	—
NRFA071	Deskriptivní teorie množin I	3	2/0 Zk	—
NRFA072	Deskriptivní teorie množin II	3	—	2/0 Zk
NRFA081	Deskriptivní teorie množin — Borelovské ekvivalence	3	—	2/0 Zk
NMAI067	Logika v informatice	3	2/0 Zk	—
NAIL021	Booleovské funkce a jejich aplikace	3	2/0 Zk	—
NAIL056	Logický seminář I	3	0/2 Z	—
NAIL080	Logický seminář II	3	—	0/2 Z
NMIB002	Složitost pro kryptografii	6	4/0 Zk	—
NALG050	Studentský logický seminář I	3	0/2 Z	—
NALG051	Studentský logický seminář II	3	—	0/2 Z
NALG108	Úvod do matematické logiky	3	2/0 Zk	—
NMAI040	Úvod do teorie čísel	3	2/0 Zk	—
NDMI066	Algebraická teorie čísel	3	2/0 Zk	—
NDMI045	Analytická a kombinatorická teorie čísel	3	—	2/0 Zk
NMIB004	Samoopravné kódy	6	4/0 Zk	—
NMIB001	Teorie čísel a RSA	6	—	2/2 Z+Zk
NMIB013	Algebraická geometrie v kladné charakteristice	6	—	4/0 Zk
NMIB015	Eliptické křivky	6	4/0 Zk	—

NMIB021	<b>Seminář z matematiky inspirované kryptografií</b>	3	—	0/2 Z
NALG079	<b>Algebraické testy prvočíslnosti</b>	3	—	2/0 Zk

## Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

### 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 algebrami 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  $PSL_n(K)$ . 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. Tensorový 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, řady pologrupy). Chomského 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. 2nd ed., GTM 13.** 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. and Perrin D.: **Theory of Codes.** Academic Press, London 1985. Rozenberg G., Salomaa A. (Eds.): **Handbook of Formal Languages, Vols. 1 – 3.** Springer, 2004.
- 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., Valeriote M.: **Results on the algebraic approach to the CSP. Proc. Dagstuhl Sem., LNCS, Springer, New York 2008.**
- Bulatov A., Krokhin A., Larose B.: **Dualities for constraint satisfaction problems. Survey In: Complexity of Constraints, LNCS 5250.** 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 and 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.: **Relative Homological Algebra. GEM 30.** W. de Gruyter, Berlin 2000.
- Facchini A.: **Module Theory.** Birkhauser, Basel 1998.
- Goebel R., Trlifaj J.: **Approximations and Endomorphism Algebras of Modules. GEM 41.** W. de Gruyter, Berlin 2006.
- G. Gratzer, General Lattice Theory, 2nd ed..i/Bj Birkhauser, Basel 1998.
- Hobby D., McKenzie R.: **The structure of finite algebras, Contemp. Math. 76.** AMS, Providence 1988.
- Jezek J.: **Universal Algebra.** <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.: **Combinatorics on Words.** Cambridge University Press, Cambridge 1997.
- Lothaire M.: **Algebraic Combinatorics on Words.** Cambridge University Press, Cambridge 2002.
- Lothaire M.: **Applied Combinatorics on Words.** Cambridge University Press, Cambridge 2005.
- 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.
- 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. Godelova 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.  $\omega$ -minimální struktury a jejich základní geometrické a topologické vlastnosti. Stabilní a  $\omega$ -stabilní teorie, nespočetná kategoričnost, Morleyho věta. Minimální a silně minimální struktury, obecné uzávěrové operace, geometrie a dimenze v silně minimálních strukturách.  $\omega$ -stabilní grupy, Cherlin–Zilberova hypotéza. Hrushovského amalgamací 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. Dokazatelé totální rekurzivní. 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.

## 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.*
- Chang C. C., Keisler, H. J.: **Model–Theory**. *NHPC, New York 1973 (rusky Mir, Moskva 1977).*
- Cook S. A., Nguyen P.: **Logical foundations of proof complexity**. *to be published in Cambridge U. Press.*
- Devlin K. J.: **Constructibility**. *Springer–Verlag, Heidelberg 1984.*
- Demuth O., Kryl R., Kučera A.: **Teorie algoritmů I, II**. *SPN, Praha 1984, 1989.*
- 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., Guentner F. (ed.): **Handbook of Philosophical Logic (I–IV)**. *D. Riedel 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.*
- Jech T.: **Set Theory**. *Springer–Verlag, 2002.*
- Kechris A.: **Classical descriptive set theory**. *Springer Verlag, 1994*
- Krajíček, J.: **Bounded arithmetic, propositional logic, and complexity theory**. *Cambridge University Press, 1995.*
- Kunen K.: **Set Theory, An Introduction to Independence Proofs**. *NHPC, 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: **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, N.Y. 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, 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**

- J. W. S. Cassels: **Local Fields**. *Cambridge University Press, Cambridge 1986*.
- Cohen H.: **A course in computational algebraic number theory**. *Springer, Berlin 1993*.
- Richard Crandall and Carl Pomerance: **Prime Numbers — A Computational Perspective (2nd ed.)**. *Springer, New York 2005*.
- O. Goldreich: **Foundations of Cryptography, Basic Tools**. *Cambridge University Press, Cambridge 2001*.
- F. Q. Gôuvea, P-adic Numbers: **An Introduction**. *Springer, New York 1997*.
- A.J.Menezes et al. (Eds.): **Handbook of Applied Cryptography**. *Chapman & Hall/CRC, Boca Raton 2006*.
- V. S. Pless, Richard A. Brualdi, W. C. Huffman (editors): **Handbook of Coding Theory**. *North Holland 1998*.
- Henri Cohen, Gerhard Frey, et al. (Eds.): **Handbook of Elliptic and Hyperelliptic Curve Cryptography**. *Chapman & Hall/CRC, Boca Raton 2005*.
- G. H. Hardy and E. M. Wright: **An Introduction to the Theory of Numbers**. *Oxford: Clarendon Press, 1945*.
- Ireland K., Rosen M.: **A classical introduction to modern number theory**. *Springer, Berlin, 1990*.
- N. Koblitz: **P-adic Numbers, P-adic Analysis and Zeta-Functions**. *Springer, 1984*.
- N. Koblitz: **Introduction to Elliptic Curves and Modular Forms**. *Springer, 1993*.
- S. Lang: **Algebra**. *Springer, New York 2003*.
- S. Lang: **Algebraic Number Theory**. *Springer, New York 1994*.
- D. A. Marcus: **Number Fields**. *Springer, 1977*.
- J. S. Milne: **Algebraic Number Theory**. <http://www.jmilne.org/math/> .
- J. S. Milne: **Elliptic Curves**. *on-line text*, <http://www.jmilne.org/math/> .
- J. H. Silverman: **The Arithmetic of Elliptic Curves**. *Springer, 1986*.
- J. Steuding: **Diophantine Analysis**. *Chapman & Hall, 2005*.
- D. R. Stinson: **Cryptography: Theory and Practice**. *CRC Press, Boca Raton 2006*.
- M. Sudan: **Algorithmic Introduction to Coding Theory**.  
<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 komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-m2.htm>.

## Zkušební komise K3

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk03.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

## Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4M2

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

## Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=M2](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=M2).

## Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMAT007	Algebraická topologie 1	6	2/2 Z+Zk	—
NMAT008	Algebraická topologie 2	6	—	2/2 Z+Zk
NGEM003	Reprezentace Lieových grup 1	6	2/2 Z+Zk	—
NGEM011	Základy Riemannovy geometrie 1	6	—	2/2 Z+Zk
NGEM001	Úvod do algebraické geometrie	3	—	2/0 Zk
NGEM013	Seminář z harmonické analýzy a teorie reprezentací I	3	0/2 Z	—
NGEM014	Seminář z harmonické analýzy a teorie reprezentací II	3	—	0/2 Z
NGEM004	Seminář z diferenciální geometrie I	3	0/2 Z	—
NGEM005	Seminář z diferenciální geometrie II	3	—	0/2 Z
NLTM003	Forsing	3	2/0 Zk	—
NLTM034	Seminář z počtů I	3	0/2 Z	—
NLTM035	Seminář z počtů II	3	—	0/2 Z
NMAT005	Topologický seminář	3	0/2 Z	0/2 Z
NMAT001	Základy teorie kategorií	6	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 rekurze. 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. Přírozené transformace a ekvivalence, příklady. Limity a kolimity, úplnost, jejich tvar v konkrétních kategoriích. Adjunkce, reflektivita a korelektivita. Uzavřené a kartézsky uzavřené kategorie. Malé kategorie. MacLaneova reprezentace.

#### I.4. Vybrané partie z algebry

Tenzorová 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 (buto 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*

Bez bodové přístupy k topologii. Různé varianty Stoneovy duality. Booleovy algebry, Heytingovy algebry, spojité svazy, s nimi spojené duality. Zesilování struktury bez bodové 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. Struktury 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 podstruktury, 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 parakompaktích 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 bandlů, Chern–Weilův izomorfismus. Základy K–teorie. Kohomologické operace. Teorie obstukcí. Indexové věty Operády, algebry nad operádami.



## Doporučená literatura

- S. Helgason: **Differential geometry, Lie groups and Symmetric spaces.** *Pure and Appl. Math. 80, Ac. Press 1978.*
- H. Samelson: **Notes on Lie algebras.** *Van Nostrand, New York 1969.*
- Sharpe R. W.: **Differential geometry.** **GTM 166** *Cartans Generalization of Kleins Erlangen Program, Springer, 1997.*
- Friedrich Th.: **Dirac Operatoren in der Riemannschen Geometrie.** *Wiesbaden 1997.*
- Massey W.: **Singular Homology theory.** **GTM 70.** *Springer, New York 1976.*
- Wells R. O. jr.: **Differential analysis on complex manifolds.** **GTM65,** *Springer New York 1979.*
- Fulton W., Harris J.: **Representation Theory.** *A first course, GTM 129, Springer New York 1991.*
- Hatcher A.: **Algebraic Topology.**  
<http://www.math.cornell.edu/~hatcher/AT/ATpage.html> .
- MacLane S.: **Homology.** *Academic Press, New York 1963.*
- Lawson B. L., Michelsohn M. L.: **Spin Geometry.** *Princeton Math. Series, Princeton 1989.*
- Harris J.: **Algebraic geometry.** *A first course, GTM 133, Springer, New York 1992.*
- Engelking R.: **General Topology.** *PWN, Warsawa 1977.*
- Kelley J. L.: **General Topology.** *Van Nostrand, New York 1955.*
- Isbell J. R.: **Uniform spaces.** *Amer. Math. Soc., Providence 1964.*
- MacLane S.: **Categories for the Working Mathematician.** **GTM5,** *Springer-Verlag, New York 1970.*
- Adámek J.: **Matematické struktury a kategorie.** *SNTL Praha 1982.*
- Pultr A.: **Podprostory Euklidových prostorů.** *SNTL, Praha 1986.*
- Rudin M. E.: **Lectures on Set Theoretic Topology.** *Amer. Math. Soc., Providence 1975.*
- Juhász I.: **Cardinal Functions in Topology.** *Math. Centre Tracts 34, Amsterdam 1975.*
- Juhász I.: **Cardinal functions in topology — Ten Years Later.** *Math Centre Tracts 125, Amsterdam 1980.*
- Gillmann L., Jerison M.: **Rings of continuous functions.** *D. van Nostrand, New York 1960.*
- Ellis R.: **Lectures in Topological Dynamics.** *Benjamin, New York 1967.*
- Furstenberg H.: **Reccurrence in Ergodic Theory and Combinatorial Number Theory.** *Princeton University Press, Princeton 1981.*
- Johnstone P. T.: **Topos Theory.** *Acad. Press, London 1972.*
- Johnstone P. T.: **Stone Spaces.** *Cambridge Univ. Press 1982.*
- Balcar B., Štěpánek P.: **Teorie množin.** *Academia, Praha 1980.*
- Kunen K.: **Set Theory — An Introduction to Independence Proofs.** *North-Holland, Amsterdam 1980.*
- J. D. Monk, R. Bonnet: **Handbook of Boolean Algebras Vol 1.** *North-Holland, Amsterdam 1989.*

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

Borceaux F., Van den Bosche G.: **Algebra in a Localic Topos with Applications to Ring Theory**. Springer, 1983.

Pultr A., Trnková V.: **Combinatorial, Algebraic and Topological Representations of Groups, Semigroups and Categories**. Academia, Praha 1980.

## 4M3 Matematická analýza

### Rada doktorského studijního oboru 4M3

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-m3.htm>.

### Zkušební komise K3

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk03.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4M3

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

### Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=M3](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=M3).

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NMOD042	Matematická analýza modelů termodynamiky nenewtonovských tekutin	3	—	2/0 Zk
NDIR066	Matematická analýza rovnic stlačitelného proudění	3	2/0 Zk	—
NRFA057	Kvazikonformní zobrazení	6	2/0 —	2/0 Zk
NRFA079	Topologické metody ve funkcionální analýze I	3	2/0 Zk	—
NRFA080	Topologické metody ve funkcionální analýze II	3	—	2/0 Zk
NRFA041	Borelovské a analytické množiny v analýze I	3	2/0 Zk	—

