

MATFYZ 60

60 let Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

matematicko-fyzikální fakulta



60 let

**Matematicko-fyzikální fakulty
Univerzity Karlovy**

© kolektiv autorů, 2012

© MATFYZPRESS, vydavatelství Matematicko-fyzikální fakulty
Univerzity Karlovy v Praze, 2012

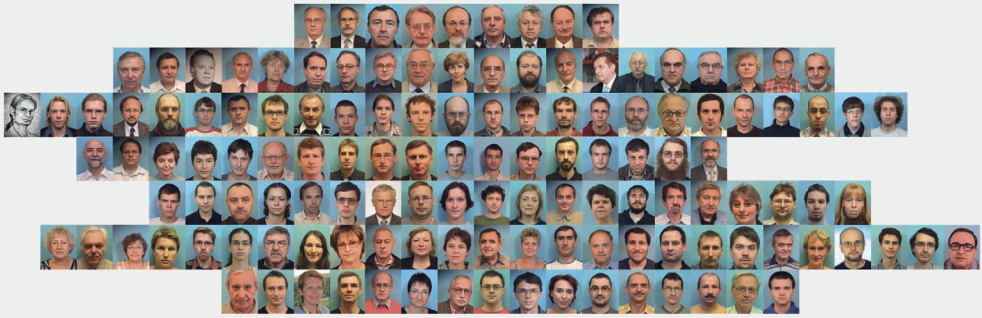
ISBN 978-80-7378-199-6

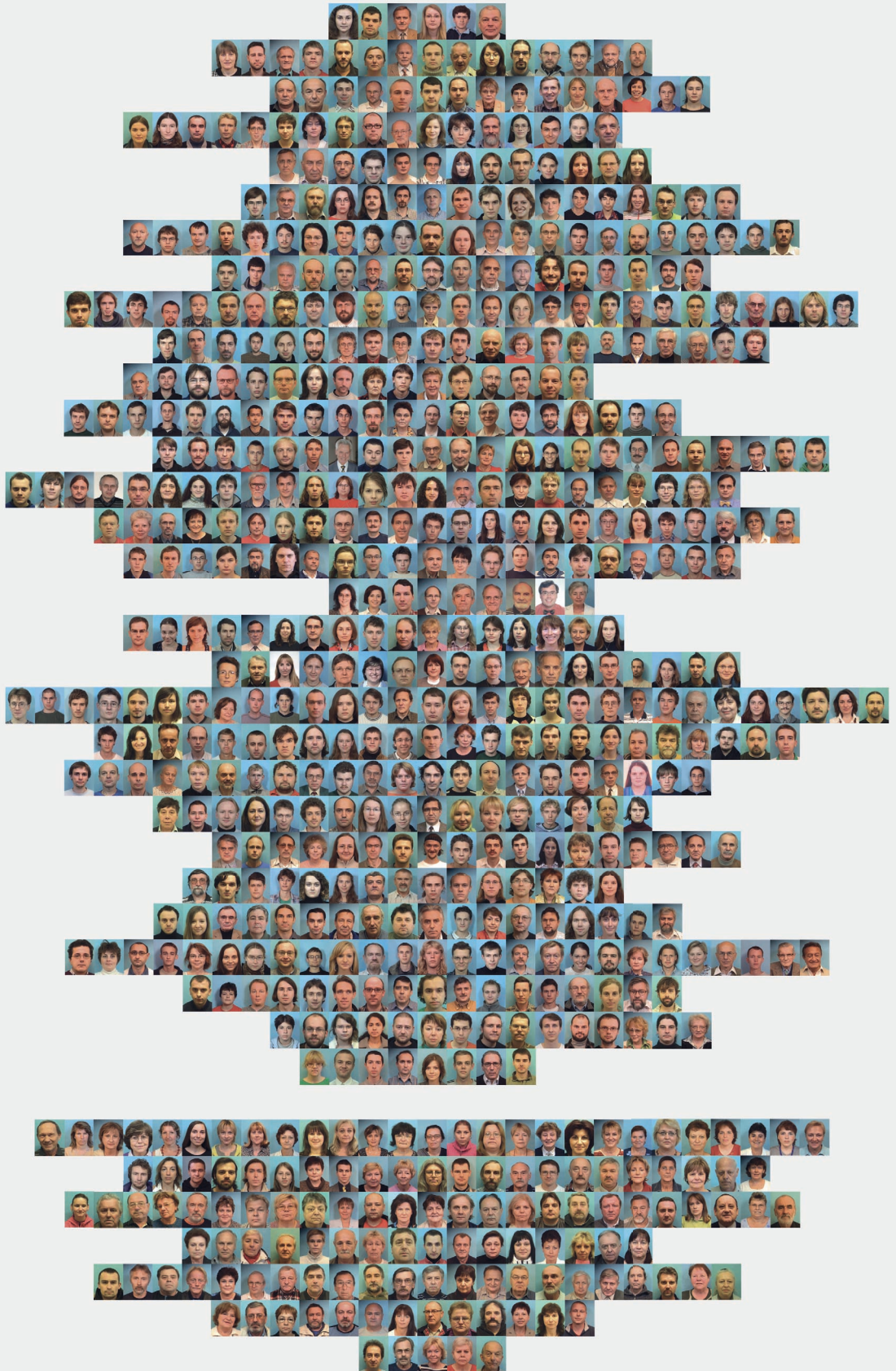
ISBN 978-80-7378-194-1 (1. vydání)



60 let

**Matematicko-fyzikální fakulty
Univerzity Karlovy**





• O matfyzu a jeho vedení



*Prof. RNDr. Zdeněk Němeček, Dr.Sc.
Děkan, po volbě
v Akademickém senátu.*

Přírodní vědy byly součástí výzkumu a výuky na Univerzitě Karlově od jejího založení v roce 1348. Jejich bouřlivý rozvoj v minulém století si vynutil nejprve v roce 1920 založení Přírodovědecké fakulty, posléze vedl k vytvoření samostatné fakulty pro pěstování matematiky a fyziky. Stalo se tak 1.9.1952, kdy byla vládním dekretem zřízena Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy. Vznikla personálním a prostorovým oddělením části Přírodovědecké fakulty. Matematicko-fyzikální fakultě připadly dvě budovy v ulici Ke Karlovu. Výzkumný a výukový program fakulty se rychle rozšiřoval a v karlovských budovách začalo být těsně. Proto byly MFF od roku 1960 po částech přidělovány prostory na Malé Straně a v roce 1961 dostala i budovu v Karlíně. Další vývoj si vynutil rozhodnutí o rozsáhlé výstavbě tzv. Matematicko-fyzikálního učiliště v Praze 8 a v květnu 1968 byl položen jeho základní kámen. Následující politický vývoj stavbu poněkud pozdržel, fakticky byla zahájena v roce 1971 a v roce 1979 byla dokončena část určená pro fyziku. V té době bylo zřejmé, že smělý plán vybudovat na Pelc-Tyrolce kampus pro ce-

lou Karlovu univerzitu se nebude realizovat, a tak se do nového areálu přesunula pouze část fyzikálních kateder. Tím byla na více než deset let prostorová situace fakulty zafixována a nejnaléhavější potřeby se řešily nouzovými vestavbami a přístavbami. Změnu přinesla až sametová revoluce v listopadu 1989. Díky neustálému úsilí vedení fakulty byla provedena krásná půdní vestavba v karlínské budově a zcela zrekonstruována budova na Malostranském náměstí. Do těchto akcí zasáhla v srpnu 2002 povodeň, která těžce poničila nově zrekonstruovanou budovu v Karlíně i část objektů v Troji. Následky se podařilo poměrně rychle odstranit a postižené budovy jsou nyní v ještě lepším stavu než před povodní. Díky pomoci Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy bylo možno přemístit v trojském areálu zkapalňovač helia a na něj navazující laboratoře nízkých teplot do budovy kryopavilonu, která byla pro tento účel nově postavena mimo zátopovou zónu.

I přes veškeré akce, které postupně zvýšily užitnou plochu ve stávajících budovách o téměř 20 %, je pociťován nedostatek místa zejména v matematické části naší komunity. Počítáme proto se zahájením výstavby nového pavilonu v trojském areálu, který by prostorové problémy na nějakou dobu vyřešil.

Z předchozího textu by se mohlo zdát, že rozvoj fakulty byl převážně extenzivní, neustále se zvětšovaly prostory pro výuku a vědeckou práci. Domnívám se, že celý zbytek brožury, kterou právě čtete, Vás přesvědčí o opaku. MFF UK se postupně vyvinula v respektovanou vědeckou instituci, zaujímající přední místo v naší republice. Slovo matfyz je považováno za synonymum pro excelenci ve vědě i výuce.

9. listopadu 2011



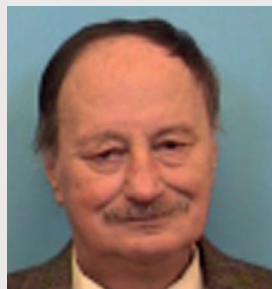
prof. RNDr.
Jaroslav Pokorný, CSc.
Proděkan pro vědeckou
činnost a zahraniční styky,
zástupce děkana



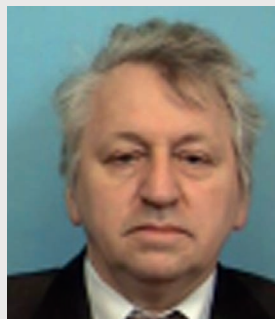
prof. RNDr.
Vladimír Sechovský, DrSc.
Proděkan pro
fyzikální sekci



doc. RNDr.
Antonín Kučera, CSc.
Proděkan pro
informatickou sekci



prof. RNDr.
Josef Štěpán, DrSc.
Proděkan pro
matematickou sekci



prof. RNDr.
Lubomír Skála, DrSc.
Proděkan pro koncepci studia



prof. RNDr. Jiří Anděl, DrSc.
Proděkan pro
studijní záležitosti



doc. RNDr.
Pavel Svoboda, CSc.
Proděkan pro rozvoj

• Dynamika fakulty za desetiletí

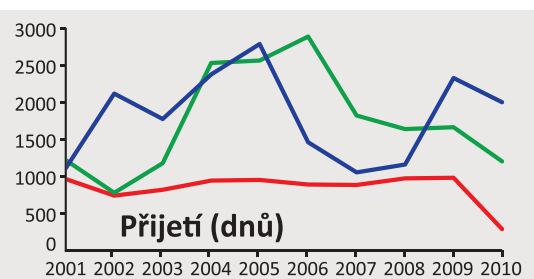
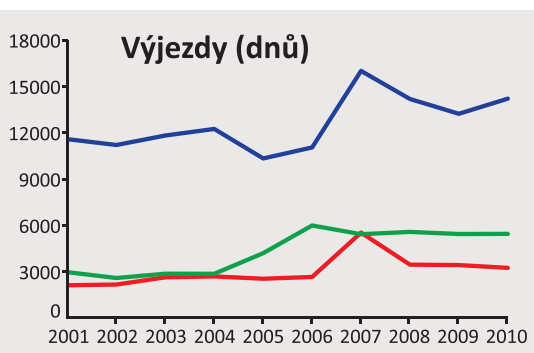
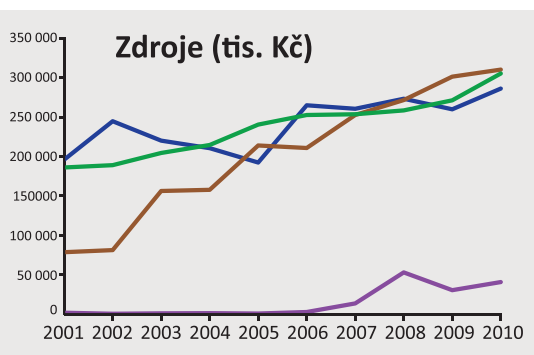
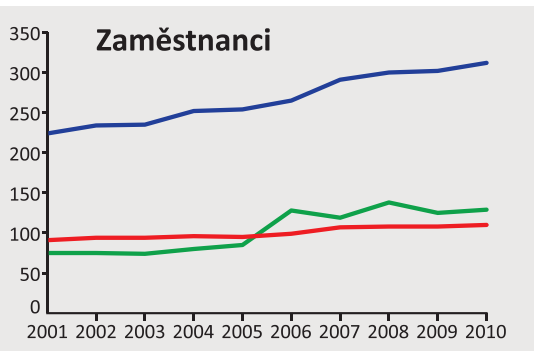
Kvantitativní pohled na vývoj fakulty v minulých deseti letech přináší grafy na této stránce.

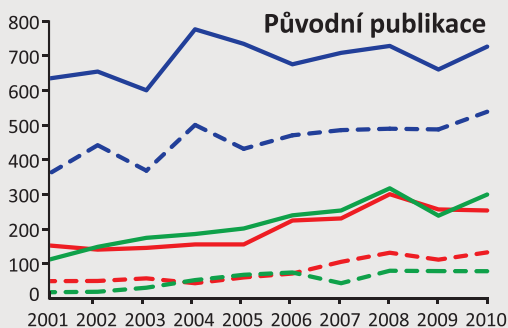
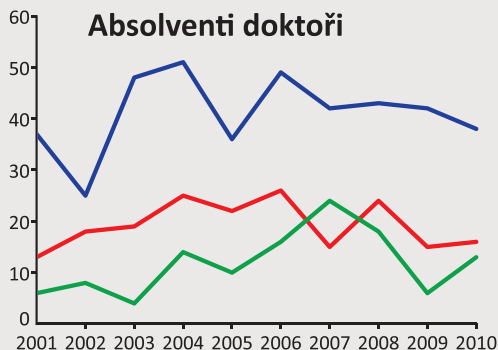
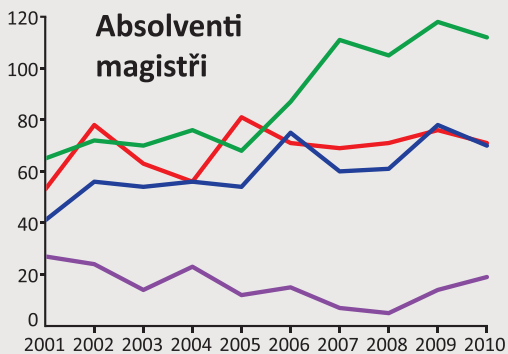
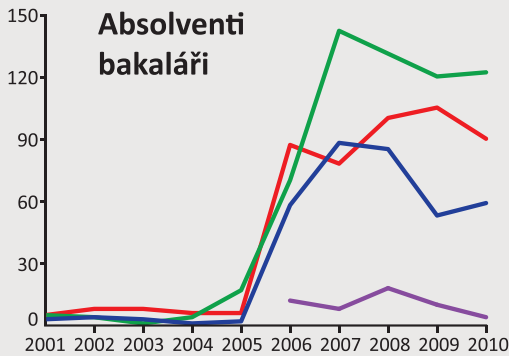
První graf ukazuje **růst počtu zaměstnanců** ve všech sekcích – modrá je fyzika, červená matematika, zelená informatika, stejně jako všude v této brožuře.

Druhý graf ukazuje **růst zdrojů finančních prostředků**, které se daří na fakultu získat. Zelenou barvou jsou zobrazeny prostředky na vzdělávání, hnědou institucionální dotace na vědu a výzkum (závislé na vědeckém výkonu fakulty), modrou účelové zdroje z ČR (granty), fialovou účelové zdroje ze zahraničí. Prostředky z grantů, tedy prostředky získané iniciativou pracovníků fakulty, tvoří tedy zhruba třetinu zdrojů.

Mobilita a kvantita mezinárodních styků je ilustrována počty výjezdů pracovníků MFF na zahraniční pracoviště a počtem přijetí zahraničních hostů na jednotlivých sekcích.

Značná převaha výjezdů na fyzikální sekci souvisí s prací v zahraničních laboratořích a s účastí v mezinárodních kolaboracích, obzvláště experimentálních, které jsou ve fyzice běžné.





Výkony fakulty charakterizují grafy na této stránce. Prvním produktem fakulty jsou absolventi.

Počty absolvovaných bakalářů vykazují značný vzrůst v roce 2006, kdy končili první bakaláři po reformě vysokoškolského studia, která rozdělila dřívější magisterské studium na bakalářský a navazující magisterský stupeň. Barvy odpovídají opět fyzice (modrá), informatice (zelená) a matematice (červená). Fialovou jsou označeni absolventi učitelských oborů.

Počty absolventů magisterského studia v minulé dekádě mírně rostly, nejvýrazněji na informatice. V současnosti přicházejí na fakultu populačně slabé ročníky. Zřetelný je stále malý zájem o učitelské studium.

Počty absolventů doktorského studia jsou až na výkyvy dlouhodobě stabilní. Viditelně vyšší počty absolvujících doktorů na fyzice ukazují, že většina studentů fyziky postupuje po dráze bakalář-magistr-doktor k vědecké kariéře v ČR nebo zahraničí, ostatně bakaláře ve fyzice umí málokdo využít a i o magistry má český průmysl a jiné instituce jen omezený zájem. Matematictí bakaláři a informatičtí magistři zjevně uplatnění nacházejí.

Druhým produktem fakulty jsou původní vědecké výsledky, kvantifikované na posledním grafu **počtem původních publikací**. Přerušované čáry znázorňují počty publikací v časopisech s nenulovým impakt-faktorem. I zde je vidět stálý mírný nárůst.

Podrobnější údaje o funkci fakulty najdete ve výročních zprávách fakulty, viz <http://www.mff.cuni.cz/fakulta/tiskoviny/zpravy/>

• Rozvoj fakulty za posledních 10 let



*Povodeň 2002 – areál Trója,
foto V. Matolín*



*Následky povodně 2002 –
Karlín, knihovna, foto J. Antoch*

V roce 2002 si MFF UK připomněla 50. výročí svého vzniku. Současně byl život fakulty vážně poznamenán důsledky srpnové povodně. Těžce byly poškozeny dvě budovy fakulty (Sokolovská 83, Praha 8-Karlín; V Holešovičkách 2, Praha 8-Troja). Nejvíce byly postiženy laboratoře experimentální fyziky, technologická zařízení a knihovny.

Celková výše škod dosáhla 141,5 mil. Kč, z toho 56 mil. Kč představují ztráty na knihovním fondu. Zasažena byla půjčovna skript a učebnic a také dílčí meteorologická knihovna v Troji, velké ztráty utrpěla matematicko-informatická část knihovny umístěná v Karlíně.

Bylo zničeno na 13 000 knih, 468 titulů časopisů, 2 500 exemplářů učebnic, přes 4 000 skript, 2 000 diplomových prací, přitom asi 6 000 titulů bylo konzervováno v mrazírnách Mochov v Kladně.

Paradoxně tato povodeň představovala mocný impuls ke stavebnímu rozvoji fakulty v následujícím desetiletí. Poškozené objekty se podařilo zprovoznit k 15. říjnu 2002, výuka byla zahájena jen se čtrnáctidenním zpožděním.

Na obnovu bylo v roce 2002 vynaloženo takřka 77 mil. Kč z prostředků Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, z prostředků Univerzity Karlovy a Matematicko-fyzikální fakulty. Vlastní příspěvek MFF činil 10 mil. Kč.

V období následujícím po povodních jsme se setkali s velkou solidaritou ze strany jednotlivců, společností, institucí atd., a to jak domácích, tak i zahraničních. K 31. 12. 2002 získala fakulta od dárců 2,5 mil. Kč na finančních darech, z toho na obnovu knihovního fondu 2 mil. Kč. Důležitou pomoc představují také dary matematické literatury.

Jak šly roky

2002:

V průběhu roku 2002 byla zakončena první etapa rekonstrukce budovy fakulty na Malostranském náměstí. Proběhla rekonstrukce sportovního areálu a oprava tenisových kurtů na Albertově.

2003

V roce 2003 proběhla značná část rekonstrukčních prací, která znamenala nejen odstranění škod po povodních, ale zásadně změnila využití postižených budov a výrazně zlepšila pracovní prostředí zaměstnanců a studentů.

Rok 2003 byl zcela výjimečný tím, že se fakultě podařilo získat a z velké části využít mnoho dalších finančních zdrojů, především na zahájení dvou zcela nových akcí – výstavbu Pavilonu kryogenní techniky a rekonstrukci haly těžkých laboratoří.

Za značného přispění Nadace Karla Urbánka, bývalého absolventa MFF UK a důležité osobnosti polovodičového průmyslu USA, byla zahájena rekonstrukce fyzikálních praktik v budově Ke Karlovu 3; dnes nesou název Laboratoř Karla Urbánka.

Při rekonstrukci malostranské budovy byly objeveny fresky v refektáři a později rotunda Sv. Václava. Zájem Univerzity na využití refektáře urychlil rekonstrukci celé budovy. V závěru roku 2003 byla vybudována počítačová laboratoř Rotunda.

V Troji na budově těžkých laboratoří byla instalována fotovoltaická elektrárna.

2004

V roce 2004 byly dokončeny rozsáhlé rekonstrukce po povodních v budově Karlín (byla nově vybudována matematická část fakultní knihovny, tělocvična, interiéry) a byla dokončena další etapa rekonstrukce budovy na Malostranském náměstí (informatická část fakultní knihovny, počítačové laboratoře a stravovací zařízení v suterénu).

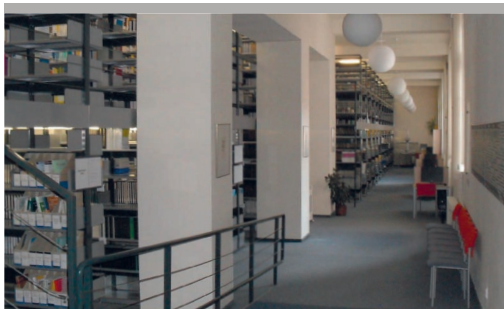
Stavební úpravy se také uskutečnily v objektech Ke Karlovu 3 a 5, v areálu Troja byla dokončena rekonstrukce haly těžkých laboratoří, která umožňuje zcela nové využívání původních prostor.



*První zrekonstruované praktikum,
Laboratoř Karla Urbánka,
foto P. Svoboda*



*Počítačová laboratoř Rotunda,
foto P. Svoboda*



*Nově vybudovaná knihovna
v Karlíně, foto P. Svoboda*



*Pohled z laboratoře Rotunda do
nově vybudované knihovny na Malé
Straně, foto P. Svoboda*



*Budova fakulty na Malostranském
náměstí, foto P. Svoboda*



*Budova Kryopavilónu v Troji,
foto P. Svoboda*

Stavební úpravy se uskutečnily i v objektech Ke Karlovu 3 a 5, v areálu Troja byla dokončena rekonstrukce haly těžkých laboratoří, která umožňuje zcela nové využití původních prostor.

Velmi významnou událostí v životě fakulty v roce 2004 bylo otevření zcela nové inforatické části fakultní knihovny v malostranské budově.

2005

Nejnákladnější akcí roku 2005 byla rekonstrukce historické budovy na Malostranském náměstí vč. rekonstrukce trafostanice. Současně byla zpracována projektová dokumentace na rekonstrukci interiérů a navazující restaurátorské práce.

Za nejvýznamnější stavební akci roku 2005 lze považovat dokončení Pavilónu kryogenní techniky („Kryopavilón“), kam byl instalován nový zkapalňovač helia a kam byly přesunuty fyzikální laboratoře vyžadující stálý přísun kapalného helia. Původní zkapalňovač v budově těžkých laboratoří byl zcela zničen při povodních v roce 2002, nové umístění Kryopavilónu bylo zvoleno tak, aby bylo mimo zátopovou oblast.

V budově Ke Karlovu 3 byla dokončena výstavba nových poslucháren na místě bývalých praktik didaktiky fyziky.

2006

V roce 2006 byly na Malé Straně zahájeny práce na interiérech. Byla dokončena oprava fasády a zateplení průjezdu budovy v Karlině.

V areálu Troja byla provedena provizorní oprava fasády objektu katedry a střechy vývojových dílen. V rámci přesunu pracovišť byla rekonstruována některá podlaží v katedrovém objektu a v objektu těžkých laboratoří. V budově Ke Karlovu 5 proběhla rekonstrukce jedné posluchárny a fyzikálních pracovišť v 1. suterénu.

V roce 2006 se fakultě, zejména díky úsilí prof. Tichého a doc. Svobody, podařilo získat významné prostředky (přes 20 mil. Kč) z Rozvojových programů MŠMT, s jejichž pomocí byla v budovách fakulty instalována bezdrátová síť wifi, umožňující využívat infrastrukturu eduroam.

Díky příznivé situaci na MŠMT byla fakulta na počátku roku 2006 vyzvána k urychlenému podání dodatečného rozvojového projektu, který umožnil vybavit všechny posluchárny MFF dataprojektory a velké posluchárny dovybavit audiotechnikou.

Novou komunikační technikou bylo vybaveno i studijní oddělení fakulty, což vedlo ke zkvalitnění komunikace referentek se studenty. Část prostředků z RP MŠMT byla využita rovněž k pořádání akcí směřujících k získávání talentované mládeže pro studium na MFF.

2007

V roce 2007 probíhala intenzivní jednání mezi 1. LF, PřF a MFF o nové podobě areálu Albertov. Nakonec byl formulován záměr vybudovat zde dvě centra – Centrum globálních změn a Biocentrum. V obou z nich se počítá s výraznou účastí pracovišť fakulty. Ke konci roku zadala UK vypracování architektonické studie.



Rekonstruovaná budova MFF v Karlině, foto P. Svoboda



Varhany v Aule MFF na Malé Straně, foto J. Šaroun



*Rekonstruovaná budova
Ke Karlovu 5, foto P. Svoboda*



*Rekonstruovaná budova
Ke Karlovu 5 – pohled ze dvora,
foto P. Svoboda*



*Rekonstruovaná posluchárna
Čeňka Strouhala (F1) Ke Karlovu 5,
foto M. Vlach*

Stavební ruch, který byl na fakultě v předchozích letech, se poněkud zvolnil. Přesto došlo k zahájení opravy fasády budovy Ke Karlovu 5 a bylo vybudováno nové parkoviště v trojském areálu.

V roce 2007 byla úspěšně dokončena výroba a montáž varhan v Aule Matematicko-fyzikální fakulty (bývalý „refektář“) na Malostranském náměstí.

Dokončena byla rekonstrukce fyzikálních pracovišť pro potřebné přesuny v areálu Troja a v budově Ke Karlovu 5.

S pomocí Rozvojových programů MŠMT byla dokončena instalace sítě wi-fi a připojení k infrastruktuře eduroam na celé fakultě. V létě 2007 se podařilo instalovat síť wifi i ve Výcvikovém středisku UK na Albeři, kde MFF tradičně pořádá vstupní soustředění studentů prvního ročníku fakulty.

2008

V roce 2008 uplynulo 100 let od otevření budovy Fyzikálního ústavu University Karlovy v ulici Ke Karlovu 5. K této slavnostní příležitosti se podařilo obnovit vnější vzhled budovy a opravit i značnou část interiéru. Oslavy 100 let fyziky na Karlově, které proběhly 30. září, tak důstojně zahájily nový akademický rok 2008/2009.

Úpravy budovy Ke Karlovu 5 nebyly jedinou stavební akcí. V karlovském areálu se podařilo po několikaletém úsilí vybudovat výtah v budově Ke Karlovu 3, a tím budovu zpřístupnit i osobám se sníženými pohybovými schopnostmi. Na tuto akci navazovala i velkorysá rekonstrukce dvorku za budovou, přes který bezbariérový přístup vede.

V trojském areálu byla formálně zahájena dlouho odkládaná rekonstrukce vnějšího

plášť katedrového objektu. Akce je rozložena do tří let s ukončením v září 2010; celkový finanční objem přesahuje 150 mil. Kč.

V budově na Malostranském náměstí byl zahájen pravidelný provoz refektáře (Auly MFF), ve kterém se od září 2008 konají bakalářské promoce všech fakult Univerzity Karlovy.

V roce 2008 byla dokončena oprava střechy a fasády budovy Fyzikálního ústavu Ke Karlovu 5. Zároveň byly zahájeny vnitřní úpravy a opravy budovy Fyzikálního ústavu a rekonstrukce pracovišť Fyzikálního ústavu a katedry chemické fyziky a optiky.

V budově Matematické sekce v Karlíně bylo zbudováno nové studijní pracoviště – Respirium.

V rámci Rozvojových programů MŠMT byl v roce 2008 zahájen projekt velkokapacitního Studentského úložiště dat, který dále pokračoval v letech 2009 a 2010.



*Respirium v Karlíně,
foto P. Svoboda*



*Rekonstruovaný refektář –
Aula MFF, foto J. Šaroun*



*Výtah u budovy Ke Karlovu 3,
foto P. Svoboda*



Dvůr Ke Karlovu 5 po rekonstrukci slouží jako parkoviště, foto P. Svoboda



Nově rekonstruované Praktikum I, foto P. Svoboda



Nové podlahy na chodbách budovy Ke Karlovu 5, foto P. Svoboda

2009

Nejvýznamnější stavební akcí roku 2009 byla 1. etapa rekonstrukce fasády katedrového objektu Troja. Výměna pláště na jižní straně byla zkolaudována v listopadu. Dále byly dokončeny a postupně zkolaudovány úpravy vnitřních dvorů Ke Karlovu 3, Ke Karlovu 5 a Sokolovská 83; byly provedeny i úpravy suterénu a přízemí v budovách Ke Karlovu 3 a Ke Karlovu 5.

Rozvoj fakulty je ovšem nepředstavitelný bez další výstavby. V tomto ohledu se jako nejperspektivnější jeví lokality Troja a Albertov. Pro přípravu výstavby v lokalitě Albertov byla jmenována pracovní skupina, ve které je po jednom zástupci z každé zainteresované fakulty. MFF zastupuje doc. RNDr. P. Svoboda, CSc. Využití pozemků v majetku Univerzity v této lokalitě komplikuje přístup zastupitelstva Prahy 2, které prosazuje, aby veškeré nezastavěné plochy byly k dispozici veřejnosti.

V tomto duchu byl vypracován i nový územní plán. MFF spolu s Přírodovědecou fakultou UK podaly k tomuto plánu v příslušném termínu námítky.

V roce 2009 byly realizovány opravy a rekonstrukce posluchárny F1 a fyzikálního praktika na Karlově a poslucháren v Troji.

Průběžně probíhaly opravy a rekonstrukce technických a technologických zařízení budov, zejména v areálu Troja. Dokončeny byly terénní úpravy venkovních ploch Ke Karlovu 5 a Sokolovská 83.

2010

Příznivá finanční situace fakulty umožnila v roce 2010 provést řadu stavebních úprav zlepšujících pracovní prostředí a komfort pracovníků a studentů fakulty. Podařilo se dokončit rekonstrukci budovy Ke Karlovu 5. Byly položeny nové keramické podlahy na všech chodbách objektu. Dlažba byla vy-

robena speciálně na zakázku tak, aby respektovala historický vzhled budovy. Stejně tak dveře různých typů, osazené v průběhu minulých padesáti let, byly nahrazeny replikami dveří původních. Úpravy zeleně navazující na budovu byly dokončeny zastřešením terasy.

Další významnou akcí bylo dokončení výměny pláště katedrového objektu v Troji. Při předávání stavby firmou Unistav všichni zúčastnění konstatovali, že celá náročná stavba za zhruba 140 mil. Kč proběhla bez problémů a firma se snažila vycházet maximálně vstříc požadavkům jednotlivých pracovišť na minimální omezení provozu. Výsledek rekonstrukce z hlediska komfortu zaměstnanců předčil očekávání, energetické úspory budou teprve vyčísleny.

Realizována byla oprava Fyzikálního praktika III. Tato akce zahrnovala nejen rozsáhlé stavební úpravy, ale i pochozí vestavbu s novými pracovišti a úložným prostorem.

2011

Prostorová situace inženýrské a matematické sekce v budovách v Karlíně a na Malé Straně je poměrně tíživá, přičemž jakékoli dostavby na daných místech nepřipadají v úvahu. Proto fakulta hledá náhradní řešení.

Vzhledem k tomu, že výstavba Biocentra a Globcentra na Albertově a vlastně i osud projektu Kampus Albertov jsou nejasné, navrholo vedení fakulty jiné východisko – výstavbu pavilonu pro sekce matematickou a inženýrskou v prostorách současného areálu MFF v Troji. Tento záměr se podařilo prosadit do plánu investiční činnosti UK na léta 2011–2016.

K rozvoji fakulty patří i péče o prostředí kampusů: na podzim roku 2010 byla fakulta vyzvána, aby napomohla úpravám



Nová pergola v zahradní části dvora Ke Karlovu 5 jako místo pro neformální diskuse v klidném prostředí, foto P. Svoboda



Jižní strana rekonstruovaného pláště katedrového objektu v Troji, foto P. Svoboda



Vizualizace plánovaného pavilonu MFF v Troji, vizualizace: Ing. Arch. J. Jaroš



Albertovské stráně po vyčištění od náletových křovin, foto P. Svoboda



Renovované tenisové kurty, foto P. Svoboda



Praktikum IV, Ke Karlovu 3, těsně před slavnostním předáním, foto P. Svoboda

albertovských strání, pokrytých náletovými křovinami a v dolní části svahů invazivní křídlatkou.

V době vegetačního klidu na počátku roku 2011 bylo rozhodnuto přikročit k první etapě rekultivace Albertovských svahů – k odstranění náletových křovin a vyčištění svahu. Celá akce probíhala po dohodě tří fakult, tedy MFF, 1. LF a PřF, ve spolupráci s odborem životního prostředí Prahy 2.

Po politizaci diskuse o podobě svahů se vedení fakulty rozhodlo přenechat další správu svahů Přírodovědecké fakultě.

Úpravy se pak v první polovině roku soustředily na opravu tenisových kurtů, protože oprava v roce 2002 se nezdařila v původně plánovaném rozsahu, vzhledem k nutnosti řešit následky povodně. Na jaře 2011 proběhla celková oprava tenisových kurtů, které fakulta intenzivně využívá.

Nutné opravy během léta 2011 se soustředily na řešení havarijních stavů dešťosvodů v okolí budovy Ke Karlovu 5 a ve dvoře budovy v Karlíně a také na opravu havarijního stavu fasády budovy Ke Karlovu 3.

Jednou z nejdůležitějších stavebních akcí roku 2011 byla poslední etapa rekonstrukce fyzikálních praktik v budově Ke Karlovu 3. Ke slavnostnímu předání fakultní veřejnosti došlo 10. 10. 2011 a studenti fyzikálních oborů mají k dispozici praktikum na špičkové úrovni, pokrývající základy experimentální fyziky od historických přístrojů až po zcela moderní přístroje a metody.

Završením velkorysých úprav katedrového objektu v Troji byla rekonstrukce chlazení. Celá akce, která proběhla s minimálním narušením provozu, byla s dodržáním plánovaných nákladů dokončena dle harmonogramu v říjnu 2011.

S rekonstrukcí chlazení probíhala současně i úprava prostoru kolem nefunkčních chladicích věží areálu v Troji. Jako chráněná památka byly zakomponovány podle projektu Ing. Arch. Jaroše do parkové úpravy celého parteru

Fyzikální sekce podnítila v druhé polovině roku 2011 přípravu a částečnou realizaci akcí zaměřených na energetické úspory dlouhodobého charakteru. Nejvýznamnější z nich je příprava pole geotermálních vrtů na dvorech u budov Ke Karlovu 3 a Ke Karlovu 5.

Tyto vrty by měly sloužit na akumulační ukládání odpadního tepla do podloží během roku a využití tohoto tepla pro vytápění budov v zimním období. V létě 2011 byly na obou pozemcích realizovány zkušební vrty a proběhla analýza tepelných vlastností geologického podloží. Na základě výsledků této analýzy přikročila fyzikální sekce k realizaci vrtného pole v závěru roku 2011. Druhá etapa, zapojení tepelných čerpadel, bude navazovat v první polovině roku 2012.



Opravená fasáda na průčelí budovy Ke Karlovu 3, foto P. Svoboda



Rekonstruovaný dvůr budovy v Karlíně, foto P. Svoboda



Chladicí věže v Troji a jejich okolí těsně před dokončením úprav, foto P. Svoboda

• O studentech matfyzu

Beánie a Jarníkování

Nejdůležitější částí matfyzácké implementace **Beánie** – aneb přijímání nových studentů starými – je obřad **Jarníkování**. Vojtěch Jarník byl významný český matematik a také duchovní otec našeho ústavu, kromě něj nám však do našich časů zanechal třeba pětisvazkovou učebnici matematické analýzy, která přes poněkud archaický styl a úmornou preciznost všeho svého vyjadřování stále se těší oblibě některých matfyzáků, pokud už ne coby plnoprávná učebnice, tak alespoň jako jistý symbol našeho stavu.

Tvrdí se, že být Jarníkován je podmínka nutná k dokončení Matfyzu, nikoli však podmínka dostačující.

Více viz <http://spolek.matfyzak.cz>



Tento příspěvek má doplnit ostatní tím, že namísto slavných profesorů a současných vědců podá zprávu o nejpočetnější části akademické obce, o studentech. Ovšem vystihnout podstatu „studenta Matematicko-fyzikální fakulty“, to je opravdu tvrdý oříšek.

Nejprve bych se rád zaměřil na prostředí, které pro nás akademičtí pracovníci a další zaměstnanci fakulty vytvářejí. První slovo v mé mysli je „odbornost“, druhé „úcta“. O odbornosti zde jistě budou psát jiní, ale nezmínit ji na prvním místě bych nemohl. Druhou v pořadí je úcta, s níž jsem se setkal při každém jednání, které jsem na fakultě vedl. V prvním ročníku se studenti často pousmějí nad oslovením „kolego“, kterým je profesori častují, ale u oslovení toto uctivé jednání rozhodně nekončí. Ať už jde o vstřícnost, dodržení daného slova, nebo obyčejnou slušnost, většina fakultních zaměstnanců výrazně překonává současný standard na vysokých školách.

Když zasloužilí profesori jednají s mladými studenty, nerovnost v postavení i ve znalostech ustupuje před úctou a slušností. Svým výrokiem to krásně vystihl docent Emil Calda: „Cesta k matematice sice není královská, ale zase vás na ní nepřejede žádná...“ Poslední slovo bonmotu nechť si každý doplní sám, do této brožurky se přes svou výstižnost nehodí.

Nesmím zde nezmínit aktivity přímo související se školou. Spolek přátel školy, náš Matfyzák, má jistě mnoho obdob na jiných fakultách, ale při bližším pohledu budete překvapeni, jak jsou jeho akce úspěšné. Také je zarážející, kolik studentů si od spolku pořídilo oblečení s logem naší fakulty. Na kolika fakultách lze potkat studenty hlásící se ke své alma mater už svým oblečením?

Dále jsou tu korespondenční semináře MKS, FYKOS, KSP a další; jde o celoroční odborné soutěže pro studenty středních či základních škol, pořádané studenty naší fakulty. Nejstarší ze seminářů funguje již přes třicet let a jeho dávné organizátory můžete hledat i mezi současnými profesory. Snad lze tento odstavec shrnout slovy, že naši studenti mají chuť se i mimo studium zabývat něčím hodnotným.

Ale jaký je student jako člověk? Každá vysoká škola stojí z větší části na samostudiu, na schopnosti studentů pracovat a vzdělávat se samostatně, dobrovolně a nad rámec povinností. Pokud toto chápeme jako podstatu, pak je ona podstata na naší fakultě velmi důstojně naplněna. Jedna z mých spolužaček napsala například velice kvalitní bakalářskou práci, přijatou poté jako odborný článek. Později se s námi smála nad dopisem, kde ji redakce oslovila jako „profesorku“. Jiný ze studentů vede na svém mateřském gymnáziu matematický seminář, který vychoval řadu úspěšných olympioniků. Další ve volném čase studuje filosofii profesora Petra Vopěnky. Dva studenti sepsali učební text, který zaujal jednoho z profesorů a s jeho pomocí brzy vyjde jako kniha. Jedna studentka mi prozradila, že byla poslána za hostujícím profesorem, ne aby si poslechla jeho přednášku, ale protože je profesor zvědavý na její diplomovou práci. Mrzí mne, že nemohu zmínit

další, že se sem nevejdou i jejich zásluhy a úspěchy. Na co ale nesmím zapomínat, je pestrost zaměření. Vítěz fyzikální či matematické olympiády vás asi na naší fakultě nepřekvapí, ale juniorský reprezentant České republiky v curlingu? Setkal jsem se na naší fakultě s hudebníky, absolventy konzervatoří, organizátory šifrovacích her, sokoly, aktivními členy církví, mladými politiky i vrcholovými sportovci. Nemalá část našich studentů ve volném čase studuje druhou školu, ať už ekonomickou, právnickou nebo uměleckou.

Tím jsem se tedy snad alespoň přiblížil vystihnout ducha studentů naší fakulty. Ta nás především učí učit se a myslet. Nevím, zda moji přátelé a kolegové z řad studentstva uspějí v naší dynamické společnosti. Nevím, kolik z našich znalostí nám usnadní získání zaměstnání a zajistí pracovní úspěchy. Vidím však tolik velkých osobností, které vzešly z naší fakulty, tedy z dávných řad našeho studentstva! A když se pak podívám do řad současných, věřím, že vzejdou další.

