

Studijní plán

Název plánu: Fyzika plazmatu a termojaderné fúze

Součást ČVUT (fakulta/ústav/další): Fakulta jaderná a fyzikálně inž.

Katedra:

Obor studia, garantovaný katedrou: Úvodní stránka

Garant oboru studia.:

Program studia: Fyzika plazmatu a termojaderné fúze

Typ studia: Navazující magisterské prezenční

Předepsané kredity: 0

Kredity z volitelných předmětů: 120

Kredity v rámci plánu celkem: 120

Poznámka k plánu:

Název bloku: Povinné předměty programu

Minimální počet kreditů bloku: 0

Role bloku: P

Kód skupiny: NMSPFPTF1

Název skupiny: NMS P_FPTFN 1. ročník

Podmínka kredity skupiny:

Podmínka předměty skupiny: V této skupině musíte absolvovat alespoň 14 předmětů

Kredity skupiny: 0

Poznámka ke skupině:

Kód	Název předmětu / Název skupiny předmětů (u skupiny předmětů seznam kódů jejích členů) Vyučující, autoři a garanti (gar.)	Zakončení	Kredity	Rozsah	Semestr	Role
02AMF	Atomová a molekulová fyzika David Břeň David Břeň (Gar.)	Z,ZK	4	2+2	Z	P
02DPLA	Diagnostika plazmatu Karel Řezáč, Pavel Kubeš, Daniel Klír Daniel Klír Karel Řezáč (Gar.)	Z,ZK	3	2+1	L	P
12FIF	Fyzika inerciální fúze Ondřej Klíma Ondřej Klíma Ondřej Klíma (Gar.)	Z,ZK	4	3+1	Z	P
02FT	Fyzika tokamaků Ondřej Ficker Igor Jex (Gar.)	Z,ZK	4	3+1	Z	P
14NMR	Nauka o materiálech pro reaktory Petr Haušild Petr Haušild Petr Haušild (Gar.)	ZK	2	1P+1C	6	P
14NAMA	Nauka o materiálu Petr Haušild Petr Haušild Petr Haušild (Gar.)	KZ	3	2P+1C		P
12PFTF1	Počítačová fyzika 1 Milan Kuchařík Milan Kuchařík Milan Kuchařík (Gar.)	Z,ZK	2	1P+1C	L	P
02PRPLA1	Praktika fyziky plazmatu 1 Jana Brotánková Vojtěch Svoboda (Gar.)	Z	5	0P+3C		P
02PRPL1	Praktika fyziky plazmatu 1 Jana Brotánková	Z	2	0+2	Z	P
02PRPLA2	Praktika fyziky plazmatu 2 Jana Brotánková, Vojtěch Svoboda Jana Brotánková Vojtěch Svoboda (Gar.)	KZ	5	0P+3C	L	P
02PRPL2	Praktika fyziky plazmatu 2 Jana Brotánková	KZ	2	0+2	L	P
02TTJZ	Technika termojaderných zařízení Ondřej Klíma, Ondřej Ficker, Radomír Pánek, Ivan Ďuran, Michal Farník, Slavomír Entler Slavomír Entler (Gar.)	ZK	3	3+0	L	P
02TPLA1	Teorie plazmatu 1 Petr Kulhánek Petr Kulhánek (Gar.)	Z,ZK	5	2+2	Z	P
02TPLA2	Teorie plazmatu 2 Petr Kulhánek Jan Mlynář Jan Mlynář (Gar.)	Z,ZK	5	3+1	L	P
02VUTF1	Výzkumný úkol 1 Jana Brotánková	Z	6	6	Z,L	P
02VUTF2	Výzkumný úkol 2 Daniel Klír, Jana Brotánková, Vojtěch Svoboda, Ivan Ďuran, Monika Vilémová, Libor Juha, Jakub Svoboda, Miroslav Krůs, Vladimír Scholtz, Ivan Ďuran	KZ	8	8	L,Z	P