NRFA043	<b>Borelovské a analytické množiny v analýze II</b>	3	—	2/0 Zk
NMAT055	<b>Moderní variační analýza</b>	6	—	4/0 Zk
NRFA033	<b>Reálné metody v harmonické analýze</b>	6	2/0 —	2/0 Zk
NRFA027	<b>Klasický a fourierovský přístup k prostorům funkcí</b>	6	2/0 —	2/0 Zk
NDIR240	<b>Analýza matematických modelů, popisujících pohyb tělesa v tekutině I</b>	3	2/0 Z	—
NRFA008	<b>Choquetova teorie, hranice a aplikace I</b>	3	2/0 Zk	—
NRFA044	<b>Choquetova teorie, hranice a aplikace II</b>	3	—	2/0 Zk
NDIR057	<b>Mechanika neneutronovských tekutin</b>	3	2/0 Zk	—
NDIR010	<b>Matematická teorie Navierových-Stokesových rovnic</b>	3	—	2/0 Zk
NDIR065	<b>Regularita řešení Navier-Stokesových rovnic</b>	3	2/0 Zk	—
NDIR062	<b>Variační počet pro pokročilé I</b>	3	2/0 Zk	—
NDIR063	<b>Variační počet pro pokročilé II</b>	3	—	2/0 Zk
NMAA075	<b>Teorie integrálu pro pokročilé I</b>	3	2/0 Zk	—
NMAA076	<b>Teorie integrálu pro pokročilé II</b>	3	—	2/0 Zk
NMAA077	<b>Teorie derivace pro pokročilé I</b>	3	2/0 Zk	—
NMAA078	<b>Teorie derivace pro pokročilé II</b>	3	—	2/0 Zk
NDIR067	<b>Vybrané partie z diferenciálních rovnic</b>	6	2/0 Zk	2/0 Zk
NDIR068	<b>Teorie řízení</b>	6	2/0 Zk	2/0 Zk
NDIR008	<b>Teorie potenciálu I</b>	3	2/0 Zk	—
NDIR055	<b>Teorie potenciálu II</b>	3	—	2/0 Zk
NRFA045	<b>Úvod do moderní teorie reálné interpolace I</b>	3	2/0 Zk	—
NRFA076	<b>Úvod do moderní teorie reálné interpolace II</b>	3	—	2/0 Zk
NRFA074	<b>Úvod do teorie aproximací</b>	6	2/0 —	2/0 Zk
NDIR069	<b>Teorie globálních a exponenciálních atraktorů</b>	3	—	2/0 Zk
NDIR058	<b>Hyperbolické systémy a zákony zachování</b>	3	—	2/0 Zk
NDIR142	<b>Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice pro doktorandy I</b>	3	2/0 Zk	—
NDIR143	<b>Nelineární diferenciální rovnice a nerovnice pro doktorandy II</b>	3	—	2/0 Zk

NRFA073	<b>Topologické a geometrické vlastnosti konvexních množin</b>	6	2/0 Zk	2/0 Zk
NRFA028	<b>Seminář z teorie operátorů</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NRFA053	<b>Funkcionální analýza</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NRFA001	<b>Seminář z reálné a abstraktní analýzy</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NRFA012	<b>Seminář z teorie reálných funkcí</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NMOD037	<b>Seminář z bifurkací a jejich interpretací v biologii</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NMAA009	<b>Seminář z matematické analýzy</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NRFA035	<b>Seminář z prostorů funkcí</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NRFA049	<b>Základní vlastnosti prostorů funkcí</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NDIR035	<b>Seminář z parciálních diferenciálních rovnic</b>	5	0/3 Z	0/3 Z
NSTP148	<b>Seminář o stochastických evolučních rovnicích</b>	3	0/2 Z	0/2 Z

## Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Zkouška se skládá ze dvou částí.

### I. Širší základ

V první je student zkoušen buď ze znalostí látky z reálné, komplexní a funkcionální analýzy (tzv. blok A), nebo ze znalostí látky z teorie obyčejných a parciálních diferenciálních rovnic a z teorie potenciálu (tzv. blok B), nebo (je-li to RDSO a školitelem považováno za účelné) z individuálně zadané látky sestavené z obou bloků nebo jiné látky tak, aby rozsah i obsah zkoušky byl přiměřený. O specifikaci požadavků k první části rozhodne RDSO na doporučení školitele.

#### I.1. Blok A

Blok A obsahuje látku z reálné analýzy, komplexní analýzy a funkcionální analýzy. Tato látka částečně pokrývá základy těchto velmi obsažných disciplín. Jde o základy moderní teorie míry a integrálu (např. Radonova míra, Haarova míra, Hausdorffova míra, Bochnerův a Pettisův integrál, Fourierova transformace), základy klasické komplexní analýzy a základní partie funkcionální analýzy (např. Banachovy algebry, spektrální analýza v Hilbertově prostoru, základy teorie distribucí, diferenciální počet v Banachových prostorech, nelineární operátorové rovnice, stupeň zobrazení).

#### I.2. Blok B

Blok B obsahuje tři tématické celky, a sice obyčejné diferenciální rovnice, parciální diferenciální rovnice a teorii potenciálu. Zkoušená látka je zaměřena k modernějším partiím těchto disciplín, jako jsou například dynamické systémy, optimální regulace, teorie bifurkací, variační metody, užití semigrup, rovnice typu zákonů zachování, Perron–Wiener–Brelotova metoda v teorii potenciálu.

### II. Pokročilé partie oboru

Druhá část zkoušky se týká speciálnějším partií zadaných studentovi školitelem (po dohodě s RDSO) podle zaměření disertační práce.

## Doporučená literatura

- W. Rudin: **Real and complex analysis**. *McGraw-Hill, New York 1974*.  
W. Rudin: **Functional analysis**. *McGraw-Hill, New York 1973*.  
K. Deimling: **Nonlinear functional analysis**. *Springer, Berlin 1985*.  
M. Renardy, R. C. Rogers: **An Introduction to Partial Differential Equations**. *Springer, New York 1993*.  
L. C. Evans: **Partial Differential Equations**. *American Math. Society, Providence 1998*.  
V. I. Arnold: **Geometrical Methods in the Theory of Ordinary Differential Equations**. *Springer, New York 1988*.  
S. Axler, P. Bourdon, W. Ramey: **Harmonic Function Theory**. *Springer, New York 1992*.

## 4M4 Pravděpodobnost a matematická statistika

### Rada doktorského studijního oboru 4M4

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-m4.htm>.

### Zkušební komise K4

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk04.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4M4

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

### Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=M4](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=M4).

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NSTP029	<b>Pokročilé partie pravděpodobnosti, statistiky a náhod. procesů I</b>	5	3/0 Zk	—

NSTP030	<b>Pokročilé partie pravděpodobnosti, statistiky a náhod. procesů II</b>	5	—	3/0 Zk
NSTP135	<b>Asymptotické metody matematické statistiky</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NSTP143	<b>Vybrané partie ze stochastiky 1</b>	5	3/0 Zk	—
NSTP173	<b>Vybrané partie ze stochastiky 2</b>	5	—	3/0 Zk
NSTP148	<b>Seminář o stochastických evolučních rovnicích</b>	3	0/2 Z	—
NSTP151	<b>Časové řady 1</b>	3	2/0 Zk	—
NSTP152	<b>Časové řady 2</b>	3	—	2/0 Zk
NSTP153	<b>Pravděpodobnost a stochastická analýza</b>	6	4/0 Zk	—
NSTP154	<b>Prostorové modelování, prostorová statistika 2</b>	6	—	2/2 Z+Zk
NSTP155	<b>Seminář z pravděpodobnosti pro doktorandy I</b>	3	0/2 Z	—
NSTP156	<b>Seminář z pravděpodobnosti pro doktorandy II</b>	3	—	0/2 Z
NSTP178	<b>Problémy aplikované statistiky</b>	3	—	0/2 Z
NSTP189	<b>Beseda KPMS</b>	3	0/2 Z	—
NEKN031	<b>Stochastické modelování v ekonomii a financích 1</b>	3	0/2 Z	—
NSTP048	<b>Neparametrické metody</b>	3	2/0 Zk	—
NSTP049	<b>Robustní statistické metody</b>	3	2/0 Zk	—
NSTP157	<b>Limitní věty pro součty náhodných veličin</b>	3	—	2/0 Zk
NSTP158	<b>Statistická rozhodovací teorie</b>	3	—	2/0 Zk
NSTP176	<b>Markovské procesy</b>	6	—	4/0 Zk
NSTP180	<b>Teorie odhadu</b>	3	—	2/0 Zk
NSTP181	<b>Testování hypotéz</b>	3	2/0 Zk	—
NSTP182	<b>Testování hypotéz — cvičení</b>	3	0/2 Z	—
NSTP187	<b>Teorie kvantové pravděpodobnosti</b>	3	—	2/0 Zk
NDIR041	<b>Stochastické diferenciální rovnice</b>	6	—	4/0 Zk
NSTP139	<b>Metody MCMC (Markov Chain Monte Carlo)</b>	6	2/2 Z+Zk	—
NMAT011	<b>Bodové procesy</b>	3	—	2/0 Zk
NSTP021	<b>Bayesovské metody</b>	3	2/0 Zk	—
NSTP183	<b>Bayesovské metody — cvičení</b>	3	0/2 Z	—
NSTP172	<b>Simulační metody a statistika</b>	6	2/2 Z+Zk	—
NSTP126	<b>Zobecněné lineární modely</b>	6	—	2/2 Z+Zk
NSTP197	<b>Zobecněné lineární modely — cvičení</b>	3	—	0/2 Z