Matfyzácká kuchařka

V této kuchařce nenaleznete recept na jehněčí ragů, protože je příliš složitý. Najdete tu ale recepty k přežití na matfyzu. Neradi bychom vás připravili o kouzlo objevování toho, co znamená být studentem MFF. Na druhou stranu, místo úspěchu vám to může přinést spoustu trapasů a zbytečné časové ztráty. Tento průvodce Matematicko-fyzikální fakultou, kolejí 17. listopadu, pražskou MHD a Prahou vůbec tedy vznikl pro ty, kteří se nechtějí se vším mořit sami. viz <http://kucharka.matfyzak.cz/>, wiki.matfyz.cz, forum.matfyz.info, www.matfyz.info

Úvod do matfyzáka si najdete vyhledávačem: „...Matfyzák se na první pohled neliší od ostatních lidí. Má hlavu normální velikosti – jednu, dvě podobné oči, něco kolem dvaatřiceti zubů, dohromady 20 prstů celkem rovnoměrně rozmístěných po těle, myje si nohy a pravidelně chodí na stolicí. Ale už při bližším zkoumání můžete přijít na různé odlišnosti...“

Tomáš Roskovec

• Sport a Albeř

Neopomenutelnou součástí šedesátileté historie MFF UK je sport. Mistři republiky v šermu fleretem družstev, medaile z mistrovství republiky ve vodním slalomu, družstvo mužů ve volejbalové extralize, vynikající umístění orientačních běžců v celostátních žebříčcích a jedna medaile z mistrovství světa v orientačním běhu, to je jen zákonitě vyvrcholení oblíbenosti sportu jak mezi studenty tak mezi zaměstnanci a absolventy MFF.

Avšak daleko podstatnější, než namátkou uvedené špičkové výsledky, jsou výsledky na základní sportovní úrovni. Díky vynikající práci členů KTV začalo mnoho studentů a zaměstnanců, včetně jejich rodin, poznávat sport takzvaně „od nuly“, přičemž úroveň, které následně někteří dosáhli, není zanedbatelná.

Bylo např. vyškoleno několik stovek lyžařských instruktorů, mnoho studentů a zaměstnanců mělo resp. má možnost poznat kouzlo pěší a vodní turistiky, krásu lyžování, zapojit se do družstev basketbalu, volejbalu, softbalu, tenisu, stolního tenisu, orientačního běhu,

Katedra tělesné výchovy

Výuku tělesné výchovy na Matematicko-fyzikální fakultě zajišťuje Katedra tělesné výchovy (KTV), která sídlí v nově zrekonstruovaném sportovním centru v Praze 10-Hostivaři. Zde je i většina sportovišť, na kterých výuka TV probíhá – plavecký bazén se saunou, víceúčelová sportovní hala, fitness, tělocvična na úpolové sporty, sály pro výuku aerobiku. K dispozici jsou také dvě nafukovací haly, ve kterých se vyučuje volejbal, tenis, basketbal, florbal a speciální tenisová hala. Z venkovních sportovišť jsou využívány tenisové kurty, travnaté fotbalové hřiště a hřiště na softbal. Výuka TV probíhá také na vlastních sportovištích fakulty – tenisových a volejbalových kurtech sportovního areálu MFF na Albertově. V Karlíně je k dispozici herna stolního tenisu a tělocvična.



zdokonalit svůj pohyb sportovní gymnastikou, a jedním z nejzáslužnějších výsledků je, že mnoho neplavců se na MFF naučilo plavat. K velmi oblíbeným akcím patřily a dodnes patří turistické srazy, vodácké kurzy, lyžařské kurzy jak pro studenty, tak pro zaměstnance a jejich rodiny, ročníkové přebory fakulty v basketbalu a volejbalu (v tomto případě i za účasti družstev ročníků z let minulých), atd. V počátcích byl sport na fakultě provozován pouze spontánně popř. pod hlavičkou sportovního klubu Slávie Vysoké školy Praha, ovšem postupně se počet sportovců zvýšil natolik, že v roce 1962 byl na MFF založen vlastní sportovní klub MFF Praha a ustavující schůze se m.j. zúčastnil i náruživý sportovec akademik Kořínek. V současné době má klub dvanáct oddílů a členů více než 400, přičemž až na malé výjimky se jedná o studenty, zaměstnance a absolventy MFF.

Podstatný význam pro sport mají sportovní zařízení, která MFF má k dispozici. Je jich nespočetně, ale dvě z nich považuji za nejvýznamnější. První z nich jsou **tenisové a volejbalové kurzy na Albertově**. Sportoviště, které v době, kdy fakulta ještě sídlila pouze ve dvou budovách na Karlově, měli zaměstnanci a studenti nejbližší a náležitě toho využívali. Zejména volejbal se na MFF stal tak populárním sportem, že v historii tohoto sportu nemá oddíl volejbalu VŠSK MFF v naší republice obdoby. V současné době má oddíl v republikových soutěžích 7 družstev mužů a 4 družstva žen, vždy se jednalo o družstva ryze amatérská a všichni hráči považují za hlavní odměnu to, že mohli hrát za „matfyz“.

Za nejvýznamnější sportovní zařízení, a nejen sportovní, však považuji letní výcvikové středisko **Albeř**. Tento tábor byl objeven pětičlennou skupinou tehdejších členů kateder tělesné výchovy fakult UK (z MFF Jirkové Adamíra a Kopal) v roce 1959, přičemž o tomto významném okamžiku mi dovoluji citovat zmíněného Jirku Adamíru:

„Bylo 6. května a krásný den. A tak z prostoru budoucího tábora byl dojem skupiny veliký. Tenkrát ještě lesem při rybníku nepronikl polom a rybník byl ukryt z největší blízkosti. Tím větší bylo překvapení a údiv, když jsme k němu přišli. Připadal nám jako kanadské jezero uprostřed dosud nedotčené divoké přírody. Následovala důkladná prohlídka všech přilehlých prostor, které nás při představě budoucího tábora přiváděly doslova k vytržení“.

Kdo poznal Albeř, plně s těmito slovy souhlasí. Z podnětu MFF byly na Albeři v roce 1960 zahájené dětské tábory pro děti zaměstnanců UK, rodinné rekreace pro zaměstnance UK, oboje převážně se sportovní náplní, a v září byl asistentem Zdeňkem Malým uspořádán první týdenní sportovní tábor. Všechny zmíněné akce probíhají každoročně dodnes. Obliba Albeře na MFF je, díky podmínkám, které zejména po sportovní stránce poskytuje, obrovská. Dovolím si ocitovat oblíbené rčení: „Vlastníkem Albeře je Univerzita Karlova, ale patří matfyzu“. MFF dokonce toto sportovní zařízení používá od roku 1983 k úvodním soustředěním budoucích studentů I. ročníků a od roku 1990 je tu uskutečňován zápis do I. ročníku na MFF, takže studenti se s ním seznámí a ve velké většině si ho oblíbí ještě dříve, než začnou studovat. Je pravda, že tábor na Albeři se za 52 let existence změnil k nepoznání ze „zálesáckého tábora“ na místo sportu, rekreace a intenzivních diskusí.

Možnost sportovního vyžití jak studentů, tak zaměstnanců MFF trvá stále a o tom, že je hojně využívaná svědčí m.j. rostoucí počet oddílů VŠSK MFF a nárůst počtu členů tohoto klubu. Velkou zásluhu na tom má katedra tělesné výchovy MFF, vždy obsazená špičkovými odborníky v jednotlivých sportovních odvětvích. Jejich odbornost garantuje vysokou úroveň jak akcí pro studenty tak pro zájemce z řad zaměstnanců MFF a jejich rodin. (Jan Kašpar)

• Vnější vztahy a propagace

Vzbudit zájem středoškoláků, podpořit zvědavost, rozvíjet nadání i talent, usnadnit první krůčky na cestě k vědě pomáhá MFF systémem propagačních a PR akcí či aktivit zastřešených Oddělením pro vnější vztahy a propagaci.

Na většině aktivit se podílejí obě didaktické katedry, Katedra didaktiky fyziky a Katedra didaktiky matematiky – jde např. o Fyzweb, Fyzikální pokusy pro střední školy, Experimenty pro středoškoláky, Veletřh nápadů učitelů fyziky, Historie matematiky nebo Seminář o filozofických otázkách matematiky a fyziky. Další akce nabízejí odborná pracoviště, například Ústav teoretické fyziky nabízí každoročně cyklus Přednášky z moderní fyziky, Kabinet software a výuky informatiky organizuje Školu učitelů informatiky a jsou tu další.

Celá fakulta se prezentuje každoročně Dnem otevřených dveří, už 15 let je pořádán Jeden den s fyzikou, mladší je Jeden den s informatikou. Tyto dny jsou plné přednášek, exkurzí, experimentů, prezentací, demonstrací, prohlídek špičkových zařízení na vědeckých pracovištích a neobvyklých setkání s fyzikou nebo informatikou v historických budovách na Karlově, Malostranském náměstí či v trojském areálu MFF.

Informace o všech akcích pro veřejnost najdete na stránkách:

<http://www.mff.cuni.cz/verejnost/>



Den otevřených dveří nabízí přednášky, exkurze a poskytuje komplexní informaci o studiu na fakultě i o náplni jednotlivých oborů, kde se představuje a zájemce láká většina pracovišť.



Na děti i jejich rodiče či prarodiče je zaměřené odlehčené a hravé Pražské vědohraní, pořádané obvykle na den dětí.



Robotický den je plný soutěží.



Pracovníci fakulty ročně pořádají několik čtrnácti až dvacetidenních táborů a letních nebo zimních odborných soustředění či škol matematiky a fyziky, kterými ročně projde kolem sta středoškoláků a 25 žáků.

Na MFF mají velmi dlouhou tradici korespondenční semináře, které jsou organizovány studenty MFF pro jejich mladší budoucí kolegy. Je tu Matematický korespondenční seminář (31. ročník), Fyzikální korespondenční seminář (FYKOS) (25. ročník), Korespondenční seminář z programování (24. ročník), mezioborový seminář M&M (18. ročník), matematická korespondenční soutěž pro žáky 6. až 9. tříd základních škol a odpovídajících tříd víceletých gymnázií Pikomat MFF (27. ročník) a také nejmladší Pralinka (3. ročník). Korespondenční semináře pořádají i soustředění svých účastníků, kde je komunikace na dálku doplněna přirozeným osobním stykem.

Korespondenční semináře představují tisíce hodin spolupráce nad slovními úlohami, ale také tisíce hodin mezilidské či odborné komunikace. Každoročně 11 týdenních soustředění pro cca 20 středoškoláků s 10–12 organizátory, v průměru 35 sérií s cca pěti příklady a úlohami, miniškoličky programování, tábora nejen pro řešitele Pikomatu MFF. Do jejich činnosti se zapojí ročně kolem 600 středoškoláků. A do jejich soutěží Náboj, Fykosí fyziklání a Maso (týmy ze SŠ a ZŠ) kolem 180 školních i smíšených týmů.

Korespondenční semináře nabízejí kontakt s matematikou, fyzikou a informatikou studentům ze všech míst republiky. Studenti MFF tu kontaktují a kultivují nové potenciální matfyzáky...

• Fyzikální sekce na MFF UK Praha

Fyzikální výzkum na matematicko-fyzikální fakultě UK je pestrý, sahá od mikrosvěta po vesmír, zahrnuje základní výzkum i aplikace a má kvalitní výstupy.

Fyzikální sekce má zhruba 300 pracovníků, z toho 100 profesorů a docentů a 100 vědeckých pracovníků. Šíří vědeckého záběru sekce charakterizují klíčová slova na této dvoustraně a hlavně následující strany. Sekce publikuje přes 700 vědeckých článků ročně, které jsou často výsledkem intenzivní mezinárodní spolupráce.

V řadě fyzikálních oborů dobře funguje spolupráce mezi fyziky z MFF UK a kolegy z dalších vysokých škol v ČR a ústavů Akademie věd ČR. Bohatá je spolupráce vědecká, běžná je účast kolegů z AV ČR v různých zkušebních komisích, vítané, ale méně časté, jsou jejich přednášky.

Při intenzivní mezinárodní spolupráci, zvláště při výjezdech za experimenty v zahraničních laboratořích, stráví pracovníci sekce ročně zhruba 14 tisíc dnů v zahraničí. Téměř sedmkrát kratší je čas, který zahraniční pracovníci stráví u nás.

Fyziku na MFF studuje přes 300 studentů bakalářského studia, okolo 150 studentů magisterského studia a téměř 400 doktorandů (včetně těch, o které se MFF administrativně stará a zajišťuje jejich výuku, ale kteří pracují v ústavech Akademie věd ČR). Přehlídkou doktorandů a jejich práce je každoročně pořádaný Week of Doctoral Students.

modelování

obecná teorie relativity

Plazma

amorfní materiály

experiment ATLAS

Mössbauerova spektroskopie

neutronová difrakce

kvantová chemie

hydridy kovů

nízké teploty

helioseismologie

klimatické změny

pozitronová anihilace

magnetooptika

excitace v kondenzovaných systémech

polymery

magnetické polovodiče

experiment Belle

FyzWeb

planetky

nanokompozity

molekulární motory

multiferoika

fyzika materiálů

spintronika

vysoké tlaky

interakce synchrotronového záření s hmotou

magnetické nanočástice

geomagnetické bouře

biofyzika

jaderná magnetická rezonance

záblesky gama

nanokompozity

geofyzika

multifunkční materiály

μ SR spektroskopie

tenké vrstvy

fotonické krystaly

kvantový chaos

optoelektronika

vysoká magnetická pole

elektronové vlastnosti materiálů

optická spektroskopie

Ramanova spektroskopie

magnetické multivrstvy

infračervená spektroskopie

jádra a částice

superplasticita

molekulární simulace

elektronová mikroskopie

synchrotron ELETTRA

fotovoltaika

kryogenní dynamika tekutin

fázové přechody

urychlovač LHC

fotoelektronová spektroskopie

kompozity

hydridy kovů

sluneční vítr

magnetismus a supravodivost

neutronová spektroskopie

spektrometr ThALES

fyzika pro učitele, děti, veřejnost

katalyzátory

rentgenová spektroskopie

krystaly

materiály s tvarovou pamětí

magnetokalorické chlazení

ab initio výpočty elektronové struktury

kvantová turbulence

supratekutost

kvantově kritické jevy

elektronová difrakce

rentgenová difrakce

polovodičové detektory



• Fyzikální sekce

V Holešovičkách 2, Praha 8-Troja

Katedry v budově:

Astronomický ústav UK

Katedra didaktiky fyziky

Katedra fyziky povrchů a plazmatu

Katedra fyziky nízkých teplot

Katedra makromolekulární fyziky

Katedra geofyziky

Ústav částicové a jaderné fyziky

Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Ústav teoretické fyziky

Témata:

Astronomie a astrofyzika	... 32
Fyzika pro učitele, děti, mládež a širokou veřejnost	... 40
Fyzika plazmatu, poznání čtvrtého skupenství hmoty	... 42
Fyzika povrchů, tenkých vrstev a nanostruktur	... 44
Kvantové jevy v kondenzovaných soustavách	... 48
Fyzika Země a planet	... 54
Jádra a částice	... 60
Klima, počasí a fyzika atmosféry	... 64
Teoretická fyzika	... 66
Modelování ve fyzice a technice	... 68



- **Fyzikální sekce**

Ke Karlovu 5, Praha 2-Nové Město

Katedry v budově:

Fyzikální ústav UK

Kabinet výuky obecné fyziky

Katedra fyziky materiálů

Katedra fyziky kondenzovaných látek

Katedra chemické fyziky a optiky

Témata:

Biofyzika	... 34
Optoelektronika	... 36
Experimenty ve výuce fyziky	... 38
Mikrostruktura a vlastnosti moderních materiálů	... 46
Elektronové vlastnosti kovových materiálů	... 50
Krystalová a magnetická struktura	... 52
Chemická fyzika a kvantová chemie	... 56
Moderní optická spektroskopie	... 58

• Astronomie a astrofyzika

Od sluneční soustavy přes galaxie ke kosmologii

Astronomie našla své místo na Karlově univerzitě již záhy po jejím založení v roce 1348. Působila zde řada významných osobností, např. Johannes Kepler, Jan Marek Marci, Ernst Mach a Albert Einstein. Nynější Astronomický ústav UK patří k nejstarším univerzitním ústavům, jeho počátky sahají do roku 1886.

Astronomický ústav Univerzity Karlovy (AU UK) spolupracuje s mnoha dalšími pracovišti v České republice (ústavy Akademie věd, vysoké školy) a s významnými observatořemi v Evropě a ve světě. Pracovníci AU UK se podílejí na mezinárodních vědeckých projektech, zastupují naši zemi v redakčních radách předních vědeckých časopisů (Astronomy and Astrophysics), vychovávají nadějně talenty v rámci doktorského studia a značnou část svého času pracují na renomovaných hvězdárnách a ústavech v zahraničí.

Studenti bakalářského a navazujícího magisterského studia absolují přednášky a praktika v oblasti astrofyziky, klasické observační astronomie, kosmologie a relativistické astrofyziky. Zvláštní pozornost je věnována také fyzice malých těles sluneční soustavy. Mimo standardní výuku jsou přednášky a semináře navštěvovány

Stelární astronomie

Obor je na Astronomickém ústavu UK zastoupen spektroskopickým a fotometrickým studiem dvojhvězd, vícenásobných systémů, horkých hvězd a hvězd se závojem. Využívá data z teleskopů v Ondřejově (průměry 2 m a 0,65 m), v rámci mezinárodní spolupráce pak i z dalších observatoří.

Numerické modely změn v oběhu dvojhvězd mohou prozradit například projevy třetího tělesa ve dvojhvězdě, anebo přetékání hmoty mezi složkami těsné dvojhvězdy a přítomnost akrečního disku kolem jedné z nich.

Planetky

Planetky jsou klíčem k porozumění vzniku a vývoji sluneční soustavy, ale zároveň i hrozbou katastrofy v případě dopadu na Zemi. Stav rotace a tvar planetek lze odvodit ze světelných křivek pomocí důmyslných inverzních metod, které jsou na AU UK neustále zdokonalovány. Pracovníci ústavu spravují databázi modelů planetek DAMIT, spolupracují s profesionálními i amatérskými pozorovateli planetek z celého světa a budou se podílet na fotometrických projektech PanSTARRS a LSST.

Další oblastí výzkumu malých těles ve sluneční soustavě je studium negravitačních jevů (např. tlaku přímého a odraženého slunečního záření) na jejich pohybu. Důsledky negravitačních vlivů se mohou akumulovat v čase a působit tak podstatné změny v dráze malých těles, či v jejich rotačním stavu. Mohou např. vést k tomu, že malá planetka opustí oblast hlavního pásu mezi Marsem a Jupiterem a přiblíží se k terestrickým planetám, nebo že se její rotační rychlost trvale zvětšuje, až nabude kritickou mez, kdy se těleso roztrhne na dvě či více komponent.

Helioseismologie

Tato metoda slunečního výzkumu je jedinou, která umožňuje podívat se pod sluneční povrch. Helioseismologie využívá analýzu obrazce vln, které se šíří slunečním nitrem, k získu informací o termodynamické struktuře a proudění plazmatu pod fotosférou. Tyto informace jsou důležité pro pochopení vzniku a vývoje slunečních skvrn a jiných projevů sluneční aktivity. V současnosti je na AU UK vyvíjena plně konzistentní tomografická metoda umožňující provádět trojrozměrné helioseismické inverze pro libovolné parametry popisující sluneční plazmu.

Záblesky záření gama

Tyto záblesky přicházejí z dalekého vesmíru. Jejich statistická analýza na AU UK odhalila fyzikální vlastnosti a observační rozdíly mezi skupinami tzv. „krátkých“, „prostředních“ a „dlouhých“ záblesků. Význam pro pochopení vývoje vesmíru má i izotropie resp. anizotropie rozložení zdrojů záblesků na obloze. Pro studium jsou používána fotometrická a spektroskopická data z družic Compton, Shift a RHESSI. Zkoumá se zde také vztah anizotropie reliktního záření a tvorby struktur v raném vesmíru, a dále souvislosti mezi supernovami a kosmologickými parametry.

Historie astronomie

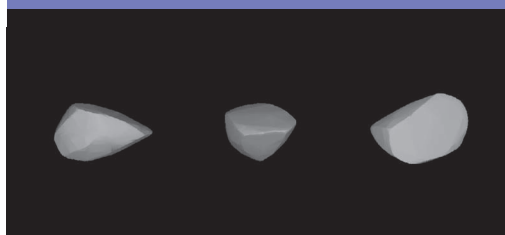
Nabízí v českých zemích množství zajímavých a dosud neprobádaných témat, ať už jde o okolnosti pobytu slavných osobností (Brahe, Kepler, Doppler, Mach, Einstein), anebo o působení astronomů méně známých, nicméně pro rozvoj vědy významných (Jan Marek Marci). Na AU UK se studuje také stavba a užití historických pozorovacích přístrojů.

Web ústavu: <http://astro.mff.cuni.cz/>

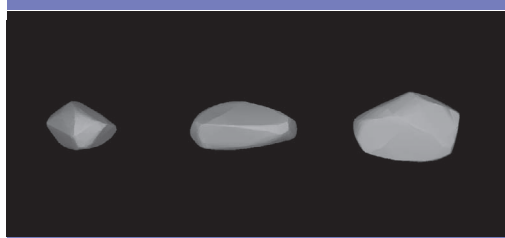
i zahraničními hosty a pracovníky z jiných domácích institucí.

Na semestrální či dvousemestrální pobyty přicházejí prakticky nepřetržitě zahraniční studenti, takže některá výuka je vedena v angličtině či paralelně česky a anglicky.

Absolventi magisterského studia téměř bez výjimky pokračují ve studiu doktorském, často i v zahraničí.



Model planety (1022) Olympiada, z jejíž světelné křivky byl inverzní metodou odvozen tento tvar.



Model planety (889) Erynia vypočtený z její světelné křivky. Obě planety obíhají v hlavním pásu planetek mezi drahami Marsu a Jupitera. V prostoru se otáčejí, takže nastavují Slunci a pozorovateli proměnnou část povrchu a tím se mění jejich pozorovaná jasnost.

• Biofyzika

Fyzikální ústav UK

Fyzikální ústav UK patří mezi největší fyzikální pracoviště na MFF UK. Jeho vědecké zaměření se dělí do dvou hlavních směrů, jimiž jsou výzkum optických a transportních vlastností polovodičů a dalších materiálů a výzkum biologicky významných molekul a molekulárních systémů fyzikálními metodami.

Fyzikální ústav UK je tradičně především experimentální pracoviště, přičemž významným spojovacím článkem mezi odlišně zaměřenými výzkumnými týmy, rozdělenými do pěti vědeckých oddělení (oddělení biofyziky, fyziky biomolekul, magnetoptiky, polovodičů a polovodičové optoelektroniky, a oddělení teoretické), je důraz na použití pokročilých optických a spektroskopických metod.

V současnosti působí ve Fyzikálním ústavu UK celkem 48 pracovníků (z toho 4 profesori a 14 docentů) a dále 27 studentů doktorského studia. Fyzikální ústav UK se vedle vědecké činnosti významně podílí i na výuce studentů od bakalářského až po doktorské studium.

V navazujícím magisterském studiu je ústav garantujícím pracovištěm oboru Biofyzika a chemická fyzika a významně se podílí také na výuce v oboru Optika a optoelektronika. V rámci doktorského studia je FÚUK školícím pracovištěm pro

Biofyzika je interdisciplinární vědní obor, který používá fyzikální metody, jak experimentální tak teoretické, ke studiu biologických systémů, a to na různých úrovních jejich složitosti – od úrovně jednotlivých molekul přes buňky a mnohobuněčné organizmy, až ke komplexním ekosystémům.

Výuka biofyziky zajišťovaná FÚUK navazuje na základní fyzikální vzdělání absolventů bakalářského studia oboru Obecná fyzika, které prohlubuje v oblastech teoretické a experimentální fyziky důležitých pro popis a zkoumání molekul, biopolymerů, nadmolekulárních soustav a biologických objektů, a zároveň je doplňuje předměty, pokrývajícími potřebné vybrané partie z chemie a biologie.

Absolventi tohoto studia získají teoretické znalosti zejména z kvantové teorie, kvantové chemie, modelování molekul a molekulárních procesů, a dále znalosti experimentálních metod biofyziky a chemické fyziky, zejména optických a dalších spektroskopických metod, strukturní analýzy a zobrazovacích technik.

Vědecká práce v oblasti biofyziky je předmětem zájmu pracovníků tří oddělení: biofyziky, fyziky biomolekul a z části také teoretického.

Oddělení biofyziky se věnuje dvěma okruhům problémů, jimiž jsou **transportní procesy v kvasinkách a bakteriích a dynamické a strukturně-funkční vlastnosti proteinů v roztocích**. V prvním případě se jedná o studie prováděné na kvasinkách rodu *Saccharomyces cerevisiae* a bakteriích *Escherichia coli*, přičemž mezi použitými

experimentálními postupy dominuje standardní fluorimetrie využívající jak fluorescenční sondy, tak geneticky modifikované buňky produkující fluorescenční proteiny. Jako příklad si uveďme studii vlivu chemických stresorů na membránový potenciál a aktivitu MDR (Multi-Drug Resistance) pump kvasinek.

Výzkum vlastností proteinů je možný díky tomu, že v FÚUK se nachází špičkové experimentální vybavení pro nano- a pikosekundovou časově rozlišenou fluorimetrii umožňující sledovat konformační změny, hydrodynamické vlastnosti a vnitřní dynamiku biomolekul. Touto metodou se například podařilo prokázat, že GRL smyčka α -podjednotky mitochondriální peptidázy odpovídá za rozpoznávání substrátu.

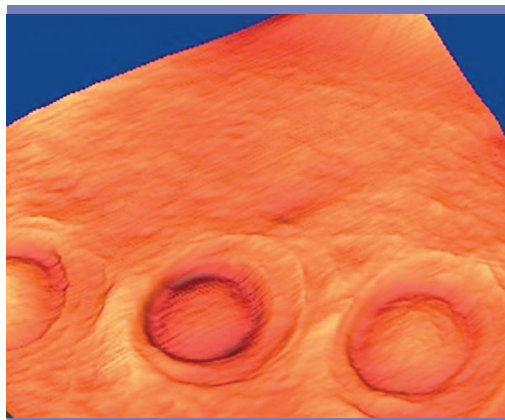
Oddělení Fyziky biomolekul se zaměřuje na **studium struktury, dynamiky a interakcí klíčových biomolekul ve vodném prostředí**, s cílem objasnit fyzikálně-chemické mechanismy důležitých biologických pochodů a možnosti jejich ovlivňování.

Patří sem například **strukturní stabilita a interakce nukleových kyselin a jejich syntetických analog** (významných jako potenciální léčiva) a **chování těchto kyselin v buňkách, struktura a biologicky významné interakce proteinů, porfyriny a jejich specifické interakce s nukleovými kyselinami** (porfyriny jako strukturní sondy nukleových kyselin i fotosenzibilizátory). Mezi hlavní experimentální metody, o které se tento výzkum opírá, patří vedle absorpční a emisní optické spektroskopie zejména spektroskopie Ramanova rozptylu, včetně Ramanovy optické aktivity, povrchem zesíleného Ramanova rozptylu a ramanovské mikroskopie. Neustále přitom narůstá role počítačového modelování studovaných molekul.

Práce teoretického oddělení je v oblasti biofyziky zaměřena na teorii spektroskopie jedné molekuly a mnohodimenzionální nelineární koherentní spektroskopii fotosyntetických systémů, a dále také na pomoc při interpretaci experimentů realizovaných v Oddělení fyziky biomolekul.

studijní obory F4 – Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika, F6 – Kvantová optika a optoelektronika a F11 – Matematické a počítačové modelování.

Jen za posledních pět let v laboratořích FÚUK úspěšně dokončilo své diplomové resp. dizertační práce celkem 33 absolventů magisterského studia a 50 absolventů doktorského studia. Pro další rozvoj ústavu je velkým příslibem, že se do něj vracejí z dlouhodobých post-doktorských pobytů na špičkových zahraničních pracovištích jeho bývalí absolventi.



Stěna kvasinky S. cerevisiae zobrazená pomocí AFM, se zřetelnými jizvami po pupenech.

• Optoelektronika

Fyzikální ústav UK

Fyzikální ústav UK, jehož současná podoba byla představena na str. 34, navazuje na tradici ústavu, který vznikl roku 1882 jako jeden z přírodovědeckých ústavů filozofické fakulty české části rozdělené Karlo-Ferdinandovy univerzity.

V různých obdobích následujících po jeho založení však název Fyzikální ústav Univerzity Karlovy několikrát nesly nesouměřitelné instituce, které se lišily jak velikostí, tak posláním.

V roce 1952 se faktickou nástupkyní prvního českého Fyzikálního ústavu UK stala nově založená Matematicko-fyzikální fakulta UK, jejíž součástí se roku 1956 stal obnovený FÚUK se statutem obdobným vědeckým ústavům ČSAV.

K poslední velké reorganizaci Fyzikálního ústavu UK došlo k 1. lednu 1968, kdy byl prvním ředitelem reorganizovaného ústavu jmenován profesor Jan Tauc.

Profesor Tauc nasměroval vědecké zaměření reorganizovaného Fyzikálního ústavu UK do dvou hlavních směrů – na výzkum optických a transportních vlastností polovodičů a výzkum biologicky významných molekul fyzikálními metodami. Tyto dva směry, samozřejmě s podstatnými modifikacemi a rozšířením

Základním tématem oboru optoelektronika je studium vlastností pevných látek, zejména polovodičů, izolantů a magnetických systémů prostřednictvím jejich interakcí se zářením. Výsledky výzkumu jsou využívány v konstrukci elektronických součástek, zdrojů a detektorů záření.

Optoelektroniku lze studovat v magisterském studiu v rámci specializace **Optika a optoelektronika**, který personálně zajišťuje Fyzikální ústav UK a Katedra chemické fyziky a optiky. Absolventi tohoto studia získají znalosti z teorie pevných látek, kvantové a nelineární optiky a fotoniky, technologie materiálů pro optoelektroniku a metod konstrukce optoelektronických prvků.

Důraz je kladen na pochopení fyzikálních procesů a zákonitostí, které určují jak vlastnosti zkoumaných systémů, tak principy činnosti optoelektronických součástek. Absolventi se uplatňují v základním a aplikovaném výzkumu na vysokých školách, v ústavech Akademie věd a v průmyslu.

Vědecké práce v oblasti optoelektroniky se ve Fyzikálním ústavu UK věnují pracovníci oddělení polovodičů a polovodičové optoelektroniky, oddělení magneto-optiky a částečně teoretického oddělení.

Oddělení magneto-optiky je zaměřeno na studium **periodických magnetických struktur, fotonických krystalů a scintilačních detektorů**. Magnetické vrstevnaté struktury se využívají v magnetickém a magneto-optickém záznamu informace, spinové elektronice nebo jako vysoce citlivé detektory rozptylových polí.

Další oblastí zájmu je mikromagnetická teorie ultrarychlých magnetizačních procesů, např. v magnetických nanodiskách (vortexech). V oddělení byly vyvinuty vysoce citlivé metody magnetooptické spektroskopie a elipsometrie pro studium zmíněných systémů.

V technologické laboratoři se připravují tenké epitaxní oxidové vrstvy pro scintilační detektory. Tyto detektory jsou vhodné při detekci rtg. záření nebo energetických elektronů ve 2D zobrazovacích scintilačních systémech se submikronovým rozlišením.

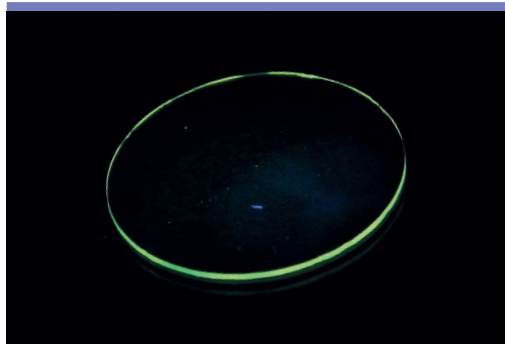
Vědecká práce **Oddělení polovodičů a polovodičové optoelektroniky** se koncentruje na dvě základní oblasti výzkumu – **příprava detektorů rentgenového a gama záření na bázi polovodiče (Cd,Zn)Te a optické vlastnosti kvantových struktur.**

V prvním případě se jedná o výzkum unikátního materiálu, který umožňuje spektrálně citlivou vysoce účinnou detekci záření bez nutnosti chlazení detektoru. Cílem výzkumu je nalezení optimálních technologických postupů přípravy detektorů. Oddělení disponuje kompletní technologií od růstu monokrystalů až k přípravě a charakterizaci detektorů.

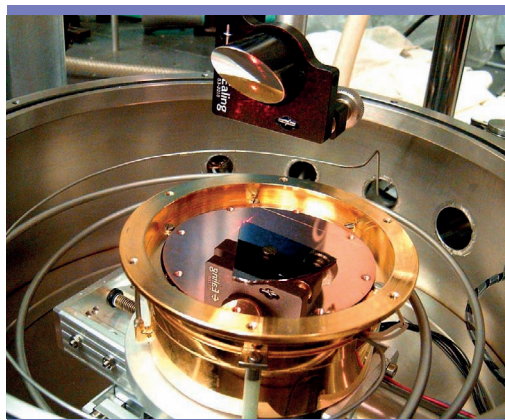
Kvantové struktury (nanostruktury) jsou základem moderní řady optoelektronických součástek, které nemají analogii v klasických materiálech. Cílem výzkumu je realizace experimentů, kterými lze ověřit předpovědi kvantové fyziky. Bohatě možnosti tvorby rozmanitých struktur dovolují přípravu prvků na zakázku podle požadavků zadavatele. V současné době jsou v oddělení studovány vlastnosti dvojrozměrného elektronového plynu v kvantových jamách CdTe/CdMgTe a vlastnosti monoatomární vrstvy grafitu – grafenu.

konkrétních témat výzkumu v souladu s vývojem daných oblastí vědy, v podstatě přetrvaly až do současnosti.

Fyzikální ústav UK je tradičně především experimentální pracoviště, přičemž současné experimentální vybavení laboratoří ústavu je asi nejvyšší za celou jeho historii.



Epitaxní vrstva granátového scintilátoru Ce:LuAG osvětlená ultrafialovým zářením.



Helium chlazený optický kryostat pro mapování fotoluminiscence polovodičů

• Experimenty ve výuce fyziky

Kabinet výuky obecné fyziky (KVOF)

Pracoviště garantující výuku bakalářského studijního programu Obecná fyzika zajišťuje ukázky experimentů při základních fyzikálních přednáškách. Samostatnou prací v kurzech základních fyzikálních praktik si pak studentky a studenti ověřují znalosti získané při přednáškách a cvičeních. Pracoviště zabezpečuje experimentální části výuky i v dalších dvou bakalářských oborech, tj. Aplikovaná fyzika a Fyzika zaměřená na vzdělávání.

Kabinet se též dlouhodobě zabývá počítačem podporovanými školními přírodovědnými laboratořemi na SŠ a VŠ. V roce 2002 byly jako jedny z prvních v Evropě zprovozněny laboratoře v programu tzv. „integrovaného e-learningu“. Záměrem je propojit počítačem podporované vzdálené a virtuální laboratoře.



Nová úloha fyzikálního praktika z optiky – HeNe laser.

Kvalitní výuka fyziky musí být názorná, proto jsou frontální experimenty i samostatná experimentální činnost přirozenou součástí studia bakalářských oborů. Tento způsob výuky klade vysoké nároky na technické vybavení, neboť je nutné pružně reagovat na rychlý rozvoj vědních disciplín při přípravě vysokoškolsky vzdělaných odborníků.

Díky nepřetržité snaze o udržení moderního pracoviště dnes disponuje MFF UK souborem více než 400 fyzikálních demonstračních experimentů a více než stovkou úloh základních fyzikálních praktik, které tematicky zcela pokrývají náplň všech přednášek základního kurzu, a to od fundamentálních, až k pokročilým a finančně náročným výukovým partiím.

Studentky a studenti fyziky na MFF UK, kromě demonstračních pokusů při přednáškách, projdou během svého studia celkem čtyřmi kurzy základních fyzikálních praktik, v nichž si mohou vybrat úlohy podle svého zájmu. V roce 2011 byly dokončeny kompletní rekonstrukce a modernizace všech praktik.

Experimenty jsou prováděny v řadě případů na aparaturách používaných jak k základnímu, tak i aplikovanému výzkumu. Vhodným doplňkem je i nabídka výběrových praktik zabývajících se využitím výpočetní, měřicí techniky a moderních DAQ systémů ve fyzikálním experimentu.

Ve všech případech jde o experimenty a experimentální metody, s jejichž znalostí a pochopením mohou absolventky i absolventi nalézt uplatnění v pokrokových odvětvích nejen z oblasti fyziky, ale také chemie, lékařství a biologie.

Slitiny a polymery pro nové aplikace

Moderní materiálový výzkum sehrává důležitou roli při vytváření materiálů nových vlastností. Jedná se třeba o hliníkové či hořčíkové slitiny s malým množstvím vzácných zemin, či například o polymerní síť a nanokompozity. Nové konstrukční Al slitiny nalézají svá uplatnění nejen v automobilovém průmyslu, ale i jako svařované konstrukce v letectví. Hořčíkové slitiny se navíc kromě transportních aplikací začínají využívat i v lékařských vědách.

Lékařství v současnosti využívá převážně materiály pro trvalé implantáty. Jejich dlouhodobá přítomnost není v některých případech žádoucí a je třeba implantát po uzdravení nemocné tkáně vyjmout.

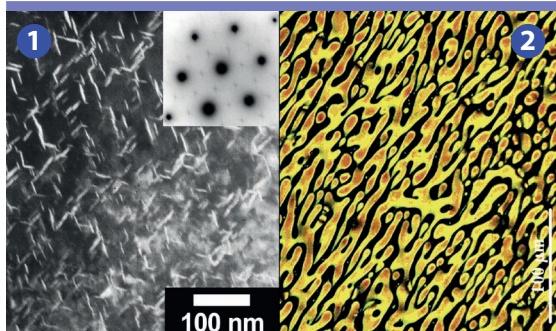
Obecnou vlastností hořčíkových slitin oproti slitinám hliníku je jejich reaktivita a rychlá koroze ve fyziologickém prostředí. Tyto zdánlivé nevýhody mohou být však naopak výhodné pro biologické využití – Mg slitiny se vzácnými zeminami (RE) se jeví jako jedny z nejvhodnějších kovových materiálů pro odbouratelné zátěžové implantáty na opravu nebo náhradu kostní tkáně či jako kardiovaskulární stenty.

Hlavním cílem moderního výzkumu Mg-RE slitin je výzkum vedoucí ke spolehlivým mechanickým vlastnostem materiálu spolu s tolerovatelnou toxicitou, cytocompatibilitou a vhodným korozním chováním in vivo.

KVOF a věda

Vědecká činnost sice není hlavní činností kabinetu jako celku, někteří pracovníci však patří do kolektivu výzkumných skupin, které se v současnosti zaměřují na oblast lehkých kovových slitin s hexagonální a kubickou plošně centrovanou strukturou. Na pracovišti jsou studovány mechanické, elektrické a tepelné vlastnosti kovů, ve spolupráci s Katedrou fyziky materiálů (KFM) pak i mikrostrukturální charakteristiky. Velmi úzká je též spolupráce s významnými českými a evropskými institucemi v oblasti výzkumu kovových materiálů a materiálů pro lékařské účely.

Druhý směr výzkumu je spojen se spoluprací s Katedrou makromolekulární fyziky (KMF) a ÚMCH AV ČR a aplikovaným výzkumem v oblasti stárnutí pryžových vrstev dopravních pásů. Výzkum je zaměřen převážně na fyzikální vlastnosti kapalně-krytalických polymerů, polymerních sítí a polymerních nanokompozitů metodami dynamické, mechanické a dielektrické spektroskopie, polarizační optické mikroskopie a diferenční skenovací kalorimetrie.



- 1) Trojúhelníkové uspořádání prismatických destiček rovnoběžných s rovinami $\{11-20\}$ ve slitině MgTbNd izochronně žíhané do 270 °C.
- 2) Polarizační optická mikroskopie nematické struktury polymeru.

• Fyzika pro učitele, děti, mládež a širokou veřejnost

Studium učitelství fyziky

MFF UK nabízí kromě studia řady odborných oborů také studium učitelství fyziky pro střední a základní školy v kombinaci s matematikou či informatikou. Studium poskytuje jednak velmi dobrý odborný základ v aprobačních předmětech, a jednak vzdělání v pedagogice a psychologii, což umožňuje absolventům uplatnění nejen ve školství, ale také např. v oblasti firemního vzdělávání, atd. Absolventi jsou úspěšní především v profesích vyžadujících dobré komunikační dovednosti a také vysokou úroveň analytického uvažování.