Charakteristiky předmětů této skupiny studijního plánu: Kód=NMSPFPTF1 Název=NMS P_FPTFN 1. ročník

02AMF	Atomová a molekulová fyzika Hlavním cílem přednášky je poskytnout studentům základy atomové a molekulové fyziky s použitím aparátu kvantové mechaniky.	Z,ZK	4
02DPLA	Diagnostika plazmatu Předmět je zaměřen na experimentální diagnostiku horkého plazmatu generovaného elektrickými výboji (z-pinč, plazmový fokus), výkonovými lasery a tokamaky. Studenti získají znalosti o fyzikálních principech a praktickém použití klíčových diagnostických metod: rentgenové a XUV spektroskopie, interferometrie, šířkové metody, detekce neutronů (aktivační čítače, scintilační detektory pro time-of-flight metody), korpuskulární a mikrovlnné diagnostiky. Nedílnou součástí předmětu je laboratorní měření na zařízení PFZ-200 na FEL ČVUT v Praze.	Z,ZK	3
12FIF	Fyzika inerciální fúze Cílem přednášky je seznámit studenty s fyzikálními procesy, na nichž je založen princip inerciální fúze, s jednotlivými fázemi probíhajícími při zapálení této fúze, s problémy, které úspěšnou realizaci inerciální fúze komplikují a s postupy navrženými pro řešení těchto problémů. Přednáška rovněž představuje nové významné projekty v oblasti inerciální fúze a seznamuje s koncepcí případných budoucích fúzních reaktorů.	Z,ZK	4
02FT	Fyzika tokamaků Pokročilý kurz fyzikálních vlastností termonukleárního plazmatu v tokamacích. Pochopení fyzikálních souvislostí, terminologie a fenomenologie oboru tak, aby se absolventům kurzu výrazně usnadnilo porozumění oboru, orientace v oboru a samostatná práce s odbornou literaturou	Z,ZK	4
14NMR	Nauka o materiálech pro reaktory Materiály pro klasické a fúzní reaktory	ZK	2
14NAMA	Nauka o materiálu Úvod do Nauky o materiálu.	KZ	3
12PFTF1	Počítačová fyzika 1 Struktura hydrodynamického kódu, reprezentace strukturovaných a nestrukturovaných výpočetních sítí. Nástroje pro ladění a profilování kódu, detekce chyb. Paralelizace kódu, hierarchie paměti, superpočítače. Eulerovy rovnice na pohyblivé síti. Eulerovské, Lagrangeovské a ALE metody, střídavá diskretizace. Metody pro vyhlazování sítí, metody pro konzervativní interpolace funkcí mezi sítěmi. Aplikace v simulacích interakcí laseru s terčem. Zobecnění pro elastické materiály. Metody umělé inteligence v počítačové fyzice.	Z,ZK	2
02PRPLA1	Praktika fyziky plazmatu 1 Cílem předmětu je experimentální práce na pokročilých plazmatických laboratorních experimentech: buď na fúzním zařízení tokamak GOLEM, anebo v laboratoři PlasmaLab@CTU. Zároveň získání zkušeností se základy vědecké práce.	Z	5
02PRPL1	Praktika fyziky plazmatu 1 Cílem předmětu je experimentální práce na pokročilých plazmatických laboratorních experimentech: buď na fúzním zařízení tokamak GOLEM, anebo v laboratoři PlasmaLab@CTU. Zároveň získání zkušeností se základy vědecké práce.	Z	2
02PRPLA2	Praktika fyziky plazmatu 2 Cílem předmětu je experimentální práce na pokročilých plazmatických laboratorních experimentech: buď na fúzním zařízení tokamak GOLEM, anebo v laboratoři PlasmaLab@CTU. Zároveň získání zkušeností se základy vědecké práce.	KZ	5
02PRPL2	Praktika fyziky plazmatu 2 Cílem předmětu je experimentální práce na pokročilých plazmatických laboratorních experimentech: buď na fúzním zařízení tokamak GOLEM, anebo v laboratoři PlasmaLab@CTU. Zároveň získání zkušeností se základy vědecké práce.	KZ	2
02TTJZ	Technika termojaderných zařízení Kurs seznamuje studenty se základními technologiemi termojaderných zařízení. Cílem kurzu je poskytnout studentům výchozí technické informace pro jejich případnou budoucí samostatnou práci na některém z fúzních experimentálních zařízení. Kurs poskytuje přehled řešení, technických problémů, možností a limitů provozu fúzních zařízení.	ZK	3
02TPLA1	Teorie plazmatu 1 Studenti se přehledně seznámí s teorií plazmatu od pohybu jednotlivých částic až po magnetohydrodynamiku. Pohyby částic jsou řešeny v relativistickém i nerelativistickém případě v Lagrangeově a Hamiltonově formalismu. Řešení rovnic v rámci adiabatického přiblížení vede na problematiku pohybu gyračního středu a driftů. V rámci magnetohydrodynamiky jsou probírány: helicity a helikální struktury, tekutinové dynamo, rekonekce magnetických siločar, vlny konečné amplitudy, Bennettovo řešení a další jevy.	Z,ZK	5
02TPLA2	Teorie plazmatu 2 Studenti se seznámí s vlnami a nestabilitami v plazmatu. V první části bude probírána obecný postup získání disperzní relace na základě linearizace rovnic a Fourierovy transformace. Detailně budou rozebrány magnetoakustické vlny, elektromagnetické vlny v plazmatu a základní typy nestabilit. Druhá část přednášky bude věnována statistickému popisu plazmatu, transportním dějům a mikronestabilitám, například Landauově útlumu.	Z,ZK	5
02VUTF1	Výzkumný úkol 1 Výzkumný úkol na zvoleném tématu probíhá pod vedením vybraného školitele, na základě zadání schváleného garantem oboru a vedoucím katedry. Školitel pravidelně dohlíží na činnost studenta v průběhu semestru formou osobních schůzek a konzultací.	Z	6
02VUTF2	Výzkumný úkol 2 Výzkumný úkol na zvoleném tématu probíhá pod vedením vybraného školitele, na základě zadání schváleného garantem oboru a vedoucím katedry. Školitel pravidelně dohlíží na činnost studenta v průběhu semestru formou osobních schůzek a konzultací.	KZ	8

