



**FAKULTA
JADERNÁ
A FYZIKÁLNĚ
INŽENÝRSKÁ
ČVUT V PRAZE**

U
P
P
R
E
P
R
A
T
E



Slovo děkana



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze byla v roce 1955 založena jako jedna z důležitých součástí československého jaderného programu. Během své existence se vyprofilovala ve špičkovou vědeckou instituci, která se zaměřuje zejména na matematiku, fyziku, jadernou chemii, materiály, elektroniku i informační technologie a samozřejmě také jaderné reaktory. Excelentní vědu kombinuje s kvalitní výukou studentů.

Fakulta disponuje unikátními zařízeními, která přitahují vědce i studenty z celého světa. Nejde zdaleka jen o školní štěpný reaktor či tokamak Golem. Máme také špičkově vybavené chemické laboratoře, laserové laboratoře, fraktografické pracoviště, centrum pro detekční systémy, PlasmaLab@CTU, kvantovou laboratoř a mnohá další, která dále vylepšujeme a rozšiřujeme.

Dokladem mimořádně dobrého vědeckého zázemí je kromě technického vybavení také skutečnost, že ačkoliv jsme počtem studentů bakalářského a magisterského studia nejmenší z osmi fakult ČVUT, v počtu doktorandů jsme čtvrtí! Čtvrtí jsme i co se týče počtu akademických pracovníků a stejnou příčku máme, když počítáme pouze počet profesorů působících na fakultě. V počtu citací i v počtu publikací, což se považuje za důležitý ukazatel vědeckého výkonu, si přitom držíme dlouhodobě třetí příčku v rámci univerzity. Můžeme se pochlubit též tím, že jsme třetí v počtu odborníků z aplikační sféry podílejících se na výuce a praxi v akreditovaných studijních programech.

Studium u nás je náročné, to nezastíráme. Nicméně odměnou je absolventům Jaderky to, že je po nich velká poptávka. Jaderňáky najdeme nejen ve vedení velkých korporací, ale také třeba v politických funkcích. Mnozí absolventi na fakultě zůstávají, případně přecházejí do vědeckých pozic na prestižních pracovištích po celém světě. Jsem rád, že rodina Jaderňáků se stále rozrůstá a že je stále zárukou té nejvyšší kvality a odbornosti, ale i schopnosti spolupráce.

doc. Ing. Václav Čuba, Ph.D.

děkan Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze

O fakultě

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze patří k předním vědeckým a vzdělávacím institucím v České republice. Její unikátní vybavení a odborníci v poměrně širokém rozsahu oborů – od matematiky přes fyziku, chemii, materiálové vědy, elektroniku, kvantové technologie až po jaderné reaktory – mají mezinárodní renomé.

Zkušení vědci se podílejí na rozsáhlých mezinárodních projektech ať už přímo na půdě fakulty či během krátkodobých i dlouhodobých zahraničních výjezdů. Mnozí tak působí ve švýcarském CERNu, další třeba v americkém BNL, jihokorejském KINGS a na mnoha dalších vědeckých pracovištích či univerzitách. V řadě vědeckých kolaborací zastávají zaměstnanci fakulty i významné vedoucí role. Velmi dobré reference se na fakultu vrací ze zahraničních institucí také na adresu studentů fakulty, kteří se přímo na nich zapojují do výzkumné práce.

Svá pracoviště má fakulta rozdělena do čtyř hlavních lokalit. Kromě hlavní budovy v centru Prahy (Břehová 7) tak lze další laboratoře i výukové prostory nalézt u Karlova náměstí (Trojanova 13), na rozhraní Troji a Libně (V Holešovičkách 747/2) a také v Děčíně (Pohraniční 1288/1). Fakulta postupně modernizuje tak, aby mohly poskytnout co nejlepší zázemí nejen vědcům, ale i studentům. O jejich kvalitách vypovídají také četné úspěchy v nejrůznějších vědeckých soutěžích – Cenách Wernera von Siemens, Cenách Henriho Becquerela, Cenách Josefa Hlávky, Cenách Milana Odehnala a mnoha dalších....

Průběžně se také proměňuje a doplňuje technické vybavení a specializovaná vědecká zařízení, z nichž některá jsou unikátní. Zdaleka nejde jen o školní reaktory a na ně navázané další vybavení. Jde například o dozimetrické laboratoře vybavené pro měření ionizujícího záření z donesených vzorků, ale i pro záznamy ve volném prostředí, či jejich detektory sloužící například pro unikátní analýzy historických artefaktů. Podobně jsou důležité také chemické laboratoře pro práci s radioaktivním materiálem, fraktografické pracoviště, či třeba systémy pro vysokovýkonné výpočty. Reaktor VR-1 je součástí mezinárodní sítě reaktorů, které byly ve spolupráci s Mezinárodní agenturou pro atomovou energii (MAAE) vybaveny systémem Internet Reactor Laboratory pro vzdálenou výuku. Jejich předností využívají lidé prakticky z celého světa.

Fakulta má také velmi bohaté zkušenosti se spoluprací s průmyslovou sférou. Jmenovat lze například firmy, jako je Aero, ČEZ, ČZ, GE Aviation, Honeywell, KHNP, Nuvia či Škoda JS. Kromě společného vývoje jde například o vedení studentských prací, stáže či spolupráci při náborech zaměstnanců. Zaměstnanci fakulty se také podílejí na expertízách unikátních uměleckých děl, jako například Relikviář sv. Maura.

Unikátní detektory vyvinuté v rámci společného projektu FJFI, společnosti esc Aerospace a Ústavu jaderné fyziky AV ČR (ÚJF) obíhající od roku 2019 na oběžné dráze Země, o dva roky později doplnil další detektor, který tentokrát vynesla raketa Falcon.



Katedry

Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření (KDAIZ)

experimentální jaderná fyzika a technika, osobní dozimetrie, problematika životního prostředí, dozimetrie jaderně energetických zařízení, metrologie záření, aplikace ionizujícího záření, výzkum památek a jejich datování

Katedra fyzikální elektroniky (KFE)

fyzika a technika laserů, aplikace laserů v různých oblastech od medicíny přes optiku po nanotechnologie či kosmické technologie, rentgenová fotonika a nanofotonika, počítačová fyzika pro simulace interakcí laserového záření s hmotou, kvantové technologie, molekulová fotofyzika a spektroskopie

Katedra fyziky (KF)

problémy matematické fyziky, kvantové informace a komunikace, jaderná částicová fyzika a fyzika plazmatu a tokamaků

Katedra humanitních věd a jazyků (KHVJ)

výuka jazyků pro studenty a zaměstnance fakulty, výuka společenských věd a předmětů a výuka češtiny a intenzivní příprava pro studium na VŠ pro zahraniční studenty

Katedra inženýrství pevných látek (KIPL)

klasická a kvantově mechanická teoretická a experimentální fyzika pevných látek, atomární struktura pevných látek a jejich nejdůležitějších fyzikálních vlastností podle typu látek, jejich vlastností a analytických postupů

Katedra jaderné chemie (KJCH)

obecná, fyzikální, anorganická, organická a analytická chemie a biochemie, aplikovaná jaderná chemie, chemie životního prostředí a radioekologie či jaderná chemie v biologii a medicíně

Katedra jaderných reaktorů (KJR)

jaderné technologie, jaderná energetika a ochrana před ionizujícím zářením, reaktorová a neutronová fyzika a termohydraulika, bezpečnost jaderných zařízení, jaderné palivové cykly a vyhořelé palivo

Katedra matematiky (KM)

aplikovaná matematika: fyzikální, biologické a sociální systémy, aplikovaná algebra a analýza, modelování a numerické simulace, diskrétní matematika