## 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

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

## 4M5 Ekonometrie a operační výzkum

### Rada doktorského studijního oboru 4M5

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-m5.htm>.

### Zkušební komise K4

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk04.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4M5

- 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 ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=M5](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=M5).

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NEKN031	Stochastické modelování v ekonomii a financích 1	3	0/2 Z	—
NEKN032	Stochastické modelování v ekonomii a financích 2	3	—	0/2 Z
NSTP134	Stochastické programování a aproximace <sup>1</sup>	3	0/2 Z	0/2 Z
NSTP135	Asymptotické metody matematické statistiky <sup>1</sup>	3	0/2 Z	0/2 Z
NSTP151	Časové řady 1	3	2/0 Zk	—
NSTP152	Časové řady 2	3	—	2/0 Zk
NSTP018	Mnohorozměrná statistická analýza	6	2/2 Z+Zk	—
NMAT055	Moderní variační analýza	6	—	4/0 Zk
NEKN027	Pokročilé partie optimalizace a konvexní analýzy 1	5	3/0 Zk	—
NEKN028	Pokročilé partie optimalizace a konvexní analýzy 2	5	—	3/0 Zk
NEKN029	Teorie her a vícekritériální optimalizace	6	4/0 Zk	—
NFAP040	Pojišťovnictví a finanční matematika 1	6	4/0 Zk	—



NFAP041	<b>Pojišťovnictví a finanční matematika 2</b>	3	—	2/0 Zk
NSTP153	<b>Pravděpodobnost a stochastická analýza</b>	6	4/0 Zk	—
NSTP172	<b>Simulační metody a statistika</b>	6	2/2 Z+Zk	—
NSTP048	<b>Neparametrické metody</b>	3	2/0 Zk	—
NSTP049	<b>Robustní statistické metody</b>	3	2/0 Zk	—
NSTP194	<b>Regrese</b>	6	4/0 Zk	—
NEKN007	<b>Pokročilé partie ekonometrie</b>	3	—	2/0 Zk
NEKN026	<b>Optimalizace II s aplikací ve financích</b>	6	—	4/0 Zk
NSTP029	<b>Pokročilé partie pravděpodobnosti, statistiky a náhod. procesů I</b>	5	3/0 Zk	—
NSTP030	<b>Pokročilé partie pravděpodobnosti, statistiky a náhod. procesů II</b>	5	—	3/0 Zk
NEKN037	<b>Dynamická ekonomie a ekonometrie</b>	3	—	0/2 Z
NEKN038	<b>Robustní ekonometrie</b>	3	—	0/2 Z
NSTP021	<b>Bayesovské metody</b>	3	2/0 Zk	—
NSTP175	<b>Stochastická analýza ve finanční matematice</b>	3	2/0 Zk	—
NSTP185	<b>Pokročilé partie finanční matematiky</b>	3	—	2/0 Zk
NSTP051	<b>Teorie pravděpodobnosti 2</b>	3	—	2/0 Zk

<sup>1</sup>Lze zapsat opakovaně, v zimním i letním semestru.

## Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Zkouška se skládá ze tří částí, jeden tématický okruh je zvolen ze širšího základu, jeden z pokročilých partií oboru a jeden v návaznosti na zadané téma doktorské dizertace.

### *I. Širší základ.*

Konvexní a funkcionální analýza. Diferenční a diferenciální rovnice. Základy diferenciálního počtu v lineárních prostorech. Teorie matic. Teorie pravděpodobnosti a matematická statistika. Kombinatorika a teorie grafů.

### *II. Pokročilé partie oboru.*

#### *II.1.*

Ekonometrické modely. Mnohorozměrná statistická analýza. Analýza časových řad.

#### *II.2.*

Výběrová šetření. Robustní, neparametrické a bayesovské metody.

#### *II.3.*

Vybrané partie optimalizace v prostorech konečné dimenze (konvexní, vícekritériální, parametrická, stochastická, dynamická). Nehladká analýza a teorie mnohoznačných zobrazení.

**II.4.**

Celočíselné programování a kombinatorická optimalizace. Optimalizační úlohy na grafech a sítích.

**II.5.**

Matematické modely konfliktních situací. Teorie her a teorie oligopolu.

**II.6.**

Teorie pravděpodobnosti a stochastické procesy. Spojité, diskrétní a stochastické optimální řízení. Řízené Markovovy procesy.

**II.7.**

Numerické metody nelineárního a stochastického programování. Numerické metody nehladké optimalizace. Ekonomické modelování a jeho počítačové realizace. Simulační metody.

**II.8.**

Základy matematické ekonomie. Teorie užitku. Teorie chování spotřebitele. Teorie firmy — produkční funkce. Makroekonomické modely (Leontjevův atd.). Ekonomická dynamika.

**II.9.**

Systémy s nepřesnými daty. Analýza citlivosti, validace výsledků.

**II.10.**

Vybrané úlohy a metody operačního výzkumu (rozvrhování a síťová analýza, toky v sítích, teorie skladu, teorie hromadné obsluhy, teorie spolehlivosti, kontrola jakosti, marketing).

**II.11.**

Applikace teorie pravděpodobnosti, matematické statistiky a operačního výzkumu ve financích, pojišťovnictví a dalších ekonomických oblastech.

## Doporučená literatura

J. Anděl: **Matematická statistika**. SNTL, Praha 1978.

T. Cipra: **Finanční ekonometrie**. Ekopress, Praha 2008.

T. Cipra: **Matematika cenných papírů**. HZ, Praha 2000.

R. Clarke: **Optimization and Nonsmooth Analysis**. Wiley Interscience, New York 1983.

J. Davidson: **Stochastic Limit Theory**. Advanced Texts in Econometrics. Oxford University Press, Oxford 1994.

J. Dupačová: **Portfolio Optimization and Risk Management**. Osaka University Press, Osaka 2009.

J. Dupačová, J. Hurt, J. Štěpán: **Stochastic Modeling in Economics and Finance**. Kluwer, Dordrecht 2002.

E. J. Elton, M. J. Gruber: **Modern Portfolio Theory and Investment Analysis**. Wiley, New York 1987.

J. Fan, Q. Yao: **Nonlinear Time Series**. Springer, New York 2003.

J. D. Hamilton: **Time Series Analysis**. Princeton University Press, Princeton 1994.

E. Mendelson: **Introducing Game Theory and Its Applications**. Chapman&Hall/CRC, Boca Raton 2004.

- R. T. Rockafellar: **Convex Analysis**. *Princeton University Press, Princeton 1970.*  
 R. T. Rockafellar, R. J.–B. Wets: **Variational Analysis**. *Springer Verlag, Berlin 1998.*  
 A. Schrijver: **Theory of Linear and Integer Programming**. *Wiley, New York 1986.*  
 J. Schott: **Matrix Analysis for Statistics**. *Wiley, New York 1997.*  
 A. E. Taylor: **Úvod do funkcionální analýzy**. *Academia, Praha 1973.*  
 K. Zvára: **Regresní analýza**. *Academia, Praha 1989.*

## 4M6 Vědecko–technické výpočty

### Rada doktorského studijního oboru 4M6

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-m6.htm> .