Kód skupiny: NMSPFPTF2

Název skupiny: NMS P_FPTFN 2. ročník

Podmínka kredity skupiny:

Podmínka předměty skupiny: V této skupině musíte absolvovat alespoň 8 předmětů

Kredity skupiny: 0

Poznámka ke skupině:

Kód	Název předmětu / Název skupiny předmětů (u skupiny předmětů seznam kódů jejich členů) Vyučující, autoři a garanti (gar.)	Zakončení	Kredity	Rozsah	Semestr	Role
02DPTF1	Diplomová práce 1 Jana Brotánková Ondřej Ficker (Gar.)	Z	10	10	Z,L	P
02DPTF2	Diplomová práce 2 Ivan Ďuran	Z	20	20	L,Z	P
02ITERA	ITER a doprovodný program Jana Brotánková, Ivan Ďuran Ivan Ďuran Ivan Ďuran (Gar.)	ZK	2	2P+0C	L	P
02PINCE	Pinče Pavel Kubeš, Daniel Klír, Jiří Limpouch Daniel Klír Daniel Klír (Gar.)	ZK	2	2P+0C	Z	P

12PFTF2	Počítačová fyzika 2 <i>Ondřej Klíma Ondřej Klíma Ondřej Klíma (Gar.)</i>	Z,ZK	2	1+1	Z	P
02STFU1	Seminář FPTF1 <i>Jiří Limpouch Jiří Limpouch (Gar.)</i>	Z	2	0P+2S	Z	P
02STFU2	Seminář FPTF2	Z	2	0P+2S	L	P
02TFS	Termojaderná fúze a společnost <i>Vojtěch Svoboda Vojtěch Svoboda (Gar.)</i>	Z	2	2P+0C	Z	P