Katedra materiálů (KMAT)

fyzika pevných látek, aplikovaná mechanika, lomová a počítačová mechanika, vlastnosti materiálů, fyzikální metalurgie, teorie spolehlivosti

Katedra softwarového inženýrství (KSI)

základy programování a algoritmizace, databáze SQL, práce s jazyky Java, Python apod., aplikace softwarového inženýrství



Výzkumná centra

Školní jaderné reaktory VR-1 a VR-2

Fakulta má hned dva štěpné jaderné reaktory. Od roku 1990 provozuje lehkovodní výukový jaderný reaktor bazénového typu VR-1. Díky systému Internet Reactory Laboratory se využívá i pro vzdálenou výuku. Od roku 2022 pak má fakulta ještě podkritický reaktor VR-2. Ten pro udržení štěpné řetězové reakce potřebuje externí zdroj neutronů. Oba reaktory slouží nejen jako vědecká zařízení, ale zejména jako pomůcka studentům českých i zahraničních technických škol. Probíhá zde také výcvik pracovníků jaderných elektráren, mezinárodní kurzy zaměřené na reaktorovou fyziku, školí se zde profesionální pracovníci pro jadernou oblast v rozvojových zemích, a dokonce zde mívají cvičení i jednotky IZS.

www.reactorvr1.eu

Fúzní tokamak Golem

Unikátní vzdělávací a badatelské zařízení pro zvládnutí termojaderné řízené fúze, které je studentům a vědcům z celého světa dostupné v reálné podobě, ale také prostřednictvím internetu jako vzdálený experiment. Probíhají na něm exkurze, demonstrace, workshopy a praktické laboratoře zaměřené na fyziku, techniku a diagnostiku vysokoteplotního plazmatu tokamakového typu. Ve vědecké oblasti se zde zkoumá chování tzv. ubíhajících elektronů a fyzika okrajového plazmatu prostřednictvím celé škály elektrostatických sond.

golem.fjfi.cvut.cz

Stanice laserového družicového radaru v Egyptě

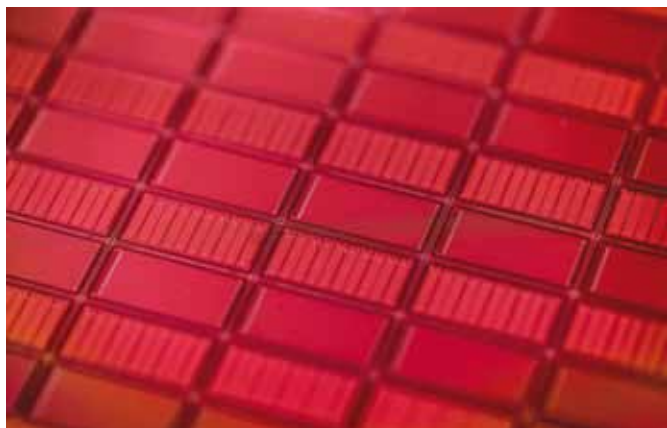
Stanice laserového družicového dálkoměru nedaleko Helwanu (Egypt), je společným pracovištěm astronomického oddělení egyptského Národního výzkumného ústavu astronomie a geofyziky (NRIAG) a katedry fyzikální elektroniky FJFI. Slouží k velmi přesnému měření vzdáleností mezi referenčním bodem stanice a některými družicemi.

kfe.fjfi.cvut.cz/~blazej/cz/res/prj/helwan.html

Dopplerův ústav pro matematickou fyziku a aplikovanou matematiku

Dopplerův institut (DI) byl založen v roce 1993 a pracují v něm zaměstnanci FJFI (kateder matematiky a fyziky), Akademie věd ČR (Ústavu jaderné fyziky) a Univerzity Hradec Králové. Institut pomáhá talentovaným studentům a doktorandům na počátku jejich aktivní vědecké činnosti a umožňuje kontakt s domácími i zahraničními odborníky.

doppler.ujf.cas.cz



Centrum aplikované fyziky a pokročilých detekčních systémů (CAPADS)

Mikroelektronické pracoviště FJFI spolu s průmyslovými partnery z oborů aerospace a jaderných technologií vytvořilo konsorcium za účelem výzkumu a vývoje detekčních systémů ionizujícího záření pro aplikace v medicínské diagnostice, radioterapii, dozimetrii záření, defektoskopii a dalších oborech. Vyvíjí radiačně-odolnou mikroelektroniku a pokročilé detekční systémy s využitím nejnovějších polovodičových technologií, které se využívají v těch nejnáročnějších podmínkách, jako jsou urychlovače pro výzkum v částicové fyzice či v projektech ve vesmíru. CAPADS také zajišťuje transfer technologií ze základního výzkumu do praktických aplikací. Do špičkových mezinárodních projektů zapojuje také studenty fakulty.

capads.fjfi.cvut.cz

Multidisciplinární výzkumné centrum moderních materiálů AdMat

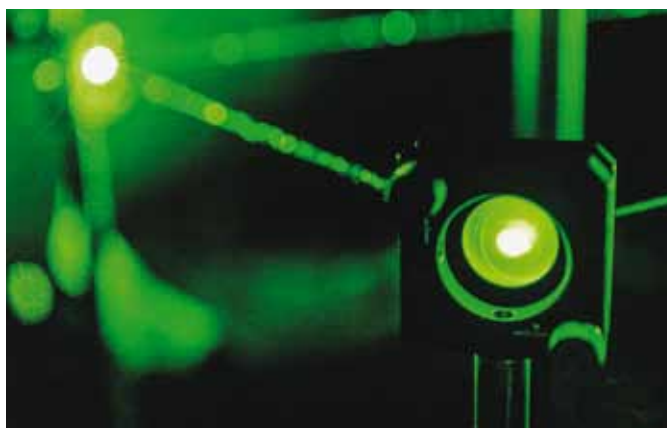
Multidisciplinární výzkumné centrum moderních materiálů sdružuje pracoviště MFF UK – Katedru fyziky kovů, FJFI – Katedru inženýrství pevných látek, Katedru matematiky a Katedru materiálů, Fyzikální ústav AV ČR – oddělení Funkčních materiálů, Ústav fyziky plazmatu AV ČR – Oddělení materiálového inženýrství, Ústav jaderné fyziky AVČR a Ústav termomechaniky AVČR – Laboratoř ultrazvukových metod.

admat.fjfi.cvut.cz

Nanobiofotonika pro medicínu budoucnosti

Základní orientovaný výzkum v oblasti biofotoniky se zaměřením na biosenzory založené na fotonických nanostrukturách zahrnuje jak výzkum fotonických jevů na kovových nanostrukturách, tak propojení těchto nanostruktur s biomolekulami a studiu interakcí mezi nimi.

www.ufe.cz/cs/nanobiofotonika-pro-medicinu-budoucnosti-projekt-excelence



Fraktografické pracoviště

Fraktografické pracoviště sleduje procesy porušování celé řady velmi rozmanitých materiálů, nejen kovů a slitin, ale například také keramiky, plastů, gumy či skla (sledovány byly i biologické preparáty jako dřevo či zuby). Vyvíjí metody teoretického i experimentálního výzkumu, metody kvantitativní fraktografie či sleduje pravděpodobnostní aspekty šíření trhlin.

fraktografie.fjfi.cvut.cz

PlasmaLab@CTU

Laboratoř horkého plazmatu a fúzní techniky, zkráceně PlasmaLab@CTU, spolu s tokamakem Golem tvoří mezinárodní centrum pro výzkum termojaderné fúze na fakultě. Laboratoř disponuje experimentálním vybavením pro výzkum termojaderné fúze. Vědci i studenti zde mají k dispozici soustavu vakuových komor, možnost práce s pěti různými plyny, lineární magnetickou past, rezonanční dutinu či mikrovlnnou interferometrii a řadu špičkových přístrojů pro optická měření. Laboratoř má také 3D mikroskop nejvyšší třídy optické mikroskopie, který se dostane až na samou hranici viditelného světla. Mikroskop je zde zejména pro materiálový výzkum jednoho z nejzávažnějších témat fúze: sledování následků interakce plazmatu s povrchem nádoby.