### Zkušební komise K3

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk03.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4M6

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

### Vypsání témat

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=M6](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=M6) .

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NNUM014	Seminář numerické matematiky	3	0/2 Z	0/2 Z
NNUM068	Nespojitá Galerkinova metoda	3	—	2/0 Zk
NNUM083	Seminář problémů aerodynamiky	6	0/2 Z	0/2 Z

NDIR064	<b>Teorie nelineárních diferenciálních rovnic</b>	3	—	2/0 Zk
NRFA058	<b>Základy teorie monotónních a potenciálních operátorů</b>	3	2/0 Zk	—
NMOD001	<b>Matematické metody v mechanice tekutin pro doktorandy</b>	6	2/0 —	2/0 Zk
NMOD004	<b>Matematické modelování ve fyzice pro doktorandy</b>	6	2/0 —	2/0 Zk
NNUM070	<b>Metoda konečných objemů pro stlačitelné proudění</b>	3	2/0 Zk	—
NNUM065	<b>Doktorandský kurs z metody konečných prvků (MKP)</b>	3	2/0 Zk	—
NNUM080	<b>Matematická teorie tvarové optimalizace pro doktorandy I</b>	3	2/0 Zk	—
NNUM081	<b>Matematická teorie tvarové optimalizace pro doktorandy II</b>	3	—	2/0 Zk
NNUM180	<b>Numerické metody v teorii bifurkace</b>	3	2/0 Zk	—
NNUM066	<b>Pokročilé partie metody konečných prvků</b>	3	2/0 Zk	—
NNUM140	<b>Vybrané partie z moderní teorie kvadratur a kubatur 1</b>	3	2/0 Zk	—
NNUM240	<b>Vybrané partie z moderní teorie kvadratur a kubatur 2</b>	3	—	2/0 Zk
NNUM111	<b>Numerické řešení nestacionárních úloh</b>	6	2/2 Z+Zk	—
NNUM084	<b>Aplikace víceúrovňových metod</b>	6	2/0 —	2/0 Zk
NMOD060	<b>Seminář modelování přenosu částic</b>	6	0/2 Z	0/2 Z
NNUM082	<b>Aplikace stochastických metod</b>	12	2/2 Z	2/2 Z+Zk
NNUM102	<b>Teorie spline funkcí a waveletů pro doktorandy</b>	6	2/0 —	2/0 Zk
NNUM131	<b>Vybrané kapitoly z numerické lineární algebry 1</b>	3	2/0 Zk	—
NNUM231	<b>Vybrané kapitoly z numerické lineární algebry 2</b>	3	—	2/0 Zk
NNUM224	<b>Numerická simulace v elektrotechnice 1</b>	3	2/0 Zk	—
NNUM225	<b>Numerická simulace v elektrotechnice 2</b>	3	—	2/0 Zk
NNUM132	<b>Nelineární numerická algebra pro doktorandy I</b>	6	2/2 Z+Zk	—
NNUM232	<b>Nelineární numerická algebra pro doktorandy II</b>	6	—	2/2 Z+Zk

NMOD042	<b>Matematická analýza modelů termodynamiky nenewtonovských tekutin</b>	3	—	2/0 Zk
NMOD140	<b>Matematické metody v mechanice kontinua tuhých látek pro doktorandy 1</b>	3	2/0 Zk	—
NMOD044	<b>Matematické metody v mechanice kontinua tuhých látek 2</b>	3	—	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. Numerické metody pro obyčejné diferenciální rovnice. Numerická integrace. Metoda sítí pro řešení diferenciálních rovnic. Metoda konečných prvků a konečných objemů. Multigradní metody.

### 3. *Volitelné okruhy se zaměřením na téma doktorské práce*

## Doporučená literatura

- J. W. Demmel: **Applied Numerical Linear Algebra**. PA, SIAM, Philadelphia 1997.
- M. Fiedler: **Speciální matice a jejich použití v numerické matematice**. SNTL, Praha 1981.
- G. H. Golub, C. F. van Loan: **Matrix Computations**. 3rd ed., MD, Johns Hopkins University Press, Baltimore 1996.
- K. Segeth: **Numerický software I**. Karolinum, Praha 1998.
- L. N. Trefthen, D. Bau: **Numerical Linear Algebra**. PA, SIAM, Philadelphia 1997.
- C. W. Ueberhuben: **Numerical Computation 2**. Springer, Berlin 1995.
- P. G. Ciarlet: **The Finite Element Method for Elliptic Problems**. North-Holland, Amsterdam 1978.
- O. Axelsson, V. A. Barker: **Finite Element Solution of Boundary Value Problems, Theory and Computation**. Academic Press, New York 1984.
- C. Johnson: **Numerical Solution of Partial Differential Equations by the Finite Element Method**. Cambridge University Press, Cambridge 1988.
- M. Křížek, P. Neittaanmaki: **Mathematical and Numerical Modelling in Electrical Engineering, Theory and Applications**. Kluwer, Dordrecht 1996.
- M. Feistauer: **Mathematical Methods in Fluid Dynamics**. Longmann Scientific & Technical, Harlow 1993.

- M. Feistauer, J. Felcman, I. Straskraba: **Mathematical and Computational Methods for Compressible Flow**. *Clarendon Press, Oxford, 2003*.
- Y. Saad: **Iterative Methods for Sparse Linear Systems**. *PWS Publishing Company 1996*.
- J. M. Ortega, W. C. Rheinboldt: **Iterative Solution of Nonlinear Equations in Several Variables**. *Academic Press, New York and London 1970*.
- L. Lukšan: **Metody s proměnnou metrikou**. *Academia, Praha 1990*.
- S. Fučík, A. Kufner: **Nelineární diferenciální rovnice**. *SNTL, Praha 1978*.
- J. Lukeš: **Zápisky z funkcionální analýzy**. *Karolinum, Praha 1998*.
- K. Yosida: **Functional Analysis**. *Springer Verlag, Berlin 1980*.
- J. Nečas: **Introduction to the Theory of Nonlinear Elliptic Equations**. *Teubner, Band 52 1983*.
- W. Rudin: **Analýza v reálném a komplexním oboru** *Academia, Praha 2003*.

## 4M7 Finanční a pojistná matematika

### Rada doktorského studijního oboru 4M7

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-m7.htm>.

### Zkušební komise K5

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk05.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=M7](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=M7).