Výběrem volitelných předmětů si studenti sami určují zaměření studia a to spíše směrem k fyzikálně odborné oblasti, nebo se naopak profilují spíše pro práci s lidmi. Studium kromě nezbytného teoretického základu



Elektrina a magnetismus krok za krokem. Výběrový seminář.

Jak přiblížit fyziku dětem a teenagerům? Jak rozvíjet jejich nadání a podporovat jejich zájem o tento obor? Toto jsou jedny z hlavních otázek, na které hledají odpověď pracovníci Katedry didaktiky fyziky na MFF UK. Pro kvalitní vzdělávání je především třeba dobrých učitelů. Katedra didaktiky fyziky se proto ve velké míře věnuje právě přípravě budoucích učitelů fyziky-matematiky či fyziky-informatiky a pořádá množství kurzů a seminářů na podporu učitelů fyziky v praxi. Členové Katedry didaktiky fyziky se také věnují popularizaci fyziky, ať už prostřednictvím provozu webového portálu FyzWeb, spoluprací na televizních vzdělávacích pořadech nebo organizací fyzikálně zábavných show a soutěží pro děti i dospělé.

Výzkum

Výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání se dotýká velmi mnoha témat. Katedra didaktiky fyziky na MFF UK se zabývá zejména těmito otázkami:

Jaké představy o fyzikálních principech si žáci vytvoří, než se ve škole setkají s předmětem přírodověda či fyzika? Jak jsou tyto představy ovlivňovány následující výukou?

Jak žáci vnímají fyziku? Jak je motivovat pro fyziku? Jaké fyzikální obory a témata jsou pro žáky zajímavé?

Co to znamená dobrá výuka fyziky? Jaké jsou parametry kvality výuky fyziky? Jaký je dobrý učitel fyziky?

Jaké kognitivní procesy probíhají u žáků např. při řešení fyzikálních problémů?

Vývoj učebních materiálů a pomůcek

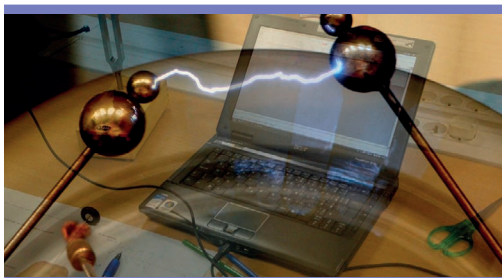
Obor didaktika fyziky se také zabývá vývojem materiálů a pomůcek pro výuku fyziky. Členové KDF jsou autory ucelených řad učebnic, dalších metodických materiálů či e-learningových modulů pro žáky a učitele fyziky. Katedra didaktiky fyziky také podporuje učitele fyziky v provádění experimentů např. poskytováním námětů na pokusy at' už s jednoduchými pomůckami, nebo na měření prováděná s pomocí počítače. Dále KDF nabízí podporu v oblasti experimentů pro žáky a učitele středních škol přímo na půdě fakulty. Jedná se např. o hodinu trvající fyzikální show, kde jsou žákům každý týden předváděny zajímavé pokusy z vybraných fyzikálních oborů.

KDF také po metodické stránce zajišťuje provoz Interaktivní fyzikální laboratoře (IFL). Účelem této laboratoře je umožnit žákům středních škol vlastní experimentování s náročnými fyzikálními pomůckami, které nejsou na běžné škole dostupné.

Mezinárodní spolupráce

Katedra didaktiky fyziky dlouhodobě spolupracuje s kolegy v oblasti fyzikálního vzdělávání nejen v ČR, ale také ve světě. Na národní i mezinárodní úrovni se podílí na přípravě a vyhodnocení výzkumů v oblasti přírodovědného vzdělávání TIMSS a PISA. V oblasti podpory učitelů spolupracuje se Science on Stage. Dále se členové katedry podílí na řešení dalších mezinárodních projektů zaměřených na e-learning v oblasti přírodních věd, podporu badatelské metody ve výuce fyziky nebo např. na řešení kvantitativních fyzikálních úloh.

poskytuje i praktickou výuku (práce v laboratořích, semináře pro rozvoj osobnosti, spolupráce při organizaci akcí pro žáky, apod.). Zájemci mohou pokračovat v doktorském studiu v didaktice fyziky.



Fotomontáž z fotografií pořizených během „Kroužku fyziky“
<http://www.krouzek-fyziky.ic.cz/>



Povolání učitele/učitelky fyziky nabízí např. práci s mladými lidmi, technikou; uplatnění kreativity a hereckých schopností.

<http://kdf.mff.cuni.cz> – webové stránky Katedry didaktiky fyziky

<http://kdf.mff.cuni.cz/heureka> – projekt Heuréka na podporu heuristické metody výuky

<http://fyzweb.cz> – portál FyzWeb pro popularizaci fyziky a podporu výuky tohoto oboru

<http://talnet.cz> – projekt TALNET pro podporu nadaných žáků v oblasti přírodních věd

<http://kdf.mff.cuni.cz/ifl> – webové stránky Interaktivní fyzikální laboratoře

• Fyzika plazmatu, poznání čtvrtého skupenství hmoty

Jaké plazma se u nás zkoumá

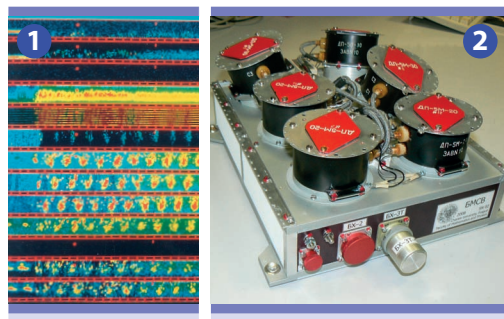
Pojem *plazma* poprvé užil již Irwing Langmuir (1881–1957); moderní definice říká: „Plazma je kvazineutrální soubor částic s volnými nosiči nábojů (elektrony a ionty), který vykazuje kolektivní chování.“ Uvádí se, že 99 % veškeré hmoty ve vesmíru je v plazmovém skupenství.

Naše planeta patří sice do toho zbyvajících procenta, kde se plazma vyskytuje v menším množství, ale přesto ho zde nalezneme v různých, často velmi odlišných formách: v kanálech blesků, v zářivkách, v elektrickém oblouku, v ionosféře, v polárních zářích nebo v magnetosféře Země; ve sluneční soustavě se plazma nachází ve slunečním větru, v magnetosférách dalších planet či v ohnech komet.

Vzhledem k různým formám je plazma vytvářeno a zkoumáno v laboratořích, nebo jsou jeho vlastnosti sledovány prostřednictvím družic. Studium různých typů plazmatu je jedním z nosných témat výzkumu na Katedře fyziky povrchů a plazmatu (studuje se např. sluneční vítr, ionosféra a magnetosféra Země, nízkoteplotní plazma pro technologické aplikace, speciální plazma pro využití v termojaderné fúzi nebo v unikátních laserových technologiích, či

Sluneční vítr

Geomagnetické bouře či subbouře jako důsledek erupce na Slunci mohou způsobit změny zemského magnetického pole, které indukují ve smyčkách elektrické napětí. Tak vznikají chyby v datových přenosech, poruchy elektrických sítí nebo plynovodů, a dokonce může být ohrožen i letecký provoz. Na druhé straně subbouře mají i hezké projevy – polární záře.

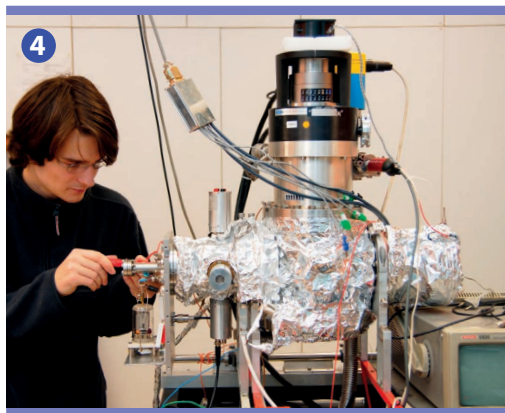
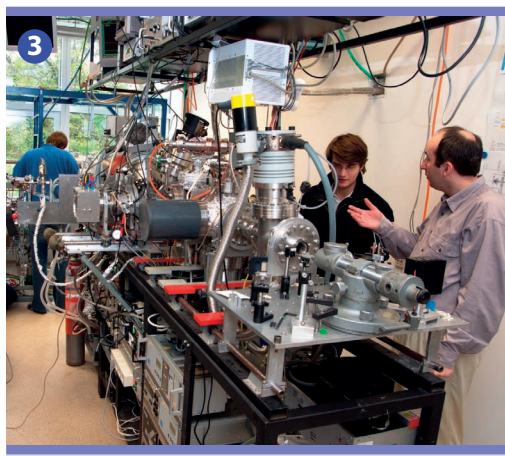


Na fakultě se vyvíjejí přístroje pro družice měřící parametry plazmatu v blízkém kosmickém prostoru. Takto získaná data slouží k předpovědím náhlých vzplanutí na Slunci ovlivňujících život na Zemi – sleduje se tzv. kosmické počasí. Obrázek (2) představuje přístroj vyvinutý pro jedno z nejrychlejších měření parametrů slunečního větru na světě, který právě na družici Spectr-R sonduje meziplanetární prostor. Data z přístrojů (1), které byly vyvinuty na MFF, ale i na mnoha dalších pracovištích světa, jsou přijímány ve speciálních stanicích a potom se zpracovávají a porovnávají s teoretickými výpočty a simulacemi jednotlivých procesů.

Výzkum plazmatu a jeho aplikací v laboratoři

Za posledních 40 let studia interakcí iontů, neutrálních částic a elektronů byly prozkoumány mnohé reakce probíhající v ionosféře Země a mezihvězdném prostoru, avšak doposud nejsou objasněné procesy při nízkých teplotách několika Kelvinů. Zde, kromě interakcí v plynné fázi, hrají důležitou roli také děje na površích pevných částic.

Pro výzkum reakcí v plazmatu při velmi nízké teplotě (10 K) je zapotřebí ionty a elektrony zachytit a vychladit. Na obrázcích níže je experimentální aparatura s nízkoteplotní pastí (3) a magnetický elektronový spektrometr (4).



naopak u interakcí částic při teplotách blízkých absolutní nule). Experimentální studie jsou podporovány numerickými simulacemi a vytvářením počítačových modelů, což výzkum zefektivňuje (viz str. 68).



K tomuto výzkumu jsou přizváni studenti všech forem studia, kteří se tak již od 2. ročníku zapojují do vědecké práce (viz obrázek v tomto sloupečku), získávají zahraniční kontakty a zúčastní se mnoha konferencí. Studenti doktorského studia se mohou stát plnohodnotnými členy mezinárodních vědeckých komunit, což se týká např. již zmíněného výzkumu kosmického plazmatu, ale také účasti u prvních záblesků termojaderné fúze na tokamacích.

• Fyzika povrchů, tenkých vrstev a nanostruktur

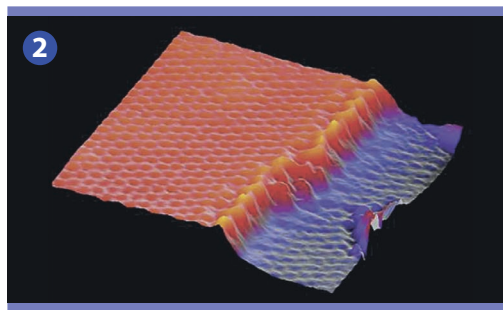
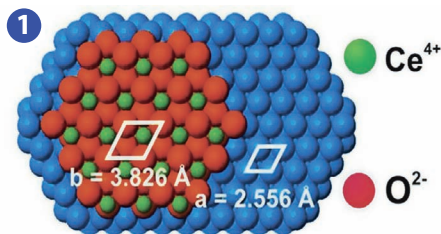
Povrch ve fyzikálním kontextu

Povrchové vlastnosti pevných látek se liší podstatně od vlastností objemových. Povrch si lze představit jako rovinu v materiálu, která vznikne přerušením vazeb mezi atomy. Díky chybějícím sousedům mají povrchové atomy odlišné vlastnosti od atomů v objemu.

Vytvoříme-li tenkou vrstvu materiálu, jejíž tloušťka odpovídá pouze několika atomům, bude rozdíl fyzikálně-chemického chování vrstvy v porovnání s objemem ještě výraznější, protože relativní zastoupení povrchových atomů je dostatečně velké na to, aby vtisklo materiálu nové vlastnosti. Pokud budeme nadále zmenšovat rozměry objektů přechodem od dvojdimenzionální vrstvy k trojdimenzionálním útvarům o velikosti desítek nanometrů, vzniknou *nanostruktury*, které mohou mít vlastnosti, jichž nelze v objemových systémech dosáhnout. Toho využívají moderní odvětví nanověd a nanotechnologií k návrhům, modelování a přípravě nových, revolučních materiálů. Ty se v současné době již uplatňují v široké škále aplikací. Uplatnění nanomateriálů nalezneme v oblastech živé i neživé přírody, v medicíně, biologii, energetice, ale hlavně v chemii, kde se nanomateriály již dlouho využívají ke katalýze.

Oxid ceru (CeO_2) je příkladem sloučeniny se zajímavými katalytickými vlastnostmi, které jsou využívány například v detoxikačních katalyzátorech výfukových plynů osobních automobilů nebo při výrobě vodíku z alkoholů pro využití v nových zdrojích energie.

Základní výzkum nanostruktur CeO_2 přináší důležité informace o fyzikálně-chemických vlastnostech materiálu, které jsou následně využívány k dalšímu vývoji. Na obrázcích (1) a (2) je uveden atomární model nano-ostrůvku CeO_2 , a jeho reálný obraz získaný v řádkovacím tunelovém mikroskopu (STM) s atomárním rozlišením. Obrázek (3) ukazuje terasovité vrstvy oxidu s tloušťkou 0,31 nm připravené na podložce z monokrystalu mědi.

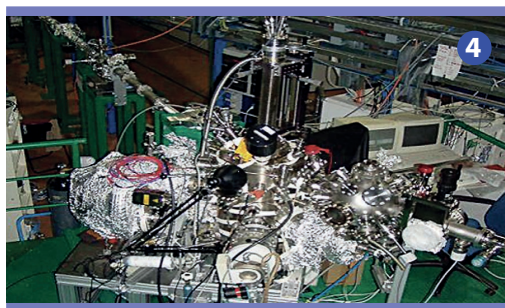
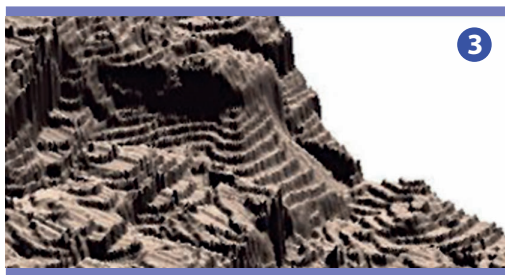


Fotoelektronová spektroskopie využívající synchrotronové záření

Synchrotrony jsou užívány zejména k vytváření vysokoenergetických rentgenových paprsků. Jedná se o kruhové urychlovače částic, ve kterých jsou magnetická a elektrická pole určitým způsobem synchronizována s „prolétajícími“ částicemi. Synchrotronové záření vznikající v posledním stupni zařízení – akumulčním prstenci – je distribuováno do optických drah (*beamlines*), na jejichž konci jsou umístěny laboratoře.

Fotoelektronová spektroskopie může využívat i fotoefektu vyvolaného absorpcí synchrotronového záření v materiálu. Takto emitované elektrony jsou analyzovány z hlediska jejich energie a přinášejí informaci o tom, které atomy a v jakých stavech se nacházejí na povrchu. Kombinace spektroskopických a mikroskopických metod poskytuje úplný obraz o fyzikálně-chemickém složení povrchů.

Na obrázku (4) je spektrometr optické dráhy materiálového výzkumu, kterou provozuje MFF UK na synchrotronu Elettra v Terstu v Itálii.



Studium nanomateriálů klade vysoké nároky na experimentální vybavení vědeckých laboratoří a na sklobení experimentálních a teoretických přístupů ve výzkumu.

Katedra fyziky povrchů a plazmatu MFF se zabývá základním výzkumem vlastností povrchů, tenkých vrstev a nanostruktur již mnoho let. Má k dispozici špičkové přístroje – mikroskopy a spektrometry, které umožňují studovat povrchové vlastnosti až do atomárního rozlišení. Jedná se především o řádkovací mikroskopy tunelových proudů (STM), atomárních sil (AFM) a sekundární elektronové emise (SEM).

Studenti se tak, nejen v rámci doktorských prací, ale již u svých „bakalářek“ či „diplomek“, mají možnost zapojit do vědecké práce na zařízeních světové úrovně (obr. č. 5).



• Mikrostruktura a vlastnosti moderních materiálů

Katedra fyziky materiálů

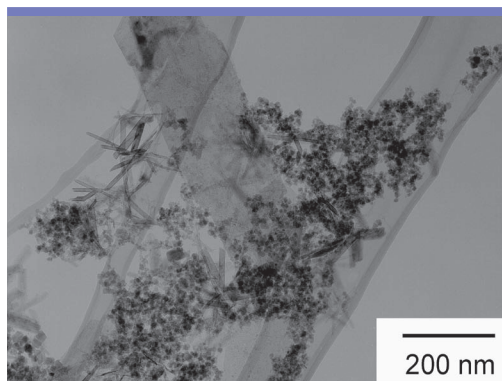
Katedra fyziky materiálů (KFM) se zaměřuje na vědecký výzkum mikrostruktury a vlastností moderních materiálů pro konstrukční a funkční aplikace. Pozornost je věnována zejména vztahu mikrostruktury, mechanických a teplotních vlastností kovů, slitin, intermetalik, kompozitů s kovovou maticí a materiálů s jemnozrnnou strukturou či nanomateriálů. Provádí také komplexní výzkum fyzikálních aspektů plastické deformace, který zahrnuje teorii, modelování i experiment, a výzkum fázových transformací v kovových materiálech.

Takto zaměřená vědecká činnost se rovněž promítá do výuky. Na katedře jsou vysoce kvalifikovaní odborníci, kteří zajišťují výuku studijního plánu Fyzika materiálů v navazujícím magisterském studiu a podílejí se na výuce bakalářského studijního oboru Aplikovaná fyzika.

Jeden z hlavních parametrů ovlivňujících výsledné vlastnosti zkoumaných materiálů je jeho mikrostruktura a hlavně pak případná přítomnost a rozložení poruch v materiálu. Elektronová mikroskopie je metodou, bez které se dnes materiálové laboratoře neobejdou.

V nedávné době byly studium a vědecký výzkum ve fyzice materiálů pěstovány především na vysokých školách technického typu, kde se výzkum týkal hlavně zjišťování vlastností materiálů a jejich využívání v aplikační sféře.

V posledních letech je možné tento obor najít na špičkových univerzitách po celém světě. Přitom cílem výzkumu materiálů na školách univerzitního typu je vysvětlování fyzikální podstaty zjišťovaných vlastností. Hledají se tedy souvislosti mezi fyzikálními stavy a procesy v mikro-, nano- a atomovém světě na straně jedné, a makroskopickými vlastnostmi na straně druhé. Pokud se prokáže korelace mezi vlastností a strukturou, je možné navrhnout změny při přípravě materiálu, které by danou vlastnost potlačovaly nebo zvýrazňovaly. To je cesta pro nacházení nových, potřebných a žádaných materiálů.



Oxidické nanočástice zobrazené pomocí TEM.

Ve výzkumu materiálů se stále zvyšují požadavky na jejich vlastnosti, především na pevnost, šíření trhlin a odolnost vůči cyklické námaze nebo odolnost vůči korozi. Kromě toho může být výzkum motivován snahou o zjednodušení výrobních procesů (počtu technologických kroků), snižování ekologické zátěže nebo snižování energetické náročnosti (spotřeba paliva).

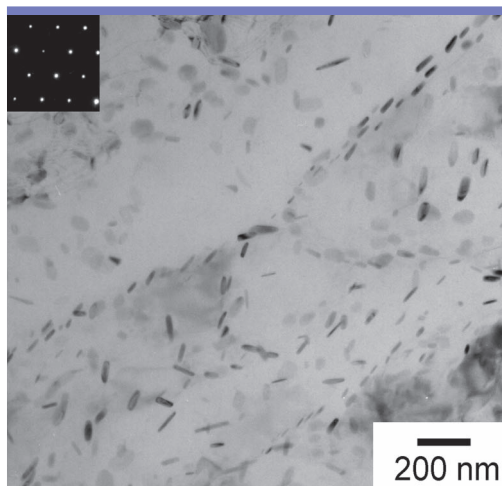
Výzkum se soustřeďuje na tyto oblasti:

- Nanokrystalické a ultrajemnoronné materiály
- Intermetalické materiály pro aplikace v energetice a automobilovém průmyslu
- Lehké materiály na bázi hliníku pro letecký a automobilový průmysl
- Materiály na bázi titanu a hořčíku pro biomedicínské aplikace

Důraz je přitom kladen na úzkou spolupráci s průmyslovými partnery a to jak v ČR, tak i v zahraničí. V minulosti to byl např. společný vývoj superplastických hořčíkových materiálů pro aplikace v leteckém průmyslu dohromady se společností Airbus během 6. rámcového programu EU. V současnosti mimo jiné společný výzkum progresivních titanových materiálů pro totální endoprotézy velkých kloubů se společností Beznoska v rámci programu Alfa TAČR. Do takovýchto společných projektů KFM přináší jednak svoje unikátní přístrojové vybavení, jako je elektronová mikroskopie, termofyzikální metody (DSC) či akustická emise, především ale hlubší znalosti fyzikálních procesů v materiálech, jako je termodynamika strukturálních fází, poruchy krystalové mřížky a jejich vliv na vlastnosti, tepelně aktivované procesy (superplastická) či plastická nestabilita.

U anorganických materiálů dovoluje zobrazit jejich mikrostrukturu v měřítku od několika mikrometrů až po atomové rozlišení, a navíc pomocí difrakce elektronů i typ krystalové mřížky. Je-li navíc zařízení vybaveno příslušnými detektory, pak je možné provést lokální chemickou analýzu. V porovnání s jinými vysokorozlišovacími metodami (např. difrakce rtg a neutronového záření) umí zaznamenat poruchy a strukturální změny i ve velmi malých objemech.

Laboratoř elektronové mikroskopie katedry fyziky materiálů je vybavena jak mikroskopem pracujícím v prozařovacím (transmisním) módu, tak i v řádkovacím režimu. Tyto metody výrazně přispívají k pochopení procesů probíhajících ve výše zmiňovaných materiálech a v nanomateriálech různého typu.



Precipitáty v hliníkové matici a difrakční obrazec z těchto částic.

• Kvantové jevy v kondenzovaných soustavách

Katedra fyziky nízkých teplot

KFNT byla založena v roce 1981 jako společné pracoviště s Fyzikálním ústavem ČSAV. Má od počátku výrazně mezioborový charakter zasahující do fyziky kondenzovaného stavu a jaderné spektroskopie. Vznikala z tradice studia hyperjemných interakcí jadernou magnetickou rezonancí, poté i Mössbauerovou spektroskopii (MS) a studiem orientovaných jader při velmi nízkých teplotách.

Z těchto tradičních problematik vzešla i pozitronová anihilační spektroskopie, JMR vysokého rozlišení pro studium roztoků složitých organických molekul a studium dynamiky kryogenních kapalin a kvantové turbulence.

Některé laboratoře katedry jsou součástí Společné laboratoře nízkých teplot (SLNT) vytvořené s Přírodovědeckou fakultou UK a ústavy AV ČR: FZÚ, ÚACH, ÚMF.

Studenti MFF se podílejí na vědecké činnosti a jsou vysíláni na stáže na špičková zahraniční spolupracující pracoviště jako jsou CERN (zejména experiment COMPASS), Aalto University v Helsinkách, CNRS Grenoble, AGH University of Science and Technology Krakow, University of Applied Science Jena, Stockholm University, Osaka University, Uni-

Pozitronová anihilace využívá pozitron – elementární částici, kterou používáme jako sondu ke studiu mikrostruktury pevných látek. V pevné látce pozitron anihiluje s elektronem a vzniklé gama záření přináší informace o anihilačním procesu. Obsahuje-li studovaný vzorek defekty spojené s volným objemem jako vakance či dislokace, dochází v nich k záchytu pozitronu a změně parametrů anihilačního procesu.

Využíváme tři komplementární metody pozitronové anihilační spektroskopie (PAS), unikátní nedestruktivní metody studia atomárních, jinak jen obtížně detekovatelných defektů: (I) měřením dob života pozitronů je identifikujeme a určujeme jejich koncentraci, (II) koincidenční měření Dopplerovského rozšíření anihilačního píku zjistí informaci o chemickém okolí defektů a (III) pomocí svazku pomalých pozitronů s laditelnou energií studujeme povrch, tenké vrstvy a hloubkový profil defektů.

Probíhá výzkum mikrostruktury jemnozrnných a nanokrystalických materiálů, defektů v intermetalických slitinách na bázi FeAl, struktury kvazikrystalických materiálů, ranných fází precipitace vytvrditelných Al a Mg slitin, vodíkem indukovaných defektů a jejich interakce s vodíkem, defektů a jejich vlivu na elektrické a optické vlastnosti oxidů ZnO a ZrO₂ a radiačního poškození kovových materiálů.

Radiofrekvenční spektroskopie. Jaderná magnetická rezonance (JMR) a jaderná kvadrupólová rezonance jsou univerzální metody užívající magneticky aktivní atomová jádra jako lokální sondy ke studiu atomové,

elektronové a magnetické struktury i dynamiky kondenzovaných soustav. Spektroskopie JMR umožňuje porozumět souvislostem mezi mikrostrukturou a makroskopickými parametry studovaných objektů a má značný praktický charakter. Unikátní je studium magnetických materiálů, zvláště oxidů přechodových kovů, včetně sledování intrinsických defektů, nečistot a substitucí diamagnetických i paramagnetických kationtů.

Studujeme materiály se sníženou dimenzí (tenké vrstvy, nanomateriály), látky se strukturálními fázovými přechody i magnetickými reorientačními přechody a s magnetoelektrickými jevy. Provádíme teoretické výpočty elektronové struktury oxidů ke srovnání s hyperjennými parametry stanovenými z NMR.

Významnou částí aktivit je studium dynamiky a struktury organických molekul (kalixareny) a biomolekul (proteiny, oligonukleotidy) v roztocích, nevazebných interakcí (vodíkových vazeb) v supramolekulárních komplexech a vlivu paramagnetických iontů a stabilních radikálů na relaxační procesy. Moderním směrem výzkumu je aplikace NMR pro sledování difúze molekul v roztocích a ve strukturovaných prostředích (porézní materiály).

Mössbauerova spektroskopie umožňuje studovat hyperjenné interakce izotopů železa ^{57}Fe v kondenzovaných soustavách. Výzkum je zaměřen na magnetické nanočástice, nanokompozitní materiály a nízkodimenzionální oxidy železa, xerogely a zeolity dopované železem. Laboratoř využívá čtyř spektrometrů v transmisním uspořádání, z nichž jeden umožňuje chlazení vzorku až do 4,2 K, další jsou uzpůsobeny pro měření in-situ v průběhu chemické reakce a k měření prostřednictvím konverzních elektronů.

Kryogenní dynamika tekutin, supratekutost a kvantová turbulence. Kryogenní helium nabízí tři pracovní látky pro studium dynamiky tekutin (chladný plyn, normální a supratekutou kapalinu) s unikátními vlastnostmi, např. přes dvě dekády experimentálně laditelnou kinematickou viskozitou, až po nejnižší ze všech známých látek. Naše experimenty kryogenní dynamiky tekutin zahrnují zejména studium přechodu vybraných klasických a supratekutých proudění k turbulenci či kryogenní turbulentní konvekci ultravysokých Rayleighových čísel. Kvantová kapalina supratekuté helium (He II) pak umožňuje studium dynamiky kvantovaných vírů a kvantové turbulence, kterou generujeme jak tepelně v protiproudu normální a supratekuté složky He II, tak mechanicky a detekujeme metodou tlumení druhého zvuku, nebo pomocí citlivých mechanických oscilátorů. Proudění kapalného helia v optickém kryostatu vizualizujeme sledováním pohybu mikročástic pevné směsi vodíku a deuteria nasvícených laserem a snímaných citlivou ultrarychlou kamerou. Ke studiu čistě supratekutého proudění v oblasti milikelvinových teplot máme k dispozici výkonný rozpouštěcí refrigerátor.

iversity of Leipzig, Institut für Material-physik Göttingen, Helmholtz Centrum Dresden – Rossendorf, TU Munich.



• Elektronové vlastnosti kovových materiálů

Katedra fyziky kondenzovaných látek

Katedra v současné době zahrnuje tři oddělení: oddělení magnetických vlastností, oddělení strukturní analýzy a oddělení teoretické fyziky.

Katedra je garantujícím pracovištěm studijního oboru **Fyzika kondenzovaných soustav a materiálů, navazujícího magisterského studia** a pracovištěm, na kterém se realizuje jeho studijní plán Fyzika atomových a elektronových struktur. Obor je věnován studiu vlastností kondenzovaných soustav, jejich mikrofyzikální interpretaci a možnostem aplikací, zejména se zřetelem na současný rozvoj materiálového výzkumu.

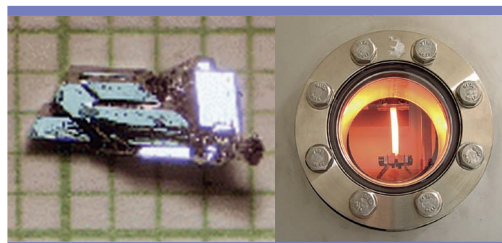
Katedra je zároveň garantujícím pracovištěm bakalářského studijního oboru **Aplikovaná fyzika**, kde se kromě základní výuky podílí hlavně na tematickém okruhu Fyzika materiálů, který je zaměřen především na získání znalostí moderních fyzikálních diagnostických metod zejména v oblasti fyziky kondenzovaných látek, jejich principů, možností a souvislostí, základních znalostí z chemie a elektroniky.

Navštivte nás na webu: <http://cmd.karlov.mff.cuni.cz/kfkl/index.php/>

Magnetismus a další kooperativní jevy se vyskytují v tranzitivních kovech d a f . Jsou důsledkem párové interakce v systému mnoha elektronů a výpočty je lze popsat či predikovat jen přibližně. Výzkum na katedře fyziky kondenzovaných látek se zaměřuje na vlastnosti materiálů s $4f$ elementy (lanthanoidy) a uran jako představitel aktinoidů ($5f$).

Technologie ultračistých materiálů a monokrystalů je nezbytným předstupněm experimentálního studia kovů, slitin a intermetalických sloučenin. Metoda Solid State Electrotransport Refinement zbavuje kovy v ultravysokém vakuu příměsí pod úroveň nejčistších komerčně nabízených kovů.

Syntézu monokrystalů metodou Czochralského je možno využít i při velmi vysokých teplotách tání. Monokrystal je možné připravovat i růstem z taveniny či



Monokrystal $GdCu_4Al_8$ připravené metodou růstu z přesyceného roztoku. Při této metodě tvar krystalů často odráží symetrii krystalové struktury (vlevo). Monokrystal $UCoGe$ při čištění metodou SSE (vpravo).

Fyzika kondenzovaných látek

Kondenzované látky sestávají z iontů, v krystalech vázaných na dobře definované periodické polohy, a z elektronů, které za jistých podmínek (např. v kovech a polovodičích) mohou poutovat krystalem a ovlivňovat ostatní elektronu v podobné situaci. Kvantově mechanickým popisem se zabývá fyzika kondenzovaných látek.

Pro řadu vlastností, fundamentálních i funkčních, je klíčový elektronový subsystém, řízený Fermi-Diracovou statistikou, elektrostatickou interakcí elektronů s kladně nabitými ionty i spinově závislé korelace záporně nabitých elektronů mezi sebou.

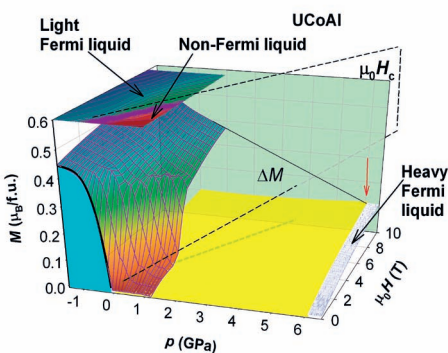
Magnetismus a supravodivost vznikají jako důsledek párových interakcí mezi elektrony, tedy v systému mnoha částic a pouze na kvantové úrovni. Není zde proto možné získat přesný kvantitativní popis běžnými výpočty. Avantgardní teoretické metody jsou proto nutně doplňovány sofistikovanými experimenty, často za velmi nízkých teplot a s využitím vysokých magnetických polí.

v optické peci. Vysoké tlaky vodíku jsou užívány pro jeho absorpci, ladící vlastnosti expanzí krystalové mříže. Ta vede k syntéze hydridů, relevantních pro skladování vodíku.

Výzkumné programy zahrnují široké spektrum materiálů se zajímavými funkčními vlastnostmi, např. média pro magnetokalorické chlazení, permanentní magnety, látky s obří magnetorezistencí relevantní pro záznam informací a spintroniku.

Předmětem výzkumu jsou i zásadní otázky spojené s projevem elektron-elektronových korelací na pomezí lokalizace 4f a 5f elektronů, jako je mechanismus nekonvenční supravodivosti a možné koexistence s fero- a antiferomagnetismem, vlastní vznik magnetických momentů a různých typů magnetického uspořádání.

Připravené materiály jsou charakterizovány rentgenovou difrakcí, magnetické struktury určeny difrakcí neutronů na velkých facilitách (např. ILL Grenoble). Magnetické, transportní a termodynamické vlastnosti studovány v širokém oboru teplot a magnetických polí do 14 T. Reakce na přiblížení atomů a zvýšení překryvu vlnových funkcí elektronů s centrem na sousedních atomech je vyšetřována studiem za vysokých tlaků (přes 20 GPa).



Zánik magnetických momentů otevírá stupně volnosti, jež vedou k tzv. emergentním jevům. V případě sloučeniny UCoAl, laděné v okolí zániku fero-magnetismu vnějším tlakem, vznikne pásový metamagnetismus, který má nemagnetický základní stav, ale stav odpovídající feromagnetismu je indukován vnějším magnetickým polem.

• Krystalová a magnetická struktura

Krystalografie, strukturní analýza

Krystalografie se zabývá studiem struktury krystalů, tj. pravidelného uspořádání atomů a jejich vzdáleností v jednotlivých látkách, včetně poruch tohoto uspořádání i tzv. nanostrukturou polykrystalických materiálů. Následně pak i vztahem této struktury k podmínkám vzniku či přípravy materiálů a k jejich vlastnostem.

Je to dnes typicky interdisciplinární obor na pomezí fyziky, chemie, biologie, materiálových věd i mineralogie.

Hlavní metodou studia krystalové struktury – **strukturní analýzy** je difrakce rtg záření, neutronů, případně i elektronů. Z rozložení, intenzit, případně i tvaru difrakčních maxim na difrakčním obrazu látky lze získat celou řadu strukturních informací.

Výuka krystalografie a strukturní analýzy má na MFF dlouhou tradici a probíhá dominantně v rámci oboru magisterského studia Fyzika kondenzovaných soustav a materiálů, ale i v bakalářském oboru Aplikovaná fyzika a částečně i v dalších oborech jako Optika a optoelektronika a Fyzika povrchů a ionizovaných prostředí.

Znalost krystalové struktury látek je naprosto zásadní pro studium jejich různých fyzikálních vlastností a to zejména jejich směrové závislosti – anizotropie, která je pro krystalické látky charakteristická.

Rentgenová difrakce

Tato metoda dokáže poskytnout celou řadu informací. Kromě krystalové struktury samotné je to např. pro polykrystalické materiály zejména možnost určení fázového složení, textury, velikosti krystalitů, mikroskopických i makroskopických napětí. Měření reflektivity tenkých vrstev umožňuje určit jejich tloušťky, drsnost jejich povrchu, elektronovou hustotu a korelace povrchových nanostruktur.

Oddělení strukturní analýzy řeší celou řadu projektů jak samostatně, tak i ve spolupráci s dalšími fakultními i mimofakultními pracovišti. Je to v poslední době zejména komplexní strukturní analýza tenkých polykrystalických vrstev se zajímavými fotokatalytickými (dominantně TiO_2), feroelektrickými a magnetickými vlastnostmi, která zahrnuje i měření teplotní stability in-situ. Dále strukturní analýzu nanotrubelek a nanodrátů, nanokrystalických prášků, submikrokrystalických materiálů připravených intenzivní plastickou deformací metodou protlačování (ECAP) i vysokotlaké torze.

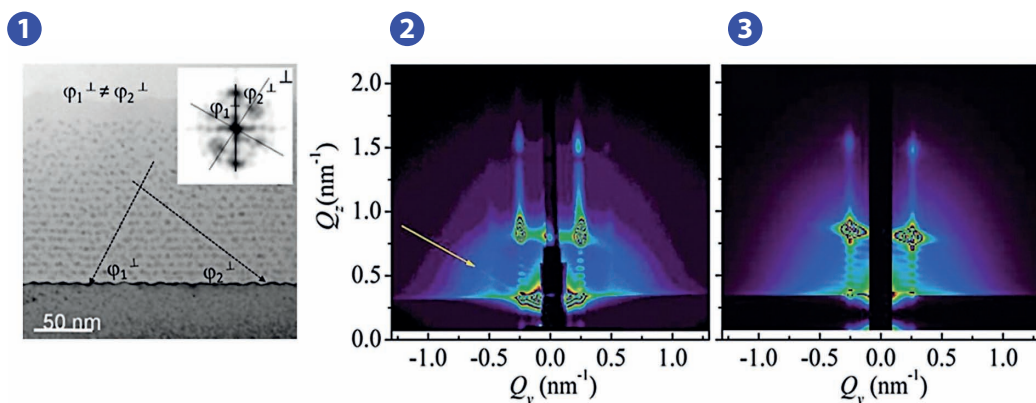
V rámci evropského a dalších projektů jsou studovány strukturní vlastnosti magnetických polovodičů typu GaMnAs, GeMn, GaFeN. Pomocí speciálních metod anomální difrakce a stojatých vln byla stanovena koncentrace Mn iontů v různých polohách krystalové mříže GaMnAs.

Pomocí difrakce s vysokým rozlišením a map reciprokého prostoru jsou studovány např. napěťové relaxace v různých epitaxních vrstvách, obsah dislokací a dalších defektů (vrstvy GaN). Předmětem studií je dále struktura polovodičových kvantových teček a struktura polovodičových nanočástic v amorfnní matici. Laboratoř je vybavena moderními rtg difrakto-metry s novou rtg optikou umožňujícími provádění zmíněných studií na vysoké úrovni. Některé experimenty jsou prováděny na zdrojích synchrotronového záření v Grenoblu, Karlsruhe a Terstu.

Maloúhlový rozptyl rtg záření

Měří prostorové rozložení nehomogenit v elektronové hustotě. Touto metodou je možné studovat polohy a tvary nanočástic Ge v amorfnní skelné matici. Obrázek (1) byl pořízen transmisí elektronovou mikroskopií a zobrazuje tyto nanočástice jako tmavé skvrny. Na obrázcích (2) a (3) jsou naměřená a vypočtená směrová rozložení rozptýleného záření. Srovnáním měření s výpočtem studujeme procesy samouspořádání nanočástic Ge při jejich depozici. Měření bylo provedeno na synchrotronu ELETTRA v Terstu ve spolupráci s ústavem IRB v Záhřebu.

Navštivte naši webovou prezentaci na <http://cmd.karlov.mff.cuni.cz/kfkl/index.php/cs>



Neutronová difrakce může poskytnout o krystalové struktuře látky podobné informace jako difrakce rentgenová. Hlavním rozdílem je podstatně větší informační hloubka metody a dále to, že se jedná o rozptyl primárně na jádrech atomů, nikoli na elektronovém obalu jako v případě rtg difrakce. Významným rysem je i relativně silný možný rozptyl na magnetických momentech, který vede ke vzniku nových difrakčních maxim spojených s magnetickým uspořádáním a umožňuje určení tzv. magnetické struktury krystalu.

Pomocí pružného rozptylu neutronů je také možné studovat excitace v pevných látkách – např. fonony. Neutronové experimenty jsou většinou prováděny na zahraničních pracovištích, zejména ILL v Grenoblu a HMI v Berlíně, ale některé jsou možné i v Řeži u Prahy.