Studium na fakultě

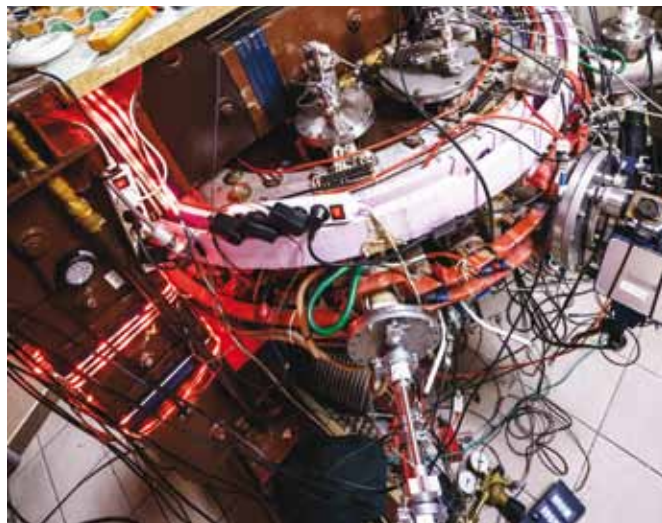
Fakulta nabízí studium úzce propojené s praxí již v průběhu bakalářského studia s velkým mezioborovým přesahem do medicíny, ekonomie, IT, ochrany obyvatelstva a dalších oborů. Absolventi fakulty odcházejí do praxe jako vysoce cenění odborníci a nemají nouzi o pracovní nabídky. Díky spolupráci s více než 140 univerzitami a výzkumnými institucemi v ČR i v zahraničí a poměrně malému počtu studentů garantujeme práci na aktuálních vědeckých a aplikačních problémech a možnost vycestovat do zahraničí na stáže a dlouhodobé pobyty.

Fakulta též nabízí neformální vyžití v podobě kulturně-společenských a vědeckých akcí. Pořádáme plesy, Noc na Jaderce, studentské konference, Festival umění, divadla atd. Příjemné prostředí napomáhá lépe zvládat náročné studium.

Fakulta v číslech

- studenti > 1 200
- absolventi > 200
- akademičtí pracovníci > 160
- výzkumná centra 9





Jediná fakulta v Evropě,
která má dva typy reaktorů pro výuku:

- štěpné reaktory VR-1 a VR-2
- fúzní reaktor – tokamak Golem

Moderní aplikace přírodních věd
v různých oblastech

- Aplikovaná statistika
- Elektronika
- Elementární částice a urychlovače
- Informatika a software
- Kvantové technologie
- Matematické modelování
- Matematika
- Jaderná fyzika
- Jaderná chemie
- Kvantová fyzika
- Lasery
- Nanotechnologie
- Optoelektronika
- Radiační ochrana
- Radiofarmaka
- Radiologie
- Reaktory a energetika
- Termojaderná fúze
- Teoretická fyzika

Směry výzkumu



Aplikace iontových svazků

Skupina se zabývá technikou iontových svazků, interakcí rychlých iontů s pevnou látkou a aplikacemi iontových svazků v oblasti modifikací tenkých a povrchových vrstev materiálů (IBMM) a jejich analýz (IBA). V Laboratoři iontových svazků KFE je nyní zejména provozováno zařízení s lehkými ionty H^+ a He^+ o energii 1,5–2,3 MeV z urychlovače Van de Graaff (ÚTEF, ČVUT). Studuje také degradaci izolantů při ozařování rychlými lehkými ionty. V laboratoři je k dispozici rovněž zařízení s ionty různých prvků s urychlovacím napětím do 120 kV.

Aplikace izotopů v biologii a medicíně

Odborníci radiofarmaceutické skupiny se věnují výzkumu v oblasti použití radionuklidů pro sledování metabolismu různých xenobiotik v organismu či využití radioimunoanalytických metod pro stanovení biologicky významných látek v in vitro testech. V klinické praxi se využívají například pro vyšetření specifických infekcí či stanovení některých biochemických parametrů ze vzorků krve.

Aplikovaná fotonika

Vědci se zabývají vývojem a charakterizací struktur na bázi metalických nanostruktur a polymerních vrstev používaných při konstrukci chemických a fyzikálních vlnovodných senzorů a aktivních vlnovodných prvků. K přípravě funkčních struktur využívají metody rotační depozice tenkých filmů z roztoku, metodu LBK, depozice vrstev z par ve vakuu, pulzní depozice v plasmě, tažení z roztoku a chemického dopování. K testování mikrostruktury vyvíjených materiálů jsou k dispozici metody optické spektroskopie, světelné mikroskopie, spektroskopie zeslabené totální reflexe, optické reflektometrie, Ramanovy mikro-spektroskopie a testovací pracoviště s přesnou mixací plyných směsí.

Aplikovaná matematika a stochastika (GAMS)

Skupina GAMS se zabývá studiem fyzikálních, biologických a sociálních systémů, metodami matematické statistiky, matematické analýzy a teorie pravděpodobnosti. Jedná se především o statistickou analýzu dat, formulaci teoretických transportních modelů a hledání příslušných analytických řešení, matematické metody v defektoskopii, pravděpodobnostní odhady z malých sociálních oblastí, studium tzv. Φ -divergencí, matematické modely pro pohyb chodců, modely paniky a další.

Aplikovaná radiační chemie

Zaměřuje se na radiační a fotochemické aplikace v oblasti nanomateriálů a v oblasti bioradiační chemie. V první oblasti se pozornost soustřeďuje na výzkum, vývoj a radiačně chemickou či fotochemickou přípravu (i ve čtvrtprovozním měřítku) nanomateriálů zejména na bázi oxidů nebo kovů určených pro nejrůznější aplikace jako například příprava luminoforů nebo nanomateriálů pro biomedicínské aplikace. V oblasti bioradiační chemie je výzkum zaměřen na studium mechanismu modifikace radiační citlivosti živých buněk pomocí chemických modifikátorů.

Fraktografická analýza (Fraktografie)

Výzkumná činnost se zaměřuje na výzkum lomových vlastností konstrukčních materiálů, který provádí ve vazbě na fyzikálně metalurgické poznatky. Získané informace jsou nezbytným požadavkem pro inženýrskou provozní i technologickou činnost. Nedílnou součástí této oblasti je i vývoj nových metod kvantitativní fraktografické analýzy. Kromě toho objasňuje příčiny různých poruch a havárií. Získané informace jsou základním vstupem jednak při odstraňování příčin havárií, jednak pro studium zákonitostí porušování složitých mechanických soustav a odhad životnosti konstrukcí.

Fyzika a technika termojaderné fúze

Skupina se podílí na výzkumu na fakultním tokamaku GOLEM, tokamaku COMPASS a na společném evropském tokamaku JET. Kromě vzdělávání se skupina věnuje problematice aplikací vysokoteplotních supravodičů v reálném tokamakovém provozu, zkoumání doby udržení radiofrekvenčního plazmatu vybuzeného elektromagnetickou vlnou v magnetickém poli a mapování poloidální asymetrie toku plazmatu měřeného polem Machových sond.