Charakteristiky předmětů této skupiny studijního plánu: Kód=NMSPFPTF2 Název=NMS P_FPTFN 2. ročník

02DPTF1	Diplomová práce 1				Z	10
Diplomová práce na zvoleném tématu probíhá pod vedením vybraného školitele, na základě zadání schváleného garantem, vedoucím katedry a děkanem. Školitel pravidelně dohlíží na činnost studenta v průběhu semestru formou osobních schůzek a konzultací.						
02DPTF2	Diplomová práce 2				Z	20
Diplomová práce na zvoleném tématu probíhá pod vedením vybraného školitele, na základě zadání schváleného garantem, vedoucím katedry a děkanem. Školitel pravidelně dohlíží na činnost studenta v průběhu semestru formou osobních schůzek a konzultací.						
02ITERA	ITER a doprovodný program				ZK	2
Studenti se seznámí se základními parametry tokamaku ITER: vakuová nádoba, supravodivé magnety, vakuové čerpání, palivový cyklus, kryotechnika, jaderná bezpečnost, scénáře provozu, diagnostika plazmatu, harmonogram stavby a provozu. Vedle toho probereme formy mezinárodní spolupráce, projekty IFMIF a DEMO a hlavní centra fúzního výzkumu ve světě.						
02PINCE	Pinče				ZK	2
Předmět se zaměřuje na fyziku a techniku magnetických pinčů, jež představují jeden z neúčinnějších způsobů, jak vytvořit plazma o vysoké hustotě energie (>100 kJ/cm ³). V tomto předmětu se studenti seznámí se základní teorií, současnými výzkumnými trendy a aplikacemi magnetických pinčů. Cílem předmětu je ukázat, že princip magnetických pinčů se přirozeně vyskytuje jak v laboratorním, tak astrofyzikálním plazmatu a má dopad na celou řadu aplikací. Předmět proto přispívá k lepšímu pochopení základních procesů v plazmatu.						
12PFTF2	Počítačová fyzika 2				Z,ZK	2
Předmět se věnuje některým známým a často používaným simulačním metodám v různých oblastech fyziky. První část předmětu se zaměřuje na částicové simulační metody molekulární dynamiku, metodu Monte Carlo a další metody pro řešení pohybu částic v self-konzistentních polích (například metoda Particle in Cell ve fyzice plazmatu). Druhá část je věnována metodám řešení Maxwellových rovnic, zejména metodám konečných diferencí a konečných prvků. Také se budeme zabývat použitím metod strojového učení ve fyzice.						
02STFU1	Seminář FPTF1				Z	2
Účast na seminářích pořádaných zaměřením FTFF a na fakultních a ústavních seminářích podle zaměření diplomové práce studenta.						
02STFU2	Seminář FPTF2				Z	2
Účast na seminářích pořádaných zaměřením FTFF a na fakultních a ústavních seminářích podle zaměření diplomové práce studenta.						
02TFS	Termojaderná fúze a společnost				Z	2
Zatímco odborná přednáška postupuje od jednoduššího ke složitějšímu, od známého k novému, tato přednáška postupuje od staršího k novějšímu. Spojuje fúzní zařízení a vzorce s jejich autory. Vysvětluje logiku směřování výzkumu řízené fúze, včetně nezbytných či překvapivých omylů a slepých uliček. Kurs objasňuje místo fúze ve společnosti, včetně úlohy popularizace a role fúze v budoucím energetickém mixu. Při přednáškách jsou probírány fúzní aktuality.						