• Fyzika Země a planet

Katedra geofyziky

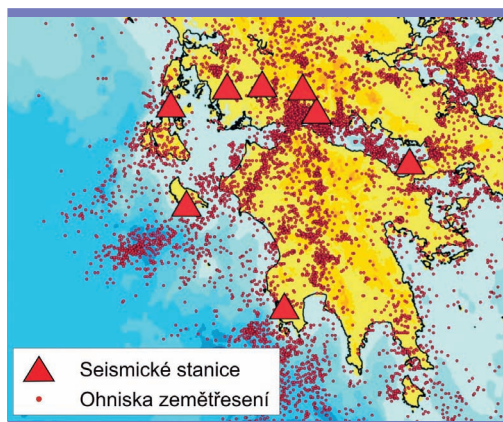
Se svou dvousetletou historií patří geofyzika mezi nejstarší fyzikální disciplíny pěstované na Karlově univerzitě. Studium a bádání v oblasti fyzikálního výzkumu Země a planet, probíhající dnes na MFF, zahrnuje nejen tradiční, ale i nově vznikající geofyzikální obory.

Výzkum v oboru teoretické seismologie je spojován především se jménem profesora Červeného, jehož objevné práce v oblasti šíření elastických vln jsou dnes základem výpočetních metod používaných na mnoha pracovištích po celém světě. Základní výzkum v tomto oboru prováděný na fakultě je podporován také mezinárodními průmyslovými společnostmi.

Důležitou součástí seismologického výzkumu je studium zemětřeseného zdroje a ohrožení v seismicky aktivních oblastech světa. Katedra geofyziky provozuje vlastní síť seismických stanic v Řecku a podílí se na vývoji metod včasného varování v Itálii.

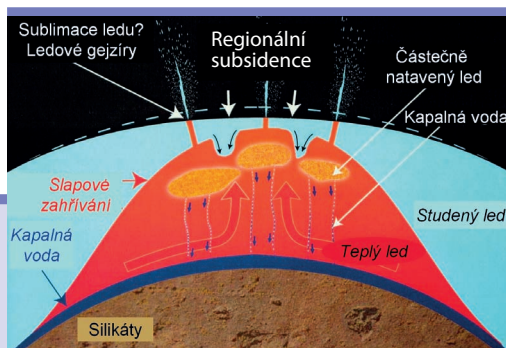
Významných výsledků dosáhlo pracoviště v oblasti počítačových simulací dlouhodobých procesů v nitru

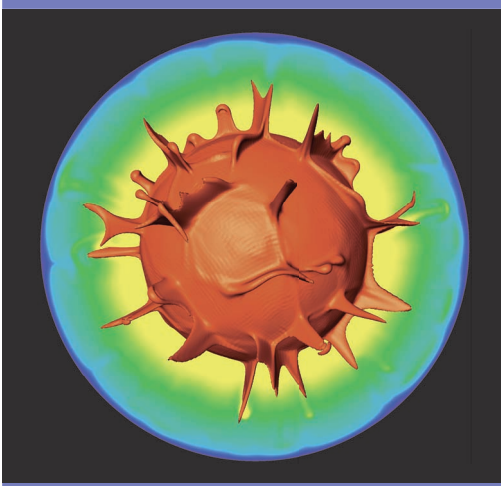
V uplynulém desetiletí se Katedra geofyziky podílela na řešení několika projektů podporovaných Evropskou komisí a stala se tak jedním z evropských center geofyzikálního výzkumu, které pravidelně navštěvuje řada zahraničních studentů a významných vědců.



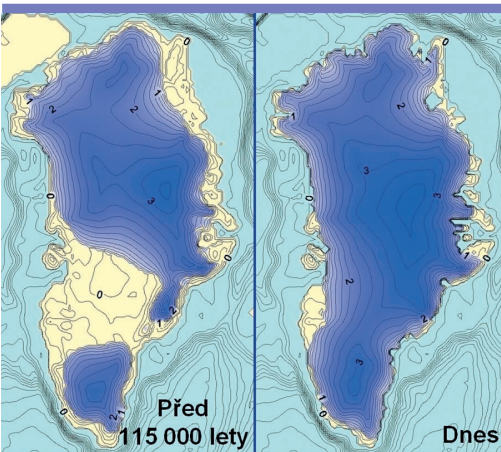
Seismické stanice MFF v Řecku umožňují pracovníkům katedry provádět fyzikální výzkum zemětřesení v seismicky nejaktivnější oblasti Evropy. Vedle vědeckých aspektů se tento výzkum snaží přispět také k ochraně životů a majetku obyvatel žijících v rizikových oblastech.

Model termální aktivity Saturnova měsíce Enceladu navržený pracovníky MFF ve spolupráci s LPG Nantes.





Ukázka počítačové simulace teplotního vývoje v plášti Země. Červená barva ukazuje anomálně teplé vzestupné proudy, jejichž prostřednictvím Země chladne. Důraz kladený na numerické modelování je pro geofyziku na MFF typický.



Počítačová simulace vývoje Grónského ledovce založená na paleoklimatických měřeních. Simulace tohoto typu jsou nutné pro pochopení klimatických změn probíhajících v současnosti.

Země. Tento výzkum směřuje mimo jiné k poznání mechanismů, které umožňují přenos tepla v Zemi a které se podílejí na utváření zemského magnetického pole.

Studium gravitačního a magnetického pole na MFF využívá družicová měření a probíhá v široké mezinárodní spolupráci (ESA, NASA, projekty Swarm, Grace a Goce). Zahrnuje tvorbu modelů těchto polí a jejich interpretaci z hlediska vnitřní struktury Země.

Pracovníci katedry se zabývají také tématy souvisejícími s globální změnou klimatu. Jedná se především o počítačové simulace vývoje ledovců, deformací povrchu v souvislosti se zaledněním i odledněním, proudění v oceánech a odhady kolísání mořské hladiny.

V posledních letech je pozornost věnována také dalším vesmírným tělesům (Mars, ledové měsíce velkých planet, exoplanety), a to zejména v souvislosti s hledáním kapalné vody ve sluneční soustavě a úvahami o možné existenci života ve vesmíru.

Absolventi studia geofyziky se velmi dobře uplatňují na pracovištích základního výzkumu doma i v zahraničí. Díky své kvalitní přípravě v oblasti numerického modelování jsou vítáni také v centrech aplikovaného výzkumu a nalézají uplatnění i v technické a ekonomické sféře.

Více podrobností na <http://geo.mff.cuni.cz/>

• Chemická fyzika a kvantová chemie

Katedra chemické fyziky a optiky

Vědecká aktivita katedry pokrývá experimentální a teoretické směry chemické fyziky a optiky. Výzkum je zaměřen na studium molekulárních a biologických komplexů, jejich teoretické a počítačové modelování (kvantová teorie, kvantová chemie, molekulární simulace), na experimentální studium polovodičových nanostruktur a na rozvoj moderních spektroskopických metod (nízkoteplotní optická spektroskopie vysokého rozlišení, spektroskopie jednotlivých molekul, femtosekundová a pikosekundová spektroskopie) a jejich aplikace (fotosyntéza, polovodičové nanostruktury, optoelektronika a spintronika atd.).

Katedra spolupracuje s celou řadou dalších pracovišť v České republice (ústavy Akademie věd, vysoké školy a firmy) a předními univerzitami v Evropě a ve světě. Velký význam je přikládán využití zkušeností vědců katedry v aplikovaném výzkumu například v oblasti fotovoltiky, chemických sensorů, životního prostředí a pod. Při katedře pracuje skupina aplikovaného výzkumu v chemické fyzice (potravinářství) a část Centra nanotechnologií a materiálů pro nanoelektroniku.

Oddělení kvantové a nelineární fyziky má mnohaletou tradici v rozvíjení kvantové mechaniky, jejich aplikací při vysoce přesných výpočtech vlastností atomů, malých i velkých molekul a zajímavých molekulárních systémů ve fyzice, biologii a medicíně. V neposlední řadě se na oddělení provádějí také modelové výpočty (simulace) velmi velkých molekulárních systémů s četnými praktickými aplikacemi. Vědecká a výuková činnost oddělení tak pokrývá celou oblast teorie fyzikálních vlastností atomů, molekul a molekulárních systémů včetně zajímavých aplikací teorie.

V rozvoji kvantové mechaniky byla dosažena celá řada výsledků přispívajících k chápání kvantové mechaniky. Výsledkem těchto prací je interpretace kvantové mechaniky založené na principech matematické statistiky, která rozvíjí standardní kodaňskou interpretaci kvantové mechaniky. Zajímavými výsledky v tomto ohledu jsou např. odvození některých pohybových rovnic kvantové mechaniky pomocí tzv. Fisherovy informace či odvození nových relací neurčitosti, které jsou silnější než obvyklé Heisenbergovy relace neurčitosti a mají některé pozoruhodné vlastnosti.

Rovněž lze zmínit formulaci první poruchové teorie pro anharmonické oscilátory konvergující pro všechny fyzikálně zajímavé hodnoty vazbového parametru nebo odvození Hamiltonova principu klasické mechaniky vycházející ze statistického popisu výsledků měření.

Vysoce přesné výpočetní metody jsou užívány ke studiu **interakcí atomů a malých molekul**. Plochy potenciální energie a dipólové momenty malých molekul, získané pokročilými metodami kvantové chemie, nacházejí využití při zkoumání stacionárních stavů a dynamiky molekul. Srážky molekul s atomy při velmi nízkých teplotách nebo radiativní asociace atomů jsou následně studovány metodami kvantové dynamiky. Výsledky těchto výpočtů poskytují neocenitelné informace o procesech chlazení molekul nebo o procesech vzniku molekul v mezihvězdném prostoru a v oblacích prvotního plynu (například detailní studie tvorby molekulárního iontu LiHe^+ formou radiativní asociace).

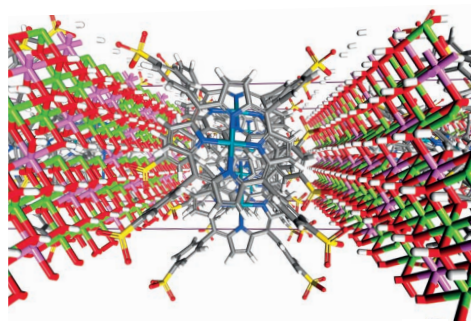
V oblasti **kvantové chemie** jsou studovány organokovové komplexy platiny, rhodia a ruthenia. Příkladem jsou výpočty aktivity ruthenioých (II) sloučenin, které jsou velmi nadějnými komplexy pro léčbu rakoviny. Z porovnání dvou základních tříd Ru (II) komplexů, které pocházejí z různých výzkumných laboratoří, vyplynulo, že přestože obě třídy podléhají spontánní hydrataci a přes jejich vzájemnou strukturální podobnost každá probíhá jiným reakčním mechanismem. V nedávné době byl také vyvinut postup pro výpočty reakcí v roztocích s konstantním pH a s konstantní koncentrací chloridových iontů (pCl), což je modelový systém buněčného prostředí. Tento model byl aplikován na studium hydratace platinových komplexů.

Molekulární simulace jsou zaměřeny na řešení strukturního uspořádání různých typů jílových minerálů interkalovaných organickými kationty, kationty organických barviv a neutrálních polárních molekul. Rovněž jsou zkoumány vlastnosti aniontových jílov interkalovaných organickými anionty, zejména porfyriny. Široké pole působnosti molekulárních simulací dokresluje výpočty energetických materiálů (výbušnin), zjišťování jejich vzájemných interakčních energií a možnost simulace jejich rozpadů a explozí. Nelze rovněž opomenout výpočty fázových přechodů tekutých krystalů nebo triacylglyceridů kakaového másla. Užitečnost molekulárních simulací se ukazuje jak při určování práškových struktur, tak i při predikci jejich výsledných vlastností.

V rámci navazujícího magisterského studijního programu Fyzika je katedra garantujícím pracovištěm oboru Optika a optoelektronika a podílí se na zajišťování studijního oboru Biofyzika a chemická fyzika.

V rámci doktorského studia se podílí na zajišťování studijních programů Biofyzika, chemická a makromolekulární fyzika, Kvantová optika a optoelektronika a Fyzika nanostruktur.

Na katedře jsou čtyři oddělení: Kvantové a nelineární fyziky, Optické spektroskopie, Optotermální spektroskopie, Kvantové optiky a optoelektroniky.



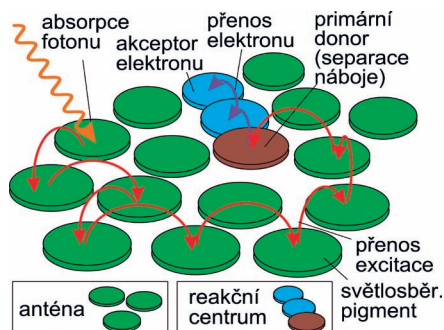
Molekulární simulace Pd-(5,10,15,20-tetrakis (4-sulfonato-phenyl)porphyrinu v MgAl hydrotalcitu.

• Moderní optická spektroskopie

Směrem k umělé fotosyntéze

Fotosyntéza je proces převádějící energii slunečního záření na energii chemickou. Zkoumání prvních kroků fotosyntézy (absorpce fotonu molekulou pigmentu a rychlý přenos energie ve světlosběrných anténách k reakčním centřům, v nichž se využívá excitační energie k separaci elektronu) je důležité, neboť různé fotosyntetické komplexy představují modelové systémy pro studium **mechanismů přenosu excitonu a elektronu** nebo **projevů mezimolekulárních interakcí.**

Vývoj nanotechnologií umožňuje napodobování některých činností fotosyntetických komplexů. Na katedře zkoumané agregáty chlorosomálních bakteriochlorofylů mohou naleznout uplatnění při vývoji sensorů, slunečních článků atd. Hlavním cílem oboru je dosažení umělé fotosyntézy, tedy vytvoření komplexu, který bude využívat energii slunečního záření k štěpení vody na kyslík a vodík.



Laserová spektroskopie vysokého spektrálního a prostorového rozlišení

Optická spektroskopie je mocným nástrojem fyziky a rychle se rozvíjí díky pokroku techniky – zdrojů světla (laserů a LED diod), fotodetektorů (fotonásobičů a CCD kamer) a optického zobrazování. V naší laboratoři již několik desítek let vyvíjíme náročné techniky **laserové spektroskopie s vysokým spektrálním rozlišením** (tzv. spektroskopie vypalování spektrálních děr) a v poslední době také **mikrospektroskopie jednotlivých nanoobjektů** (nanokrystalů, nanodrátků, molekul a pod.). Tyto extrémní techniky jsou doplněny řadou dalších spektroskopických technik, např. měření transientní absorpce metodou excitace a sondování, měření absolutních kvantových výtěžků fluorescence nebo absolutně kalibrované spektroskopie – radiometrie.

Vyvinuté techniky aplikujeme ke studiu mnoha problémů z oblasti biofyziky, biomedicíny a nanotechnologie. Za všechny jmenujme studium přírodních a umělých fotosyntetických komplexů či polovodičových nanokrystalů a nanodrátků. Tyto materiály jsou částečně vyráběny či upravovány v našich laboratořích.

Dalším nadějným směrem výzkumu je **spektrální a časově rozlišené studium fotogenerace singletního kyslíku** a to jak porfyrinovými barvivy ve fotosyntéze, tak fotosenzitizéry pro fotodynamickou terapii. Za tímto účelem bylo vybudováno několik špičkových zařízení umožňujících paralelní **detekci fluorescence i fosforescence barviva a fosforescence singletního kyslíku** v *in vitro* i *in vivo* materiálech a to od mikroskopického rozlišení částí buněk až k on line monitorování pokusných savců.

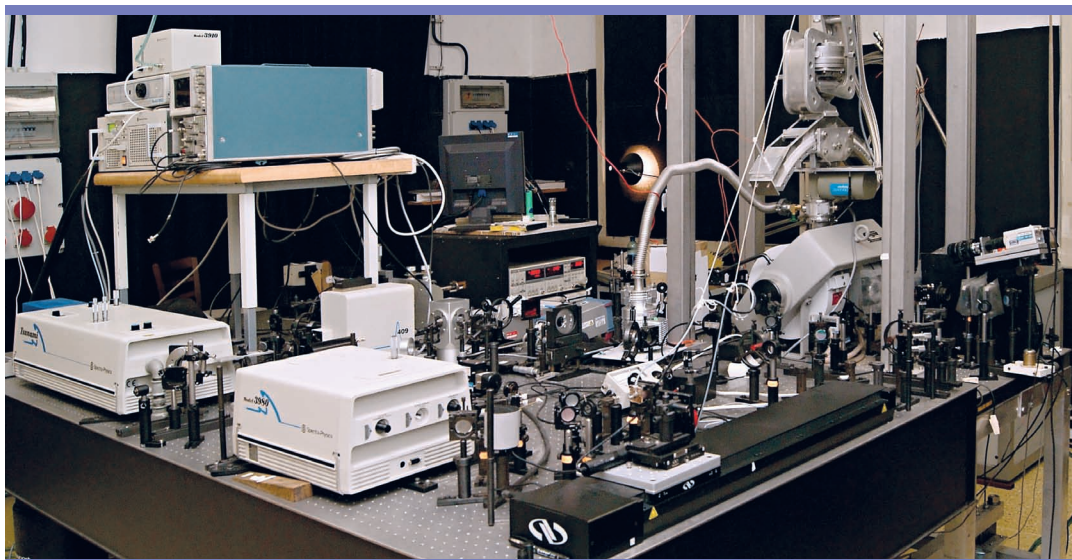
Ultrarychlá laserová spektroskopie

Oddělení kvantové optiky a optoelektroniky katedry chemické fyziky a optiky je zaměřeno zejména na experimentální výzkum v oblasti ultrarychlé (pikosekundové a femtosekundové časové rozlišení) laserové spektroskopie. Vychází z tradice laserové spektroskopie a nelineární optiky rozvíjené na katedře od šedesátých let dvacátého století. Za posledních patnáct let zde byly v několika laboratořích rozpracovány optické metody, které dovolují studovat ultrarychlé procesy v látkách. Výzkum se v současné době soustředí především na **spintroniku** a na rychlé elektronické procesy v **polovodičových nanokrystalech** (Si, CdS, CdSe, diamant, kvantové tečky polovodičů typu III-V), které jsou důležité pro moderní fotovoltaiku, optoelektroniku a fotoniku.

Spintronika se rychle rozvíjí jako moderní část elektroniky, ve které je možné řídit elektronické procesy pomocí spinu nebo magnetického pole. V případě kombinace se světelnými signály, například pro změnu spinového stavu elektronů nebo pro řízení magnetizace látek, lze mluvit o optospintronice. V současné době se na katedře ve spolupráci s Fyzikálním ústavem Akademie věd ČR buduje **společná laboratoř optospintroniky**.

V oblasti studia **dynamiky elektronů v nanokrystalech** se zkoumají relaxační a rekombinační kanály fotoexcitovaných nosičů náboje. Důležitým cílem je přitom dosáhnout jejich řízení tak, aby bylo možné například optimalizovat zářivou rekombinaci pro získání laseru, jehož aktivním prostředím by byly křemíkové nanokrystaly, nebo zajistit optimální separaci a přenos fotoexcitovaného náboje v případě použití nanokrystalů ve fotovoltaických prvcích. Studovaný vliv vnějšího prostředí na ultrarychlé elektronové procesy v nanodiamantu nachází uplatnění v jeho senzorických aplikacích. Pro další rozvoj optiky s vysokými světelnými toky je nezbytná znalost nelineárních optických vlastností materiálů, které se také v laserových laboratořích oddělení intenzivně zkoumají.

Pozornost je věnována také **teoretickému studiu interakce světla** s nanostrukturami, zejména mikroskopickému popisu jevů, které jsou studovány experimentálně.



Femtosekundová laserová laboratoř na katedře chemické fyziky a optiky

• Jádra a částice

Ústav částicové a jaderné fyziky

Jádra a částice se na MFF zkoumají na **Ústavu částicové a jaderné fyziky (ÚČJF)**, který vznikl v roce 1999 fúzí Katedry jaderné fyziky a Nukleárního centra.

Atomová jádra jsou sice nepředstavitelně malá, jejich struktura i chování jsou však pozoruhodně složité. Teoretické studium jader na ÚČJF je věnováno především chaosu v jádrech a kolektivním excitacím jader. Experimentální práce je zaměřena na studium elektromagnetických rozpadů jader.

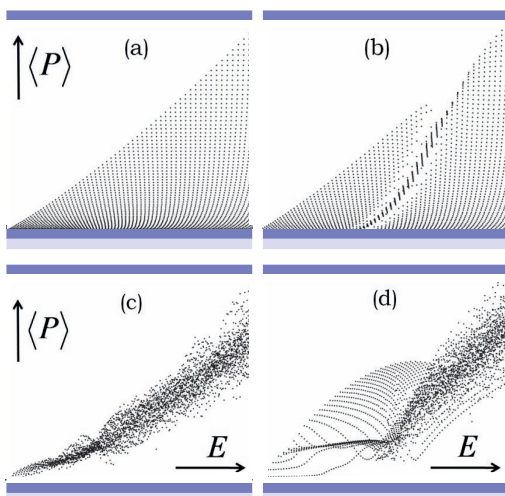
Webové stránky:
<http://www-ucjf.troja.mff.cuni.cz/>

Uspořádané a chaotické kmity jader

Atomové jádro je kvantový objekt s diskrétními energiemi excitovaných stavů. Také energie jaderných kmitů, tj. společných vibrací všech (nebo většiny) částic uvnitř jádra kolem nějakého rovnovážného tvaru, tvoří diskrétní vibrační spektrum.

Na obrázku jsou energie jaderných kmitů E vypočtené v rámci Bohrova kapkového modelu jádra. Každá tečka představuje jeden vibrační stav charakterizovaný energií E a další veličinou $\langle P \rangle$ (střední hodnota „kvadrátu seniority“). Panely (a) – (c) znázorňují spektra pro různé volby parametrů modelu. Tečky na obrázcích tvoří v některých případech uspořádané mřížky, jindy naopak náhodné shluky. Ukazuje se, že pravidelně seskupené body odpovídají vibračním stavům, kdy jádro kmitá uspořádaným způsobem. Chaotické stavy, jejichž kmity jsou nepravidelné a těžko předvídatelné, se projevují náhodně rozházenými tečkami. Panel (a) ukazuje spektrum pro přesně řešitelný model s uspořádanými kmity. I velmi malá změna parametrů modelu vede k tomu, že se mřížka začíná rozpadat. To je vidět v panelu (b). Chaos posléze zachvacuje téměř celé spektrum (kromě stavů o nejnižších energiích), viz panel (c). S různými parametry se ale i velmi daleko od režimu řešitelnosti objevují nové a nečekané oblasti regulární dynamiky, jak ukazuje panel (d).

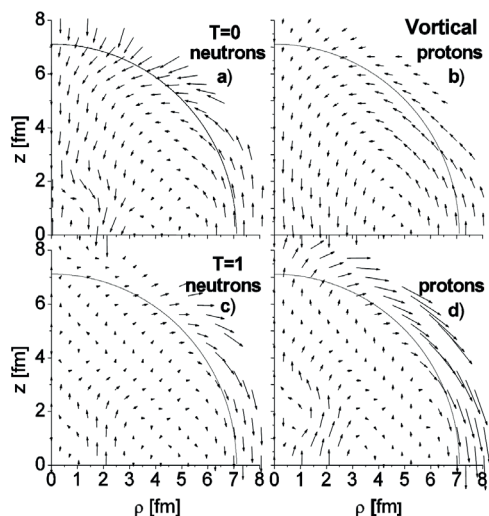
Metoda spektrálních mřížek patří do výbavy oboru, který se nazývá „**kvantový chaos**“. Jeho statistické postupy se kromě jader hodí i v dalších složitých systémech obsahujících velký počet vzájemně interagujících částic – např. molekulách, atomových klastrech, optických dutinách, kvantových kondenzátech a pod.



Kolektivní stavy jader

Kolektivní chování stovek silně interagujících nukleonů, zejména tzv. gigantické rezonance, studuje další skupinka jaderných teoretiků. Gigantické rezonance jsou jaderné kolektivní pohyby s vysokou excitační energií, dosažené například absorpcí fotonu v jádře, nebo nepružným rozptylem protonů, alfa částic, elektronů. Podle typu procesu a charakteristického momentu hybnosti rozlišujeme různé druhy těchto rezonancí (např. magnetické dipólové M1 rezonance, elektrické dipólové E1 rezonance, elektrické kvadrupólové E2 rezonance, atd.). Srovnávání naměřených dat s teoretickými výpočty je zdrojem nového poznání a prostředkem k vývoji teoretických modelů.

Na obrázku je pomocí šipek ukázáno pole rychlostí neutronů a protonů v rovině (ρ, z) (ve válcových souřadnicích) v kulaťém jádře ^{208}Pb pro dva excitované stavy typu E1 s excitačními energiemi 8,3 MeV (jeden z tzv. izoskalárních $T=0$ stavů) a 9,1 MeV (jeden z tzv. izovektorových $T=1$ stavů). Z obrázku je patrný vírový charakter pohybu nukleonů v těchto stavech (z hlediska třírozměrného prostoru tyto víry tvoří toroid).



Ústav vzdělává studenty magisterského oboru **Fyzika – Jaderná a subjaderné fyzika** a doktorského programu **Fyzika – Subjaderná fyzika** a **Fyzika – Jaderná fyzika**.

Zájemci o obor si obvykle již vybírají bakalářskou práci na ústavu a tak mají šanci obor „ochutnat“. Magisterské studium poskytne studentům přípravu v kvantové teorii pole a poučí je o současném teoretickém pohledu na svět elementárních částic a atomových jader. Paralelně s tím se studenti seznámí se základními experimentálními technikami.

Vedoucími diplomových prací jsou spolu s pracovníky ÚČJF kolegové z Fyzikálního ústavu AV ČR či Ústavu jaderné fyziky AV ČR. Právě diplomová práce navázaná na vědeckou práci vedoucího je pro studenty skutečným vstupem do současné fyziky a do vědeckého světa.

Všechny naše vědecké aktivity se odehrávají v užší či spíše širší mezinárodní spolupráci. Pro studenty to znamená, že již v průběhu magisterského studia navštíví nějaké zahraniční pracoviště, například CERN v Ženevě, že o svých výsledcích referují na mezinárodních poradách, že často svou diplomovou práci napíší anglicky, aby byla zahraničním kolegům srozumitelná.

• Jádra a částice

Ústav částicové a jaderné fyziky

Experimentální částicová fyzika vyžaduje velmi komplikovaná a drahá zařízení, jejichž ceny přesahují lidské i finanční kapacity jednotlivých států. Proto odedávna funguje mezinárodní spolupráce. V roce 1954 byla v Ženevě založena Evropská organizace pro jaderný výzkum, CERN.

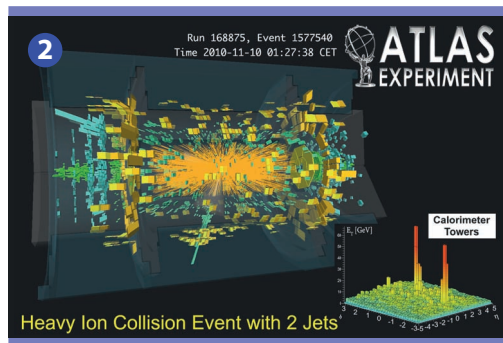
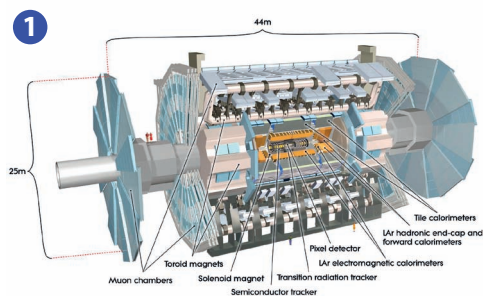
Ve východním bloku byl skromnější paralelou CERN Spojený ústav jaderných výzkumů v Dubně. Čeští částicoví fyzikové ústav v Dubně intenzivně využívali do sametové revoluce, po ní přesunuli většinu svých aktivit do CERN (Česká republika je členskou zemí CERN od roku 1992) a jinam do světa. „Doma“ na ÚČJF probíhá vývoj a testování detektorů, příprava fyzikálního programu experimentů, často spojená se simulací očekávaných procesů. Za vlastními experimenty jezdíme do CERN (Ženeva), FNAL (Batavia, USA), KEK (Tsukuba, Japonsko) a do dalších laboratoří. V ÚČJF pak analyzujeme data.

Teoretická částicová fyzika na ÚČJF je zaměřena na rozvoj metod kvantové teorie pole a teoretických modelů interakcí částic, opět v mezinárodní spolupráci.

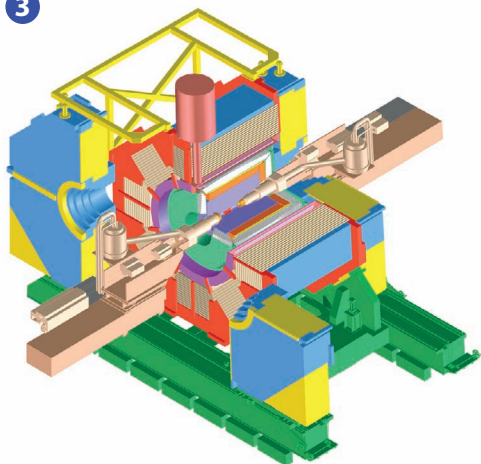
Experiment ATLAS v CERN.

V evropské laboratoři pro částicovou fyziku CERN v Ženevě pracuje od konce roku 2009 nový urychlovač LHC – Large Hadron Collider. Srážky urychlených protonů nebo jader olova jsou zamenávány detektory ATLAS, CMS, ALICE a LHCb.

Pracovníci a studenti ÚČJF se od začátku devadesátých let podíleli na přípravě, konstrukci a výrobě detektoru ATLAS (zvláště polovodičového dráhového detektoru a hadronového kalorimetru (obr. 1)). Dnes slouží ve směnách při obsluze detektoru a pracují na fyzikální analýze srážek (obr. 2). ATLAS nejen hledá nové částice jako např. Higgsův boson a supersymetrické částice, ale i zpřesňuje naše dosavadní poznání jevů mikrosvěta. Doufáme i v nečekané objevy.



3



BELLE (a budoucí BELLE II) – obr. 3

Belle je experiment specializovaný na tzv. B-fyziku, tedy studium procesů, ve kterých hraje zásadní roli b-kvark. Využívá svazky elektronů a pozitronů na urychlovači laboratoře KEK v japonské Tsukubě. Jedním z klíčových témat tohoto experimentu je studium fundamentálních symetrií mikrosvěta a jejich narušení, zde narušení tzv. CP-symetrie.

4

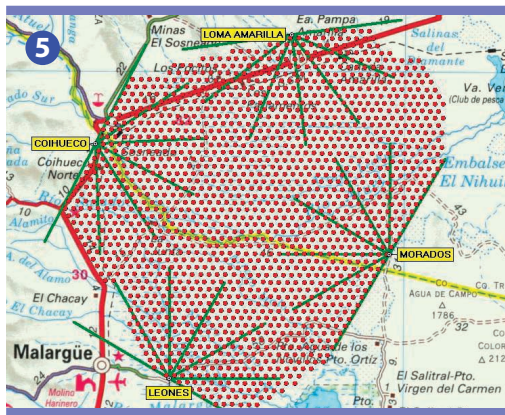


Astročásticové experimenty Auger a HESS – obr. 4, 5

Oba experimenty jsou zaměřeny na detekci vysoce energetických částic přilétajících z vesmíru. Experiment Auger (obr. 4) detekuje spršky vyvolané protony pomocí fluorescenčního záření atmosférického dusíku a pomocí částic spršky, které dorazily až k zemi, kde je na zhruba 3000 km² pampy poblíž argentinského města Malargue umístěno 1600 vodních Čerenkovských detektorů.

I v experimentu HESS v Namibii funguje atmosféra jako podstatná část detektoru – přilétající foton způsobí elektromagnetickou spršku, která se na povrchu Země projeví Čerenkovovým zářením (slabým modravým světlem). To detekují 4 teleskopy (obr. 5).

5



Analýza výsledků obou těchto experimentů v kombinaci s dalšími astrofyzikálními měřeními posunuje naše poznání mechanismů urychlování částic ve vesmíru a struktury takových exotických objektů, jako jsou například černé díry a supernovy.

• Klima, počasí a fyzika atmosféry

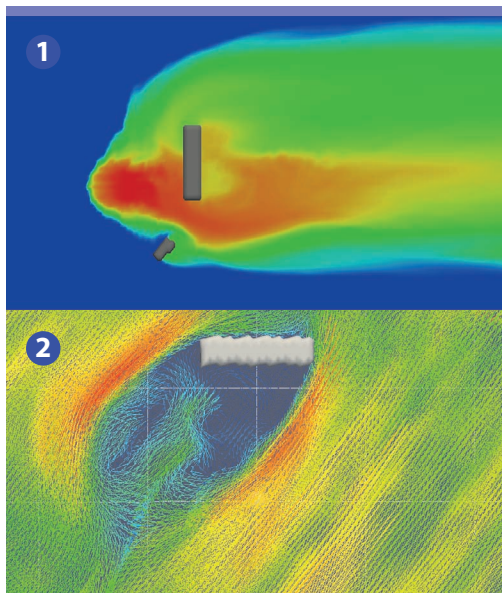
Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Obor meteorologie a klimatologie na MFF UK vychází v současnosti především z hydrodynamiky a termodynamiky atmosféry, přičemž široce využívá poznatků dalších fyzikálních oborů. Je orientován na studium rozsáhlé škály atmosférických dějů včetně atmosférické optiky, akustiky a elektřiny, záření v atmosféře, fyziky oblaků a srážek apod.

Soustřeďuje se zejména na aplikace dynamiky, energetiky a cirkulace atmosféry v oblasti meteorologických prognóz využívajících nejmodernějších metod numerické matematiky, dále na dnes silně aktuální problematiku znečištění ovzduší ve vztahu k ekologickým problémům, problematiku antropogenních vlivů na atmosféru, metody modelování klimatu, studium klimatických změn, problémů stratosférického i přízemního ozónu.

K dalším tématům patří studium atmosféry jako komplexního nelineárního dynamického systému se zahrnutím vlivu chaotických procesů a zaměřením se na základní otázky struktury a prediktability atmosférických dějů.

Mezi hlavní oblasti výzkumu, ve kterých dosahuje Katedra meteorologie a ochrany prostředí významných výsledků, patří problematika klimatu a klimatické změny, modelování atmosférické chemie a kvality ovzduší, v neposlední řadě pak modelování proudění v malých měřítkách. Katedra meteorologie a ochrany prostředí (KMOP) se v daných oblastech podílela a podílí na řadě zahraničních i domácích výzkumných projektů.



- 1) Pole průměrné plošné aktivity (Bq/m^2) v okolí překážky po okamžitém úniku radioaktivní látky (^{99}Tc).
- 2) Pole rychlosti proudění kolem překážky. Pro oba výpočty byl použit model CLMM (Charles University LES Microscale Model).

Konkrétní stav a chování atmosféry je v dané lokalitě určeno kromě velkoprostorového rozložení stavových veličin (teploty, tlaku, vlhkosti) i specifickými lokálními podmínkami. To, jak bude výsledné počasí v daném místě vypadat, je pak superpozicí řady faktorů. Čím většího rozlišení v modelech atmosféry dosahujeme, tím více se tyto lokální faktory uplatňují.

Jedním z problémů, kterým se pracovníci KMOP MFF UK zabývají, je **interakce proudění s nerovinným zemským povrchem a předměty** (např. zástavbou), které se na zemském povrchu nalézají a významným způsobem ovlivňují strukturu pole proudění, a dále **studium procesů nejmenších měřítek** – turbulence. Toto vše významně ovlivňuje chování té části atmosféry, v níž probíhá většina suchozemského života na Zemi – tzv. mezní vrstvy atmosféry. Se stavem atmosférické mezní vrstvy dále souvisí například to, jak bude vypadat transport a rozptyl znečišťujících látek v atmosféře, výpar nebo přenos tepla. To vše jsou faktory, které bezprostředně ovlivňují kvalitu života v dané lokalitě.

Významnou oblastí výzkumu na KMOP je rovněž problematika klimatické změny, zvláště s důrazem na regionalizaci pro účely vyhodnocení důsledků pro oblast střední Evropy. S tím souvisí **analýza neurčitostí modelových výstupů, proměnlivosti podnebí a posouzení podílu přirozené variability klimatu a změn způsobených lidskou činností**. Na katedře je provozován regionální klimatický model s vysokým rozlišením, který je vhodným nástrojem pro studium lokálních klimatických změn v našich složitých topografických podmínkách. Pro účely studia interakce klimatického systému a chemických procesů v atmosféře je k dispozici napojení tohoto modelu na chemický model, s tímto modelovým systémem pak lze studovat důsledky klimatické změny na kvalitu ovzduší a obráceně.

Výuka i výzkum na katedře meteorologie a ochrany prostředí rovněž zahrnují studium moderních konceptních modelů atmosféry, jejich aplikovatelnost v prognostické praxi, interpretace výstupů numerických předpovědních metod a také metody dálkového průzkumu atmosféry Země.

Historicky byly meteorologie a klimatologie na Univerzitě Karlově rozvíjeny již od konce 19. století. Roku 1902 byl jmenován František Augustin prvním profesorem meteorologie na UK.

V dalších desetiletích byly profesorem Stanislavem Hanzlíkem publikovány světově významné práce o struktuře tlakových útvarů.

Po druhé světové válce se meteorologické pracoviště profilovalo pod vedením prof. Stanislava Brandejse zejména v oblasti rozvoje numerických metod meteorologických předpovědí a dlouhodobě v tomto směru zaujímalo průkopnické postavení v někdejší Československu.

V 70. a 80. letech toto pracoviště sehrávalo obdobnou průkopnickou roli v tematické oblasti modelování šíření antropogenních znečišťujících příměsí v ovzduší. Na počátku 90. let se Katedra meteorologie jako první české vědecké pracoviště zapojila do výzkumu klimatické změny a klimatického modelování.

Další informace o oboru meteorologie a klimatologie, katedře a studiu naleznete na našich internetových stránkách <http://kmop.mff.cuni.cz/>

• Teoretická fyzika

Od nejmenšího po největší

Díky zajímavé kombinaci dvou hlavních témat, jimiž se na ÚTF zabýváme – jde o obecnou teorii relativity a o srážky elektronů a iontů s atomy a molekulami – lze říct, že skutečně studujeme celý vesmír od nejmenších až po ty největší objekty. Kromě toho se věnujeme i popularizaci fyziky: přednášíme středoškolákům i veřejnosti, překládáme populárně naučnou literaturu z daného oboru a pořádáme na ÚTF dny otevřených dveří.

ÚTF velice aktivně spolupracuje se zahraničními institucemi, mezi něž patří i tyto: University of Cambridge, Harvard University, Loughborough University, Albert-Einstein-Institut, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, University of Alberta, Universität de les Illes Balears, Perimeter Institute for Theoretical Physics, Institut d'Astrophysique de Paris, Université de Toulouse, Technische Universität München, Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Kromě toho samozřejmě spolupracujeme s našimi kolegy z České republiky, kteří působí na Fyzikálním ústavu AV ČR, Matematickém ústavu AV ČR či Slezské univerzitě v Opavě.

Web ústavu: <http://utf.mff.cuni.cz/>

Na Ústavu teoretické fyziky jsou dva výzkumné týmy. První se zabývá obecnou teorií relativity, tedy Einsteinovou teorií gravitace a jejím využitím v astrofyzice a kosmologii. Skupinu založil v 70. letech profesor Jiří Bičák. Jeho studenti dnes pracují nejen na MFF UK, ale také na dalších univerzitách a ve výzkumných ústavech po celém bývalém Československu a založili vlastní úspěšné skupiny zabývající se OTR (Univerzita Komenského v Bratislavě, Slezská univerzita v Opavě, Matematický ústav AV ČR).

Obtížnost OTR spočívá v tom, že Einsteinovy rovnice určující vlastnosti gravitačního pole představují soustavu nelineárních parciálních diferenciálních rovnic a hledat jejich řešení je velice obtížné. Studujeme tedy vlastnosti již známých přesných řešení a generujeme na jejich základě nová. Mezi témata, jimž se věnujeme, patří šíření gravitačních vln, které do budoucna nabízí možnost otevřít nám zcela nový pohled na oblohu a vesmír jako celek.

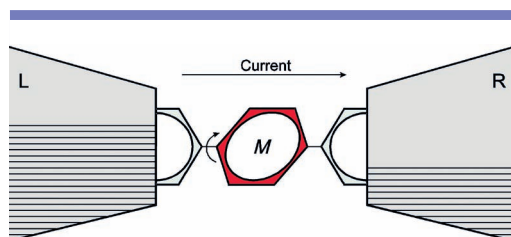
Dále studujeme asymptotické vlastnosti prostoročasů, horizonty černých děr, vliv nehomogenit kosmologických modelů na interpretaci astrofyzikálních měření, chaotický pohyb částic v gravitačním poli či chování tenkých disků kolem černých děr. Další zajímavou aplikací OTR jsou takzvané gravitační čočky, které deformují obraz objektů ležících za nimi.