Fyzika elementárních částic

Zkoumá mechanismy, jakými se produkují elementární částice a jejich vlastnosti. Hlavním zdrojem informací jsou experimenty na urychlovačích částic, především z experimentů ATLAS, ALICE a STAR, na jejichž běhu se skupina přímo podílí, ale i experimenty jiné, jejichž výsledky porovnává s vlastními fenomenologickými modely. Zaměřujeme se také na vývoj moderních detektorových technologií na bázi křemíku pro výzkumné a průmyslové aplikace.

Fyzika srážek těžkých iontů

Vědecká skupina se při jádro-jaderných srážkách snaží vytvořit stav hmoty při tzv. Velkém třesku, kde je předpokládán vznik kvark-gluonového plazmatu. V této oblasti je studováno chování jaderné hmoty při a bezprostředně po srážce dvou jader, kde se uplatňuje velká škála efektů a jevů, které je potřeba teoreticky správně popsat. Vědci se věnují experimentům STAR v Brookhavenské národní laboratoři v USA, ALICE na urychlovači LHC v CERN (Ženeva) a CBM FAIR Darmstadt a komplexně se zabývají problematikou produkce částic a jejich interakcí s hustou a horkou jadernou hmotou.



Fyzikální metalurgie

Skupina se zabývá především fázovými přeměnami v kovech a slitinách, degradačními procesy s nimi spojenými, vlivem fázových transformací na mechanické vlastnosti materiálů, jakož i jejich využitím při tepelném zpracování. Nedílnou součástí výzkumu je vývoj progresivních materiálů (např. intermetalických slitin, slitin s vysokou entropií, tenkých vrstev, plazmových nástřiků). Při tomto výzkumu je kladen důraz na pokročilé metody studia materiálů, jako je elektronová mikroskopie, energiově disperzní analýza či nanoindentace.

Informatická fyzika

Pracovníci skupiny se věnují vývoji metod numerického řešení parciálních diferenciálních rovnic a jejich použití zejména ve fluidních a částicových simulacích interakce laserového záření s terčí. Studují především ablace na povrchu terče, vznik a šíření rázových vln, transport energie a záření a další témata související s inerciální termojadernou fúzí. Cílem je především urychlování částic laserem a nové zdroje energetických částic. Skupina také provozuje laboratoř femtosekundového laseru a spolupracuje na přípravě speciálních terčů s mikroskopickou strukturou na povrchu a výzkumu vlivu této struktury při laserové interakci.

Jaderný palivový cyklus

Odborníci se věnují optimalizaci střední části palivového cyklu, která má významný vliv na ekonomičnost provozu jaderných elektráren. Kromě hodnocení palivového uran-plutoniového cyklu se zabývají možnostmi zavedení horium-uranového cyklu nebo zavedením směšného paliva MOX. Další oblastí výzkumu je palivový cyklus včetně otázky skladování a konečného uložení použitého paliva v případě, že nebude přepracováno.

Kvantová dynamika, optika a informatika (Q3)

Skupina se soustředí na výzkum kvantové dynamiky, kvantové informace a kvantové optiky. Zkoumá vlastnosti kvantových procházek a jejich aplikací pro simulace koherentního přenosu excitací. Zajímá se o otevřenou dynamiku, tj. evoluci fyzikálních soustav pod vlivem interakce s okolím, a její efekt na kvantové soustavy. Dále zkoumá vývoj kvantových systémů pod vlivem měření. V oblasti kvantové informace se zaměřuje na vyhledávací algoritmy a přenos stavu mezi uzly sítě. Zabývá se i problémem tzv. bosonového vzorkování.

Matematické modelování (MMG)

Skupina MMG se věnuje matematickému modelování a numerickým simulacím komplexních jevů v high-tech designu, v ochraně životního prostředí a počítačových vědách. Skupina se podílí na výzkumu a vývoji a zároveň na výchově mladých expertů v matematickém inženýrství. Skupina úspěšně spolupracuje s prestižními univerzitami a instituty a také průmyslovými firmami po celém světě.



Metody algebry a funkcionální analýzy v aplikacích (MAFIA)

Vědci zkoumají oblast matematické fyziky, matematické biologie, nerovnovážné termodynamiky i další podobory, kde se rigorózní matematický přístup potkává s aktuálními problémy zejména přírodních a technických věd. Před numerickými simulacemi preferuje analytické a algebraické postupy. Zabývá se například toy modely relativistické i nerelativistické kvantové fyziky, reakční kinetikou, tvorbou vzorů v biologických systémech, spektrální geometrií, spektrální teorií speciálních tříd matic a nesamosdružených operátorů nebo teorii reprezentací grup a algeber.



Metody pro výzkum památek

Skupina rozvíjí metodu rentgenfluorescenční analýzy umožňující provádět nedestruktivní analýzu zkoumaných vzorků. Analýzy lze provádět bodově, určovat rozložení měřených prvků na ploše nebo ve speciálních případech lze provádět i 3D analýzu. Pracoviště se zaměřuje na analýzu pigmentů v nástěnných malbách a obrazech, studium polychromií na historických sochách, určování složení keramiky a kovových předmětů a studium inkoustů a barev použitých ve starých rukopisech. Získaná data umožňují určit nebo zpřesnit údaje o stáří zkoumaného předmětu a poskytnout kunsthistorikům a restaurátorům údaje o složení měřených památek.

Migrace radionuklidů v životním prostředí

Zabývá se experimentálním studiem interakce vybraných radionuklidů s materiály bariér úložišť odpadů a s horninovitými materiály a difúze kritických radionuklidů materiály bariér, včetně modelování studovaných procesů. Vytváří a aplikuje kódy pro celkové hodnocení podzemního úložiště ozařeného jaderného paliva a vysoce aktivních radioaktivních odpadů (Performance Assessment).

Molekulová fotofyzika a spektroskopie

Skupina studuje fotoindukované procesy v organických molekulách, mezi které patří např. fotoluminiscence či fotoindukovaný přenos elektronu nebo elektronové excitační energie, a jejich ovlivňováním pomocí silně lokalizovaného elektromagnetického pole v blízkosti plazmonických nanostruktur. Tyto procesy jsou základem organické optoelektroniky, fotovoltaiky či umělé fotosyntézy. K objasnění jejich mechanismů využívá syntézu speciálně navržených vícechromoforových sloučenin, stacionární i časově rozlišenou spektroskopii a kvantově-chemické výpočty.

Nukleární medicína a radiofarmacie

Zaměřuje se na výzkum a vývoj nových radiofarmak pro funkční diagnostiku a cílenou radionuklidovou terapii. Věnuje se především přípravě diagnostik na bázi pozitronového zářiče ^{68}Ga pro pozitronovou emisní tomografii a nanonosičů pro cílenou alfa-částicovou terapii. Cílem výzkumu je přesnější a včasná diagnostika a cílená personalizovaná terapie zejména onkologických onemocnění.

Optická fyzika

Zabývá se teoretickým i experimentálním výzkumem v oblastech fotoniky a plazmoniky, zejména fotonickými a plazmonickými nanostrukturami, jejich návrhem a analýzou, technikami realizace a také vybranými aplikacemi. Věnuje se zejména pokročilým funkcionalitám v subvlnových strukturách a substrátech a také vlastnostem kvantovým. Vytváří a rozvíjí různé modely a algoritmy pro numerickou analýzu, návrh a optimalizaci studovaných struktur.



Optická spektroskopie

Skupina se soustředí na optickou diagnostiku objemových a tenkovrstvých dielektrických a polovodičových materiálů. Cílem výzkumu je objasnění elektronové struktury, tvorby a vlastností bodových poruch a vlastností nečistot ve studovaných materiálech. Výsledky jsou využívány k optimalizaci růstu krystalů, přípravě keramik a tenkých vrstev a ke kontrole obsahu některých nečistot ve vyráběných materiálech využitelných v optoelektronice, k výrobě laserů, luminiscenčních detektorů a scintilátorů pro ionizující záření.