Název bloku: Volitelné předměty

Minimální počet kreditů bloku: 0

Role bloku: V

Kód skupiny: NMSPFPTFV

Název skupiny: NMS P_FPTFN volitelné předměty

Podmínka kredity skupiny:

Podmínka předměty skupiny:

Kredity skupiny: 0

Poznámka ke skupině:

Kód	Název předmětu / Název skupiny předmětů (u skupiny předmětů seznam kódů jejich členů) Vyučující, autoři a garanti (gar.)	Zakončení	Kredity	Rozsah	Semestr	Role
12DRP	Diferenciální rovnice na počítači <i>Richard Liska Richard Liska Richard Liska (Gar.)</i>	Z,ZK	5	2+2	Z	v
16DNEU	Dozimetrie neutronů <i>Michal Košťál, Ondřej Ploc Ondřej Ploc Ondřej Ploc (Gar.)</i>	ZK	2	2+0	3	v
02EADP	Experimentální analýza dat ve fyzice plazmatu <i>Jakub Seidl (Gar.)</i>	Z	3	0P+2C	L	v
12LPZ	Laserové plazma jako zdroj záření a částic <i>Jaroslav Nejd Jaroslav Nejd Jaroslav Nejd (Gar.)</i>	ZK	2	2+0	Z	v
02ZLSTF2	Letní škola fyziky plazmatu a termojaderné fúze <i>Vojtěch Svoboda (Gar.)</i>	Z	1	1týd.	L	v
04MGA1	Magisterská angličtina 1 <i>Nathaniel Patton (Gar.)</i>	Z	2	0+2	L,Z	v
04MGA2	Magisterská angličtina 2 <i>Darren Copeland (Gar.)</i>	Z	2	0+2	L,Z	v
01MMNS	Matematické modelování nelineárních systémů <i>Michal Beneš Michal Beneš Michal Beneš (Gar.)</i>	ZK	3	1P+1C	Z	v
12NIPL	Nízkoteplotní plazma a výboje <i>Jaroslav Nejd, Michal Nevřkla Jaroslav Nejd Jaroslav Nejd (Gar.)</i>	Z,ZK	4	4	Z	v
12OSP	Optické spektroskopie <i>Martin Michl Martin Michl Martin Michl (Gar.)</i>	KZ	2	2+0	L	v

02PMPL	Počítačové modelování plazmatu <i>Radek Plašil Radek Plašil (Gar.)</i>	Z,ZK	3	2+1	L	v
12POEX	Počítačové řízení experimentů <i>Miroslav Čech Miroslav Čech Miroslav Čech (Gar.)</i>	Z	2	2+0	L	v
12SFMC1	Počítačové simulace ve fyzice mnoha částic 1 <i>Milan Předota Richard Liska Richard Liska (Gar.)</i>	Z,ZK	4	3+1	Z	v
12SFMC2	Počítačové simulace ve fyzice mnoha částic 2 <i>Milan Předota, Karel Houfek Richard Liska (Gar.)</i>	ZK	2	2+0	L	v
16REL	Radiační efekty v látce <i>Kateřina Pilařová Kateřina Pilařová Kateřina Pilařová (Gar.)</i>	ZK	2	2+0	Z	v
01SUP	Startupový projekt <i>Přemysl Rubeš Přemysl Rubeš Přemysl Rubeš (Gar.)</i>	KZ	2	2P+0C		v
11SUPR	Supravodivost a fyzika nízkých teplot <i>Zdeněk Janů, Martin Ledinský Zdeněk Janů Zdeněk Janů (Gar.)</i>	ZK	4	4	Z	v
16ZIVO	Úvod do životního prostředí <i>Hana Průšová Hana Průšová Hana Průšová (Gar.)</i>	KZ	2	2+0	1	v
02PMCF	Vybrané partie z fyziky MCF <i>Ondřej Ficker Ondřej Ficker (Gar.)</i>	KZ	2	0+2	L	v
16ZJT	Zařízení jaderné techniky <i>Tomáš Čechák, Kamil Augsten Kamil Augsten Tomáš Čechák (Gar.)</i>	ZK	2	2+0	1	v
02ZLSTF1	Zimní škola fyziky plazmatu a termojaderné fúze <i>Vojtěch Svoboda (Gar.)</i>	Z	1	1týd.	Z	v