Kromě studia přesných řešení se zabýváme neméně důležitou oblastí moderní OTR – numerickou relativitou, jež zkoumá vlastnosti modelů pomocí výkonných počítačů. Navíc se věnujeme i rozšíření a studiu vlastností OTR pro případ, že dimenzí je více než čtyři.

Druhým směrem výzkumu, kterému se na ÚTF věnujeme, jsou srážky elektronů a iontů s atomy a molekulami. Výzkumnou skupinu zabývající se tímto oborem vytvořil profesor Jiří Horáček. Hlavním tématem, na kterém tato skupina pracuje společně se zahraničními pracovišti v Heidelbergu, v Mnichově a v Berkeley, je vývoj numerických metod v kvantové teorii rozptylu a jejich aplikace na konkrétní problémy. Bývalí studenti z této skupiny dnes pracují v Japonsku, v USA a ve Velké Británii.

V posledních letech se této skupině podařilo předpovědět a vysvětlit existenci dlouhožijících stavů vodíkového anionu, rezonanční struktury v účinných průřezích neelastických srážek elektronů s molekulami, přenos excitační energie v klastrech atomů a řadu dalších jevů.

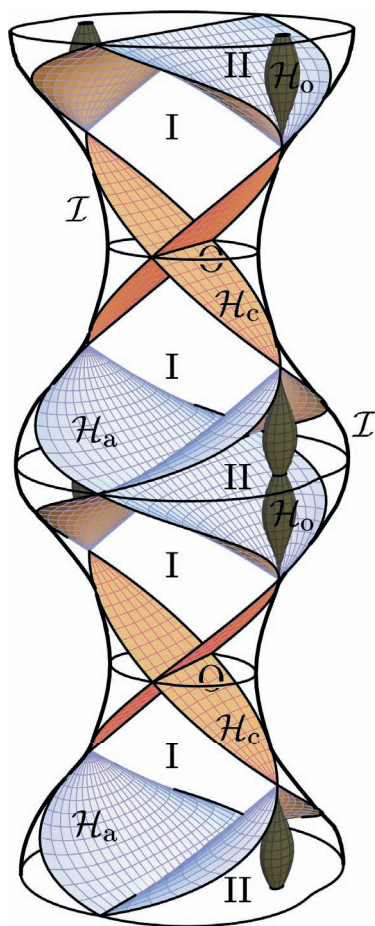
V současnosti se profesor Jiří Horáček zabývá výpočty rezonančních parametrů polyatomických molekul a jeho kolegové dalšími tématy z atomové a molekulové fyziky. Martin Čížek využívá své znalosti z teorie rozptylu na výpočty přenosu náboje molekulárními mosty, které se mohou chovat jako molekulární motory. Karel Houfek se věnuje jaderné dynamice rezonančních srážek elektronů s víceatomovými molekulami a Přemysl Koloreň novému oboru, kterým je meziatomární coulombický rozpad molekul a klastřů.



Schema molekulárního motoru. Molekula připojená ke dvěma elektrodám se roztáčí protékajícím proudem. Detailní popis tohoto systému je vysoce netriviálním problémem kvantové nerovnovázné statistické fyziky.

Zobrazení kauzální struktury prostoročasu s urychlenými černými dírami se zápornou kosmologickou konstantou. Vertikálním směrem plyne čas, horizontální směry zachycují prostor.

Černé plochy znázorňují horizonty černých děr, vnější povrch reprezentuje nekonečno prostoročasu.



• Modelování ve fyzice a technice

Matematické a počítačové modelování ve fyzice a technice

Matematické a počítačové modelování ve fyzice a technice je relativně mladé náročné mezioborové studium (v programu matematika a v programu fyzika). Obor založili profesor Jindřich Nečas (teorie parciálních diferenciálních rovnic), profesor Jan Kratochvíl (mechanika kontinua) a profesor Ivo Marek (numerická matematika) s vizí nabídnout studium kombinující na špičkové úrovni moderní matematiku a fyziku, a to převážně s ohledem na mechaniku kontinua. Studenti tohoto oboru jsou v úzkém kontaktu se studenty analogického oboru na studijním programu Matematika, viz str. 120.

Kromě klasické fyzikální průpravy jsou naši studenti vedeni k tomu, aby aktivně využívali moderní matematické metody, které doposud nepatří k běžně užívaným nástrojům v dané fyzikální disciplíně. Matematické modelování není masovým oborem a zakládá si na individuálním přístupu ke studentům a na brzkém vstupu studentů do aktivní vědecké práce. Úzce spolupracujeme například s Katedrou geofyziky, věnujeme se však i problémům z jiných oblastí fyziky

Matematické modelování (jak na Matematice, tak i na Fyzice) se zaměřuje hlavně na problémy v mechanice kontinua; příklad reálného problému najdete v části věnované modelování z pohledu matematiky, str. 120. Mechanika kontinua se zabývá modelováním „spojitého“ prostředí a spoléhá se přitom na představy klasické newtonovské fyziky a moderní fenomenologické termodynamiky.

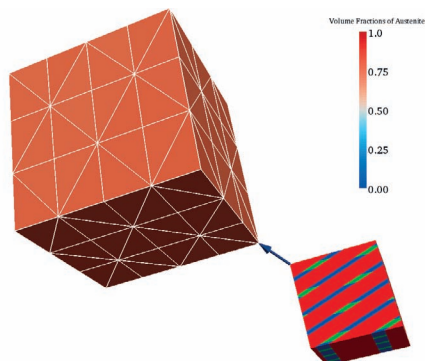
Analýza parciálních diferenciálních rovnic

Modely v mechanice kontinua vedou na soustavy parciálních diferenciálních rovnic. Důležitým krokem je dokázat, že řešení těchto rovnic existuje. To je zásadní i pro počítačové simulace, musíme vědět, že snaha o numerické řešení není předem odsouzena k neúspěchu. Dále se zabýváme kvalitativními vlastnostmi řešení, a to aniž bychom ho museli předem najít. Důraz na kvalitní matematickou přípravu, která vám umožní používat a vyvíjet moderní matematické metody, je přidanou hodnotou, kterou matematické modelování nabízí oproti studiu zaměřenému čistě na fyziku.

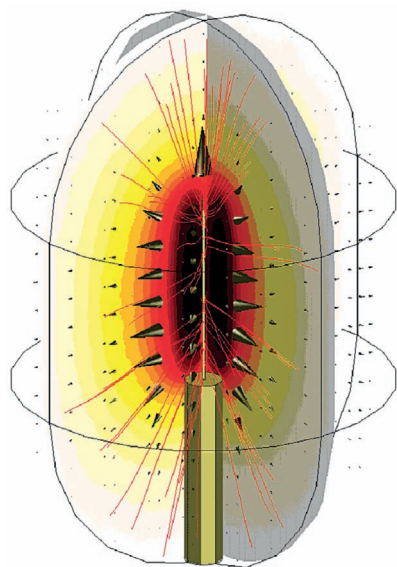
Počítačové simulace

Při předpovědích chování daného materiálu přichází ke slovu i počítačové simulace. Nestačí ale pouze vložit úlohu do komerčního softwaru a čekat na výsledek. Musíme vybrat algoritmus, který je vhodný pro řešení dané úlohy – algoritmus musí respektovat fyzikální charakteristiky problému. O zvoleném algoritmu je třeba dokázat, že spolehlivě vede k řešení a algo-

rytmus kvalitně implementovat (i s využitím paralelizace). Kombinace fyzikálního vzhledu do problému a hluboké znalosti moderních numerických metod vám umožní navrhovat vlastní spolehlivé metody k řešení doposud nezvládnutých problémů. Nebudete tak odkázáni na stávající přístupy, které mohou být pro studovanou úlohu nevhodné.

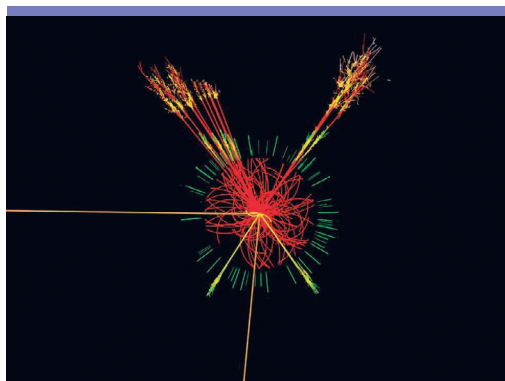


Simulace materiálu s tvarovou pamětí, slitina NiTi. Příklad využití variačních nerovností.



například ve spolupráci s Katedrou fyziky materiálů nebo Ústavem organické chemie a biochemie AV ČR.

Počítačové simulace jsou běžnou součástí práce v mnoha oborech fyziky a zmínky o nich najdete v jednotlivých tématech. Mnohé fyzikální systémy nedokážeme adekvátně popsat systémem rovnic a ty pak analyticky nebo numericky vyřešit, ale dokážeme napsat a implementovat algoritmus, který chování systému uspokojivě popisuje. Některé používané počítačové modely vznikají na pracovištích fakulty, jako například představený model plazmatu, viz vlevo dole. Často také využíváme a modifikujeme simulační programy zavedené v mezinárodních kolektivech v jednotlivých oborech fyziky.



Obrázek představuje příklad simulace rozpadu Higgsova bosonu vzniklého ve srážkách protonů na LHC. Jde zde o simulaci teoretického předpovězeného procesu včetně simulace odezvy detektoru (zde ATLAS). Takovéto simulace umožňují přípravu hledání dosud neznámých jevů.

• Historie a perspektivy informatické sekce na MFF UK Praha

Úvod

Informatická sekce MFF UK zahrnuje sedm prestižních pedagogických a vědeckých pracovníků. Kvalita absolventů informatické sekce je všeobecně uznávána. V řadě směrů jsou mezi nimi opravdu špičkoví odborníci uplatňující se jako programátoři a řešitelé technických problémů. Mají úspěch i jako podnikatelé. Pracovníci informatické sekce mají vynikající vědecké výsledky v diskrétní matematice, především v teorii grafů a jejich aplikacích, inteligentních systémech, optimalizaci, databázích, metodách programování, sémantice a výstavbě velkých softwarových systémů, zpracování přirozeného jazyka a řadě dalších.

Dosáhnout tyto výsledky nebylo snadné, poněvadž informatika na MFF se musela vyvíjet a postupně se etablovat v souladu se světovým vývojem. V podmínkách MFF UK to rovněž znamenalo její postupné osamostatnění z oboru matematika. Bylo také třeba překonat různé předsudky. Hlavní problémy totiž vždy byly a jsou v samotné informatice a jejím vlivu na společnost. Informatika má řadu vlastností, jejichž paralely lze jen obtížně nalézt v jiných oborech.

Výkon, kapacita paměti a jiné výkonové parametry hardwaru se až do nedávné doby a v jistém smyslu, s využitím sítí a paralelismu, dodnes zvyšují přibližně dvojnásobně za 18 měsíců (Moorův zákon). Za padesát let je to zvýšení výkonu v poměru 10^{10} ku jedné. To je poměr několika let k jedné sekundě. To, co bylo na začátku 60. let prakticky neproveditelné, lze dnes integrovat do interaktivních systémů.

Není proto divu, že v informatice zastará do pěti let polovina poznatků. Ještě významnější je, že v informatice dochází zhruba jednou za deset let ke změně základních paradigmat a ke změně základních cílů jejich aplikací. V systémech, které používají web, se dnes postupuje zcela jinak a nabízí se zcela jiné možnosti než na sálových počítačích před čtyřiceti léty. Během každých deseti let je v informatice nutné zvládnout poznatky, které do jisté míry tvoří nový znalostní obor a vyžadují i specifické dovednosti pro jejich používání. Ty lze často získat pouze v praxi.

Informatika stále hlouběji zasahuje do sociálních procesů, ovlivňuje stále nové oblasti lidské činnosti a závisí stále více na politických a ekonomických podmínkách. Postupně se tedy zvyšuje význam netechnických aspektů informatiky. Systémy jsou stále větší, otevřenější a interaktivnější. Distribuovanost systémů i dat po celém světě se stává spíše normou než výjimkou.

Prudký vývoj ICT způsobuje rychlé změny aktuálních témat výzkumu a také potřebu stále modernizace a optimalizace výuky informatiky. Některé části informatiky se využívají a někdy i rozvíjejí v aplikačních oborech. Např. někde již téměř zapomenutý programovací jazyk FORTRAN dnes používají a rozvíjejí hlavně pracovníci některých oborů vědy a techniky. Vraťme se však k počátkům.

Buduje se nový obor, éra průkopníků

Programování počítačů a postupně i výuka a výzkum informatiky se na MFF začaly rozvíjet koncem padesátých let. Zprvu to bylo hlavně pro potřeby numerické matematiky, jak dokumentuje i vznik Centra numerické matematiky v r. 1961 (vedoucí F. Nožička), které zajišťovalo i výuku numerické matematiky. S rostoucím počtem studentů došlo v r. 1964 ke vzniku Katedry numerické matematiky, kde bylo záhy možné studovat informatiku specializovaněji pod názvem Nenumerické aplikace počítačů. Až v 70. letech byla Ministerstvem školství schválena Numerická matematika jako obor, jehož jedno ze tří zaměření se jmenovalo Matematické zabezpečení výpočetní techniky. Málokdo by dnes věřil, že šlo právě o informatiku. V létech 1975–81 se na MFF pěstuje informatika dílem na Katedře kybernetiky a operační analýzy (vedoucí M. Vlach), dílem na Katedře matematické informatiky (vedoucí K. Najzar). Rok 1981 přináší katedru „s dlouhým názvem“, tj. Katedru kybernetiky, informatiky a operačního výzkumu (vedoucí M. Vlach). V roce 1987 vzniká Katedra kybernetiky a informatiky (vedoucí M. Vlach, později M. Chytil, A. Kučera).

S počátky informatiky na MFF jsou spjati protagonisté programování na fakultě L. Koubek, J. Raichl, a E. Kindler. Poslední dva jmenovaní přišli z nejstaršího ohniska informatiky v Československu Výzkumného ústavu matematických strojů. Založili tradici a zasloužili se o výchovu následných generací informatiků. Podobně v budoucnu přijdou J. Demner, J. Hořejš, J. Pokorný, F. Plášil, P. Vojtáš a další.

Klíčovou roli sehrál J. Raichl, jedna z legend informatiky u nás. Byl neobyčejně úspěšný jako pedagog a své znalosti a dovednosti dovedl předat svým žákům. Jeho knihy se staly základy oboru informatika jako takového. Byla to především jeho zásluha, že MFF dodnes opouštějí vynikající programátoři a vývojáři. Studenti museli záhy cvičit schopnost týmové práce. Na pedagogické výsledky a přístupy J. Raichla navázali další pracovníci jako R. Kryl a T. Topfer.

Na samém začátku šedesátých let byl na tzv. Raichlově semináři referován jazyk Algol 60, především metody jeho definování. Brzy se ukázalo, že lze s dobrými praktickými výsledky využít v definici programovacích jazyků koncepty matematické lingvistiky a že výsledky teorie vyčísitelnosti (O. Demuth) a matematické logiky (P. Vopěnka, P. Štěpánek) mají zcela praktické důsledky. To vedlo k rozvoji výzkumu formálních jazyků. V teorii vyčísitelnosti i teorii formálních jazyků byly záhy získány kvalitní výsledky (A. Kučera, M. Chytil). Diskrétní matematika, především teorie grafů, mohla být využívána při řešení různých informatických problémů a také při aplikaci informatiky v praxi. Příkladem jsou různé implementace databází nebo problém obchodního cestujícího. Zde lze spatřit klíčový přínos J. Nešetřila.

Zkušenosti s použitím matematické lingvistiky v definici programovacích jazyků časem přispělo k tomu, že se součástí MFF stalo přední pracoviště matematické lingvistiky, dnešní ÚFAL (E. Hajičová, P. Sgall). Kromě výše uvedených oborů byly mj. dosaženy vynikající výsledky v operační analýze (M. Vlach) a diskrétních simulacích.

Počátkem sedmdesátých let byly vytvořeny předpoklady k vytvoření uceleného systému studia informatiky. Protože stát tehdy na vybavení škol šetřil (přednost měla výroba), i pro zastaralé počítače bylo nutné zajistit technické a systémové služby. Některé MFF poskytovala celé universitě.

K úspěchu nového směru studia přispělo pořádání konference resp. zimní školy SOFSEM organizovanou od roku 1974 J. Gruskou s pomocí odborníků z prakticky všech důležitých informatických pracovišť, včetně MFF, v tehdejší Československu. Mnozí z nich byli z MFF, nebo tam později působili (J. Raichl, M. Chytil, J. Hořejš, J. Pokorný, J. Demner, M. Malík,

J. Král, R. Kryl a další). SOFSEM rovněž navštívila řada významných světových informatiků, což přineslo základy pozdější spolupráce. Šestihodinové přednášky přednesené na SOFSEMu se daly velmi dobře použít jako jádra semestrálních přednášek. Významné bylo i budování kontaktů a společenské vztahy v této speciální komunitě, která se dokonce vyznačovala vlastní kulturou (hudba, divadlo). SOFSEM významně přispěl k rozvoji informatiky v Československu a i po transformaci dodnes existuje jako uznávaná mezinárodní konference. O rozvoj programování u nás se rovněž zasloužil seminář Moderní programování založený v r. 1980 R. Krylem.

Dalších dvacet let

Informatiči na MFF po roce 1970 velmi dobře zvládali nová paradigmat a nové vývojové prostředky té doby (sálové počítače s terminály, minipočítače a později mikropočítače a PC). Začaly se používat systémy pro podporu projekčních a vývojových prací. Postupem času se aktivity v informatice na MFF UK rozpadají do nových pracovišť. V r. 1993 nahrazuje Katedru kybernetiky a informatiky Katedra softwarového inženýrství (vedoucí J. Pokorný), Katedra teoretické informatiky (vedoucí A. Kučera, později V. Koubek), Kabinet výuky software a výuky informatiky (vedoucí R. Kryl), v roce 1994 vzniká Středisko informatické sítě a laboratoří. Ustav formální a aplikované lingvistiky (ÚFAL) vzniká v roce 1991 (vedoucí E. Hajičová) a brzy se stává světově významným pracovištěm počítačové lingvistiky.

Výuka základů informatiky, především dovedností, které se zjednodušeně nazývají programování, mělo standardně vysokou úroveň. Postupně přibývala výuka systémového programování a týmové projekty. Zásahu na tomto rozvoji měl především J. Demner a J. Král. Podařilo se rovněž navázat kontakty se středními školami, vybudovat tradici úspěšné podpory lokálních soutěží vysokoškolských i středoškolských studentů. Příznačné je, že výuka informatiky vždy rychle reagovala na nové směry a technologie v informatice (dolování dat, ochrana dat, webové inženýrství, XML apod.).

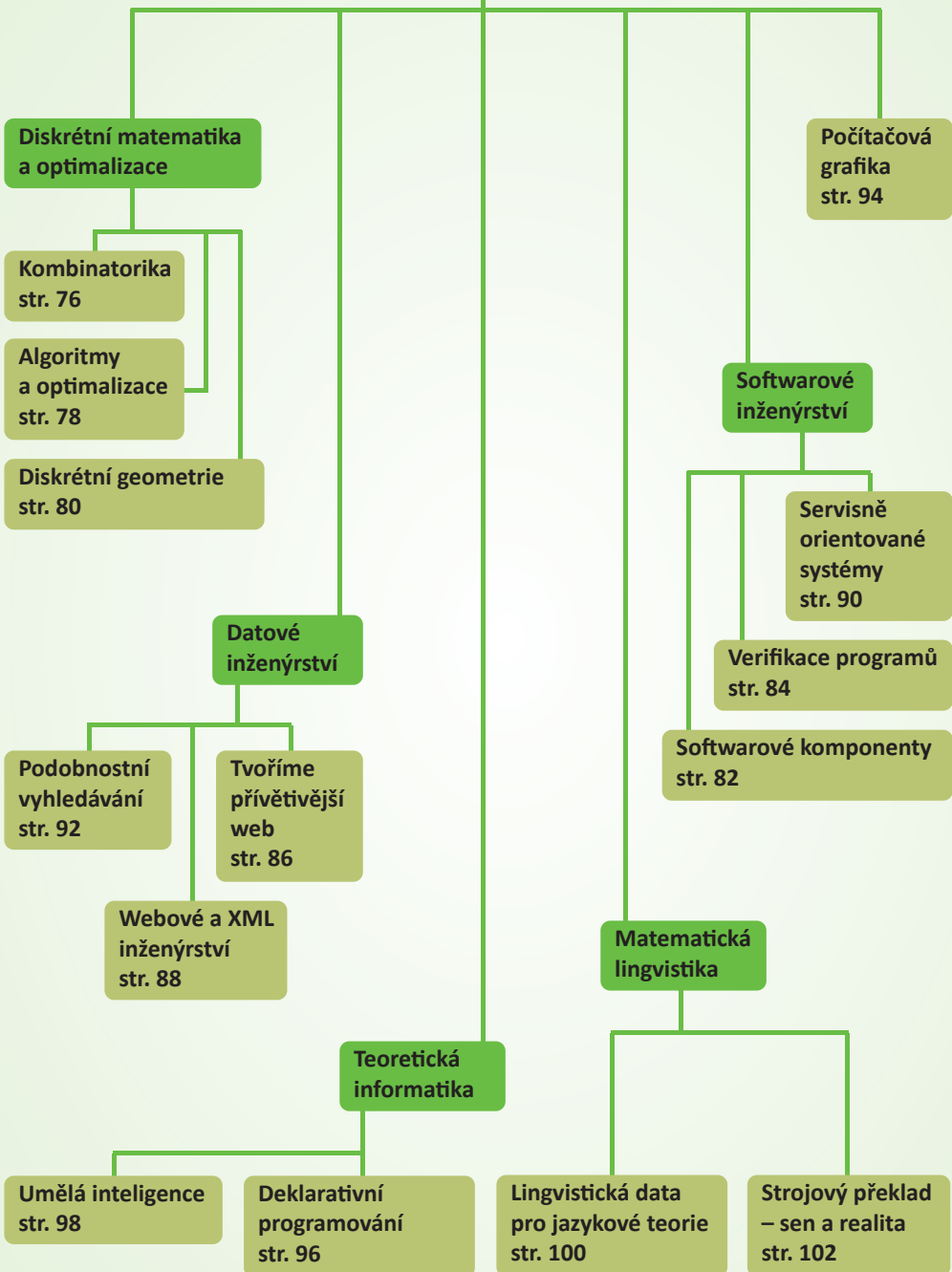
Stále více se ukazovalo, že je nutné zohlednit fakt, že informatika je především technický a inženýrský obor. Při tvorbě rozsáhlých systémů je nutné používat významně jiné přístupy, jiná paradigmat a jiné nástroje, než v případě tvorby jednotlivých aplikací. Je třeba použít inženýrské postupy. Vznikem Katedry softwarového inženýrství se tento přístup stabilizoval, výuka byla zmodernizována včetně využívání pokročilého hardware a nosných komerčních softwarových produktů. Hlavním úspěchem se tak staly výsledky v oblasti databázových systémů (J. Pokorný), výzkum a systémy podpory objektového přístupu a komponentových architektur (Fr. Plášil).

Současnost a pohled do budoucna

Poslední změny softwarových paradigmat informatická sekce dobře zvládla, dosáhla kvalitní výsledky v inženýrském a technologickém aspektu informatiky. Držet krok s vývojem však nemusí být snadné. Je třeba řešit problémy reakce uživatelů a reakce sociálního a společenského prostředí (sociální sítě, ochrana dat, vliv velkých firem). Tento aspekt se pravděpodobně stane rozhodujícím omezením informatiky. Rovněž výzkum ve velkých firmách doprovázený vývojem nových produktů ovlivňuje rozvoj informatiky jako takové, zejména pak otázky, co vlastně v informatice zkoumat. Mnoho aplikací informatiky dnes vyžaduje značně detailní znalosti speciálního oboru. To vše by mělo být v nějaké formě promítnuto i do výuky informatiky.

Na základě materiálu J. Krále, M. Vlacha připravil J. Pokorný

Informatika na MFF UK





• Informatická sekce

Malostranské náměstí 25, Praha 1-Malá Strana

Katedry v budově:

Kabinet software a výuky informatiky

Katedra aplikované matematiky

Katedra distribuovaných a spolehlivých systémů

Katedra softwarového inženýrství

Katedra teoretické informatiky a matematické logiky

Středisko informatické sítě a laboratoří

Ústav formální a aplikované lingvistiky

Institut teoretické informatiky

Témata:

Kombinatorika a teorie grafů	... 76
Algoritmy a optimalizace	... 78
Diskrétní a výpočetní geometrie	... 80
Softwarové komponenty	... 82
Verifikace programů	... 84
Tvoříme přívětivější web	... 86
Webové a XML inženýrství	... 88
Servisně orientované systémy	... 90
Podobnostní vyhledávání	... 92
Počítačová grafika	... 94
Deklarativní programování	... 96
Umělá inteligence	... 98
Lingvistická data pro jazykové technologie	... 100
Strojový překlad – sen a realita	... 102

• Kombinatorika a teorie grafů

Katedra aplikované matematiky

<http://kam.mff.cuni.cz/>

Významné projekty:

EU projekt Graph Drawings and Representations (2011–2013)

<http://kam.mff.cuni.cz/gradr/>

Téma: vizualizace grafů

EU projekt Classes of Combinatorial Objects - from Structure to Algorithms (2010–2015)

<http://kam.mff.cuni.cz/ccosa/>

Téma: struktura kombinatorických objektů

Institut teoretické informatiky (2000–2011)

<http://iti.mff.cuni.cz/>

Studenti jsou partneři

kam.mff.cuni.cz/prezentace

Zapojení do vědy a výzkumu

Studenti jsou zapojováni do práce na výzkumných projektech. Některým se již během bakalářského studia podaří publikovat články v prestižních časopisech a jezdí na mezinárodní workshopy a konference.

Jarní škola kombinatoriky:

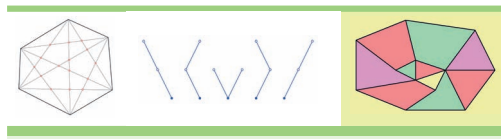
Pravidelná akce pro naše studenty.

Netradiční výuka:

youtu.be/PEBUYt8LgkY

Zkusíme uvést naši disciplínu pomocí pěti „hádanek“ – krátkých problémků, o kterých můžete přemýšlet. Kombinatorika a teorie grafů je šťastná disciplína – je zde blízko od takových hádanek k řešení skutečných problémů. Chcete to zkusit? Zkušenosti ukazují, že je to zábava, ale také dobrá průprava pro mnohá pracovní uplatnění.

Úhlopříčky: Nakreslíme všechny úhlopříčky v nepravidelném (konvexním) mnohoúhelníku. Protože mnohoúhelník je nepravidelný, žádné tři úhlopříčky se neprotínají v jednom bodě. Na obrázku je šestiúhelník, kdy dostaneme celkem 15 průsečíků (červené body). Kolik průsečíků dostaneme pro dvacetíúhelník?



Počítání stromů: Na obrázku je všech pět „binárních stromů se třemi vrcholy“. Kolik je binárních stromů se čtyřmi, pěti, ... vrcholy? Jde to zjistit bez kreslení všech možností?

Ramseyova čísla: V každé skupině šesti lidí je trojice, kde se všichni navzájem znají nebo trojice, kde nikdo nezná nikoho. Proč? Pro skupinu pěti lidí toto neplatí. Proč? Toto zapíšeme $R(3)=6$. O dost těžší je ukázat $R(4)=18$. Spočítat $R(5)$ nikdo neumí. Ví se ale, že čísla $R(5)$, $R(6)$, ... existují.

Barvení grafů: Každá mapa, kde každý stát má souvislé území, jde vybarvit čtyřmi barvami tak, že sousední státy mají různou

barvu (sousedství „přes roh“ se nepočítá). Matematikům trvalo téměř 150 let, než objevili zdůvodnění, které je správné a obecně uznávané. Jeden z autorů tohoto důkazu, Robin Thomas, je bývalý student naší fakulty. Najdete zdůvodnění pro lehčí verzi s pěti (šesti, ...) barvami?

Příběh z vězení: Ve věznici ve městě N hraje ředitel se všemi svými 100 vězni tuto krutou hru. Do 100 skříněk v pracovně umístil jejich jména, jedno v každé skříňce, a postupně si k sobě vězně povolává. Každý smí nahlédnout do některých 50 skříněk, pak jsou uzavřeny a vězeň musí opustit ředitelovu pracovnu a s ostatními se nemůže domlouvat. Pokud každý z vězňů v některé z otevřených skříněk najde své jméno, budou všichni propuštěni na svobodu. Pokud byt i jeden z nich selže a v padesáti otevřených skřínkách své jméno nenalezne, budou všichni vězňové popraveni. Mohou si vězňové předem domluvit vhodný postup, který jim dá alespoň nějakou šanci na přežití?

Vězeň A: „Každý otevřeme prvních 50 skříněk, je to všechno jedno.“

Vězeň B: „Pak nás jistě všechny popraví!“

Vězeň C: „Každý otevřeme nějakých 50 skříněk, třeba náhodně. S 50% šancí nalezneme své jméno. Celkem máme šanci na přežití $(1/2)$ krát $(1/2)$ krát ... krát $(1/2)$ (100 krát), neboť vzájemně nezávislé šance se násobí. Vychází to zhruba nula celá nula, třicet nul, sedmička a nějaké drobné. Ne mnoho, ale lepší než nic ...“

Vězeň D: „Znám postup, který nám všem zajistí více než 30% šance na přežití. Není to 100%, to ani nelze, ale stále lepší než nula celá nula nic. Budeme postupovat takto ...“

Zkuste se zamyslet nad několika otázkami a zodpovědět je. Nejprve lehčí. Proč návrh Vězně A dává nulovou šanci přežití? Proč Vězeň C šance mezi sebou násobí? Věřili byste Vězni D, kdyby sliboval postup se 70% šancí na přežití? A teď ta nejtěžší a nejzajímavější – jaký postup tedy dává 30% šanci na přežití?

Některé z uvedených hádanek jsou lehčí, jiné těžší až velmi těžké. **Řešení** lze nalézt na webu <http://kam.mff.cuni.cz/resenihadanek>

Kombinatorika a teorie grafů zkoumá struktury, které modelují vztahy mezi konečným počtem objektů (třeba silnice mezi městy). Má četné aplikace – hledání nejkratší cesty (navigace, hledání v jízdních řádech), rozvrhování (předmětů ve škole, nebo realizaci proměnných v programu registry počítače), analýza chování datových struktur (četnost přístupů do paměti, očekávaná časová složitost), a další.



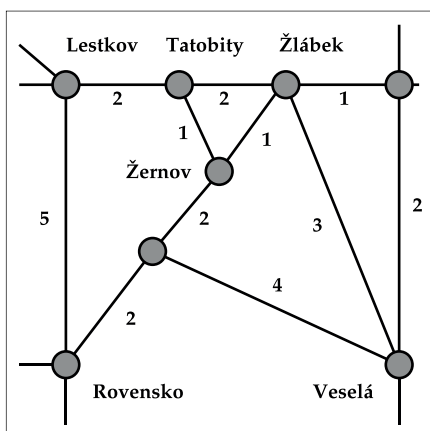
Kombinatorika a teorie grafů patří mezi disciplíny, ke kterým stačí papír a tužka, proto můžeme pořádat přednášky i na neobvyklých místech. Náš student Jan Hladký přednáší na Jarní škole ve Vysoké Lípě.

• Algoritmy a optimalizace

Katedra aplikované matematiky

<http://kam.mff.cuni.cz/>

Podrobnější informace o katedře viz str. 76 o kombinatorice a teorii grafů



Na rozdíl od geometrie, která se těší veliké pozornosti již po staletí či dokonce tisíciletí, oblast vědy zabývající se algoritmy je jednou z nejmladších. V současném světě jsme ale jejími výsledky takřka obklopeni – jádrem každého počítačového programu, ať už řídí kosmickou loď nebo náramkové hodinky, je totiž právě algoritmus.

Přesto kořeny studia algoritmů leží již v antice – vypracováváním přesných postupů pro řešení úloh stejného typu (tedy algoritmů) se lidé zabývali již před více než dvěma tisíci lety, vzpomeňme třeba na tzv. Eukleidův algoritmus pro nalezení největšího společného dělitele dvou čísel. Téměř všechny historické algoritmy nicméně byly vykonávány člověkem, případně více či méně důmyslnými mechanickými stroji, což značně omezovalo jejich možnosti.

Zlatá doba algoritmů nastává teprve v 60. letech minulého století s příchodem a rozvojem počítačů. Počítače se záhy staly univerzálními stroji, které dovedou zpracovat ohromné množství informací podle libovolného algoritmu. Jejich možnosti jsou proto určeny zejména našimi schopnostmi navrhovat algoritmy. Studium algoritmů se tak přirozeně stalo středem zájmu mladého vědního oboru nazývaného v angličtině computer science, v češtině pak trochu výstižněji informatika.

Podívejme se kupříkladu na dnešní automobilové navigační systémy. Najdeme v nich obvykle přijímač GPS, měřící okamžitou polohu automobilu a malý počítač, vybavený digitalizovanou mapou území a softwarem pro hledání optimální trasy mezi dvěma zadanými body v této mapě,

případně takovou, na níž spotřebujeme nejméně paliva. Algoritmus pro její nalezení proto obvykle nepracuje přímo s mapou, ale s její abstrakcí v podobě tzv. grafu složeného z vrcholů (to jsou města a křižovatky) spojených hranami (úseky silnic). Každou hranu pak ohodnotíme cenou – podle potřeby buď délkou nebo časem či cenou za průjezd. Náš algoritmus pak bude hledat, jak dané dva vrcholy propojit hranami o co nejmenší celkové ceně.

Co děláme u nás?

Náš příklad s převodem reálného problému na otázku týkající se grafů není ojedinělý. Pomocí grafů můžeme popsat i mnoho jiných úloh – namátkově třeba přepravu tekutiny soustavou potrubí, konstrukci rozvrhu hodin, skládání Rubikovy kostky nebo přidělování frekvencí vysílačům v sítích mobilních telefonů. To všechno jsou oblasti, kterým se na Katedře aplikované matematiky věnujeme. Zabýváme se přitom nejen konkrétními praktickými otázkami, ale také obecnější teorií grafů a grafových algoritmů. Ta pak slouží jako jakési podhoubí, z něž vyrůstají řešení jednotlivých úloh.

Optimalizace

Hledání v mapě je z pohledu klasické matematiky trochu nezvyklý problém. Neptáme se totiž, zda nějaký objekt (třeba limita posloupnosti nebo v našem případě cesta v grafu) existuje, jelikož to je v našem případě obvykle zřejmé. Člověka pracujícího s algoritmy především zajímá, jak daný objekt najít, případně pokud takových objektů existuje více, jak najít nejlepší (nejlevnější, nejkratší, nejrychlejší, nejbližší, ...) z nich. Tomuto hledání nejlepších možných řešení se věnuje matematická disciplína nazvaná optimalizace.

Vzhledem k omezené rychlosti a paměťové kapacitě našich počítačů navíc potřebujeme, aby si optimalizační algoritmus vystačil s omezeným množstvím času i paměti. To je někdy snadné, třeba při hledání nejkratší cesty. Kdybychom ale otázku trochu pozměnili a hledali nejkratší cestu, která navštíví všechna okresní města, rázem bychom získali problém, jehož efektivní řešení dosud není známo.

U takových úloh studujeme i algoritmy, které přijatelně rychle naleznou řešení, jež sice není nejlepší možné, ale v nějakém smyslu je skoro nejlepší – to může znamenat třeba cestu nejvýše o 10 % delší než optimální. Takovým algoritmům se říká aproximační.

Online algoritmy

Někdy se také stává, že optimalizační algoritmus nezná dopředu celý svůj vstup. Dostává ho tedy po částech a musí průběžně reagovat na už přečtené části vstupu. Tyto on-line algoritmy pěkně ilustruje následující příklad.

Uvažujme rovinnou pastvinu rozdělenou na dvě poloroviny nekonečně dlouhým plotem. V jedné polorovině se pase kráva a ráda by se dostala na druhou stranu plotu, kde je tráva zelenější. V plotu jsou ovšem jen jediná vrátka.

Kdyby kráva věděla, kde vrátka leží, vydala by se správným směrem a zjevně by ušla nejmenší možnou vzdálenost. Pakliže ale správný směr nezná, musí se uchýlit k trochu složitější strategii a střídát oba směry. Zkuste tuto strategii vymyslet. Prozradíme, že lze najít takovou, která vždy nachodí méně než desetinásobek skutečné vzdálenosti k vrátkům.

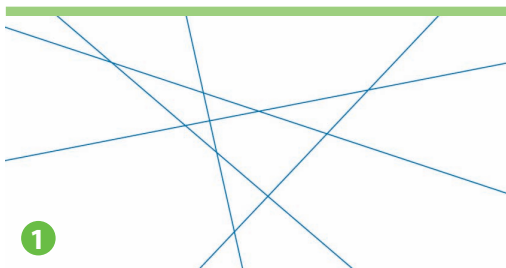
Do světa on-line algoritmů samozřejmě patří i praktičtější otázky. Jmenujme třeba řízení výtahů (postupně se dozvídáme požadavky cestujících) nebo obchodování s akciami (reagujeme na vývoj cen na burze).

• Diskrétní a výpočetní geometrie

Katedra aplikované matematiky

<http://kam.mff.cuni.cz/>

Podrobnější informace o katedře viz str. 76 o kombinatorice a teorii grafů.

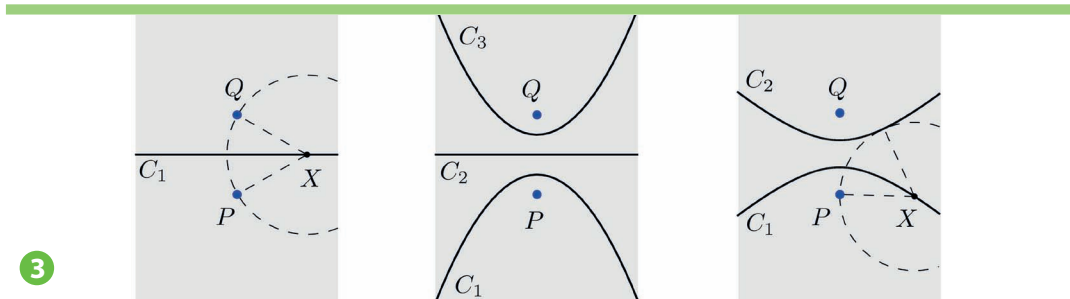


Geometrie je jednou z nejstarších věd a mohlo by se zdát, že o jednoduchých geometrických objektech jako body, přímky, elipsy či kvádry bylo už všechno objeveno. Ale diskrétní geometrie i výpočetní geometrie, disciplíny mnohem mladší, si o týchž objektech kladou nové otázky a zasahují i do vývoje nejmodernějších technologií.

Začneme příkladem poměrně snadné otázky, která spadá do diskrétní geometrie. Jestliže rozstříháme obdélník podél n -přímek, kolik můžeme maximálně dostat ústřížků? (obr. 1)

Obrázek dosvědčuje, že pro $n=5$ lze získat aspoň 16 kousků. Tuto úlohu často řeší studenti v prvním ročníku MFF, mnozí s úspěchem (zpravidla dostanou nápořadu – o kolik může vzrůst počet ústřížků přidáním další přímky?). Můžete to zkusit taky.

Jakými problémy se zabývá výpočetní geometrie? Zde je malá ukázka: Vstupem počítačového programu je n bodů v rovině jako na obrázku 2 a program má zkontrolovat, zda mají dostatečné odstupy –



konkrétně jestli má každý bod ode všech ostatních vzdálenost aspoň 1. Jak postupovat, aby program zvládl i velký počet bodů (řekněme milióny) v rozumném čase? Pozor, kontrolovat každou dvojici bodů zvlášť by bylo beznadějně pomalé!

A co KAM? V oboru diskretní a výpočetní geometrie se na Katedře aplikované matematiky věnujeme především základnímu výzkumu. Popíšeme teď konkrétně jedno z četných témat studovaných našimi pracovníky a studenty.

Nová křivka

Hiroshi Murata, japonský inženýr zabývající se výrobou integrovaných obvodů, přišel s následující geometrickou otázkou. Máme dva body P a Q v rovině a chceme mezi nimi vést k křivce C_1, C_2, \dots, C_k tak, aby měly „stejně odstupy“. Tím se myslí to, že každý bod X křivky C_1 je stejně daleko od P jako od C_2 , každý bod křivky C_2 je stejně daleko od C_1 jako od C_3 atd. Příklad $k = 1$ je lehký, řešením je přímka na obrázku 3 vlevo.