Pevnolátkové lasery

Skupina se věnuje výzkumu pevnolátkových laserů založených na krystalických, skleněných, keramických a vláknových materiálech. Zaměřuje se na výzkum a vývoj speciálních laserových systémů generujících záření ve viditelné, blízké a střední infračervené oblasti a dále na generaci krátkých a ultrakrátkých impulsů. Odborníci se zde věnují aplikacím v medicíně, senzorové technice a přenosu vysokovýkonového laserového záření speciálními optickými vlákny.

Počítačová mechanika

Skupina matematického modelování využívá principy mechaniky kontinua a numerickou metodu konečných prvků k simulaci porušování materiálů a konstrukcí. Rozvíjí i postupy reverzní analýzy ke stanovení mechanických vlastností malého objemu materiálu a tenkých vrstev. Výsledky výzkumu se uplatní především v leteckém a energetickém průmyslu při stanovení únavové životnosti konstrukcí a v jaderné energetice při stanovení stupně radiačního poškození materiálů reaktoru.

Počítačové simulace pevných látek

Skupina se zaměřuje na multiškálové modelování materiálů. Věnuje se jak ab-initio kvantově mechanickým výpočtům elektronových struktur (založených na DFT), tak simulacím na bázi molekulární mechaniky (Forcefield Theory) a vybraným problémům z termodynamiky kontinua. Mezi nejdůležitější projekty patří výpočty chemické stability molekul vhodné k přepracování použitého jaderného paliva, řešení polymerní elasticity a difuzivity plynných molekul v polymerech v závislosti na jejich způsobu zesíťování nebo simulace modulovaných martenzitických struktur v pokročilých multiferoických materiálech.

Pokročilé detekční systémy ionizujícího záření

Centrum aplikované fyziky a pokročilých detekčních systémů se zabývá výzkumem a vývojem na poli polovodičových senzorů ionizujícího záření. Vytváří celý detekční řetězec od návrhu senzorů čtecích mikročipů, systémů pro sběr a transport dat a následného zpracování signálů až po konečnou digitální/vizuální informaci. Členové skupiny se podílejí na instrumentaci předních světových experimentů v částicové fyzice v CERNu, Brookhaven National Laboratory, JINR Dubna a dalších, transferu technologií ze základního výzkumu do sféry praktických aplikací, a podílejí se též na instrumentaci experimentů zaměřených na průzkum blízkého vesmíru.

Pokročilé kosmické technologie

Odborníci se zabývají vývojem a testováním metod zpracování signálů z měření v kosmickém prostředí a oddělení užitečného signálu od šumu. Hlavním předmětem vývoje jsou unikátní detektory jednotlivých fotonů, rychlé elektrooptické spínače a měřiče přesného času. Všechny vyvíjené přístroje umožňují časově extrémně přesná měření s přesností na úrovni zlomků pikosekund. Vyvinuté přístroje a metody se používají a úspěšně fungují jak v pozemních měřicích stanicích umístěných na pěti kontinentech, tak na palubách pěti kosmických misí.

Pokročilé metody syntézy a studia nanokrystalů

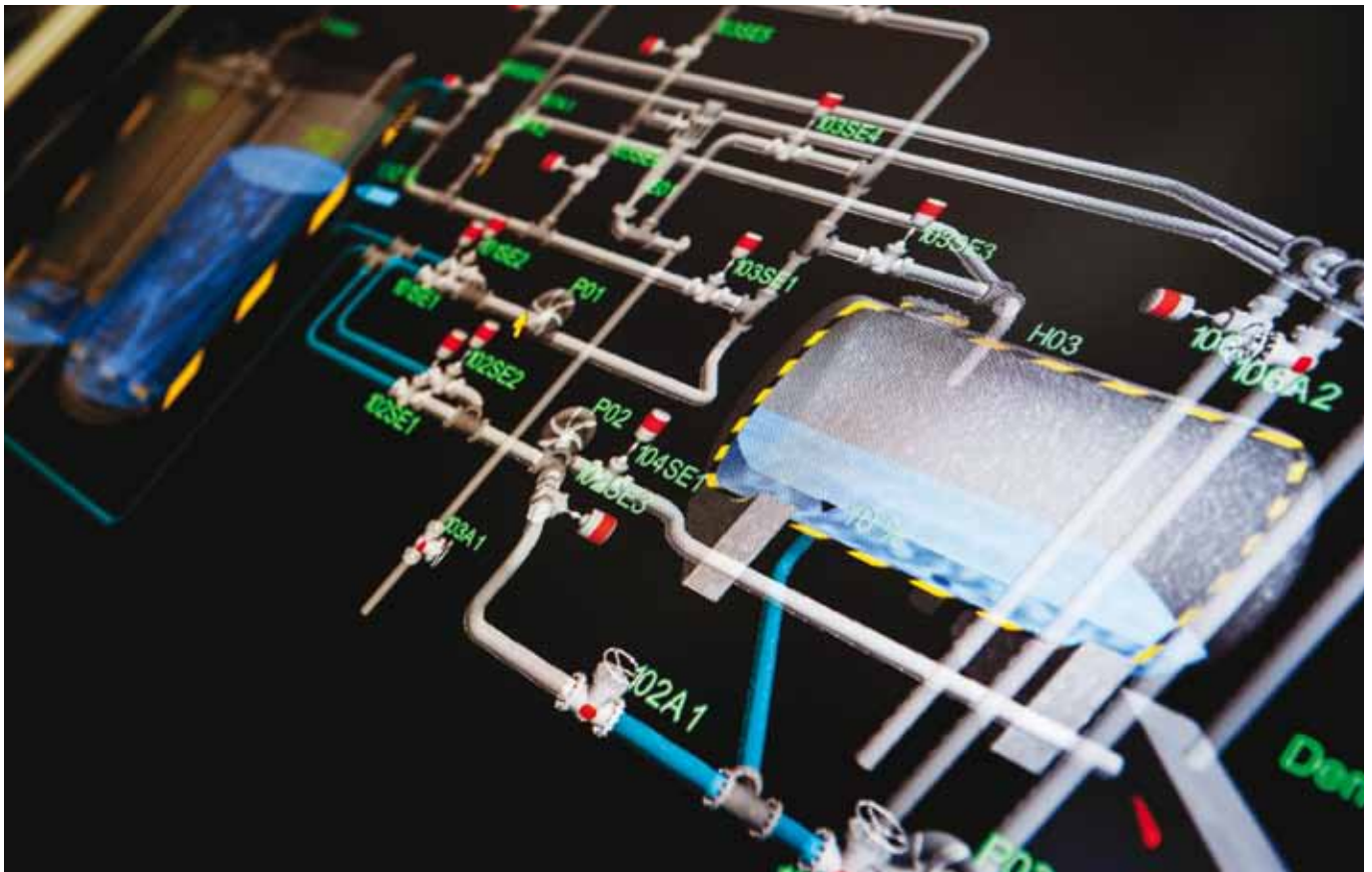
Výzkum je zaměřen na přípravu složitých krystalických struktur v nanoměřítku. Tyto nanokrystaly nalézají využití jako materiály pro výrobu ultrarychlých detektorů na zobrazování nádorů v lékařské diagnostice nebo optických keramik. Dalším využitím je výroba pokročilých farmak pro léčbu nádorových onemocnění metodou rentgenem buzené fotodynamické terapie. K přípravě těchto materiálů se využívají metody chemické, fotochemické a radiační.