Charakteristiky předmětů této skupiny studijního plánu: Kód=NMSPFPTFV Název=NMS P_FPTFN volitelné předměty

12DRP	Diferenciální rovnice na počítači Obyčejné diferenciální rovnice, analytické metody; Obyčejné diferenciální rovnice, numerické metody, metody Runge-Kuttovy, stabilita; Parciální diferenciální rovnice, analýza, rovnice hyperbolické, parabolické a eliptické, podmíněnost diferenciálních rovnic; Parciální diferenciální rovnice, numerické řešení, metoda konečných diferencí, diferenční schemata, řád aproximace, stabilita, konvergence, modifikovaná rovnice, difuze, disperze; Zákony zachování a jejich numerické řešení, rovnice mělké vody, Eulerovy rovnice, Lagrangeovské metody, ALE metody; Praktické výpočty v systémech Matlab pro numeriku a Maple pro analýzu schemat.	Z,ZK	5			
16DNEU	Dozimetrie neutronů Metody využívající jaderných reakcí s neutrony, metody využívající odražených jader, metoda doby průletu, neutronové selektory a monochromátory, krystalové spektrometry, aktivní metody, metody integrující dozimetrie neutronů, možnosti aplikace jednotlivých metod, kalibrace neutronových dozimetrů.	ZK	2			
02EADP	Experimentální analýza dat ve fyzice plazmatu Cílem předmětu je poskytnout studentům možnost získat praktické zkušenosti řešením projektů z oblasti data science. Několik úloh zaměřených na analýzu dat měřených ve fúzních experimentech s magnetickým udržením plazmatu pomocí různých diagnostických systémů (mikrovlny, viditelná spektroskopie, infrakamery, elektrické sondy atd.) poskytují studentům možnost vyzkoušet si aplikaci Bayesovského přístupu, neuronových sítí a výpočtů na grafických kartách pro získání požadovaných informací o stavu plazmatu. Dále pak seznámení se s výhodami propojování dopředných a zpětných modelů. Tento přístup imituje pracovní postupy běžné v research and development projektech, kdy je zadán požadavek na návrh způsobu získání určitého typu informace z naměřených dat.	Z	3			
12LPZ	Laserové plazma jako zdroj záření a částic Cílem přednášky je seznámit studenty s fyzikálními principy interakce intenzivních laserových svazků s hmotou s důrazem na generaci sekundárních zdrojů záření a urychlených částic a vybrané aplikace těchto zdrojů. Po zavedení základních pojmů a popisu elementární interakce vázaného elektronu s nízkofrekvenčním polem jsou probírány mechanismy generace vysokých harmonických frekvencí a jednotlivých attosekundových pulzů, plazmové rentgenové lasery a záření horkého plazmatu. Další část přednášek pojednává o metodách generace tvrdého rentgenového záření pomocí relativistických elektronových svazků, principech laserového urychlování elektronů a iontů a vybraných mezioborových aplikacích výše zmíněných zdrojů záření a částic.	ZK	2			
02ZLSTF2	Letní škola fyziky plazmatu a termojaderné fúze Cílem letní školy je zdokonalení odborných komunikačních schopností studentů. Každý student přednese odborný referát na téma vlastní rešeršní nebo výzkumné práce.	Z	1			
04MGA1	Magisterská angličtina 1 Kurz je volitelný a je volným pokračováním kurzů odborného jazyka na mírně pokročilé úrovni, které posluchači absolvovali v bakalářském programu. Je zaměřen na konverzaci na odborná témata a rozšiřuje tak slovní zásobu a mluvní kompetenci, která není pro nedostatek času v základním kurzu dostatečně procvičována a upevňována. Kurz je uzavřen zápočtem.	Z	2			