Pro $k = 3$ úlohu také řeší dobře známé křivky: C_2 je přímka a C_1 i C_3 jsou paraboly jako na prostředním obrázku. Ale už pro $k = 2$ vzniknou křivky na pravém obrázku, které zřejmě nikdo dříve nestudoval. Tedy vlastně křivka jediná, protože C_2 je zrcadlovým obrazem C_1 .

Jmenuje se vzdálenostní trisektor (neplést s trisektorem jako víceméně medicínskou diagnózou – označuje se tak člověk, který se zarytě snaží o řešení antické úlohy trisekce úhlu pravítkem a kružítkem, o níž bylo už dávno dokázáno, že je neřešitelná).

Jakou má vzdálenostní trisektor rovnici? Nejspíš žádnou, v tom smyslu, že ho pravděpodobně nejde popsat pomocí obvyklých funkcí jako mocnina, sinus, logaritmus a podobně. Ale japonským badatelům ve spolupráci s KAM se podařilo ukázat, že taková křivka existuje a je jednoznačně určena (to není tak snadné, jak by se mohlo zdát) a také že se body na jejím grafu dají počítat rychle a s libovolnou přesností. Nicméně pro $k = 4$ a větší analogické výsledky zatím známy nejsou.

Co budu dělat, až vyrostu a tohle všechno vystuduju?

Výpočetní geometrie se používá například v architektuře, biologii, chemii, medicíně, strojírenství, textilním průmyslu a v řadě dalších oborů, všude tam, kde je potřeba zacházet s geometrickými daty většího rozsahu. Diskretní geometrie je pak jejím matematickým základem.

Můžete například pracovat ve firmě jako je Geomagic, viz <http://www.geomagic.com/>, která mezi jinými vyvinula software na tvorbu digitálních modelů trojrozměrných objektů. Třídídimenzionálním skenerem se sejme poloha mnoha tisíců bodů na povrchu předmětu, a pak je potřeba, aby program „porozuměl“ jeho tvaru, tj. proložil naměřenými body rozumný povrch slepený z trojúhelníků (z výsledného modelu se pak dá například vyrobit věrná kopie třírozměrnou tiskárnou). Geomagic jsme nevybrali náhodou – jejím zakladatelem a šéfem je Herbert Edelsbrunner, známý vědec z oboru výpočetní geometrie.

Jako zvlášť zapálený a materiálně skromný student máte i jistou šanci zůstat v akademické sféře a věnovat se základnímu výzkumu. Samozřejmě se můžete stát i obchodníkem na burze, umělcem nebo více či méně úspěšným politikem po vzoru jiných absolventů MFF – síla absolventů nespočívá jen v konkrétních znalostech, ale hlavně v rozvinuté schopnosti rozmýšlet a analyzovat problémy do hloubky.

• Softwarové komponenty

Katedra distribuovaných a spolehlivých systémů

<http://d3s.mff.cuni.cz/>

Jedním ze způsobů návrhu software je použití softwarových komponent. Důležité je, aby komponenty byly pro programátory co nejnadhěji použitelné a navíc umožňovaly ověření funkčnosti a měření a predikci výkonu.

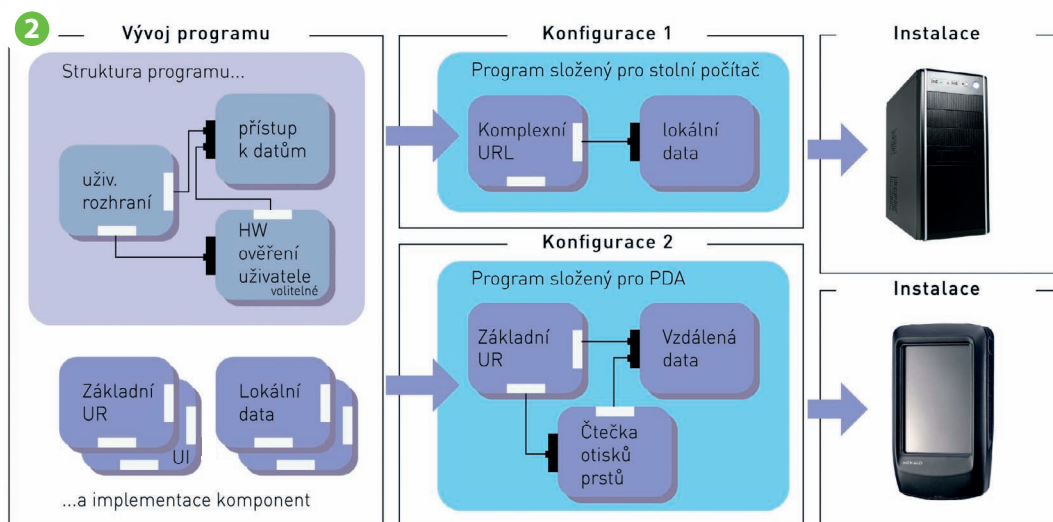
Výzkumná témata řešená v mezinárodních projektech:

predikování výkonnosti programů, skládání programů z komponent a služeb, komponentový systém pro snadnou tvorbu programů pro vesměrné družice.

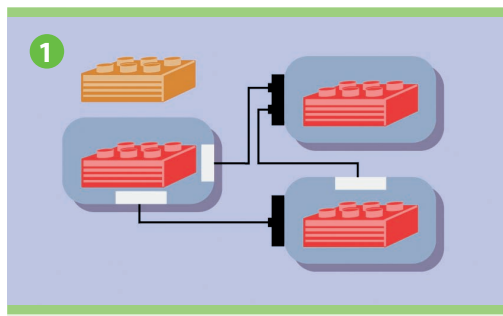
Pravděpodobně každý už někdy viděl počítač zevnitř a ví, že uvnitř je procesor, paměť a další součásti. Rovněž asi také každý ví, nebo alespoň tuší, že běžný stolní počítač se z těchto součástí sestavuje jako stavebnice, tj. jednotlivé komponenty vyrábějí různí výrobci a až teprve koncoví prodejci nebo dokonce sami uživatelé si počítač poskládají dohromady. Navíc je toto poskládání ve většině případů jen „pozastrkování“ součástí dohromady.

Vzhledem k tomu, že tento systém „stavby“ počítačů dobře funguje a úspěšně se již mnoho let používá, je zcela logická i snaha stejný systém použít pro tvorbu software.

Tento způsob tvorby programů se nazývá programování založené na komponentech. Při jeho použití programátor poskládá program z již existujících softwarových komponent a vytvoří jen takové komponenty, které jsou specifické pro daný program.



Na softwarové komponenty se lze dívat jako na kostičky stavebnice. Na jednu stranu poskytují nějaké služby (v analogii stavebnice – to jsou výstupky na kostičkách) a na druhou naopak pro svůj běh požadují jiné služby (analogie prohlubní na kostičkách stavebnice). Přes tyto poskytované a požadované služby se komponenty propojují dohromady (stejně jako se kostičky stavebnice zasouvají do sebe). Z několika pospojovaných komponent lze vytvořit další komponentu, tzv. složenou, a tu dále používat, viz obr. 1.



Softwarové komponenty poskytují mnoho výhod. Zejména to je kratší doba výroby programu (oproti tvorbě programu bez komponent). Dále pak komponenty umožňují snadnější testování a ověřování správnosti chování programu. Zde se využívá vlastnosti, že jednotlivé komponenty lze testovat a ověřovat samostatně, což je opět mnohem rychlejší než při nutnosti testovat celý program (což ve většině případů ani není možné, protože by to trvalo neúnosně dlouho, nebo by to ani nebylo v možnostech současných počítačů).

Testování a ověřování správnosti chování programů je důležité zejména v oblasti tzv. vestavěných systémů (v angličtině „embedded systems“), tj. počítačů a programů, které jsou v automobilech a letadlech, které řídí výrobní linky a elektrárny nebo jsou v televizích a další spotřební elektronice. Překvapivě drtivá většina počítačů jsou právě vestavěné systémy. Například když byste rozebrali moderní automobil, našli byste takových systémů nejméně několik desítek. Podobně by tomu tak bylo v ostatních dopravních prostředcích stejně jako ve všech moderních továrnách, elektrárnách, apod. Zatímco chyba v textovém editoru nebo programovém vybavení televize má typicky za následek pouze nespokojené uživatele, chyba v programu obsluhujícím letadlo, vesmírnou družici nebo elektrárnu může mít fatální následky.

Další výhodou komponent, opět velmi využívanou v oblasti vestavěných systémů, je snadná tvorba tzv. produktových řad (v angličtině „software product lines“). Na produktovou řadu se lze dívat jako na šablonu konkrétního programu, do které se zasunou komponenty podle aktuální potřeby. Jako příklad může posloužit například software pro automobily. Je běžné, že jeden model automobilu se dodává s různou výbavou (typ motoru, přítomnost klimatizace, typ rádia, přítomnost navigace, atd.). Software pro tyto různé varianty je z hlediska poskládání komponent stejný, jen se liší konkrétní použité komponenty (ovladač pro motor podle instalovaného typu atd.). Jiný příklad může být program určený pro běh jak na stolním počítači tak na „chytrém telefonu“, kde je potřeba minimálně zohlednit různé uživatelské rozhraní (viz obr. 2).

Souvisejícím tématem je měření, testování a predikování výkonnosti komponent a programů obecně. Pod výkonností si lze představit například dobu potřebnou na obsluhu jednoho požadavku uživatele (například za jak dlouho prohlížeč zobrazí požadovanou stránku). Toto je velmi důležité třeba u programů, se kterými pracuje naráz velké množství uživatelů. Při tvorbě se program testuje jen na omezené počty požadavků a často se pak stává, že při reálném nasazení program téměř okamžitě „zkolabuje“, protože nezvládne zpracovat „nápor“ uživatelů. Přímocaráře řešení spočívající v nasazení většího počtu počítačů typicky nefunguje, protože některé operace lze provádět pouze sekvenčně.

• Verifikace programů

Katedra distribuovaných a spolehlivých systémů

<http://d3s.mff.cuni.cz/>

Přiblížit se co nejvíce k tomu, aby počítačový program dělal to, co má, lze pomocí testování a formální verifikace. K vlastním výsledkům v této oblasti patří Gimple model checker, který verifikuje vlastnosti programů napsaných v programovacím jazyce C/C++, dále pak Web badger, který verifikuje zdrojové kódy aktivních webových stránek

Výzkumná témata řešená v mezinárodních projektech:

predikování výkonnosti programů, skládání programů z komponent a služeb.



```
public override Predicate exec( Prolog engine ) {  
    Term a1, a2;  
    a1 = engine.args[1].Dereference();  
    a2 = engine.args[2].Dereference();  
    Predicate cont = engine.cont;  
  
    if ( !s1.Unify(a1, engine.trail) ) return engine.fail();  
    if ( !s1.Unify(a2, engine.trail) ) return engine.fail();  
    return cont;  
}
```



Motivace

Dne 21. 9. 1997, nedaleko pobřeží u města Cape Charles ve Virginii: během vojenského cvičení se americká vojenská loď Yorktowns, kódovým označením CG-48, z neznámých důvodů zastavila a skoro tři hodiny zůstala nečinně stát na širém moři.

Jak se poté ukázalo, důvodem byla chyba v obslužném programu – operátor omylem zadal do počítače jako jeden z údajů nulu. Dělení nulou způsobilo tzv. výjimku, která nebyla odpovídajícím způsobem ošetřena. Ta byla propagována na všechny počítače v síti a jeden z nich pak vypnul motory.

Programy jsou dnes používány téměř všude a chyby v nich mohou mít daleko závažnější důsledky než vypnutí motorů u vojenské lodi během manévrů. Jako příklad lze uvést programové vybavení letadel, medicínských přístrojů používaných k operacím nebo programy obsluhující internetové bankovníctví. Ve všech těchto případech je žádoucí, aby programy neobsahovaly žádné chyby.

Testování a verifikace

Jedním ze základních prostředků hledání chyb v programu je testování – programátor (tvůrce programu) opakovaně spouští program a simuluje chování skutečných uživatelů. Tímto způsobem však nelze odhalit všechny chyby; množství různých chování uživatele může být enormní. Proto je třeba programy tzv. verifikovat. Verifikace programu je jeho formální ověření, tj. ověření na základě matematického důkazu, že program neobsahuje žádné chyby, případně že odpovídá zadané specifikaci. Aby mohl být program verifikován, je nutné vytvořit jeho model v nějakém matematickém systému.

Model a specifikace

Program a jeho specifikace (popis vlastností programu nebo požadovaného či nežádoucího chování v nějakém formálním jazyku) je pak zpracován speciálním programem, kterému se říká model checker, a ten vyhodnotí, zda program specifikaci splňuje či nesplňuje. V případě nesplnění specifikace obdrží uživatel i popis místa, kde k porušení došlo.

Problémy

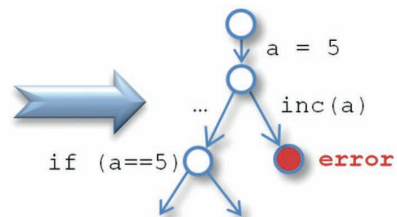
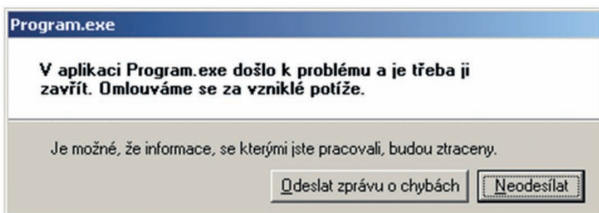
Výše popsáný přístup má však svá úskalí a zdaleka ho nelze aplikovat ve všech případech. Jednou z největších výzev je problém příliš velkého modelu – model checker není v takovém případě schopen v rozumném čase model zkontrolovat a ověřit jeho správnost. Zde je možné aplikovat různé optimalizační metody zahrnující jak rychlejší a efektivnější zpracování modelu, tak jeho vlastní reprezentaci.

Dalším palčivým problémem je takzvaná nerozhodnutelnost programů pro model checking. To znamená, že existují programy, u nichž nemůže model checker vyhodnotit, jestli odpovídají nebo neodpovídají zadané specifikaci, byť by byl sebelepší. Východiskem z této situace je v mnoha případech nějaké omezení vstupního programu například tím, že nesmí používat výpočty s čísly s pohyblivou desetinnou čárkou, tedy smí používat v zásadě jen celá čísla. Programy, které tato omezení nesplňují, nelze automaticky verifikovat.

Výsledky

Nástupem rychlých počítačů s velkou operační pamětí se otevřely dveře pro verifikaci skutečných programů – velikost programů, které lze verifikovat, velmi vzrostla, a i když jsme zatím nedosáhli potřebné velikosti, jednodušší programy už ověřit umíme. Stále je tedy potřeba hledat lepší způsoby reprezentace programů (a odpovídajících modelů) a efektivnější metody kontroly. I druhý problém, nerozhodnutelnost model checkingu, poskytuje mnoho příležitostí k výzkumu. Zde se snažíme rozšířit množinu programů, které lze verifikovat tak, aby množství omezení kladených na verifikovaný program bylo co nejmenší.

Na základě výsledků našeho výzkumu jsme vytvořili vlastní model checker GMC (Gimple Model Checker), viz <http://d3s.mff.cuni.cz/~sery/gmc/>, pro verifikaci programů napsaných v jazyce C/C++ a pracujeme již také na nástroji pro verifikaci zdrojových kódů aktivních webových stránek, používaných například v internetovém bankovníctví.



• Tvoříme přívětivější web

Katedra softwarového inženýrství

<http://www.ksi.mff.cuni.cz>

Softwarové inženýrství není zaměřeno pouze na teorii a praxi programování.

Se vznikem Internetu a příchodem Webu se zaměřuje i na způsob, jak konstruovat webové stránky, jak v nich vyhledávat, jak kombinovat jejich obsah do vyšších celků.

Nejnovější metodologie vývoje software pro webovské aplikace se výrazně liší od klasických metod vývoje na zakázku. Prvním rozdílem je, že vlastně neznáme příští zákazníky (ale chceme je získat). S tím je spojeno to, že samotná idea aplikace se musí za pochodu měnit podle potřeb trhu. Výuka softwarového inženýrství je na KSI doplněna o předměty z oblasti ekonomie, manažmentu a sociálních a komunikačních dovedností.

Výzkumná skupina:

Web semantization research group

www.ksi.mff.cuni.cz/semwex/

Výzkum:

sémantizace webu, učení uživatelských preferencí, sémantické úložiště, experimentální provoz

Nezdá se vám, že najít něco na webu často trvá moc dlouho? Nenašli jste, co jste hledali? Nebaví vás přebírání v záplavě odpovědí vyhledávače? Těžko se vám vybírá z tisíců nabídek internetových obchodů?

Počítače jsou dnes tak daleko, že se vám na disk vejde celá knihovna i s videopůjčovnou, v šachu hravě porazí nejlepší z nejlepších, tak proč jednoduše nemůžete dostat, co vás zajímá?

Sémantizace webu

Pro někoho to může znít neuvěřitelně, ale počítače webu nerozumějí. Počítače nechápou význam toho, co se na webu píše.

Nechápou, že nabídka, kterou máte právě otevřenou v prohlížeči, se týká stejného mobilního telefonu, který jinde prodávají o 500 korun levněji.

Počítač se nedovtipí, že jde o telefon s dotykovým displejem, 3MPx fotoaparátem, sice bez GPS navigace, ale zato s možností WiFi připojení.

Aby počítač porozuměl, je potřeba mu trochu pomoci. Musíme mu vysvětlit význam (sémantiku) věcí, o kterých se na webových stránkách píše. Musíme ho naučit, jak těmto věcem rozumět a on pak bude schopen hledat samostatně.

Učení uživatelských preferencí

Expert přes mobilní telefony vám během chvilky doporučí ideální telefon právě pro vás zejména v případě, že je to váš kamarád a nemá postranní úmysly, které se dají očekávat od cizího prodáváče. Ale co když žádného takového kamaráda nemáte? Nebo co když nemá zas až takový přehled?

Věřte, že počítač vám s tím může pomoci! Naučíte počítač své preference a on vám doporučí nejvhodnější telefon nebo

třeba film, který by se vám mohl líbit. Dnes je web výrazně sociální, propojení vyhledávání se sociální sítí je jednou z nadějí jak udělat web přívětivější.

Podrobnosti

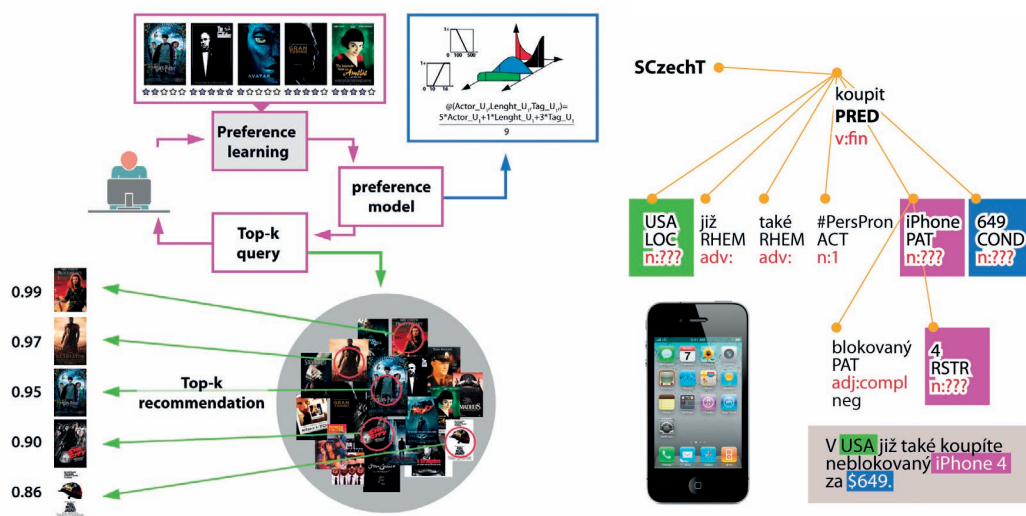
Jak sémantizace webu tak učení uživatelských preferencí patří k velmi obtížným disciplínám. K úspěšnému řešení je však nutné proniknout hluboko do webových technologií a použití nejzajímavějších metod a algoritmů z oblastí strojového učení, dolování dat, statistiky, umělé inteligence a zpracování textu v přirozeném jazyce (viz obrázek pravá část).

Máme bohaté zkušenosti s analýzou nejrůznějších webových stránek a vyvinuli jsme nové extrakční algoritmy. Tam, kde struktura stránky nestačí, se pouštíme do analýzy přirozeného textu a učíme, i když zatím jenom omezeně, počítač rozumět obsahu.

Učení uživatelských preferencí probíhá interaktivně. Uživatel ohodnotí několik málo nabídek, systém se z nich naučí uživateleův preferenční model, prohledá celou dostupnou databázi a vybere ty, které jsou pro uživatele nejzajímavější (viz obrázek levá část). Několikrát jsme si vyzkoušeli integraci doporučovacího systému přímo do uživatelského rozhraní internetového obchodu. Celý obchod se díky tomu přizpůsobí zákazníkovi na míru. Položky jsou uspořádané podle zajímavosti a zvýrazněny jsou nejdůležitější parametry výrobků. Užití našeho systému pro učení uživatelských preferencí významně zvyšuje nákup.

Původní idea sémantického webu předpokládá, že tvůrci webovských stránek budou své texty sémanticky anotovat (dodávat význam srozumitelný počítači). To jednak předpokládá dostatečně školené tvůrce a také dostatečnou motivaci. Ukazuje se, že tato cesta je těžko schůdná a sémantický web netvoří ani 1 % celkového obsahu webu.

Dnes a denně jsme svědky, že obrovské množství lidí zanechává na webu obsah (zatím jen formou blogů a příspěvků do sociálních sítí). Naše idea je poskytnout lidem dostatečně intuitivní nástroje (s dostatečnou podporou „chytrého“ software) a přesunout sémantizaci do sociálních sítí. Motivace by měla zůstat stejná jako dosud, např. sdělit kamarádům co jsem zažil, co jsem našel, ... Experimentální systém pro tuto vizi už na KSI funguje (tvoříme i vlastní sociální síť). Dobrodružství začíná, dámy a pánové držte se, rozjíždíme se...



• Webové a XML inženýrství

Katedra softwarového inženýrství

<http://www.ksi.mff.cuni.cz/>

Softwarové inženýrství je vedle teorie a praxe programování zaměřeno i na organizaci a zpracování dat tzv. databázovým způsobem. Databáze mohou obsahovat data o podniku, texty, obrázky, ale i data z Webu nebo sloužící pro zpracování na Webu. Speciální jsou databáze obsahující data ve formátu XML.

Výzkumná skupina:

XML research group

www.ksi.mff.cuni.cz/xrg

Výzkumná témata:

Databázové zpracování webových dat a jejich vizualizace; modelování, integrace a evoluce XML dat

Spolupráce:

Fraunhofer ISST, DERI Galway, Vienna University of Technology, University of Rostock, University of Technology in Sydney, firmy Komix, Tovek a Galeos, Nadační fond proti korupci, Poslanecká sněmovna ČR

Celosvětová počítačová síť Internet se stala jedinečným komunikačním prostředkem. Současné aplikace jako například Facebook, YouTube, Wikipedia či Google umožňují lidem prostřednictvím Internetu vzájemně komunikovat a vyhledávat informace způsobem, který byl ještě před patnácti lety zcela nemyslitelný.

I přes nesporné přínosy má ale dnešní Internet celou řadu praktických problémů, jejichž řešením se celosvětová vědecká komunita intenzivně zabývá.

Webovým inženýrstvím proti korupci

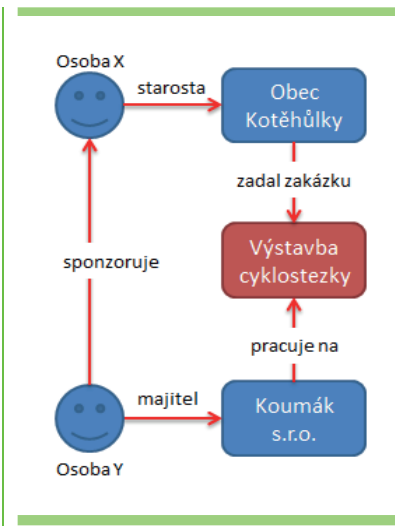
Co má společného boj proti korupci a webové inženýrství? Lidé, kteří bojují proti korupci, jsou závislí na přesných a aktuálních údajích z různých zdrojů. Potřebují je správně filtrovat, propojovat a odhalovat tak např. podezřelou veřejnou zakázku. Internet je pro ně jedinečným zdrojem informací.

Svoboda na Internetu ale způsobuje, že filtrování a propojování informací je tím nejtěžším problémem. Zkuste na Internetu najít, zdali nějaký státní podnik nevypsala letos podezřele mnoho veřejných zakázek, jejichž dodavatel byl vybrán pouze na základě jedné jediné nabídky. Nebo zkuste zjistit, zda existuje politik působící v městském zastupitelstvu, který dříve spoluvlastnil firmu, která nyní získala od města lukrativní veřejnou zakázku.

Čeká Vás složitá mravenčí práce při prohledávání a propojování mnoha zdrojů, které prezentují informace v mnoha různorodých a vzájemně těžko slučitelných podobách. Navíc je zde velké nebezpečí plynoucí z nespolehlivosti zdrojů a nekorrektní interpretace dat.

Současné výsledky ve výzkumu v oblasti webového inženýrství mají potenciál tuto práci zjednodušit. V naší skupině tyto výsledky rozvíjíme a aplikujeme v praxi. Vyvíjíme nástroje, které na Internetu rozpoznávají zajímavé zdroje informací, získávají z nich potřebné údaje, indexují je a propojují dohromady. Při tom se musíme vypořádat s mnoha problémy, jako je např. různorodost dat či jejich nepřesnost, duplicita a (ne)důvěryhodnost.

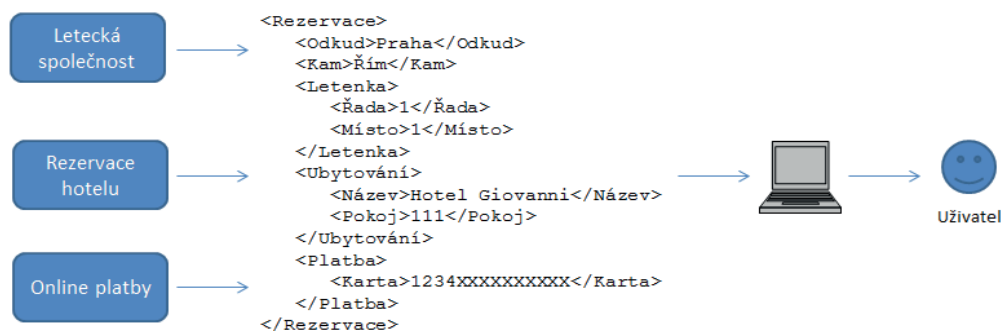
Výsledkem jsou strukturovaná data, se kterými pracujeme dvěma způsoby. První umožňuje nalezení odpovědí na výše položené otázky. Druhým je publikace dat na Webu tak, aby s nimi mohli pracovat ostatní. To pak využíváme při práci na konkrétních projektech, např. pro Nadační fond proti korupci.



XML inženýrstvím proti komunikačnímu chaosu

Internet je nejen prostředek pro komunikaci mezi lidmi, ale i mezi softwarovými systémy. Když si objednáte na cestovatelském serveru letenku, spustíte lavinu zpráv mezi systémy leteckých společností, online platebními bránami či rezervacemi hotelů a automobilů. Komunikace je vedena v rozšiřitelném značkovacím jazyce XML. V zasílané zprávě umožňuje informace označit pomocí strojově čitelných značek, které využije jiný systém k jejich automatizované extrakci. K tomu je nutné, aby se tvůrci systémů předem dohodli na používané sadě XML značek. Jinak by si systémy nerozuměly.

S tvorbou sad XML značek je spojena řada problémů. Sady jsou komplexní a musí vyhovět požadavkům mnoha stran. Jejich tvorba je náročná. Ne vždy se navíc komunikující strany na společné sadě domluví. Potom je nutné odlišné sady vzájemně mapovat. A v neposlední řadě je nutné sady neustále modifikovat s tím, jak se mění požadavky (např. měnící se legislativa). Bez sofistikovaných metod a nástrojů je tvorba a následná údržba sad XML značek náročná. My takové metody a nástroje vyvíjíme a realizujeme s nimi konkrétní projekty. Např. ukazujeme, jak efektivně vytvářet a spravovat XML značky pro komunikaci mezi zdravotnickými systémy. S Fraunhofer Institutem pracujeme na sadě XML značek pro německý eGovernment.



• Servisně orientované systémy

Katedra softwarového inženýrství

<http://www.ksi.mff.cuni.cz/>

Softwarové inženýrství je soubor aktivit vycházející z inženýrství, informatiky a managementu. Jeho cílem je návrh, tvorba a údržba počítačových programů a složitějších systémů používaných v kterékoliv oblasti lidské činnosti.

Výzkumná skupina:

Service-oriented systems group

www.ksi.mff.cuni.cz/sosg/

Softwarové konfederace

Servisně orientované systémy založené na znalosti daného prostředí a problematiky zachovávající a podporující specifické know-how jejich uživatelů.

Multi-kriteriální navigace

Potřebujeme-li se odněkud někam dostat, je čas jedním z primárních kritérií. Není však kritériem jediným. Dalšími jsou např. cena, spolehlivost, apod.

Vlaková komunikace

Moderní železniční vozidla a soupravy obsahují velké množství spolupracujících zařízení. Síť určené pro toto prostředí jsou velmi specifické a skýtají mnoho zajímavých výzev.

Vývoj rozsáhlejších softwarových děl je netriviální úloha, mnoho takových projektů končí neúspěchem. Příčin těchto selhání bývá více. Některé z nich je možné identifikovat a napravit, jiným se dá zcela vyhnout. Zkoumáme vývoj informačních systémů (IS), příčiny jeho selhání i postupy, které dávají větší šanci na úspěšné dokončení projektů.

Motivace

Firma střední velikosti se rozhodla pro zakoupení velkého softwarového balíku podporujícího agendy, jimiž se firma zabývá. Samotný softwarový balík a jeho nastavení stálo mnoho peněz, další náklady a úsilí se musely věnovat na přizpůsobení firmy danému softwaru. Po jeho nasazení se však očekávaný úspěch nedostavil, výkonnost firmy dokonce mírně poklesla.

Příčiny

Podobné příběhy jsou poměrně časté. Jak je to možné? Vždyť softwarové balíky jsou vytvářeny na základě nejlepších zkušeností velkých světových firem tak jak to, že středně velká firma po jeho nasazení nemá vyšší produktivitu?

Problém je právě v tom, že prostředí i kultura velkých firem se výrazně liší od prostředí a kultury malých a středně velkých firem. A nejen to – výrazně se liší i chování okolí k uvedeným firmám. Velká nadnárodní firma si víceméně určuje sama, s kým bude obchodovat a za jakých podmínek.

Stejně tak mívá i vliv na standardy a pravidla týkající se jejího podnikání.

Z hlediska struktury softwaru i jeho používání hraje zásadní roli i fakt, zda a jak se mění procesy v organizaci, jejíž aktivity má daný software podporovat.

Tam, kde jsou postupy stabilní, je možné je optimalizovat a automatizovat, zatímco tam, kde se postupy často mění, nebo dokonce případ od případu liší, musí být jejich řízení kontrolováno lidmi, nikoliv jen softwarem.

Většina učebnic softwarového inženýrství a tvorby IS vychází z prostředí velkých firem. Aplikovatelnost jejich doporučení do jiných prostředí je tak omezená.

Naším cílem je shromažďovat poznatky o potřebách menších a středních firem, zobecnovat je a na jejich základě a na základě vlastních zkušeností s tímto prostředím vytvářet postupy vedoucí k tvorbě softwaru vyhovujícího těmto podmínkám.

Aplikace

Zkoumaná architektura IS má uplatnění nejen v oblasti malých a středních podniků, odkud vyšla, ale i v e-governmentu, v řídicích systémech, či jiných prostředích.

Některé její prvky se dají použít i při tvorbě krabicového softwaru nebo při vývoji softwaru pro velké firmy. Přednosti se projeví zejména při spolupráci organizací a jejich IS a při propojování stávajících systémů i systémů třetích stran do větších celků.

Modelování systémů

Při tvorbě automatizovaných informačních systémů chceme využívat předností modelování a to i pro případ, kdy jsou součástí systému lidé.

Účinná transformace zpráv

Efektivní tvorba větších softwarových celků vyžaduje efektivní transformace skupin zpráv.

Hledáme proto prostředky pro transformaci těchto zpráv, které jsou různého formátu, včetně nejběžněji používaného formátu XML.

Integrace heterogenních dat

Při vytváření větších celků je někdy třeba propojit aplikace až na datové úrovni, respektive využívat data z různých zdrojů. To přináší mnohé výzvy, například jak uchovávat a zpracovávat data, s nimiž původní logika aplikace nepočítala, a přesto je uživatelé potřebují.



• Podobnostní vyhledávání

Katedra softwarového inženýrství

<http://www.ksi.mff.cuni.cz/>

Softwarové inženýrství je zaměřeno na tvorbu a údržbu počítačových programů, které využívají data. Tato data mohou být nejen tabulky, seznamy nebo texty, ale i obrázky či videa, tj. multimediální data, ve kterých se vyhledává na základě podobnosti.

Výzkumná skupina:

SIRET research group

Web: www.siret.cz

Výzkumná témata:

Indexování podobnosti, multimediální explorační systémy, identifikace proteinů, explorační chemického prostoru.

Spolupráce:

RWTH Aachen University, University of Chile, Norwegian University of Science and Technology, Vysoká škola chemicko-technologická, Masarykova univerzita, VŠB – Technická univerzita Ostrava.

Multimédia vyhledávaná podle „syrového“ obsahu

Dnešní svět zažívá explozi nabídky multimediálního obsahu ať na webu či v samostatných archivech, způsobenou masivním rozšířením digitálních zařízení pro zaznamenávání audio-vizuální reality. Jakkoliv se multimediální data stala běžnou součástí našich životů, jejich vyhledávání nebylo zdaleka vyřešeno.

Pokud se nechceme spokojit s vyhledáváním na základě textů k multimédiím „přilepených“, musíme se zabývat samotným „**syrovým**“ obsahem multimédií. Takovou formu vyhledávání můžeme potřebovat častěji, než si myslíme.

Uvažujme například obrovskou databázi videozáznamů z bezpečnostních kamer na ulicích či letištích, čítající miliardy snímků denně. Jak v této záplavě obrázků identifikujeme teroristu? Pro další příklad nemusíme chodit do říše akčních filmů, stačí si prohlédnout náš vlastní digitální archiv fotografií z dovolené. Zpravidla najdeme desítky či stovky tisíc nepopsaných fotografií v desítkách adresářů na disku, a k tomu stovky hodin videa. Jak se v nich máme po deseti letech zvyznat?

Základem **vyhledávání podle obsahu** (content-based retrieval) v multimédiích je **podobnostní vyhledávání** (similarity search). Pro tento účel je nutno specifikovat model reprezentace multimediálních

dokumentů tak, aby bylo možno efektivně měřit jejich podobnost. Na základě podobnosti pak můžeme postavit celý mechanismus vyhledávání. Tradičním způsobem vyhledávání je **dotazování** – v případě podobnostního vyhledávání přímo vybraným dotazovým multimédiem (např. obrázkem). Tento typ vyhledávání je vhodný tam, kde „víme co hledáme“, viz příklad s hledáním teroristy. V mnoha aplikacích ale často nevíme, co hledáme, a spíše než cílené dotazování bychom uvítali možnost rychle zjistit, co zajímavého data-báze obsahuje, viz příklad s domácím archivem. V současnosti se problému interaktivního

prozkoumávání multimédií (multimedia exploration systems) věnuje mnoho pozornosti. Na rozdíl od dotazování se zde řeší komplexnější problematika vizualizace multimediálního prostoru, navigace v něm, interakce s uživatelem – to vše v reálném čase.

Fundamentálním kritériem při implemetaci podobnostního vyhledávání je **jeho rychlost**. Sebelepší model je prakticky nepoužitelný, pokud vede k časově příliš náročnému vyhledávání. Z toho důvodu jsou vyvíjeny databázové technologie pro urychlování podobnostního vyhledávání založené na matematických modelech předpokládajících splnění jistých vlastností v použité podobnostní funkci (např. **axiomy metrické vzdálenosti**). Výsledkem jsou **podobnostní indexační struktury**, které umožňují zodpovědět dotaz v řádově kratším čase, než by vyžadoval sekvenční průchod celé databáze.

Když hledáme podobné molekuly

Podobnostní vyhledávání se netýká pouze multimédií. Velké pozornosti se těší také v bioinformatice. Význam proteinů dal vzniknout na konci 90. let nové vědní oblasti s názvem **proteomika**, která studuje funkce proteinů na základě jejich struktury v prostoru. Je známo, že molekuly (proteiny či RNA) s podobnou strukturou sdílejí také podobnou biologickou funkci. Tato znalost je využitelná pro předpovídání funkce proteinů. Představme si, že máme k dispozici nově syntetizovanou strukturu proteinu, ovšem neznáme její funkci. Pak lze porovnat novou strukturu se strukturami s již známou funkcí a identifikovat ty podobné. Z předpokladu, že podobné struktury sdílejí podobnou funkci, pak můžeme odvodit pravděpodobnou funkci nové struktury. Dnes je známa struktura a funkce více než 50 tisíc proteinů. Je zřejmé, že úkol identifikace podobných struktur je neuskutečnitelný bez výpočetních metod.

Dalším bioinformatickým oborem je **cheminformatika**, která se zabývá malými molekulami. Protože většina léčiv je tvořena právě malými molekulami, je i výzkum v cheminformatice úzce svázan s výzkumem léčiv. Jedním z nových směrů je procházení a vizualizace chemického prostoru. Mějme například dva léky (molekuly) – každý účinný na jinou tkáň. Úkolem je nalézt molekulu, která bude účinná na obě tkáň zároveň. Toho je možno dosáhnout procházením chemického prostoru, kde každý bod v prostoru představuje jednu ze všech myslitelných molekul. Start a cíl cesty v prostoru jsou právě naše dva léky, přičemž některá z molekul na cestě by mohla vykazovat vlastnosti jak zdrojové, tak cílové molekuly. Uvažujeme-li pouze molekuly o velikosti maximálně 13 atomů a bereme-li do úvahy pouze pět typů atomů, pak existuje kolem 970 milionů takových molekul. Je zřejmé, že pro procházení takto obrovského prostoru jsou výpočetní metody naprosto nezbytné.



• Počítačová grafika

Skupina počítačové grafiky

<http://cgg.mff.cuni.cz/index.en.php>

Věnujeme se těmto tématům:

1. Realistické zobrazování:

Snažíme se na počítači vytvořit vizualizace, které laický pozorovatel nebude schopen odlišit od fotografie.

Aplikace nacházíme ve filmovém a televizním průmyslu, reklamě, architektuře, průmyslovém designu či počítačových hrách.

1a. Prediktivní rendering:

Je potřeba simulovat odrazy světla velice věrně, například kvůli ergonomickým měřením v průmyslovém designu nebo v architektuře.

1b. Šíření světla ve 3D scéně:

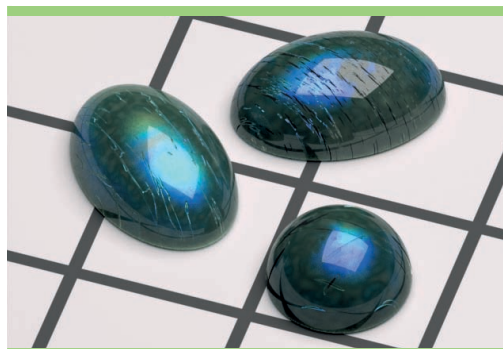
Věrná simulace šíření světla i za velice obtížných podmínek, kde běžné metody selhávají nebo jsou příliš pomalé.

1c. Simulace přírodních fenoménů:

Zkoumáme zejména šíření světla v zemské atmosféře, simulujeme mechaniku a optiku lidských vlasů, erozi povrchu země, proudění vody.

Počítačová grafika je velice populární obor, který se v poslední době rozvíjí ohromným tempem. I na MFF UK máme skupinu, která se grafice věnuje. Naši studenti mohou navštěvovat několik desítek přednášek pokrývajících všechny hlavní partie tohoto odvětví, účastnit se seminářů i praktických projektů.

Počítačovou grafiku nejlépe ilustrují vizualizace, snažili jsme se vybrat několik typických ukázek naší práce.



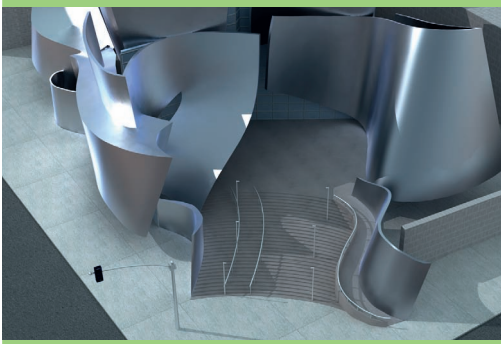
Věrná simulace odrazu světla na povrchu labradoritu.