Radiační ochrana

Odborníci ve skupině se zabývají in-vivo měřicími metodami, které se využívají ke stanovení vnitřního ozáření osob. Ve snaze zpřesnit a optimalizovat měřicí geometrie nebo vylepšit samotná zařízení aplikují poznatky z výpočetních metod. Věnují se také matematickým modelům pro výpočet vnitřního ozáření. Cílem je zefektivnění léčby a minimalizace dávek, kterým jsou pacienti podrobeni při terapii otevřenými radionuklidovými zdroji v nukleární medicíně.

Radioaktivita a životní prostředí

Skupina sleduje životní prostředí, monitoruje depozici radionuklidů pomocí laboratorní gamaspektrometrické analýzy vzorků bioindikátorů a s využitím in situ gama spektrometrie se zaměřením jak na přírodní radionuklidy (NORM), tak na kontaminaci umělými radionuklidy. Dále se podílí na vývoji metod monitorování pomocí letecké spektrometrie gama a na studiu přírodního ozáření z radonu, zejména ve spojení s odhady dávek pro pracovníky v podzemí a modelováním vlivu seismických dějů na dlouhodobé časové řady koncentrací radonu.



Radiofarmaceutická chemie

Zabývá se především vývojem nových materiálů ať už na organické, či anorganické bázi pro potřeby radiofarmaceutické praxe, a to jak transportu či separace radionuklidů využitelných pro potřeby nukleární medicíny, tak i přípravě nosičů radionuklidů či cílících vektorů. V rámci výroby a separace radionuklidů se skupina věnuje přípravě, zjednodušení a zefektivnění separace medicínálních radionuklidů. Vývoj materiálů se zaměřuje také na přípravu nosičů studovaných radionuklidů.

Radioterapie, nukleární medicína a rentgenová diagnostika

Výzkum se orientuje na strategii a optimalizaci postupů jednotlivých lékařských výkonů, zejména na experimentální ověření naplánovaných terapeutických dávek. V tomto směru skupina vyvíjí a dále optimalizuje speciální 3D gelové dozimetry. Další oblastí zájmu je in-vivo dozimetrie – tedy měření radiačních dávek přímo během ozařování. Výzkum cílí také na individuální dozimetrii pacientů v nukleární medicíně či klinickou dozimetrii protonového svazku. V protonové radioterapii se zaměřuje na určení radioaktivity detektorů a fantomů po jejich ozáření v klinickém svazku.

Reaktorová fyzika

Skupina pomocí výpočetních kódů analyzuje kritičnost reaktorových systémů, studuje dynamiku reaktoru, určuje toky neutronů a gama záření v různých místech, stanovuje koncentrace štěpných produktů a aktinoidů a analyzuje kvalitu stínění. Experimenty z oblasti reaktorové fyziky realizuje na reaktoru VR-1 provozovaném fakultou. Zaměřují se na měření hustoty toku neutronů a difuzních parametrů, stanovení vlivu různých vzorků na reaktivitu nebo přibližování ke kritickému stavu.

Rentgenová a neutronová difrakce

Skupina se zaměřuje na rentgenové difrakční studium stavu zbytkové napjatosti v polykrystalických kovových i keramických materiálech a na kvalitativně i kvantitativně fázové složení a přednostní orientace (textury) polykrystalických materiálů. Jako jediné pracoviště svého druhu v ČR se věnuje i výzkumu nových materiálů, jako jsou syntetické zeolity, perovskity, vysokoteplotní supravodiče či rychlé iontové vodiče.

Rentgenová fotonika

Zkoumá generace a interakce elektromagnetického záření v oblasti energie fotonů od 25 eV do 420 keV. Věnuje se zejména aplikacím EUV a XUV záření, XUV mikroskopii v oblasti tzv. vodního okna a rentgenové radiografii a tomografii. Studuje též různé rentgeno-optické systémy a metody zobrazování absorpčního, fázového a rozptýleného záření v EUV/SXR/XR oblasti pro mikroskopii a pro diagnostiku vysokoteplotního plazmatu.

Řídicí systémy jaderných reaktorů

Odborníci se zabývají vývojem hardware a software vybavení programovatelných obvodů a mikroprocesorů, které jsou základem řídicích systémů všech současných jaderných zařízení. Okruh nezávislé výkonové ochrany reaktoru VR-1 byl vytvořen v rámci rozvoje řídicích systémů výzkumných zařízení. Dalším dlouhodobým projektem je implementace zpracování elektronického signálu detektorů Campbellovou metodou.



Separční a radioanalytické metody

Skupina vyvíjí metody separace a stanovení radionuklidů ze vzorků životního prostředí, palivového cyklu – štěpných i aktivačních produktů a transuranů, přirozených rozpadových řad i krátce žijících radionuklidů. Zaměřuje se také na vývoj v oblasti pokročilých jaderných palivových cyklů a na přípravu vzorků radionuklidů s dlouhým poločasem radioaktivní přeměny pro měření pomocí urychlovačové hmotnostní spektrometrie AMS (Accelerator Mass Spectrometry).

Studium a modelování speciace radionuklidů

Zabývá se především speciálními studii vybraných lanthanoidů a aktinoidů při využití metody časově rozlišené laserem indukované fluorescenční spektroskopie (TRLFS) a následnými matematickými postupy pro vyhodnocení dat a získání hledaných parametrů. Část výzkumu se věnuje studiu vybraných forem uranu v různých systémech. Speciální studie europia a americia s dalšími komplexními činidly jsou součástí prací na vývoji separačních metod pro pokročilé palivové cykly.

Symetrie a geometrie

Věnuje se využití symetrií při analytickém i numerickém řešení diferenciálních rovnic či při konstrukci modelů v teorii strun. Odborníci zkoumají i související oblasti diferenciální geometrie a algebry, tj. zejména strukturu a aplikace Lieových grup a jejich algeber, klasifikují různé speciální třídy Lieových algeber, zkoumají je a využívají v aplikacích. Ve skupině se též věnují vlastnostem symetrických funkcí více proměnných a příslušných ortogonálních polynomů.

Teoretická informatika (TIGR)

Skupina se věnuje aktuálním tématům diskretní matematiky s aplikacemi v informatice i fyzice, jako jsou např. nestandardní reprezentace reálných i komplexních čísel, kombinatorické vlastnosti jazyků nekonečných slov či neperiodická dlážďení prostoru. Středem zájmu jsou také algoritmy pro efektivní výpočty v nestandardních soustavách. Dalším tématem je studium jazyků nekonečných slov, které vede k řešení kombinatorických, algebraických a číselně-teoretických úloh.

Termohydraulika jaderných reaktorů a odvod tepla z vyhořelého jaderného paliva

Přenos tepla z jaderného paliva v reaktoru až k uvolnění v podobě mechanické práce v turbíně je součástí konstrukčního výpočtu i provozu jaderných elektráren. Kvůli vývinu zbytkového tepelného výkonu ve vyhořelém jaderném palivu je třeba zaručit jeho odvod ještě dlouho po vytažení z aktivní zóny. S pomocí pokročilých výpočetních kódů počítají odborníci teplotní profily, rychlosti proudění chladiva, součinitele přestupu tepla či kondukci tepla materiálem v aktivní zóně reaktoru i při skladování nebo ukládání.

Výpočetní metody a modelování Monte Carlo

Zabývá se rozvíjením výpočetních metod a aplikacemi programů pro simulaci transportu záření látkou, a to zejména problematikou zpracování, analýzy a vyhodnocení spekter, dekonvoluce spekter a matematickým a statistickým zpracováním. Využívá univerzální programy MCNP, Fluka, Geant4, Penelope, ale také specializované programy jako SCALE, SRIM/TRIM, vizualizační programy, nástroje pro práci s antropomorfními fantomy pro medicínské výpočty apod.