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NFAP036	<b>Vybrané partie z finanční matematiky 1</b>	3	0/2 Z	—
NFAP037	<b>Vybrané partie z finanční matematiky 2</b>	3	—	0/2 Z
NFAP011	<b>Seminář z aktuárských věd</b>	3	0/2 Z	0/2 Z
NSTP018	<b>Mnohorozměrná statistická analýza</b>	6	2/2 Z+Zk	—
NSTP020	<b>Analýza dat o přežití</b>	3	2/0 Zk	—
NFAP012	<b>Stochastické finanční modely</b>	3	2/0 Zk	—
NFAP049	<b>Pokročilé partie matematiky neživotního pojištění</b>	3	2/0 Zk	—
NFAP050	<b>Pokročilé partie teorie rizika</b>	3	—	2/0 Zk

NFAP051	<b>Finanční modelování v životním pojištění</b>	3	2/0 Zk	—
NFAP052	<b>Mezinárodní účetní standardy pro pojistné smlouvy</b>	3	—	2/0 Zk

## Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

Zkouška má tři části: I. Širší vědní obor, II. Pokročilé partie oboru, III. Specializace. Zkoušenou látku z částí I, II určuje předseda zkušební komise na návrh školitele. Pensum části I má být rozšířením znalostí magisterského studia. Pensum části II je stanoveno s přihlédnutím k odbornému zaměření kandidáta. Examinátorem části III je zpravidla školitel. Zkoušená látka této části má úzce navazovat na téma disertační práce.

### *I. Širší vědní základ*

#### *I.1. Aplikovaná pravděpodobnost*

##### *I.1.1 Analýza dat o přežití*

Parametrické modely přežití. Cenzorované výběry. Odhady v cenzorovaných výběrech. Metoda maximální věrohodnosti. Bayesovské metody. Kaplan–Meierův odhad. Model proporcionálních rizik. Coxův regresní model. Aplikace v pojišťovnictví.

##### *I.1.2 Mnohorozměrné statistické metody*

Mnohorozměrné normální rozdělení. Wishartovo rozdělení. Hotellingovo  $T^2$ -kvadrát. Testování hypotéz. Kanonické korelace. Metoda hlavních komponent. Diskriminační analýza. Faktorová analýza. Shluková analýza.

##### *I.1.3 Teorie extrémních hodnot*

Konvergence centrovaných a normalizovaných maxim. Max–stabilní rozdělení. Fisher–Tippetova věta. Rozdělení extrémních hodnot a jejich charakteristiky. Zobecněná rozdělení extrémních hodnot a jejich charakteristiky. Modelování excesů a excedentních hodnot. Zobecněné Paretovo rozdělení. Metody statistické analýzy extrémních hodnot.

### *I.2. Teorie náhodných procesů*

#### *I.2.1 Stochastická analýza*

Wienerův proces. Dynamika jevového pole. Stochastický integrál a diferenciál. Lineární stochastické diferenciální rovnice. Difúzní procesy. Retrospektivní Kolmogorovova rovnice. Fokker–Planckova rovnice. Difúzní aproximace. Vícerozměrné procesy. Girsanovova věta. Statistika v difúzních procesech. Vyjádření martingalů integrály.

#### *I.2.2 Vícetavové modely*

Laplaceova transformace. Lerchova věta. Bodové procesy. Procesy obnovy. Semi-markovské procesy. Regenerativní procesy. Limitní věty teorie regenerativních procesů. Přechodové intenzity. Britský model zdravotního pojištění. Statistické metody ve více-tavových procesech.

#### *I.2.3 Lineární soustavy*

Diskrétní lineární soustavy. Přenosová funkce. Frekvenční přenosová funkce. Stavové modely lineárních soustav. Póly přenosové funkce. Aplikace na financování penzijních fondů. Laplaceova transformace. Spojité lineární soustavy. Identifikace soustav. Stochastické lineární soustavy.

*II. Pokročilé partie oboru**II.1. Finanční matematika**II.1.1 Stochastické finanční modely*

Binomický a spojitý Black–Scholesův model. Aplikace na kursy cizích měn, akcie s výplatou dividendy, kontrakty s výplatou v jiné měně. Replikační portfolio, jistění. Tržní cena rizika. Pravděpodobnostní míra neutrální vůči riziku. Heath–Jarow–Mortonův model dopřední úrokové intenzity. Difúzní modely dopřední úrokové intenzity.

*II.1.2 Řízení rizik*

Míry rizika. Hodnota v riziku. Portfolio. Výnos, Očekávaný výnos a riziko portfolio. Model oceňování kapitálových statků (CAPM). Sladění aktiv a pasiv. Zajišťovací instrumenty a jejich hodnocení.

*II.1.3 Výnosové křivky*

Termínová struktura úrokových měr. Rizikové prémie. Prémie za likviditu. Výnosy obligací v závislosti na ratingu. Vliv svolatelnosti na hodnocení obligací. Mapování. Aproximace výnosových křivek.

*II.2. Pojistná matematika**II.2.1 Tabulky úmrtnosti*

Interpretace úmrtnostní tabulky. Model stacionární populace. Model náhodné délky života. Odhad pravděpodobnosti úmrtí. Metody vyrovnávání hrubých pravděpodobností úmrtí. Gompertz–Makehamova křivka. King–Hardyho metoda. Vyrovnávání pomocí spline–funkcí a klouzavých průměrů. Selekční tabulky. Generační tabulky. Multidekrementní model.

*II.2.2 Teorie kredibility*

Zásady tvorby pojišťovacích tarifů. Americká teorie kredibility. Bayesovské metody v teorii kredibility. Bühlmannův model. Přesná kredibilita. Bühlmann–Straubův model. Hachemeisterův regresní model. Odhady strukturálních parametrů. Evoluční kredibilitní modely.

*II.2.3 Modelování rizika*

Teorie ruinování. Modelování vývoje technických rezerv. Ekonomický kapitál. Teorie kapitálové přiměřenosti. Řízení rizika a hodnoty pojišťovny. Účetní výkaznictví pojišťoven. Interní rizikové modely.

*III. Specializace*

Dle tématu disertační práce.

**Doporučená literatura**

M. Baxter, A. Rennie: **Financial Calculus**. *Cambridge University Press, Cambridge 1996*.

C. Blum, L. Overbeck, C. Wagner: **An Introduction to Credit Risk Modeling**. *Chapman & Hall / CRC, London 2003*.

P. Booth et al.: **Modern Actuarial Theory and Practice**. *2–nd edition, Chapman & Hall / CRC, London 2005*.

N. Bowers et al.: **Actuarial Mathematics**. *Society of Actuaries, Schaumburg Ill. 1997*.

H. Bühlmann, A. Gisler: **A Course in Credibility Theory and its Applications**. *Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2005*.



M. Denuit et al.: **Actuarial Theory for Dependent Risks.** *J. Wiley, Chichester 2005.*

T. Höglund: **Mathematical Asset Management.** *J. Wiley, Hoboken 2008.*

T. Nguyen: **Handbuch der wert- und risikoorientierten Steuerung von Versicherungsunternehmen.** *VVW, Karlsruhe 2008.*

H. H. Panjer (ed.): **Financial Economics: with applications to investment, insurance and pensions.** *The Actuarial Foundation, Schaumburg Ill. 1998.*

H. H. Panjer, G. E. Wilmot: **Insurance Risk Models.** *Society of Actuaries, Schaumburg Ill. 1992.*

E. Pitacco et al.: **Modelling Longevity Dynamics for Pensions and Annuity Business.** *Oxford University Press, Oxford 2009.*

## 4M8 Obecné otázky matematiky a informatiky

### Rada doktorského studijního oboru 4M8

Aktuální složení komise je na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/obory/obor/nor4-m8.htm>.