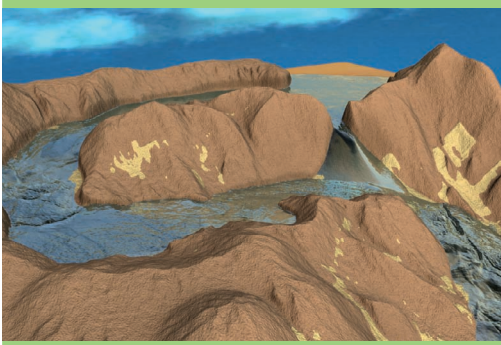
Věrná simulace žhnoucích objektů z křemíku.



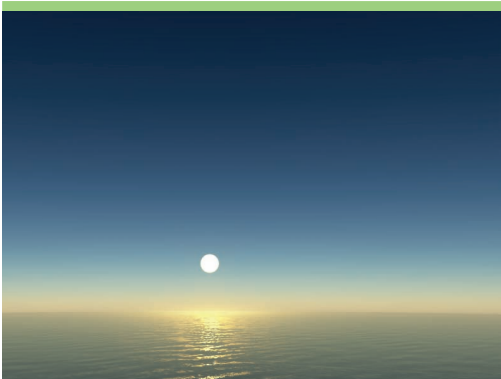
Computer
Graphics
Charles
University



Simulace odrazu světla na povrchu stavby (Walt Disney Concert Hall, Los Angeles)



Simulace eroze terénu a proudící vody



Simulace východu slunce, realtime grafika

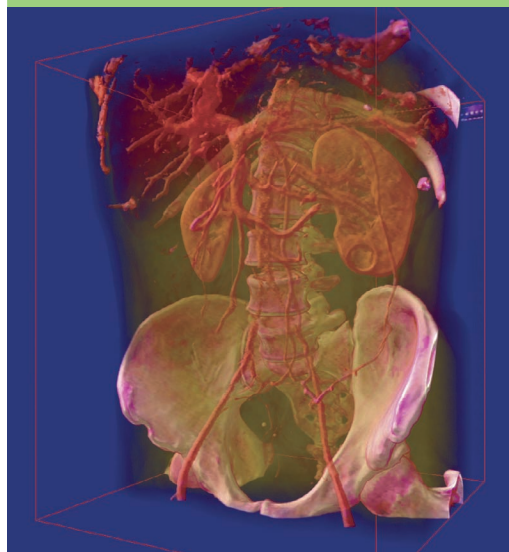
2. analýza a vizualizace lékařských dat:

Lékařské přístroje (počítačový tomograf či magnetická rezonance) jsou schopny nasnímat ohromné soubory dat, ale lékařům je nutno je předzpracovat a názorně zobrazit, aby se z nich daly rychle a spolehlivě přečíst pro pacienta životně důležité informace.

3. geometrická morfometrika

Obor zabývající se studiem proměn tvarů v antropologii, forenzních vědách a archeologii.

Geometrické parametry se musí matematicky definovat a potom se zkoumají například s pomocí důmyslných statistických postupů. I zde hraje významnou roli grafická strana věci – vizualizace 2D nebo 3D dat.



Zobrazení objemového souboru po segmentaci

• Deklarativní programování

Katedra teoretické informatiky a matematické logiky

<http://ktiml.mff.cuni.cz/>

Slovníček:

Entita je například osoba reálná nebo virtuální jako v počítačových hrách, počítač, autonomní agent, inteligentní asistent, robot nebo něco jiného. Dá se to vyjádřit i českým slovem „jsoucno“, ale to používají jen milovníci českého jazyka. Slovo „entita“ je přece jen kratší než uvedený (a neúplný) výčet možností.

Agent je ten, kdo má schopnost komunikace. Každý agent si může vyměňovat zprávy s kterýmkoliv agentem. Takové skupině agentů se říká Multi-agentní systém.

Asistent je agent schopný přijímat příkazy a splňovat je, i když se to vždy nepodaří.

Specifikace vytvářeného programu je funkce, která ke každému vstupu přiřazuje požadované hodnoty.

Verifikace je podrobné ověření, že daný program splňuje specifikaci.

Inteligentní entita, například asistent, musí být při řešení uloženého cíle schopen víc než jen pracovat podle detailních instrukcí. Má-li vykazovat inteligentní chování, je nutné, aby si poradil i tehdy, když podmínky pro použití takových instrukcí nejsou splněny nebo když nemá žádné instrukce, jak cíle dosáhnout.

Například jednoduchý příkaz „přineste mi kávu“ číšníkovi nebo inteligentnímu robotu vyžaduje, aby si domyslel, co má udělat, když je varná konvice bez vody, nebo automat na výrobu kávy je rozbitý. Určitě by si nepomohl, kdyby se s těmito problémy obrátil na vrchního. Ten by ho pak považoval za hloupého a přemýšlel by, jak se ho má zbavit.

Asistent by jistě byl považován za inteligentního a zdatného, jestliže by byl schopen vyřídit požadavek vyššího řádu „připravte mi vše pro cestu na jednání v Paříži s **Electricité de France**, které se má uskutečnit v příštím týdnu“. Asistent musí vzít v úvahu čas jednání, letecké spojení, ubytování v hotelu, šefovy požadavky na pronajatý vůz a nakonec i to, zda se to všechno vejde do rozpočtu.

Tím se dostáváme k **požadavku na inteligenci živého či virtuálního asistenta – tedy ke složitosti požadavku, který asistent umí vyřešit**. Zde se setkáváme se dvěma krajnostmi:

- požadavek představuje detailní algoritmus, který říká, **jak** požadavek splnit. Ať je jakkoli podrobný, takový algoritmus může být k ničemu, pokud předpoklady k jeho použití nebudou splněny.

- požadavek vyjadřuje, **co** je třeba udělat a asistent má k tomu potřebné znalosti opět ve tvaru, **co** je třeba udělat.

Jazyky používané k programování úloh typu **jak** se nazývají **procedurální**, například C, Pascal atd. K úlohám typu **co** se používají **deklarativní** jazyky například Prolog, Haskell a další. Tedy původní teze, že inteligentní entity musí být schopny porozumět a zpracovat popisy typu **co** nás přivádí k nutnosti vytváření vhodných deklarativních jazyků a s nimi spojenými podpůrnými prostředky, které by usnadňovaly jejich použití. Vývoj takových jazyků má základní význam pro **umělou inteligenci** založenou na znalostech.

U nás jsou běžně dostupné oba zmíněné deklarativní jazyky – Prolog a Haskell – v mnoha verzích. Jak už to bývá, každá z nich má své (často zaryté) obhájce.

Následující jednoduchý program Maximum v Prologu obsahuje definici maxima množiny přirozených čísel, je zajímavý tím, že obsahuje jen tuto definici a podprogram prvek(M,L). Ostatní zařídí Strojový dokazovač, který tvoří „srdce“ implementace Prologu.

Studijní programy, které se zabývají problémy zmíněnými ve slovníčku, patří do Teoretické informatiky. Výuku Teoretické informatiky garantuje a výzkum se provádí na katedře Teoretické informatiky a Matematické logiky.



Alain Colmerauer

V roce 1972 vytvořil logický programovací jazyk Prolog a Q-systems, jeden z nejranějších lingvistických formalismů použitý při vývoji prototypu strojového překladatele TAUM-METEO.

```
prvek(X,[H{L}]) :- prvek(X,L).
prvek(X,[H{L}]) :- prvek(X,L).
maximum(M, L) :- prvek(M,L), not(prvek(Y,L), M<Y).
% Program Maximum Na dotaz:
% ? – maximum(M,[1,9,7,3,6])
% odpovídá M = 9
```

• Umělá inteligence

Katedra teoretické informatiky a matematické logiky a Kabinet software a výuky informatiky

<http://artemis.ms.mff.cuni.cz/>
<http://clp.mff.cuni.cz/>
<http://arg.mff.cuni.cz/>
<http://www.storyfactory.cz/>
<http://www.evropa2045.cz/>

Obor Umělá inteligence (UI) se studuje v rámci studijního oboru II – **Teoretická informatika** ve studijním plánu Neprocedurální programování a umělá inteligence. K dispozici je řada přednášek počínaje obecným úvodem do UI dále pak o obecných programových nástrojích UI, konkrétně o logickém a funkcionálním programování. Specializované předměty zahrnují oblasti jako jsou neuronové sítě, strojové učení a dobývání znalostí, automatické plánování, dokazování vět, splňování omezujících podmínek, evoluční algoritmy nebo UI pro počítačové hry.

V rámci studia se mohou studenti aktivně zapojit do práce **výzkumných skupin**, které se zabývají jednotlivými aspekty UI.

Skupina omezujících podmínek a optimalizace pracuje v oblasti plánování a rozvrhování, hlavně pak na modelování a optimalizaci výroby.

Skupina inteligentních systémů navrhuje efektivní algoritmy strojového učení a nástroje pro dobývání dat.

Umělá inteligence je mladý vědní obor zabývající se konstrukcí inteligentních entit. Výzkumníci zde navrhují systémy vykazující chování, které, pokud by se takto choval člověk, bychom nazvali inteligentní. V současnosti zahrnuje celé spektrum podoborů studujících jak obecná témata jako je automatické plánování a strojové učení, tak řešení specifických problémů typu automatizované řízení auta, psaní povídek nebo diagnostika nemocí. S umělou inteligencí souvisí i řada samostatných disciplín jako jsou **multi-agentní systémy, lingvistika, robotika nebo speciální programovací jazyky**.

Plánování, tedy hledání akcí vedoucích ke splnění zadaného cíle, je jednou z fundamentálních oblastí umělé inteligence. Řešíme problémy, jak naplánovat trasu mnoha robotů ve stísněném prostředí (například jak nejrychleji projet křižovatkou) i jak vytvořit plán výroby a tento plán převést do podoby proveditelného rozvrhu činností. S firmou Entellexi pracujeme na programu MAK€ pro optimalizaci výroby, aplikace jdou ale nad rámec výrobního rozvrhování například do oblasti řízení projektů.

Počítačové hry nemusí sloužit jen k zábavě a odpočinku, ale mohou být také výbornou pomůckou při výuce a výzkumu. Pomáhali jsme vytvořit simulační počítačovou hru Evropa 2045, která přibližuje hráčům rozhodovací a řídicí mechanismy Evropské unie a nechává je na vlastní kůži pocítit problémy, kterým musí spojená Evropa čelit. Na středních školách po celé ČR ji hrálo už více jak 2000 studentů. Ve vlastním 3D virtuálním městě zkoumáme algoritmy

umělé inteligence pro automatické řízení umělých bytostí. Získané výsledky lze použít nejen v počítačových hrách a simulačních programech, ale také jako řídicí prvky průzkumných či záchranných robotů.

Internet obsahuje velké množství užitečných informací, které se ovšem tradičními prostředky špatně vyhledávají. Hledáte například obrázek, který se podobá tomu, co jste právě vyfotografovali? Technikami **umělých neuronových sítí** umíme obrázky klasifikovat a sdružovat je do skupin s podobným obsahem. Chcete v cizojazyčných textech vyhledávat slova, která znějí podobně, aniž byste se cizí jazyk museli učit? Při řešení těchto úloh nám pomáhají metody strojového učení a formálních automatů. Naši absolventi tyto metody využívají ve společnostech, jako jsou Google, PPF a jiné.

Jedním z projevů inteligence je schopnost odpovědět na zadaný dotaz. Řada systémů pro to používá sofistikované prohledávání databází, kde se odpověď nachází. Ale co když tam odpověď přímo není? Přesněji řečeno, co když je pro získání odpovědi potřeba zkombinovat několik různých informací? Pro řešení tohoto problému používáme v systému SPASS-XDB techniku **dokazování vět**. Dotaz se převede do logické formule, podobně se reprezentují i údaje z externích zdrojů informací jako je Wikipedie, a hledání důkazu platnosti logické formule nás přivede ke kýžené odpovědi. Takže „který švédský tenista váží méně než Cindy Crawford?“

Evoluce nás přivedla tam, kde jsme. Proč bychom ji nemohli použít pro návrh inteligentních systémů? Evoluční techniky, jako jsou například genetické algoritmy, používáme pro řešení různých optimalizačních problémů, ale stejný přístup lze použít i při návrhu stavby těla robotů plnících zadaný úkol, například jednoduchý pohyb z místa na místo v tekutině. Stačí k tomu formální model popisující možné roboty, náhodné vygenerování počáteční populace robotů a její další vývoj technikou „vhodnější jedinec přežívá“. Bude na konci plavající robot nebo nás umělá evoluce přivede jinam?

Jaká by to byla umělá inteligence bez robotů? S **roboty**, které sami navrhli, se naši studenti pravidelně a velmi úspěšně účastní mezinárodních soutěží – např. Eurobot a Field Robot Event, kde sbírají „zemědělské“ plodiny, detekují a ničí „plevel“ a řeší tak specifické úlohy jak v umělém, tak v reálném prostředí.

Řeší problematiku klasifikace a rozpoznávání vzorů, zpracování multimediálních informací a analýzy sociálních sítí.

Skupina automatického uvažování studuje dokazování vět a jeho využití při generování odpovědí z bázi znalostí.

Skupina umělého myšlení pro inteligentní systémy pracuje na výukových počítačových hrách a řízení virtuálních bytostí.



Virtuální agenti v simulovaném 3D prostředí Story Factory.

• Lingvistická data pro jazykové technologie

Ústav formální a aplikované lingvistiky

Zásnuby lingvistiky a informatiky se u nás konaly už v roce 1958. K trvalému spojení posvěcenému úředně vznikem samostatného ústavu a akreditací doktorského a magisterského studia matematické lingvistiky došlo v 90. letech. Vypadá to na dlouhodobé a multigenerační manželství.

Chcete, aby počítače překládaly lépe než většina komerčních systémů, a to jak z našeho jazyka tak i do něj?

Chcete, aby gramatické korektory zachytily i rafinovanější chyby než „*zapoměla“, „*dvěmi“, ale i „*zastavil se před dům“, ale ne „postavil se před dům“? Chcete, aby hlasová komunikace s automaty v češtině byla lidštější a informovanější?

Připojte se k nám a studujte u nás oba aspekty: informatiku i lingvistiku!

Osobní počítače jsou dnes běžnou součástí života lidí všech věkových kategorií. Mnohým slouží jako daleko pohodlnější „psací stroj“, téměř všichni uživatelé v nich též vyhledávají informace všeho druhu.

Všechny takové požadavky jsou založeny na přirozeném jazyce; nároky na systémy automatického zpracování jazyka ze strany uživatelů proto rostou. Schopnosti, rozsah paměti a rychlost soudobé počítačové techniky těmto požadavkům vycházejí vstříc.

Vyspělé počítačové technologie poskytují základnu pro strojové učení. Stejně jako člověk se i stroj učí podle něčeho, tj. podle člověkem zadaných instrukcí. Ani strojové učení se tedy bez spolupráce s člověkem a jeho intelektem neobejde.

Co se tedy očekává, že informatik a lingvista pro splnění těchto zadání udělá?

Informatik (1) digitalizuje jazykové zdroje, texty příslušného jazyka (tj. vytváří jazykové korpusy) a navrhuje nástroje pro práci s těmito daty a pohodlné uživatelské prostředí pro přístup ke korpusům.

Lingvista (1) propracovává a předkládá systémy, jak korpusy „označkovat“ potřebnými údaji (tj. vytváří anotační schémata).

Dále tým složený z lingvistů (lingvista (2)) aplikuje anotační schémata na korpusové texty. Reprezentativní bohatě gramaticky anotovaný korpus češtiny byl vytvořen v letech 1996 až 2006 na MFF UK v Ústavu formální a aplikované lingvistiky (ÚFAL) a je doma i ve světě znám a užíván jako Pražský závislostní korpus.

Informatici (2) na základě takto zpracovaných dat navrhují a implementují automatické systémy, které by měly v ideálním případě zastoupit lingvistu (2). Vytvářejí totiž ze zpracovaných dat „učebnici“, ze které se systémy učí. Protože však ona učebnice nebude nikdy obsahovat vše, s čím se v jazyce můžeme potkat, systémy nikdy nenahradí lingvistu (2) na 100 %.

Touto iterací informatik (1) – lingvista (1) – lingvista (2) – informatik (2) vzniká základna pro systémy strojového překladu, automatického referování, indexování a sumarizace, či pro systémy komunikace člověk – stroj a jejich uplatnění např. při zodpovídání dotazů.

Návod, jak se stát informatikem (1) a (2), je jednoduchý: vystudovat obor matematická lingvistika na MFF UK. Chce-li se někdo stát lingvistou (1) a (2), může se začít připravovat už na škole střední. Pro tyto účely je mu nachystána veřejně přístupná interaktivní cvičebnice.

Z Pražského závislostního korpusu byla poloautomaticky sestavena elektronická cvičebnice tvaroslovných a větných rozborů, která obsahuje téměř 12 tisíc vět k procvičování. Z této kolekce může uživatel (učitel, žák, rodič) pomocí programu Charon vybrat věty s preferovanými jazykovými jevy a následně v programu Styx provést jejich rozbor a ověřit správnost svého výsledku. Pomocí novějšího editoru Čapek může uživatel procvičit tvaroslovný a větný rozbor také na větách, které si sám vytvoří.

Protože příprava anotovaných jazykových dat odborníky (lingvisty (2)) je aktivita drahá a v mnoha směrech náročná, uvažuje se i o anotaci, která by přizvala ke spolupráci také neoborníky. Příkladem takové organizace jsou internetové hry, při nichž se primárně hráči baví; anotace pak vznikají jako vedlejší produkt zábavy. Obrovský úspěch zaznamenává například hra s obrázky, kde hráči doplňují popisky k obrázkům. Takto se daří zpracovat většinu obrázků, které se na internetu vyskytují. Dále byla implementována hra PlayCoref, při které hráči označují slova odkazující ke stejné entitě světa v daném textu.

Při použití počítačů jako psacích strojů dnes uživatel očekává, že textový editor je schopen najít a opravit chyby, kterých se autor dopustil. Tzv. „kontrola pravopisu“ (tedy odhalení chybně napsaných slov) je u většiny editorů na dobré úrovni, často však selhávají automatické návrhy oprav; tam se silně projevuje podřízenost požadavkům uživatelů a komerční aspekty na úkor užitečnosti a přínosu takových modulů. „Gramatické korektory“ jsou mnohem náročnější a nedosahují vysoké úrovně.

V ÚFAL byl vyvinut korektor, který odhalí např. chybu v pádu po předložce, která se s příslušným pádem nepojí (**na tunelem*), odhalí ji ovšem i ve spojení *na nedokončeným tunelem projíždějící auto se vyhláška vztahuje*; odhalí chybu ve shodě podmětu s přísudkem (**Sportovci zvítězily.*), ale jako chybu nesprávně označí *-y* i ve slově *házely* v posloupnosti vět *Dívky křičely. Sportovci házely plyšáky a rozhodčím shnilá rajčata*. Tak bychom mohli dlouho pokračovat. Gramatické korektory nebudou pro jazyk s tak složitou morfologií, jako je čeština, nikdy dokonalé.

V jazyce je příliš mnoho komplikací způsobených zejména víceznačnostími jazykových prostředků všech jazykových rovin. I v této oblasti lze využít dat z anotovaného korpusu k vyhledávání „citlivých“ kontextů, které robustní automatický parser mylně označí jako chybné. To v plné míře platí také např. pro automatické vyvozování a sumarizaci.

Řadu jazykových jevů lze zpracovat pouze na základě širšího kontextu: jako v předchozích příkladech o sportovcích nebo dokonce na základě znalosti reálného světa; vezměme si třeba větu *Přijela policie, evakovala téměř tisíc přítomných lidí a bezpečně nastraženou bombu odpálila*. (MF Dnes, 1997). Čtenář tuší, že se zde mluví spíše o bezpečném odpálení bomby, nikoli o jejím bezpečném nastražení, zprostředkovat tuto znalost počítači je ale velmi obtížné. Při interpretaci odkazovacích zájmen v posloupnosti *Ráno jsem přijel pro kytici růží pro nevěstu. Nelíbila se mi, představoval jsem si ji jinak*. (z rozhovoru se známým politikem) vyloučíme jeden výklad na základě znalosti pravidel společenského chování.

Jak je z uvedených příkladů vidět, počítačová a matematická lingvistika mají před sebou úkolů víc než dost. Práce doktorské, magisterské i bakalářské se na jejich plnění významně podílely a věříme, že se i nadále podílet budou.

• Strojový překlad – sen a realita

Strojový překlad

(machine translation, MT) je přitažlivou úlohou na pomezí informatiky a lingvistiky. Zajímavý je komerčně i akademicky. Jen v Evropské unii by mohl uspořit nemalou část z miliardy EUR vydávané ročně na překlady a tlumočení. Pro akademiky představuje hřiště řady oborů.

Kromě zmíněné lingvistiky (viz též samostatná kapitola Lingvistická data pro jazykové technologie) je překlad výzvou pro statistiky, informatiky i ryzí softwarové inženýry. Dnešní praxi lze totiž shrnout takto: vezměte texty odpovídající objemem 27 metrům anglických knih společně s jejich českými překlady. Najděte dvojice vět, které si odpovídají (bude jich cca 10 milionů), a každou vybavte větným rozbohem. Novou větu překládejte hledáním kousků, které jste v těch milionech vět viděli přeložené. Dříve nesmířitelné proudy „statistiků“ a „lingvistů“ se stále více sblíží a největší potenciál dnes mají metody smíšené.

Neopomeňme přesah MT do umělé inteligence: při překladu si lze doslova sáhnout na produkty lidské mysli a snažit se je strojově napodobit. Takovou šanci pracovat s hmatatelnými a měřitelnými daty mnohé obory kognitivních věd stále nemají.

Přehnaná očekávání

S prvními počítači v éře Johna von Neumanna a Alana Turinga se objevily naděje na plně automatický převod textů z jednoho jazyka do druhého. V roce 1954 mělo dle tiskové zprávy IBM chybět „tři až pět let“. Rozpor mezi těmito nadějemi a skutečnými výsledky pak na deset let zablokoval přísun prostředků do této oblasti výzkumu.

Dnešní vize je opatrnější. Neočekáváme, že se podaří dosáhnout plně automatického překladu vysoké kvality bez omezení typu textů. V celé řadě situací strojový překlad však dobře slouží už dnes, i při nízké kvalitě (např. zpřístupnění webových stránek v řeči, kde ani písmo nedokážete přečíst) či v úzce vymezených úlohách (např. heslovité návody k výrobkům).

Frázový statistický překlad

Tzv. frázový překlad pracuje se slovy jako nedělitelnými jednotkami. Počítač nevidí žádný vztah mezi slovy kočka a kočkou, kočka a kocour, nebo dokonce kočka a mickinka. Překládat je v tomto modelu možné díky obrovskému objemu vět, které již dříve přeložili lidé.

Počítač věty a jejich překlady spáruje a najde, která slova ve větě si přibližně odpovídají, viz obr. 1. Z takto zarovnaných textů získá překladový slovník. Na rozdíl od běžných slovníků jsou v něm i desetiřadné posloupnosti slov a především jsou slova uvedena ve všech tvarech, jak byla spatřena.

Po zadání vstupní věty počítač probírá varianty rozdělení věty na úseky (nelze mluvit o větných členech, úseky zcela ignorují

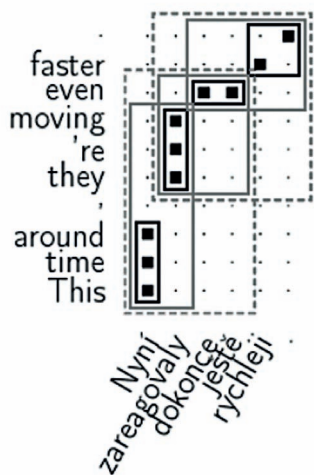
gramatiku). Každý úsek je přeložen pomocí zmíněného slovníku. Z mnoha možností překladů úseků jsou vybrány takové, které na sebe nejlépe navazují, viz obr. 3.

Hlubkově-syntaktický překlad

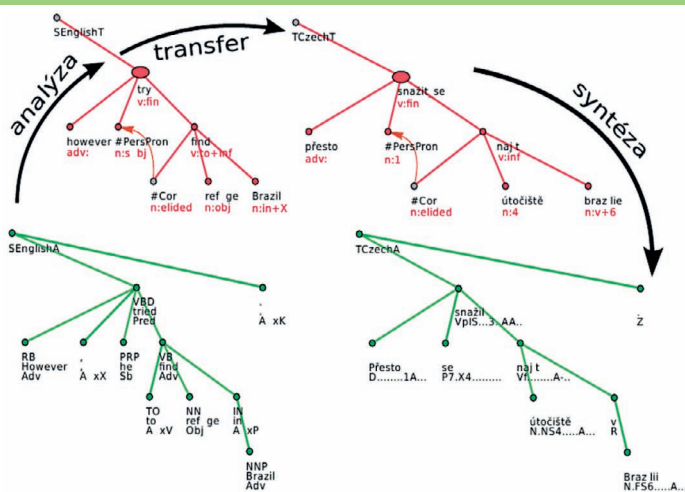
Překlad založený na větném rozboru má ambici zajistit gramatický výstup. Nepracuje se surovou podobou věty, ale převádí ji postupně na tzv. povrchovou a hlubkovou reprezentaci, jakýsi stromeček větných členů a závislostí mezi nimi.

K převodu do druhého jazyka dojde v hlubkové reprezentaci, překladá se tedy „strom na strom“, viz obr. 2. Překladový slovník neobsahuje všechny tvary slov, stačí tvar základní. Za závěrečné skloňování a časování zodpovídá samostatná komponenta.

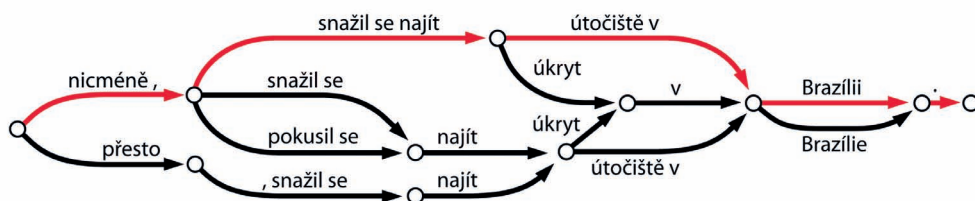
System s hlubkovým překladem sestává z mnoha součástí velmi odlišného charakteru. Pro počáteční větný rozbor se používají statistické nástroje trénované na závislostních korpusech (viz kapitola Lingvistická data pro jazykové technologie), překladový slovník vzniká automaticky z přeložených textů. Při překladu stromu na strom je však též prostor uplatnit celou řadu stabilních lingvistických pravidel, která charakterizují rozdíly mezi zdrojovým a cílovým jazykem.



Obr. 1: Překlady frází



Obr. 2: Ilustrace metody hlubkového překladu.



Obr. 3: Překlad téže věty jako u obr. 2, ale frázovým překladem

• Matematická sekce na MFF UK Praha

Matematická sekce se významnou měrou podílí na vědecké i pedagogické činnosti fakulty. Jsou řešeny domácí i zahraniční grantové projekty s bohatým publikačním výstupem v prestižních matematických časopisech, které vycházejí u nás i v zahraničí. Vědecká a odborná práce pokrývá široké spektrum disciplín moderní matematiky:

Algebra, Kryptografie, Matematická analýza, Geometrie, Numerická matematika, Matematické modelování, Teorie pravděpodobnosti, Matematická statistika, Ekonometrie, Finanční a pojistná matematika, Historie matematiky a Didaktika matematiky.

Členové sekce jsou nejen autory odborných publikací, učebnic matematiky pro základní, střední i vysoké školy, ale pracují také v redakčních radách českých i zahraničních časopisů, spolupodílejí se na přípravě i organizaci mezinárodních konferencí a workshopů. Velmi často se významně účastní práce výzkumných týmů v aplikovaných vědních oblastech vně matematiky, například v biologii, medicíně, ekologii, ekonomii a technice.

Výsledky práce matematické sekce byly oceněny v roce 2010, kdy se matematika na MFF UK v Praze zařadila jako jediný exaktní či přírodovědný obor v České republice do skupiny *excellence* v prestižním žebříčku *CHE Excellence Ranking*. Ke kritériím, podle kterých jsou evropská univerzitní pracoviště posuzována, patří vedle odborných hledisek také širší nabídky oborů v magisterském a doktorském studiu, mobilita studentů a učitelů, kvalita knihoven a informačních systémů. Nedílnou součástí hodnocení je posuzování úrovně života studentů z hlediska stipendií, školného, ubytování na kolejích či dostupnosti konzultací.

Matematická analýza

Funkcionální analýza

Topologie

Teorie diferenciálních rovnic

Variační počet

Deskriptivní teorie množin

Geometrická teorie míry

Prostory funkcí

Reálná a komplexní analýza

Analýza diferenciálních rovnic mechaniky kontinua

Matematické modelování

Matematické struktury

Mechanika kontinua

Modelování v lékařství

Riemannova geometrie

Numerická a výpočtová matematika

Hyperbolická geometrie

Maticové výpočty

Numerická analýza

Průmyslová matematika

Logika

Algebra

Kryptologie

Kombinatorika

Geometrie

Informační bezpečnost

Učitelství matematiky a deskriptivní geometrie

Didaktika matematiky a deskriptivní geometrie

Historie matematiky

Teorie pravděpodobnosti

Náhodné procesy

Matematická statistika

Stochastická geometrie

Stochastická analýza

Asymptotické metody

Ekonometrie

Biomedicínské a technické aplikace

Simulační metody

Optimalizace portfolií

Modelování ekonomických časových řad

Řízení rizik

Finanční a pojistná matematika

Oceňování finančních investic

Životní a neživotní pojištění

Analýza finančních časových řad



• **Matematická sekce**

Sokolovská 83, Praha 8-Karlín

Katedry v budově:

Katedra algebry

Katedra didaktiky matematiky

Katedra matematické analýzy

Katedra numerické matematiky

Katedra pravděpodobnosti a matematické statistiky

Matematický ústav UK

Témata:

Algebra, logika, kryptologie	... 108
Učitelství matematiky a deskriptivní geometrie	... 110
Matematická analýza a její aplikace	... 112
Numerická a výpočtová matematika	... 114
Teorie pravděpodobnosti, matematická statistika	... 116
Ekonometrie, finanční a pojistná matematika	... 118
Matematické modelování ve fyzice a technice	... 120
Matematické struktury – geometrická část	... 122

• Algebra, logika, kryptologie

Matematické struktury

Matematické struktury je souhrnné označení těch oborů matematiky, pro které je typická práce s abstraktními veličinami, jež mají jen částečnou oporu v intuici.

V průběhu více než staletí trvajícího vývoje moderní matematiky se ukázalo, že mnoho přirozených problémů – geometrických, kombinatorických i logických – lze převést do jazyka vzniklého zobecňováním jednoduchých číselných a geometrických vztahů.

Pojmy jako okruh, komutativní těleso nebo varieta se ukázaly nesmírně užitečné ve zcela jiných souvislostech než v těch, které jim daly vznik. Tato schopnost využít abstraktní princip v nových souvislostech je pro moderní matematiku typická.

Zdroje tohoto historického pohybu lze nalézat již v antickém myšlení, které jasně rozlišilo obecné a jednotlivé.

Moderní matematické myšlení se však od antického liší tím, že systematicky hledá a nalézá skrytou abstraktní strukturu v jevech, které jsou zdánlivě jednoduché a přímočaře popsání. Například algebraickou geometrii lze chápat jako abstrahované počítání s polynomy. Složitá teorie se přitom leckdy díky novému abstraktnímu pohledu překvapivě rozjasní.

Text pokračuje v kapitole o Matematickém ústavu, strana 122.

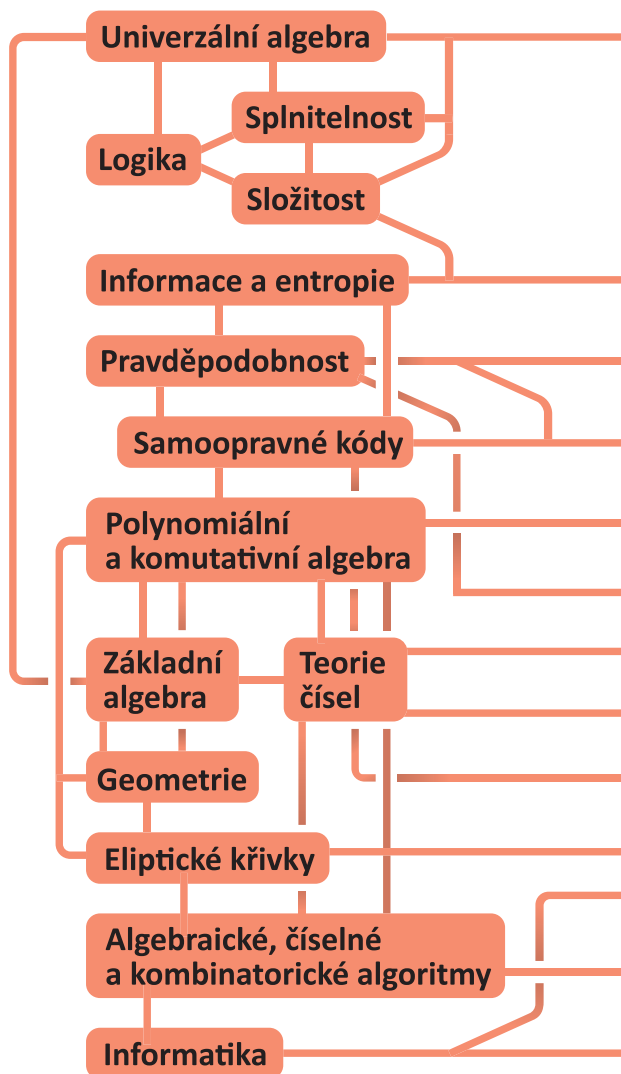
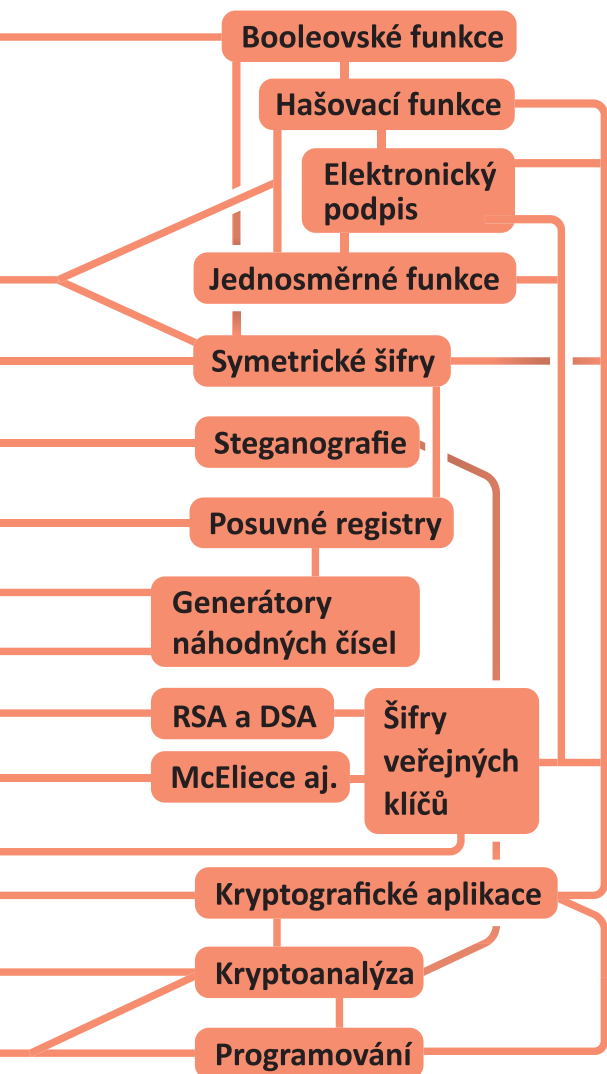


Diagram naznačuje, jak jsou matematické disciplíny, které jsou pro kryptologii důležité, provázány navzájem, a jak souvisí s hlavními kryptologickými systémy, pojmy a aplikacemi.

Podobný diagram, zachycující vztahy uvnitř algebry a logiky, by měl spíše podobu soustředných kruhů vyjadřujících proces abstrakce a individualizace.

Matematické metody informační bezpečnosti



Studijní obor **Matematické metody informační bezpečnosti** je garantován, a z větší části i vyučován, Katedrou algebry.

Studijní obor **Matematické struktury** vyučují Katedry algebry (algebra a logika), aplikované matematiky (kombinatorika) a Matematický ústav (geometrie).

Na výuce se podílejí i odborníci z praxe (programování, aplikovaná kryptografie, kryptoanalýza).

Jde o mladý studijní obor, jehož cílem je poskytnout na jedné straně široké základní matematické vzdělání, zvláště s ohledem na algoritmickou matematiku, a na druhé straně dostatek praktických znalostí, které by měly studentům usnadnit cestu ke konkrétnímu zaměstnání. Dostatek zajímavých možností se nabízí i těm, kteří se rozhodují pro dráhu akademickou.

Na bakalářské úrovni je ve srovnání s oborem Obecná matematika kladen větší důraz na standardní programátorské dovednosti a na algoritmickou stránku znalostí, jak z algebry, tak z teorie čísel. Vedle toho se studenti seznámí s principy nejdůležitějších kryptografických systémů a způsoby jejich praktických aplikací. Jádrem však zůstávají předměty teoreticky matematické. Na bakalářské úrovni je to zejména teorie čísel, teorie konečných těles a samoopravných kódů, a dále základy teorie algebraických křivek (které mají v kryptografii pozoruhodné aplikace).

Úroveň magisterská navíc zahrnuje studium kvantové informace, výpočetní složitosti a částečně též pravděpodobnosti. V předmětech prakticky orientovaných, to je struktura toku dat po internetu a jejich šifrování, hlavní kryptografické standardy a právní ochrana dat.

Tyto předměty vyučují odborníci, kteří se uvedenými tématy profesně zabývají. Navštivte nás na:

<http://www.karlin.mff.cuni.cz/katedry/ka/ka.htm>

• Učitelství matematiky a deskriptivní geometrie

KDM – Katedra didaktiky matematiky

Katedra didaktiky matematiky garantuje na MFF UK studium učitelství matematiky a deskriptivní geometrie pro střední školy a učitelství matematiky pro druhý stupeň základních škol. Podílí se i na přípravě studentů dalších fakult UK, kteří studují matematiku v kombinaci s dalšími předměty.

Členové katedry pracují v několika matematických disciplínách a v didaktice matematiky, zabývají se modernizací a inovací výuky, tvoří inspirativní úlohy propojující školskou matematiku se životem, studují rozvoj logického myšlení žáků a studentů, nejrůznější cesty k ovládnutí matematických znalostí a dovedností, např. finanční gramotnosti.

Nezapomínají ani na využití informačních technologií, počítačových a výukových programů, nenásilně vedou posluchače ke studiu přírodních věd a techniky.

Členové katedry pracují v redakčních a edičních radách odborných a popularizačních časopisů, českých i zahraničních.

Katedra pravidelně pořádá odborné a vzdělávací akce pro talentované studenty, pro doktorandy a učitele z praxe, zapojuje se do celoživotního

Funkce
Portál středoškolské matematiky

Úvod **Funkce** Další témata

Kvadratická
Funkce, jejíž funkční graf je rovinná parabola

Definice:
Kvadratická funkce je každá funkce f na množině \mathbb{R} , kde $a \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ a $b, c \in \mathbb{R}$.

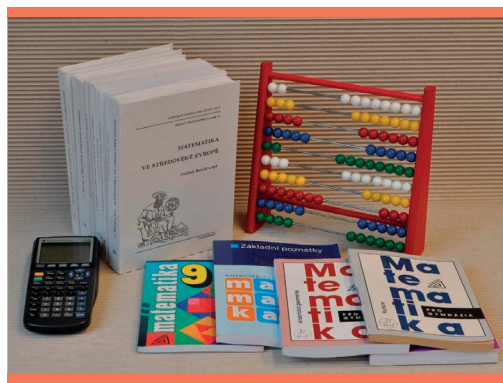
$$f: y = ax^2 + bx + c.$$

Vzdělávání, učebnice

Jednou z aktivit pracoviště je tvorba kvalitních výukových materiálů pro školskou matematiku. Členové katedry jsou autory učebnic, cvičebnic a sbírek úloh pro všechny typy škol od základních po vysoké, podílejí se na vytváření výukových webových stránek a vzorových didaktických testů. Katedra tak ovlivňuje úroveň vzdělávání matematice v celé ČR.