Značené sloučeniny

Věnuje se přípravě a využití sloučenin, které jsou isotopicky značené ať už stabilním, nebo radioaktivním isotopem. Používanými isotopy v rámci skupiny jsou např. ^2H , ^3H , ^{13}C , ^{14}C nebo ^{15}N . Tyto sloučeniny jsou potřebné především pro potřeby studia metabolismu příslušných látek v organech, ke studiu metabolismu nových léčiv respektive radiofarmak či pro potřeby radioimunologických metod.



Jsme otevřeni

Fakulta se prezentuje na akcích určených nejširší veřejnosti. Pro tu jsou určeny i některé další události přímo na půdě Jaderky.

VědaFest

V dejvickém kampusu se už od roku 2011 koná tradiční akce určená nejširší veřejnosti, kde se vedle jiných univerzit představují jednotlivé fakulty ČVUT.

Noc vědců

V říjnu se fakulta prezentuje v rámci Noci vědců, kdy mají zájemci možnost navštívit tokamak Golem a populárně naučné přednášky. Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření k této události připravila únikovou hru, která se odehrává v prostorách katedry v dejvickém kampusu.

Univerzita třetího věku

Univerzita třetího věku (U3V) na FJFI kombinuje přednášky z dějin fyziky a populárně naučné přednášky s exkurzemi na vědecká pracoviště s aktivní účastí na zvolených experimentech. Návštěvníci mohou kromě stanoveného programu navštěvovat také další akce FJFI, jako je například fyzikální seminář, praktika katedry fyziky a některé další.

Young Minds

Pražská sekce Evropské fyzikální společnosti (EPS) Young Minds sdružující studenty z FJFI ČVUT, MFF UK a dalších škol si klade za cíl popularizaci vědy mezi mladými lidmi a zvýšení zájmu o studium vědeckých oborů. Young Minds pořádá akce, které studentům umožňují neformálně představit směr vlastního výzkumu, ale i akce, kde se mladí studenti mají možnost neformálně potkat se zkušenými vědci z oboru.



Fakulta se snaží představit potenciálním studentům možnosti studia i uplatnění, a to nejen na tradičních akcích, jako jsou vzdělávací veletrhy či dny otevřených dveří, ale i v rámci různých dalších aktivit.

Den lékařským fyzikem

Akce zájemcům představuje práci radiologického fyzika nebo technika v nemocnici a další možnosti uplatnění studentů katedry dozimetrie a aplikace ionizujícího záření. Vedle přednášek si účastníci vyzkouší práci s rentgenem a radionuklidovým ozařovačem či vytvoření ozařovacího plánu pro onkologické pacienty. Navštíví také například Nemocnici Motol nebo Thomayerovu nemocnici.

Staň se na den vědkyní

Akce určená především studentkám středních škol při příležitosti Mezinárodního dne žen a dívek ve vědě. Organizováno ve spolupráci s BNL-CZ a CERN-CZ. Kromě částicové fyziky se studentky potkají i s dalšími obory studia na FJFI.

Den reaktorovým fyzikem

Akce určená studentům SŠ od 16 let, kteří si během jednoho dne mohou vyzkoušet vybrané základní experimenty na školním jaderném reaktoru VR-1 a dozvědět se podrobnosti o fungování štěpného reaktoru i jeho využití, a to nejen v energetice.

Staň se na den částicovým fyzikem

Zpravidla v březnu probíhá akce zapojená do mezinárodního projektu International MasterClasses, na níž mají studenti středních škol možnost pracovat s daty z laboratoří v CERN a porovnávat své výsledky on-line s dalšími studenty zahraničních univerzit a také přímo s vědci v CERN.

Den na Jaderce

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská má mnoho zajímavých experimentálních pracovišť, na které nabízí možnost exkurzí pro střední školy. Po domluvě s pedagogem je každé skupině připraven program na míru.

Matematika pro život

Náplní kurzu jsou ukázky aplikací matematiky v průmyslové i akademické praxi. Přednáší přední odborníci v jednotlivých oblastech. Kurz je akreditován v rámci Dalšího vzdělávání pedagogických pracovníků (DVPP). Akci pořádá FJFI ve spolupráci s Pedagogickou fakultou Univerzity Karlovy.

Chemie na ČVUT

Seminář pro středoškolské učitele chemie a jejich studenty připravený ve spolupráci FJFI a Fakulty stavební, Fakulty elektrotechnické, Kloknerova ústavu a Vzdělávacího institutu Letec. Celodenní seminář s přednáškami a praktickými cvičeními je akreditován v rámci Dalšího vzdělávání pedagogických pracovníků (DVPP).



Týden vědy na Jaderce

Tradiční akcí v závěru školního roku je Týden vědy na Jaderce, v rámci kterého pracovníci i studenti fakulty pro 180 účastníků připraví na 50 miniprojektů, exkurze na pracoviště a populárně-naučné přednášky. Program začíná v neděli seznamovací akcí následovanou hrou Pevnost Břehyard, kde se studenti potýkají s matematickými, chemickými, fyzikálními a dalšími logickými úkoly. Od pondělí čekají na všechny účastníky laboratoře, přístroje či měření v exteriérech, kterým se věnují v rámci miniprojektů. Pro doplnění představy o vědecké práci musí účastníci výsledky svých bádání shrnout do odborného článku a prezentovat na závěrečné konferenci.

Středoškolské soutěže

Fakulta podporuje nebo se zapojuje do organizace řady celoročních středoškolských soutěží a projektů, zpravidla nominací reprezentantů na posty mentorů, hodnotitelů či přímých organizátorů. Jde o chemické, matematické a fyzikální olympiády, středoškolskou odbornou činnost (SOČ), AMAVET či Turnaj mladých fyziků.

Populárně-naučné přednášky na středních školách

O témata z oblasti přírodních věd je na středních školách stále zájem, a tak naši zaměstnanci i studenti vyjíždějí s populárně naučnými přednáškami, které nabízíme na webových stránkách, na gymnázia a střední školy po celé ČR i na Slovensko. Máme připravenou i populárně zábavnou roadshow s ukázkami zajímavých experimentů.

Exkurze na školním reaktoru VR-1 a na tokamaku GOLEM

V průběhu celého roku probíhají na školním reaktoru VR-1 a na tokamaku GOLEM samostatné exkurze pro studenty středních škol. Kromě nich však obě zařízení navštěvují i zahraniční studenti či hosté v rámci výukových kurzů, workshopů nebo konferencí.

Technický klub ČVUT

Pracoviště ČVUT v Děčíně provozuje Technický klub, který nabízí kroužky programování, robotiky, 3D tisku a logiky pro děti všech věkových kategorií. Informace o Technickém klubu a podrobnosti o jednotlivých kroužcích najdete na webu klubu: tk.cvutdecin.cz.

Úterky s vědou

Úterky s vědou pořádá FJFI v Děčíně a snaží se na nich představit vědu přístupným způsobem zájemcům z řad veřejnosti.

Vrabcem letí do škol

Online vzdělávací pořad pro studenty středních škol a druhého stupně základních škol, jehož cílem je podpořit výuku témat jaderné fyziky. Přibližně 40minutovým pořadem provázejí pedagogové z fakulty přímo z prostor, kde je umístěn školní jaderný reaktor VR-1 Vrabcem.