### Zkušební komise K1

Z komise uvedené na adrese <http://www.mff.cuni.cz/studium/phd/komise/komise/nk01.htm> se vybírají zkušební komise pro státní doktorské zkoušky a obhajoby doktorských disertačních prací.

### Spolupracující ústavy s akreditací oboru 4M8

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

### Domovská stránka Rady doktorského studijního oboru 4M8

<http://www.karlin.mff.cuni.cz/~becvar/pgs/pgs.htm>

### Vypsaná témata

Jsou k nahlédnutí ve Studijním informačním systému na adrese [http://is.cuni.cz/studium/dipl\\_st/redirect.php?redirect=szn\\_obor&fak=11320&obor=M8](http://is.cuni.cz/studium/dipl_st/redirect.php?redirect=szn_obor&fak=11320&obor=M8).

### Poskytovaná výuka

Kód	Název	Kredity	ZS	LS
NUMP015	Dějiny matematiky I	3	—	2/0 KZ
NUMV001	Dějiny matematiky II	3	2/0 KZ	—
NUMV053	Dějiny matematiky III	3	2/0 KZ	—

NUMV074	Dějiny matematiky ve starověku	3	2/0 Zk	—
NUMV066	Didakticko-historický seminář I	3	0/2 Z	—
NUMV067	Didakticko-historický seminář II	3	—	0/2 Z
NUMV075	Doktorandská odpoledne I	3	0/2 Z	—
NUMV076	Doktorandská odpoledne II	3	—	0/2 Z
NUMV065	Vývoj matematického vzdělávání	3	—	0/2 Z
NUMV072	Reformy výuky matematiky	3	—	2/0 Z
NUMV049	Elementární matematika Felixe Kleina	3	—	0/2 Z
NUMV068	Diferenciální geometrie na počítači	6	2/2 Z+Zk	—
NUMV077	Počítačové řešení geometrických úloh I	3	2/0 Zk	—
NUMV078	Počítačové řešení geometrických úloh II	3	—	2/0 Zk
NGEM008	Geometrické problémy robotiky 1	5	3/0 Zk	—
NGEM009	Geometrické problémy robotiky 2	5	—	3/0 Zk
NUMV073	Doplňující partie z teorie integrálu	3	2/0 Zk	—
NUMV043	Metody řešení matematických úloh	3	0/2 Z	—
NUMV069	Matematické úlohy a jejich řešení	3	—	0/2 Z
NUMV084	ICT ve výuce matematiky I	3	0/2 Z	—
NUMV085	ICT ve výuce matematiky II	3	—	0/2 Z
NUMV079	Didaktika teorie pravděpodobnosti a statistiky I	3	2/0 Zk	—
NUMV080	Didaktika teorie pravděpodobnosti a statistiky II	3	—	2/0 Zk
NDIN010	Didaktika informatiky I	3	0/2 Z	—
NDIN013	Didaktika informatiky II	3	—	0/2 KZ
NUMV024	Matematická analýza čtená podruhé	3	—	2/0 KZ
NPGR020	Geometrie pro počítačovou grafiku	3	2/0 Zk	—
NPGR021	Geometrické modelování	5	—	2/1 Z+Zk

## Seznam požadavků ke státní doktorské zkoušce

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.

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 UK MFF, resp. PřF MU. Student musí prokázat, že rozumí souvislostem středoškolské a vysokoškolské látky a orientuje se v základní učebnicové literatuře.

Další požadavky stanoví školitel a examinátoři (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 examinátoři 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 examinátoři určí alespoň 150 stran odborné literatury.

### I.4. Specializace

Podle zaměření doktoranda stanoví školitel a examinátoři 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

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

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

V. Posejpal: **Dějepis Jednoty Českých Matematiků**. JČM, Praha 1912.

F. Veselý: **100 let Jednoty československých matematiků a fyziků**. SPN, Praha 1962.

L. Pátý (ed.): **Jubilejní almanach 1862–1987**. JČSMF, Praha 1987.

J. Potůček: **Vývoj vyučování matematice na českých středních školách v období 1900–1945, I, II**. ZČU, Plzeň 1992, 1993.

M. Kline: **Mathematical Thought from Ancient to Modern Times**. Oxford Univ. Press, New York 1972.

R. Cooke: **The History of Mathematics, A Brief Course**. Wiley Interscience, New York 1997.

- H. W. Eves: **An Introduction to the History of Mathematics**. 5th edition, Saunders, Philadelphia, 1983.
- J. Stillwell: **Mathematics and Its History**. Springer-Verlag, New York 1989, 2nd edition 2002.
- W. S. Anglin: **Mathematics — A Concise History and Philosophy**. Springer-Verlag, New York 1994.
- W. S. Anglin, J. Lambek: **The Heritage of Thales**. Springer-Verlag, New York 1995.
- H. Gericke: **Mathematik in Antike, Orient und Abendland**. Fourier Verlag, Wiesbaden 2003.
- E. Scholz (Hrsg.): **Geschichte der Algebra, Eine Einführung**. Wissenschaftsverlag, Mannheim, Wien, Zürich 1990.
- B. L. van der Waerden: **A History of Algebra, From al-Khwárizmí to Emmy Noether**. Springer-Verlag, Berlin 1985.
- W. Scharlau, H. Opolka: **From Fermat to Minkowski**. Springer-Verlag, New York 1985; německy 1980.
- W. M. Pristley: **Calculus: An Historical Approach**. Springer-Verlag, New York 1979.
- C. H. Edwards: **The Historical Development of the Calculus**. Springer-Verlag, New York 1979.
- J. Dieudonné (ed.): **Abrégé d'histoire des mathématiques 1700–1900**. Hermann, Paris 1978; německy 1985.
- M. R. Williams: **A History of Computing Technology**. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California 1997.
- N. Metropolis, J. Howlett, G.-C. Rota: **A History of Computing in the Twentieth Century**. Academic Press, New York 1980.
- J.-L. Chabert: **A History of Algorithms — From the Pebble to the Microchip**. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1999.
- M. Hejný: **Teória vyučovania matematiky 2**. SPN, Bratislava 1990.
- O. Odvárko: **Metody řešení matematických úloh**. SPN, Praha 1990.
- L. C. Larson: **Metódy riešenia matematických problémov**. Alfa, Bratislava 1990.
- J. Herman, R. Kučera, J. Šimša: **Metody řešení matematických úloh I, II**. Praha 1990, MU Brno 1991; další vydání 1996, 1997.
- T. Hecht, Z. Sklenáriková: **Metódy riešenia matematických úloh**. SPN, Bratislava 1992.
- J. Bečvář, E. Fuchs (ed.): **Historie matematiky I, Dějiny matematiky 1**. JČMF, Brno 1994 — str. 4–169 (Fuchs: Přehled vývoje matematiky, Bečvář: Hrdinský věk řecké matematiky, Fuchs: Od měření obsahů a objemů k infinitesimálnímu počtu, Šimša: Archimédova statika v geometrii, Fuchs: Co ještě nevíme o prvočíslech, Šimša: Eukleidův důkaz nekonečnosti množiny všech prvočísel).
- J. Bečvář, E. Fuchs (ed.): **Matematika v 19. století, Dějiny matematiky 3**. Prometheus, Praha 1996 — str. 7–37 (Schwabik: Několik postřehů k vývoji matematické analýzy v 19. století).
- J. Bečvář, E. Fuchs (ed.): **Člověk — Umění — Matematika, Dějiny matematiky 4**. Prometheus, Praha 1996 — str. 73–126, 137–154 (Čižmár: Vznik

*a vývoj algebrické geometrie, Hejný: Objevování neeukleidovské geometrie, Veselý: O některých důležitých řadách).*

Š. Schwabik, P. Šarmanová: **Malý průvodce historií integrálu, Dějiny matematiky 6.** Prometheus, Praha 1996.