Dějiny matematiky

Intenzivní práce probíhá v dějinách matematiky. Pozornost je věnována zejména vývoji jednotlivých disciplín, matematice



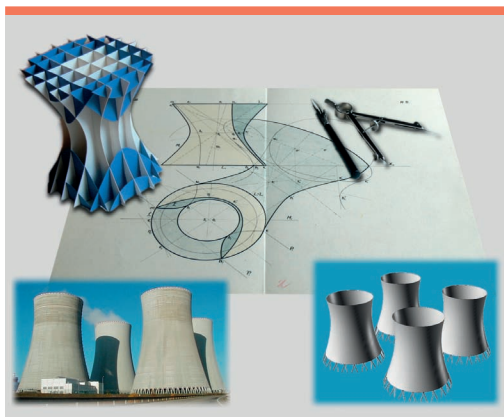
určitých období a mapování vývoje matematiky a jejího vyučování v našich zemích. Výsledky jsou pravidelně publikovány v edici **Dějiny matematiky**, v časopisech a sbornících domácích i zahraničních konferencí.

Pro matematiky, historiky, učitele a doktorandy je každoročně pořádána mezinárodní konference **Historie matematiky** a vzdělávací semináře.

Doktorské studium

Absolventi magisterských oborů mnohdy pokračují v doktorském studiu na oboru **Obecné otázky matematiky a informatiky**, který je zaměřen na elementární matematiku, vyučování matematice a dějiny matematiky. Témata prací jsou úzce spjata s výzkumnými oblastmi rozvíjenými na katedře a na spolupracujících institucích.

Individuální přístup k doktorandům, tematická rozmanitost studia, výchova k získávání znalostí, dovedností a pracovních návyků předznamenávají úspěšnost studia.



Na cestě od klasického rysu, přes model a počítačovou vizualizaci až k technickému využití nás nutně doprovází geometrie.

vzdělávání a do výuky na univerzitě třetího věku. Účastní se přípravy studentských soutěží a dalších odborných aktivit a prací.

KDM je jedním ze dvou pracovišť v republice, které nabízí studium deskriptivní geometrie. Ta se studuje výhradně v kombinaci s matematikou. Obor **MDg** je určen studentům se širokým zájmem o celé spektrum geometrických disciplín, jako je geometrie deskriptivní, diferenciální, projektivní, algebraická, počítačová, eukleidovská i neeukleidovská.

Studium začíná od počátku, od prostého rýsování přes ovládnutí řady geometrických programů, až po geometrii počítačovou a geometrické modelování. Klade důraz na vazby geometrie s uměním a architekturou i technickou praxí. Studijní program je obohacen o řadu výběrových přednášek a seminářů.

Bakalářské i diplomové práce našich posluchačů získávají ocenění jak v celostátních, tak v mezinárodních soutěžích SVOČ.

Jsou využívány jako klasické i elektronické učební texty nejen studenty naší fakulty, ale i učitelskou veřejností a členy katedry při dalším vzdělávání učitelů.

Někteří posluchači již během studia učí matematiku a deskriptivní geometrii na vysokých a středních školách. Absolventi získávají místa na katedrách matematiky technických a pedagogických fakult našich vysokých škol. Někteří z nich působí i v zahraničí. Více informací o nás můžete nalézt na stránce:

<http://www.karlin.mff.cuni.cz/katedry/kdm/>

• Matematická analýza a její aplikace

KMA – Katedra matematické analýzy

Matematická analýza je velmi důležitou disciplínou matematiky. Počátek klasické analýzy se většinou klade do 17. století, v souvislosti s výzkumem Isaaca Newtona a Gottfrieda Wilhelma Leibnize, kteří jsou považováni za zakladatele diferenciálního a integrálního kalkulu.

Klasická matematická analýza, reálná i komplexní, navazuje i dnes na pojmy definované Newtonem a Leibnizem, především ve své části, která se zabývá studiem teorie reálných funkcí. Sem patří například i moderní teorie derivací a integrálů a teorie výjimečných množin na reálné ose.

Dnešní moderní analýza se však nezabývá jenom „derivováním a integrováním“ a nepracuje jen na prostorech čísel – její metody se aplikují v široké škále složitých abstraktních prostorů. O některých z mnoha disciplín matematické analýzy si můžete podrobněji přečíst v jiné části této stránky.

Tam se také dozvíte, že přestože je matematická analýza především vysoce teoretickou (a obtížnou) vědní disciplínou, jsou její aplikace velmi široké. Matematickou analýzu lze studovat na MFF UK formou navazujícího magisterského, případně

Při studiu živé i neživé přírody, procesů fyzikálních, biologických, ekonomických i společenských se často používají matematické modely. Zákonitosti popisovaných jevů, vyjádřené jazykem matematiky, nabývají tvaru složitých rovnic, jejichž neznámými nejsou čísla, ale funkce nebo i složitější objekty. Při sestavování a řešení takovýchto rovnic hrají důležitou roli metody matematické analýzy.

Často se stává, že řešení rovnic nelze přímo „vypočítat“. Do popředí zájmu se proto dostávají otázky, zda vůbec daná řešení existují, případně kolik jich je a jaké mají vlastnosti. Zajímavou otázkou je také chování řešení závislých na čase pro velké hodnoty časové proměnné. Ukazuje se, že hodnoty i tzv. chaotických řešení se často blíží k poměrně nechaoticky vypadajícím množinám, tzv. atraktorům dané rovnice. Jeden z takových atraktorů si můžete prohlédnout na obrázku.

Metody tohoto výzkumu se nacházejí na pomezí dvou disciplín matematické analýzy, teorie diferenciálních rovnic a funkcionální analýzy. V teorii **diferenciálních rovnic** leží v popředí zájmu otázky spojené s existencí, jednoznačností a vlastnostmi jejich řešení, zatímco **funkcionální analýza** se obecněji zabývá studiem nekonečně rozměrných prostorů, ve kterých se daná řešení nacházejí. Funkcionálně analytický přístup umožňuje zacházet se složitými objekty (jako jsou například funkce) jako s „body“ v příslušném nekonečně rozměrném prostoru. Geometrická představitost zde hraje jistě důležitou roli, i když zejména v nekonečně dimenzionálních

prostorech si lze některé objekty představit jen velmi obtížně. Vždyť už například „jen“ čtyřrozměrná krychle je pro naši představivost poměrně obtížný úkol – viz obrázek.

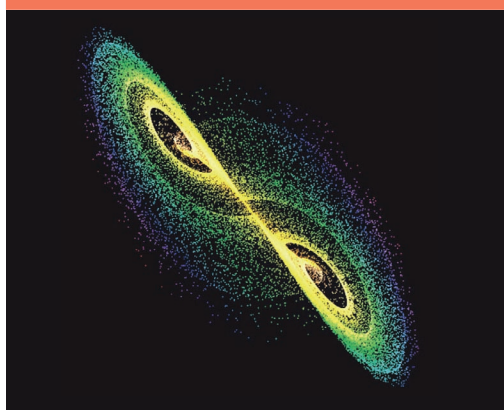
Abstraktněji zaměřená větev funkcionální analýzy zkoumá samotné nekonečně dimenzionální prostory a jejich strukturu z různých úhlů pohledu. Jak je příznačné pro matematiku, i ve funkcionální analýze je klíčové propojení různých myšlenkových proudů, například **klasické analýzy** s tzv. **topologií**, zkoumající podrobněji některé ryze geometrické aspekty abstraktních prostorů, ale také s teorií pravděpodobnosti či s teorií grup. Často také potřebujeme znát některé vlastnosti hledané funkce ještě dříve, než danou funkci nalezneme. Těmito problémy se zabývá podobor funkcionální analýzy zvaný **prostory funkcí**. Vlastnosti, které můžeme požadovat od funkcí, je pak možné sdělit ve formě seznamu všech možných prostorů, do kterých ona funkce patří.

Mezi disciplíny zkoumané na KMA patří i **geometrická teorie míry** a **variální počet**, jehož metodami se snažíme najít řešení, které minimalizuje energii daného systému. Jako příklad uveďme deformaci tělesa z elastického materiálu. V rámci výzkumu jsou hledány optimálních podmínky, které zaručí, že se materiál netrhá a lze jej zdeformovat zpět do původního tvaru.

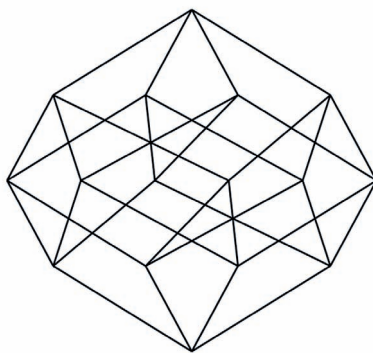
Dalším z oborů, kterému je na KMA věnována pozornost, je **deskriptivní teorie množin**. U matematických objektů (množin, funkcí, relací) je v rámci tohoto výzkumu studována složitost jejich definic. Jednu z důležitých metod tvoří tzv. nekonečné hry, při kterých dva hypotetiční hráči střídavě volí své tahy podle předem zadaných matematických pravidel. Splnění některých vlastností složitých matematických objektů pak překvapivě závisí na tom, zda první hráč má či nemá ve hře vítěznou strategii.

doktorského studia na Katedře matematické analýzy po absolvování bakalářského studia *Obecné matematiky*. Více informací o tomto studiu můžete nalézt na stránce:

<http://www.karlin.mff.cuni.cz/katedry/kma/>



Atraktor tzv. dynamického systému – časově závislého systému diferenciálních rovnic.



Průběh čtyřdimenzionální krychle do roviny.

• Numerická a výpočtová matematika

KNM – Katedra numerické matematiky

Numerickou a výpočtovou matematiku lze charakterizovat jako část matematiky zabývající se zpracováním matematických modelů pomocí výpočetní techniky.

Numerická matematika tedy realizuje přechod od čistě teoretické matematiky k prakticky použitelným výsledkům. Z tohoto hlediska ji lze považovat za velmi důležitou část matematiky.

S použitím numerické matematiky se lze setkat ve všech oblastech lidské činnosti – zejména v technice a přírodních vědách, ale i v ekonomice, pojišťovnictví, medicíně i jinde.

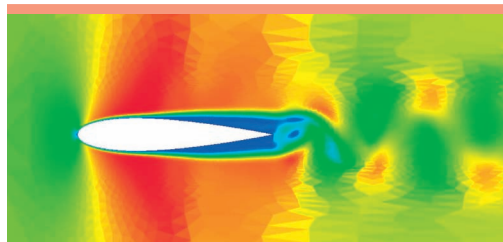
Obor numerická a výpočtová matematika si mohou zvolit posluchači po druhém ročníku, kdy získají dostatečný přehled o všech matematických oborech. Během prázdnin nabízí pracovníci katedry spolupráci na malých projektech, jež jsou též finančně honorovány.

Na těchto projektech si mohou budoucí případní studenti osahat „numerické řemeslo“ a získají tím první příležitost participovat na vědecké činnosti. V těchto projektech je možné dále pokračovat v rámci bakalářské či diplomové práce.

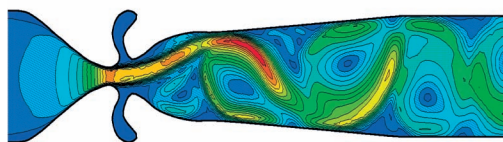
Počítačová mechanika tekutin

Významnou oblastí aplikací metod numerické a výpočtové matematiky, je počítačová mechanika tekutin. Jejím cílem je simulace složitých procesů v kapalinách a plynech a částečné nahrazení finančně náročných experimentů při vývoji letadel, turbín a jiných technologických celků.

Zajímavou problematikou je interakce tekutin a struktur s aplikacemi na vibrace křidel letadel, konstrukcí, ale také na proudění krve v cévách v srdci nebo vzniku hlasu v lidských hlasivkách.



Vizualizace rozložení Machova čísla (podíl rychlosti plynu a rychlosti zvuku) získaného numerickým řešením obtékání leteckého profilu vazkým plynem.



Rozložení rychlosti vzduchu při průchodu lidskou hlasivkou.

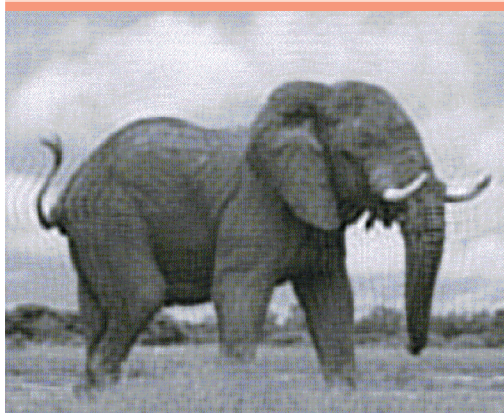
Zpracování a rekonstrukce obrazu

Zpracování a rekonstrukce obrazu představuje rychle se rozvíjející moderní oblast matematiky s aplikacemi v astronomii, radiologii, medicíně (CT, MRI) atd.

Data jsou zde typicky znehodnocena chybami z důvodu nepřesnosti měření, ztráty přenosem či kompresí. Cílem numerických metod zabývajících se řešením takovýchto úloh je získat co nejvěrnější rekonstrukci obrazové informace za současného potlačení chyb.



Fotografie znehodnocená náhodnými chybami (pohyb objektivu, vada čoček fotografického aparátu apod.).



Rekonstrukce fotografie získaná pomocí hybridní krylovovské metody.

Studijní plány zaměřené na numerickou a výpočtovou matematiku mohou vyhovovat studentům s nejrůznějšími náročnými zájmy. Dávají jim možnost seberealizace v oblasti aplikované matematiky se zaměřením na různé sféry přírodních, technických i humanitních věd, v oblasti tvořivé práce s počítačem, vytváření softwaru na vysoké úrovni a práci s počítačovými sítěmi, v oblasti počítačového modelování, simulace a řízení složitých struktur a procesů.

V neposlední řadě uspokojí i studenty zajímavící se o tzv. „čistou“ abstraktní matematiku při vytváření teorie výpočtových procesů, kde se uplatní hluboké znalosti nejrůznějších partií matematiky.

Absolventi numerické matematiky nacházejí uplatnění především tam, kde se používá výpočetní technika. Konkrétně jde o průmysl a ekonomiku, školství (zejména vysoké školy) a základní i aplikovaný výzkum.

Stejně jako absolventi ostatních matematických směrů mohou pracovat ve veřejné správě, justici, bankách apod. Nejlepší studenti mohou pokračovat v doktorandském studiu na různých pracovištích v České republice i v zahraničí (Francie, Německo, Velká Británie, USA).

Více informací o tomto studiu naleznete na stránce:

<http://www.karlin.mff.cuni.cz/katedry/knm/>

• Teorie pravděpodobnosti, matematická statistika

Teorie pravděpodobnosti

Teorie pravděpodobnosti je speciální součástí matematiky zabývající se studiem zákonitostí náhodných dějů.

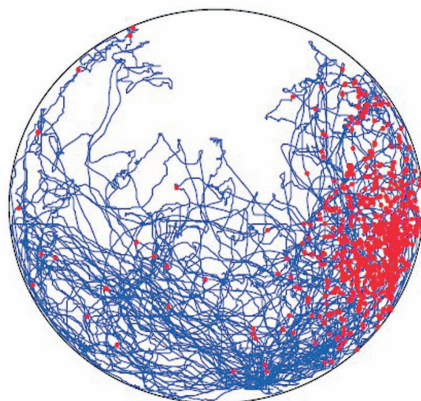
Disciplíny a pojmy, které staví na teorii pravděpodobnosti, mají často přívlastek náhodné nebo stochastické. Náhodný proces je model pro náhodný děj probíhající v čase nebo v prostoru. Takové modely mají široké použití ve fyzice, ekonomii, pojišťovnictví, biomedicině a dalších oblastech vědy a techniky.

Studium pravděpodobnosti a náhodných procesů dává posluchačům pevné teoretické základy nutné pro schopnost aplikace. Téma diplomové práce lze vybrat teoretické či se zaměřením na počítačové simulace, respektive aplikace. Zájemce o doktorské studium čeká poté vědecká výchova. Nabízíme studijní pobyty na předních univerzitách v oboru v zahraničí. Absolventi nacházejí uplatnění v akademické a vědecké sféře i mimo ni.

Teorii pravděpodobnosti a náhodné procesy je možné studovat formou magisterského a navazujícího doktorského studia na Katedře pravděpodobnosti a matematické statistiky po absolutoriu bakalářského oboru Obecná matematika.

Z výzkumu v oblasti teorie pravděpodobnosti vybíráme dvě témata. Stochastické diferenciální rovnice jsou typicky využívány v situaci, kdy je modelována dynamika procesů, u nichž je nutné uvažovat náhodné vlivy a spojitý čas. Zkoumají se hlavně kvalitativní vlastnosti možných řešení, které vypovídají o tom, do jaké míry je zvolený model rozumný. V konkrétních případech jsou pak řešení hledána pomocí simulací. Použití těchto metod je velmi široké v celé škále přírodních věd, v matematickém inženýrství a nověji též v některých oblastech společenských věd, ekonomii a finanční matematice.

Stochastická geometrie nabízí prostorové modely náhodných množin, např. bodové procesy, systémy částic, vláken a povrchů, náhodné mozaiky, které slouží



Časoprostorové modelování nervových impulsů (s FGÚ AV ČR).

k popisu reálných struktur v materiálovém výzkumu, biologii, medicíně, geologii a jiných vědách. Spojením teorie pravděpodobnosti, integrální geometrie, matematické morfologie a prostorové statistiky dostáváme nástroje pro exaktní matematické studium, ale též základy pro počítačové zpracování dvoj- či trojrozměrného obrazu a statistický popis variability. Další etapa zkoumání je dynamika v čase.

Příkladem realizovaných výzkumných úkolů v matematické statistice je projekt PIDEA. Jedná se o evropský projekt zaměřený na zrychlené únavové zkoušky komponent palubních počítačů pro velká dopravní letadla. Pozornost je soustředěna především na grafické karty palubních počítačů, které jsou srdcem moderních letadel. Jelikož se jedná o vysoce spolehlivá zařízení, která procházejí pravidelnou kontrolou a údržbou, není možné z běžného provozu získat pro odhad a analýzu spolehlivosti dostatek dat o případných poruchách. Za účelem získání dat jsou proto jednotlivé moduly podrobovány závažným zkouškám za výrazně vyšších teplot, vibrací a vlhkosti, než je zvykem v běžném provozu. Cílem je odhalit slabá místa jejich komponent a ověřit, zda tyto komponenty, respektive palubní počítač jako celek, splňují velmi přísné nároky regulátorů leteckého provozu.

Pracovníci a studenti doktorského studia Katedry pravděpodobnosti a matematické statistiky byli zodpovědní za efektivní plán experimentu, který v důsledku vedl k velkým finančním úsporám, a za statistické vyhodnocení získaných dat. Vývíjená metodologie se ukazuje vhodná i pro únavové zkoušky jiných zařízení a materiálů. Výstupem projektu jsou jak doporučení vedoucí ke zvýšení spolehlivosti, tak teoretické práce řešící obtížné matematické problémy, které se v průběhu únavových zkoušek objevují.

Matematická statistika

Matematická statistika vychází z moderní teorie pravděpodobnosti. Zabývá se především modely reálného světa, které berou v úvahu možné náhodné vlivy. Její metody jsou stále více využívány pro vyhodnocení informací založených pouze na částečných znalostech.

Studium nabízí získání hlubokých teoretických i praktických znalostí vhodných jak pro úspěšné uplatnění v praxi, tak pro navazující doktorské studium a akademickou kariéru. Studenti se seznámí se základy statistického uvažování i s metodami používanými v praxi včetně práce se statistickými programovými systémy.

Uplatnění absolventů je možné všude tam, kde se modelují a zpracovávají hromadná data, to jest při analýze dat pocházejících z oblastí, jakými jsou průmysl, biologie, medicína, sociologie, průzkumy veřejného mínění, státní správa, bankovní sektor a pojišťovnictví. Velmi zajímavé a tvůrčí uplatnění nabízejí vysoké školy a další akademické a výzkumné instituce.

Matematickou statistiku lze studovat v magisterském a navazujícím doktorském studiu na Katedře pravděpodobnosti a matematické statistiky po absolvování bakalářského studia Obecné matematiky.

Více informací o tomto studiu můžete nalézt na stránce:

<http://www.karlin.mff.cuni.cz/~kpms/>

• Ekonometrie, finanční a pojistná matematika

Ekonometrie

Ekonometrie využívá prostředky matematiky a matematické statistiky k modelování složitých ekonomických jevů náhodného charakteru. Věnuje se analýze a verifikaci těchto modelů, předpovídání vývojových trendů a optimálnímu rozhodování v rámci ekonomických systémů při neúplné nebo chybějící informaci.

Studenti ekonometrie se mohou zaměřit na finanční matematiku, na speciální partie matematické statistiky užívané v průmyslu a managementu, v průzkumu trhu ap., mohou si doplnit znalosti ekonomie, informatiky i abstraktní matematiky.

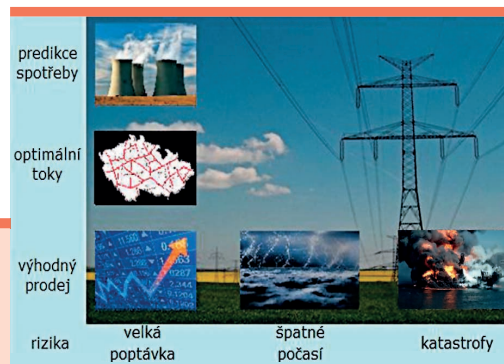
Uplatní se ve všech oblastech vyžadujících hlubší znalosti matematiky, matematické statistiky a ekonomie, především ve finančním sektoru a ve státním i soukromém managementu.

Ekonometrii lze studovat formou magisterského a doktorského studia na Katedře pravděpodobnosti a matematické statistiky. Magisterské studium navazuje na bakalářský obor Obecná matematika.

Ukázka reálných problémů z praxe řešených studenty ekonometrie v rámci projektového semináře.

Výzkumná činnost v oboru ekonometrie na Katedře pravděpodobnosti a matematické statistiky se soustřeďuje zejména na řešení problémů stochastické optimalizace, na testování struktury, stability a robustnosti stochastických programů, na hledání metod pro optimalizaci portfolií a řízení rizika včetně jejich výpočtové realizace, na generování scénářů budoucího vývoje, stresové (zátěžové) testy, studium užitečných funkcí, na modelování finančních a ekonomických časových řad. Například zde byly řešeny aktuální problémy Evropské měnové unie (EMU) v oblasti oceňování kreditních rizik pro neúplná a nehomogenní data.

S prakticky motivovanými problémy se studenti ekonometrie setkávají i ve výuce a při řešení diplomových prací. V rámci cvičení a seminářů se seznamují nejen s novými teoretickými výsledky, ale jsou vedeni také k týmové práci a k samostatnému zpracování konkrétních projektů podle požadavků a ve spolupráci se zadavatelem, což bývá většinou odborník z ekonomické praxe.

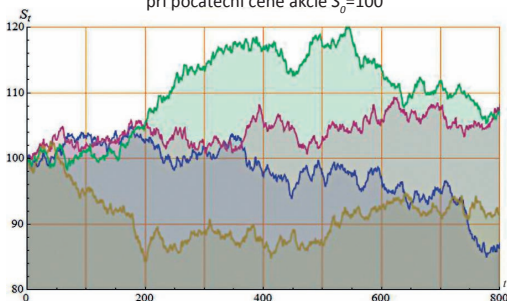


Množství nevyřešených problémů ve finanční a pojistné matematice, podobně jako v jiných oblastech matematiky, neustále narůstá. Finanční a pojistné produkty jsou díky globalizaci a zvyšující se konkurenci stále komplikovanější, obraty finančních transakcí nabývají enormních objemů (absolvent MFF UK je ředitelem společnosti pro algoritmické obchodování s obratem v řádu milionů miliard Kč).

Zvláštní postavení mezi absolventy oboru Finanční a pojistná matematika mají odpovědní pojistní matematici. Pojišťovny předkládají České národní bance výkaz schválený odpovědným pojistným matematikem vedeným v seznamu ČNB. V současnosti podmínky pro zapsání do tohoto seznamu splňují naši absolventi po tříleté praxi v pozici pojistného matematika.

V oblasti výzkumu je v popředí analýza a modelování jevů finanční povahy v bankách, pojišťovnách, penzijních fondech a jiných finančních institucích. Řeší se např. problémy solventnosti, analyzují se finanční časové řady. V současnosti je velká pozornost věnována modelování rizika, zejména kreditního (zjednodušeně řečeno případ, kdy dlužník nesplácí úvěr). V této souvislosti se studují charakteristiky jako je hodnota v riziku, koherentní míry rizika typu očekávaná extrémní ztráta aj. Z metodického hlediska se často užívají simulační metody, jak je naznačeno v níže uvedeném zjednodušeném obrázku.

4 možné vývoje ceny akcie S_t v období 800 dnů při počáteční ceně akcie $S_0=100$



Finanční a pojistná matematika se věnuje navrhování finančních a pojistných produktů a tvorbě odpovídajících matematických modelů.

Svět financí a pojišťovnictví ovlivňuje procesy, které ve své podstatě jsou stochastické (náhodné). Např. pojišťujeme budoucí událost, o které nevíme, zda nastane či ne.

Studenti tohoto oboru získají znalosti finanční matematiky a finančního managementu, moderních softwarových systémů včetně symbolické matematiky (program Mathematica), účetnictví a oceňování finančních investic. Na magisterském stupni pak hlubší znalosti stochastické analýzy, životního a neživotního pojištění a teorie rizika. Diplomové práce jsou často vedeny odborníky z praxe a řeší se v nich aktuální problémy.

Absolventy nalezneme téměř ve všech finančních institucích, auditorských firmách i ve státní správě. Někteří jsou členy představenstev akciových společností spojených s finančnictvím a pojišťovnictvím.

V osnovách bakalářského profesního oboru Finanční matematika jsou zahrnuty i některé pojistně-matematické disciplíny.

Po absolvování bakalářského oboru Obecná matematika se nabízí na Katedře pravděpodobnosti a matematické statistiky studium magisterského a doktorského oboru Finanční a pojistná matematika.

Více informací o tomto studiu můžete nalézt na stránce:

<http://www.karlin.mff.cuni.cz/~kpms/>

• Matematické modelování ve fyzice a technice

Matematický ústav Univerzity Karlovy

Matematické modelování ve fyzice a technice je unikátní náročné mezioborové studium, které spojuje matematickou analýzu, numerickou matematiku a fyziku.

Studenti tohoto oboru jsou v úzkém kontaktu se studenty analogického oboru na programu Fyzika, blíže viz strana 68. Věříme, že modelování složitých problémů vyžaduje nejen hluboké znalosti v daném specializovaném oboru, ale také široké povědomí o obecných metodách a nejnovějších výsledcích dostupných ve všech výše zmíněných oborech.

Tento přístup uplatňujeme hlavně při studiu problémů v mechanice kontinua. Přes značnou šíři záběru udržujeme vysokou kvalitu výuky ve všech oblastech. Snažíme se, aby studentům přednášeli vždy specialisté v daném oboru a chceme, aby studenti zvládali na špičkové úrovni jak matematiku, tak fyziku.

Snažíme se, aby naši absolventi byli schopni překlenout komunikační bariéry mezi inženýry, teoretickými matematiky, fyziky, programátory, a přispět tak k řešení problémů, které svou povahou přesahují rámec jednoho oboru. Díky těmto schopnostem se naši absolventi snadno uplat-

Mechanika kontinua

Mnohé „tradiční“ materiály (kupříkladu tělní tekutiny) i materiály vyrobené novými technologiemi mají na makroskopické úrovni zajímavé vlastnosti. Tekutina například může „samovolně šplhat“ vzhůru po rotující tyči ponořené do tekutiny (zapátrejte na internetu po Weissenbergově jevu), může se sama „zpevnit“, pokud ji vystavíme rychlé deformaci (klíčové slovo je shear-thickening nebo liquid armor). Pro popis takových jevů je vhodné použít klasickou fyziku a pojem „spojitého prostředí“, neboli mechaniku kontinua. Ukazuje se, že navrhnout dobrý model, který by byl jednoduchý a zároveň dostatečně přesně popisoval daný jev, je velmi těžké. Mnohé z modelů používaných v mechanice kontinua jsou mladší než kvantová mechanika a obecná teorie relativity. Tedy klasická fyzika má stále co říci! Na matematickém modelování se zabýváme formulací příslušných modelů a zkoumáním jejich matematických vlastností.

Modelování v lékařství

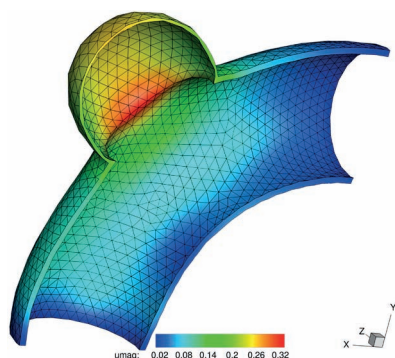
Typickým zdrojem těžkých problémů, které vyžadují dobré znalosti matematiky a fyziky, je modelování v lékařství, například modelování proudění krve.

Mechanické chování krve není popsitelné klasickými materiálovými modely. Navíc je nutné sledovat řadu biochemických reakcí, které jsou důležité v případě, že chceme zachytit například srážení krve. K tomu je třeba přidat přesný popis cév, které sestávají z mnoha anizotropních vrstev a které se deformují vlivem proudění krve.

To vše se musí skloubit dohromady, abychom dostali model využitelný kupříkladu ke studiu vlastností umělých srdečních náhrad. Modelováním krve samozřejmě matematické modelování nekončí, studujeme i materiály s tvarovou pamětí, šíření trhlin v kovech, vícesložkové materiály a vícefázové proudění. Ve všech těchto případech se také zabýváme matematickou analýzou a numerickým řešením příslušných parciálních diferenciálních rovnic.

Centrum Jindřicha Nečase pro matematické modelování

Nečasovo centrum je vědecké centrum, jehož jsme zakládajícími členy a na jehož činnosti se podílíme. Centrum propojuje vědecké aktivity několika českých institucí, kromě MFF UK jsou to například oddělení evolučních diferenciálních rovnic Matematického ústavu Akademie věd České republiky (AV ČR) nebo oddělení výpočetních metod Ústavu informatiky AV ČR. Centrum umožňuje pravidelně zvat špičkové zahraniční vědce na dlouhodobé přednáškové a výzkumné pobyty, je partnerem podobných institucí v zahraničí.



Proudění v elastické trubici s výduti. Řešení Navierových-Stokesových rovnic pro proudění spolu s elastickým problémem pro deformaci stěny.

ňují v aplikované matematice, fyzice a technice, a to jak v akademické, tak i komerční sféře u nás i v zahraničí.

Během studia se naučíte klást otázky o povaze přírodních jevů, navrhnout matematické modely těchto jevů, modely analyzovat a provádět s jejich pomocí počítačové simulace.

Důležitou součástí studia je ovládnutí schopnosti rozpoznat, jaké charakteristiky jsou pro popis daného jevu klíčové a jaké lze zanedbat.

Jakmile na základní úrovni ovládnete nezbytné nástroje, dále se specializujete, a to volbou tématu diplomové práce, které většinou souvisí s mechanikou kontinua.

Nemusíte však zůstat jen u mechaniky kontinua či případně aplikací v geofyzice nebo lékařství, můžete se také věnovat matematické analýze nebo numerickému řešení úloh z jiných oblastí. Navíc budete mít možnost podílet se na projektech institucí zapojených do Nečasova centra pro matematické modelování.

Je samozřejmostí, že studenti vyrazí na studijní pobyty do zahraničí. Dlouhodobými partnery jsou mimo jiné Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg (společný doktorský studijní program), University of Oxford nebo Texas A&M University.

Naši studenti jsou také zakládajícími členy univerzitní studentské komory Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), jejímž posláním je umožnit studentům navazovat kontakty s podobnými skupinami ve světě a rozvíjet tak nejen vědecké aktivity, ale i organizační schopnosti. <http://www.karlin.mff.cuni.cz/katedry/mu/index.php>

• Matematické struktury – geometrická část

Matematický ústav Univerzity Karlovy

Matematika se historicky vyvíjela především jako jazyk nutný pro popis fyzikálních jevů. Nejvíce viditelný je tento vliv v geometrii (kovariantní derivace jsou pod fyzikálním názvem kalibrační pole používány pro jednotný popis interakcí elementárních částic; Riemannova geometrie poskytl nezbytný jazyk Einsteinově teorii gravitace).

Vliv moderních částí teoretické fyziky na současnou matematiku v posledních desetiletích dramaticky vzrostl a vedl ke vzniku mnoha nových částí matematiky, které jsou typicky mezioborové.

Pod vlivem teoretické fyziky vznikaly celé nové obory matematiky (supersymetrické teorie, nekomutativní geometrie, teorie kvantových grup, matematická teorie pro kvantové počítače, nebo matematika potřebná pro kvantovou teorii pole a teorii strun).

Tento nový vývoj se odráží i v koncepci oboru matematických struktur. Ve své geometrické, a do značné míry i algebraické části je mnohem blíže k teoretické fyzice a všem absolventům dává široce založené vzdělání, užitečné pro široké spektrum různých oborů.

Přelomem v chápání geometrie přirozeného světa byl objev tzv. neeuklidovské geometrie na počátku 19. století. Byl jím vyřešen tisíciletý problém tzv. pátého Euklidova axiomu, který v euklidovské rovině říká, že daným bodem lze k dané přímce vést jedinou rovnoběžku.

N. Lobačevski popsal tzv. hyperbolickou geometrii, kde pátý axiom neplatí, tedy v ní lze (při zachování všech ostatních axiomů) vést takových rovnoběžek více. Hyperbolickou geometrii objevili prakticky současně také C. F. Gauss a J. Bolyai. Tím byla otevřena brána do velmi bohatého světa mnoha různých neeuklidovských geometrií.

Zásadní roli v popisu a klasifikaci těchto nových geometrií hrál Erlangenský program, který formuloval německý matematik F. Klein a který později rozvíjeli Klein, Riemann, Poincaré a další. Poincarého kruhový model hyperbolické roviny je znázorněn na následující stránce.

Kromě hyperbolické geometrie byla také popsána sférická geometrie. Již od antiky bylo známo, že je povrch Země zakřivený, ale nebylo zřejmé, jaký má tvar. Když Kolumbus umíral, věřil, že Země má tvar hrušky. Ani když se první loď po obeplutí světa vrátila zpět, nebylo vyloučené, jestli Země nemá tvar pneumatiky.

Henri Poincaré našel v roce 1904 způsob, jak charakterizovat dvourozměrnou sféru (nebo její deformaci) a zároveň formuloval domněnku, že podobná charakterizace je pravdivá také ve vyšších dimenzích. To je zajímavé obzvláště v dimenzi 3, protože dodnes není jasné, jaký je tvar vesmíru, ve

kterém žijeme. Einsteinova teorie relativity říká, že vesmír je zakřivený, ale neříká, jak přesně vypadá.

V roce 2000 formulovali špičkoví matematici současnosti 7 hlavních neřešených matematických problémů a Clay Mathematics Institute vypsal odměnu milión dolarů na vyřešení každého z nich. Jedním je Poincarého domněnka v dimenzi 3. V roce 2003 dokázal pravdivost Poincarého domněnky Grigori Perelman (a odměnu za vyřešení odmítl přijmout).

Na obrázku vidíme Poincarého kruhový model hyperbolické geometrie. Hraniční kružnice představuje body „v nekonečnu“, přímky v této geometrii jsou tvořeny oblouky kružnic (kolmých na hraniční kružnici), případně úsečkami, které procházejí středem kruhu. Všechny znázorněné trojúhelníky mají stejnou hyperbolickou velikost. Zároveň se jedná o jedno z nekonečně mnoha možných pravidelných dláždění hyperbolické roviny. Jeho symetrie nesou zajímavou algebraickou strukturu. Podobná témata se často vyskytovala ve výtvarných dílech M. C. Eschera.

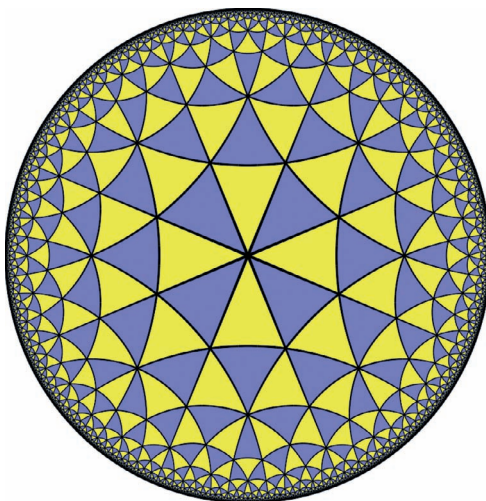
Hyperbolická rovina má na rozdíl od euklidovské záporné konstantní zakřivení, díky čemuž se „nevejde“ do euklidovské roviny. Její třírozměrná analogie, tedy hyperbolický prostor, se objevuje v Einsteinově obecné teorii relativity a v podstatě se projevuje zakřivením světelných paprsků v okolí hmotných objektů.

Rovnoběžné jsou přímky, které se potkávají na hraniční kružnici. Snadno poznáme, že k dané přímce lze daným bodem vést přesně dvě takové rovnoběžky.

Studium matematických struktur vyžaduje proto dobře rozvinuto schopnost abstraktního myšlení a přijímání nových pojmů. Ve všech oborech, jež se v rámci matematických struktur studují, tedy v algebře, geometrii, kombinatorice a logice, probíhá na MFF UK výzkum špičkové světové úrovně.

Hlavním cílem oboru je studenty pro takový výzkum dobře připravit. Samozřejmě ne každý absolvent nakonec najde uplatnění v akademické sféře, o které ostatně budou usilovat jen někteří. Ti ostatní shledají, že průprava v práci s abstraktními pojmy a ve schopnosti propojit obecné principy s konkrétními příklady je činí na trhu práce atraktivnější daleko více, než by se mohlo zdát. Naše stránky:

<http://www.karlin.mff.cuni.cz/katedry/mu/index.php>



Obsah

O matfyzu a jeho vedení	... 6
Dynamika fakulty za desetiletí	... 8
Rozvoj fakulty za posledních 10 let	... 10
O studentech matfyzu	... 20
Sport a Albeř	... 22
Vnější vztahy a propagace	... 24
Fyzikální sekce na MFF UK Praha	... 26
Rejstřík fyzikální sekce - Troja	... 28
Rejstřík fyzikální sekce - Ke Karlovu	... 30
Astronomie a astrofyzika	... 32
Biofyzika	... 34
Optoelektronika	... 36
Experimenty ve výuce fyziky	... 38
Fyzika pro učitele, děti, mládež a širokou veřejnost	... 40
Fyzika plazmatu, poznání čtvrtého skupenství hmoty	... 42
Fyzika povrchů, tenkých vrstev a nanostruktur	... 44
Mikrostruktura a vlastnosti moderních materiálů	... 46
Kvantové jevy v kondenzovaných soustavách	... 48
Elektronové vlastnosti kovových materiálů	... 50
Krystalová a magnetická struktura	... 52
Fyzika Země a planet	... 54
Chemická fyzika a kvantová chemie	... 56
Moderní optická spektroskopie	... 58
Jádra a částice	... 60
Klima, počasí a fyzika atmosféry	... 64
Teoretická fyzika	... 66
Modelování ve fyzice a technice	... 68

Historie a perspektivy informatické sekce na MFF UK Praha	... 70
Rejstřík informatické sekce	... 74
Kombinatorika a teorie grafů	... 76
Algoritmy a optimalizace	... 78
Diskrétní a výpočetní geometrie	... 80
Softwarové komponenty	... 82
Verifikace programů	... 84
Tvoříme přívětivější web	... 86
Webové a XML inženýrství	... 88
Servisně orientované systémy	... 90
Podobnostní vyhledávání	... 92
Počítačová grafika	... 94
Deklarativní programování	... 96
Umělá inteligence	... 98
Lingvistická data pro jazykové technologie	... 100
Strojový překlad – sen a realita	... 102
Matematická sekce na MFF UK Praha	... 104
Rejstřík matematické sekce	... 106
Algebra, logika, kryptologie	... 108
Učitelství matematiky a deskriptivní geometrie	... 110
Matematická analýza a její aplikace	... 112
Numerická a výpočtová matematika	... 114
Teorie pravděpodobnosti, matematická statistika	... 116
Ekonometrie, finanční a pojistná matematika	... 118
Matematické modelování ve fyzice a technice	... 120
Matematické struktury – geometrická část	... 122

kolektiv autorů

60 let

Matematicko-fyzikální fakulty
Univerzity Karlovy

Vydal

MATFYZPRESS

vydavatelství Matematicko-fyzikální fakulty

Univerzity Karlovy v Praze

Sokolovská 83, 186 75 Praha 8

jako svou 393. publikaci

Grafická úprava Tomáš Brechler

2. upravené vydání

Praha 2012

ISBN 978-80-7378-199-6

ISBN 978-80-7378-194-1 (1. vydání)

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

matematicko-fyzikální fakulta