Spolupracujeme

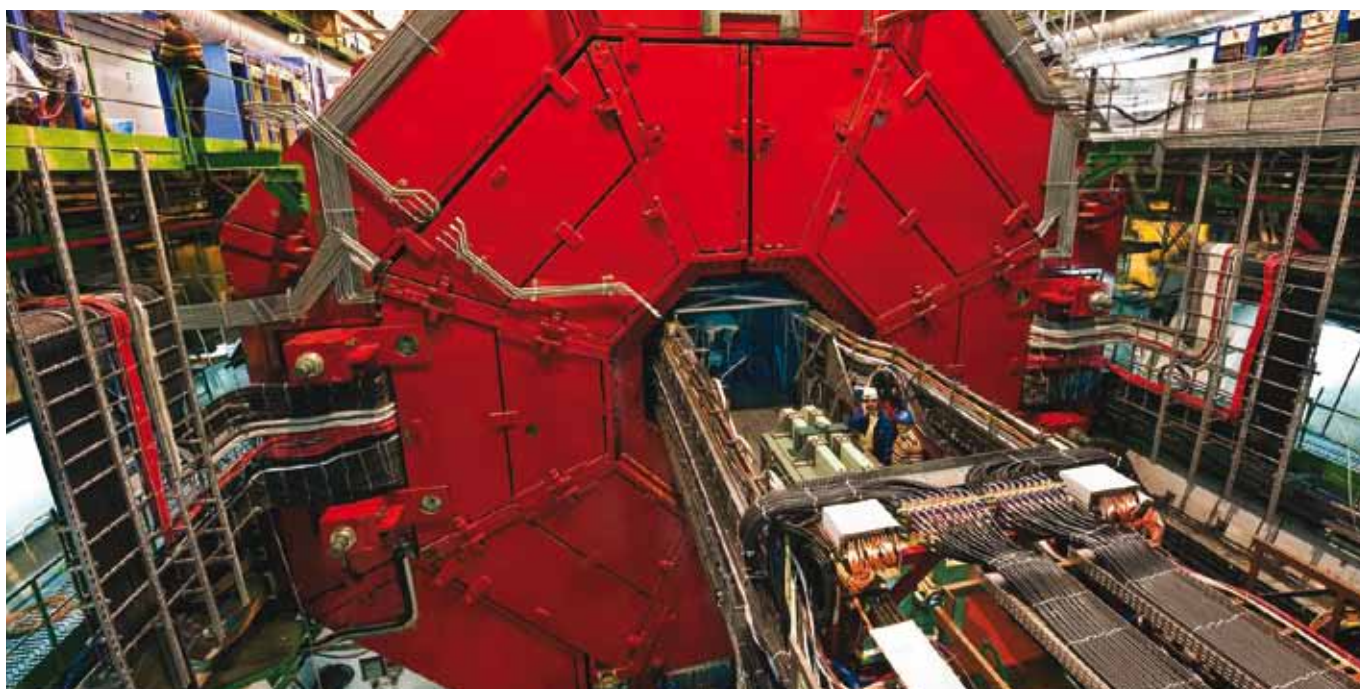
Fakulta se podílí na celé řadě mezinárodních vědeckých projektů, do kterých se zapojují jak vědečtí pracovníci, tak studenti. Běžná je spolupráce se zahraničními univerzitami v oblasti takzvaného double degree, kdy student získá závěrečný diplom jak od své domácí, tak od partnerské univerzity. Studium některých oborů se neobejde bez využití odbornosti dalších fakult – příkladem může být například spolupráce s 3. lékařskou fakultou Univerzity Karlovy při výuce budoucích radiologických fyziků.

Fakulta nebo její zaměstnanci jsou členy několika desítek oborových asociací či společností a spolupracují s více než stovkou českých i zahraničních organizací a firem. Pomáhají tak komerční sféře s vývojem nových zařízení, různými testy či analýzami, ale i nabídkou možností stáží či témat diplomových či dizertačních prací.

Každoročně pak FJFI pořádá nebo se podílí na organizaci celé řady nejrůznějších konferencí, seminářů či workshopů, ať už se konají přímo na fakultě nebo jinde.

Vybrané členské společnosti

- Brookhaven National Laboratory (BNL)
- CERN
- European Nuclear Engineering Network Association (ENEN)
- European Physical Society
- European Radiation Dosimetry Group
- IAEA
- International Radiation Physics Society
- ITER
- Research Reactor Operating Group
- European Radon Association

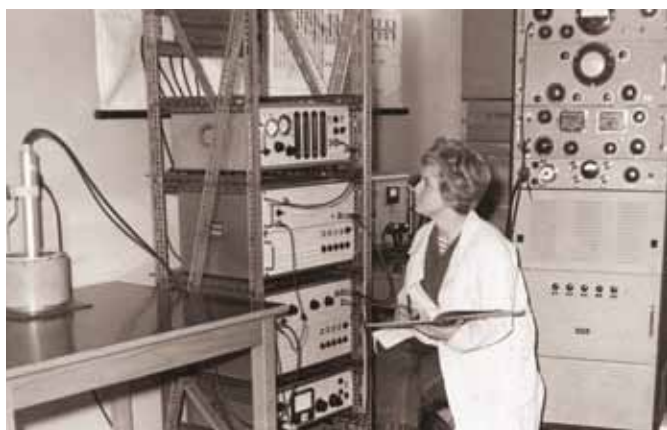


Historie fakulty

Fakulta technické a jaderné fyziky byla založena jako součást Univerzity Karlovy v roce 1955 v rámci československého jaderného programu. Začínala se třemi katedrami, v jejichž čele stáli přední čeští vědci s mezinárodním renomé: katedru jaderné fyziky vedl Václav Petržílka, jaderné chemie František Běhounek a katedru jaderného inženýrství Bohumil Kvasil. U zrodu fakulty stály další osobnosti: Vladimír Majer, Václav Votruba a Čestmír Šimáně. Ještě před tím, než promovali první inženýři, se fakulta v roce 1959 formálně přesunula z Univerzity Karlovy na České vysoké učení technické v Praze.

Fakulta vznikla jako vědecko-výzkumné a pedagogické centrum a vždy sdružovala velmi náročné obory. V České republice založila a zasloužila se o rozvoj mnoha oborů. Stála také za rozvojem technologií, jako jsou třeba rubínové a medicínské lasery, vakuová technika, fraktografická analýza či kvantová optika apod. Na fakultě byly také vyvinuty, zkonstruovány a řízeny mezinárodní navigační laserové stanice pro měření vzdálenosti umělých družic Země. Ty byly a dodnes jsou rozmístěny v Egyptě, Bolívii, Ekvádoru, na Kubě, v Rusku, Bulharsku, Maďarsku, Polsku, Indii či Vietnamu.

- 1955** založení Fakulty technické a jaderné fyziky jako součásti Univerzity Karlovy
- 1956** fakulta získává budovu v Břehové ulici v centru Prahy
- 1959** fakulta se stává součástí ČVUT
- 1960** promuje prvních 63 inženýrů
- 1968** změna názvu fakulty na současný: Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze
- 1978** otevření areálu V Holešovičkách (Troja)
- 1990** spuštění školního jaderného reaktoru VR-1
- 1992** fakulta získává budovu v Trojanově ulici
- 1995** rozšíření o detašované pracoviště v Děčíně
- 1995** vznik Studentské unie při FJFI
- 2007** fakulta získala školní termojaderný fúzní reaktor tokamak Golem
- 2018** zahájena příprava na vybudování druhého výukového štěpného jaderného reaktoru VR-2
- 2019** zahájení pětiletého projektu Centra pokročilých aplikovaných přírodních věd (CAAS) spolufinancovaného Evropskou unií
- 2022** otevření laboratoře PlasmaLab@CTU pro studium horkého plasmatu
- 2022** spuštění podkritického štěpného reaktoru VR-2



Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze (FJFI)

Břehová 7, 115 19 Praha 1

www.fjfi.cvut.cz | www.jaderka.cz