J. Bečvář, E. Fuchs (ed.): **Historie matematiky II, Dějiny matematiky 7.** Prometheus, Praha 1997 — str. 7–67 (Bečvář: *Hrdinský věk řecké matematiky II, Mačák: Poznámky k formování teorie pravděpodobnosti*).

J. Bečvář, E. Fuchs (ed.): **Matematika v proměnách věků, Dějiny matematiky 11.** Prometheus, Praha 1998 — str. 7–60 (Schwabik: *Druhá krize matematiky*).

J. Bečvář, E. Fuchs (ed.): **Matematika v 16. a 17. století, Dějiny matematiky 12.** Prometheus, Praha 1999 — str. 109–282 (Nádeník: *Geometrie v 16. a 17. století, Bečvář: Algebra v 16. a 17. století, Mačák: Poznámky k formování kombinatoriky v 16. a 17. století, Šimša: Vývoj představ o reálných číslech*).

J. Bečvář a kol.: **Matematika ve středověké Evropě, Dějiny matematiky 19.** Prometheus, Praha 2001.

J. Bečvář, M. Bečvářová, H. Vymazalová: **Matematika ve starověku. Egypt a Mezopotámie, Dějiny matematiky 23,** Prometheus, Praha 2003.

M. Bečvářová: **Česká matematická komunita v letech 1848 až 1918, Dějiny matematiky 34.** Matfyzpress, Praha 2008.

J. Bečvář: **Z historie lineární algebry, Dějiny matematiky 35.** Matfyzpress, Praha 2007.

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

J. Šedivý (ed.): **Světónázorová výchova v matematice.** JČSMF, Praha 1987 — str. 17–43, 80–156, 169–252 (Štefl: *Vývoj názorů na stavbu vesmíru od starověku po Galilea, Fuchs: Vznik a vývoj teorie množin. Třetí krize matematiky, Netuka, Schwabik: Vznik a vývoj matematické analýzy, Veselý: Sčítání divergentních řad, Bečvář: Soustavy lineárních rovnic a determinanty, Čížmár: Vývin geometrického myšlení v 19. století a na začátku 20. století*).

J. Folta (ed.): **Filozofické a vývojové problémy matematiky.** JČSMF, Praha 1988 — str. 93–147, 173–186 (Bečvář: *Teorie algeber, Fuchs: Od úlohy o 36 důstojnících ke konečným geometriím a k blokovým schémátům (z historie kombinatoriky), Štefl: Vznik a rozvoj nebeské mechaniky*).

P. Vopěnka: **Rozpravy s geometrií. Otevření neeukleidovských geometrických světů.** Vesmír, Praha 1995 — str. 7–98.



# Spolupracující ústavy

- Astronomický ústav AV ČR, v.v.i.

Fričova 298, 251 65 Ondřejov

<http://www.asu.cas.cz/>

4F1 Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika

4F2 Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí

4F12 Didaktika fyziky a obecné otázky fyziky

- Český hydrometeorologický ústav

Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4

<http://www.chmu.cz/>

4F8 Meteorologie a klimatologie

- Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.

Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

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

4F1 Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika

4F2 Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí

4F3 Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum

4F4 Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika

4F5 Fyzika povrchů a rozhraní

4F6 Kvantová optika a optoelektronika

4F9 Subjaderná fyzika

4F13 Fyzika nanostruktur

- Fyziologický ústav AV ČR, v.v.i.

Vídeňská 1083, 142 20 Praha 4

<http://www.biomed.cas.cz/fgu/>

4F4 Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika

- Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i.

Boční II/1401, 141 31 Praha 4 - Spořilov

<http://www.ig.cas.cz/>

4F7 Geofyzika



- Matematický ústav AV ČR, v.v.i.

Žitná 25, 115 67 Praha 1

<http://www.cz.math.cas.cz>

4F1 Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika

4F11 Matematické a počítačové modelování

4I1 Teoretická informatika

4I2 Softwarové systémy

4I3 Matematická lingvistika

4I4 Diskrétní modely a algoritmy

4M1 Algebra, teorie čísel a matematická logika

4M2 Geometrie a topologie, globální analýza a obecné struktury

4M3 Matematická analýza

4M4 Pravděpodobnost a matematická statistika

4M6 Vědecko-technické výpočty

4M8 Obecné otázky matematiky a informatiky

- Mikrobiologický ústav AV ČR, v.v.i.

Videňská 1083, 142 20 Praha 4 - Krč

<http://www.biomed.cas.cz/mbu/cz/>

4F4 Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika

- Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i.

Chaberská 57, 182 51 Praha 8

<http://www.ufe.cz/>

4F3 Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum

4F4 Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika

4F5 Fyzika povrchů a rozhraní

4F6 Kvantová optika a optoelektronika

- 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>

4F1 Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika

4F2 Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí

4F4 Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika

4F5 Fyzika povrchů a rozhraní

- Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i.

Boční II/1401, 141 31 Praha 4

<http://www.ufa.cas.cz/>

4F2 Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí

4F8 Meteorologie a klimatologie

- Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.  
Za Slovankou 1782/3, 182 00 Praha 8  
<http://www.ipp.cas.cz/cz>

4F2 Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí

- Ústav informatiky AV ČR, v.v.i.  
Pod vodárenskou věží 2, 182 07 Praha 8  
<http://www.cs.cas.cz/>

4I1 Teoretická informatika  
4I2 Softwarové systémy  
4M1 Algebra, teorie čísel a matematická logika  
4M6 Vědecko-technické výpočty

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

4F1 Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika  
4F3 Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum  
4F9 Subjaderná fyzika  
4F10 Jaderná fyzika

- Ústav makromolekulární chemie AV ČR, v.v.i.  
Heyrovského nám. 2, 162 06 Praha 6  
<http://www.imc.cas.cz/>

4F3 Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum  
4F4 Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika  
4F13 Fyzika nanostruktur

- 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>

4F4 Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika

- Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i.  
V Holešovičkách 41, 182 09, Praha 8  
<http://www.irmsm.cas.cz/>

4F7 Geofyzika

- 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/>

4I1 Teoretická informatika

4I2 Softwarové systémy

4M4 Pravděpodobnost a matematická statistika

4M5 Ekonometrie a operační výzkum

- Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.  
Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8  
<http://www.it.cas.cz/>

4F3 Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum

4F8 Meteorologie a klimatologie

4F11 Matematické a počítačové modelování

4I1 Teoretická informatika

4M6 Vědecko-technické výpočty