04MGA2	Magisterská angličtina 2 Kurz je volitelný a navazuje volně na kurz 04MG1, lze si jej však zapsat i samostatně. Je zaměřen na odborný písemný projev dle specializace studentů (referát o vlastní práci, rešerše, diplomová práce v angličtině apod.) a na prezentaci vlastních pro kurz připravených odborných sdělení. Umožní studentům připravit se na prezentace na různých odborných studentských konferencích. Kurz je uzavřen zápočtem.	Z	2			
01MMNS	Matematické modelování nelineárních systémů Předmět zahrnuje základní pojmy a poznatky teorie dynamických systémů konečné a nekonečné dimenze generovaných evolučními diferenciálními rovnicemi, charakteristiku bifurkací a chaosu. Druhá část je věnována výkladu základních pojmů fraktální geometrie zkoumající atraktory těchto dynamických systémů.	ZK	3			
12NIPL	Nízkoteplotní plazma a výboje Atomární strážkové procesy; základní pojmy a vztahy; pružný rozptyl; ionizace a excitace; tříčásticová rekombinace. Brzdění záření; radiační záhyt; diskretní vyzářování. Procesy v částečně ionizovaném plynu. Plyn v termodynamické rovnováze. Ionizovaný plyn v elektrickém poli. Jevy na elektrodách. Průraz plynu v elektrickém poli stejnosměrném a střídavém. Elektrické výboje v plynu; V-A charakteristika výboje. Doutnavý výboj. Samostatný obloukový výboj. Nízkotlaký oblouk se žhavenou katodou. Elektrické sondy.	Z,ZK	4			
12OSP	Optické spektroskopie Základy spektroskopického chování atomů a molekul. Základní experimentální techniky optických spektroskopii.	KZ	2			
02PMPL	Počítačové modelování plazmatu Cílem přednášky je seznámit studenty se základními postupy počítačového modelování ve fyzice a aplikovat tyto postupy na studování fyzikálních procesů v nízkoteplotním i vysokoteplotním plazmatu.	Z,ZK	3			
12POEX	Počítačové řízení experimentů Úvod, čidla a senzory,, základy elektroniky a číslicové techniky, D/A a A/D převodníky, základy datových komunikací, rozhraní RS232C, TTY, RS485, IEEE488, programové vybavení, LabView	Z	2			
12SFMC1	Počítačové simulace ve fyzice mnoha částic 1 Typy a možnosti počítačových simulací, klasické spojitě a mřížkové modelové systémy, základy metody Monte Carlo a molekulární dynamiky, Isingovův model, model kapaliny tuhých koulí a Lennardovy-Jonesovy kapaliny, realizace simulací a měření, simulace v různých termodynamických souborech.	Z,ZK	4			
12SFMC2	Počítačové simulace ve fyzice mnoha částic 2 Pokročilé metody Monte Carlo a molekulární dynamiky a jejich aplikace na různé problémy: kritické jevy, složité molekulární systémy, tuhé molekuly, dlouhodobé síly, nerovnovážné jevy, transportní koeficienty, procesy růstu, kinetické MC, optimalizační úlohy, kvantové MC, simulace z prvních principů, Carova-Parrinelliho metoda.	ZK	2			

16REL	Radiační efekty v látce	ZK	2
Historie radiolýzy, stopa, stadia radiolýzy, reakční kinetika, radiačně chemický výtěžek, experiment v radiolýze, klasické metody, pulzní radiolýza, EPR, přechodné produkty radiolýzy, excitované stavy, solvatované elektrony, volné radikály, radiolýza plynů, vody, vodných roztoků, organických kapalin, radiolýza pevných látek, iontových krystalů, polymerů, skel, kovů a slitin, radiační technologie, sterilizace, síťování a degradace polymerů, ošetřování potravin.			
01SUP	Startupový projekt	KZ	2
Znalosti předané studentům v průběhu doprovodných seminářů k projektu: Start-up, definice, příklady, technologie vs. Produkt, fáze start-upu a klíčové aktivity v každé z nich od nápadu po první platící zákazník. Nápad a práce s ním. Analýza trhu, konkurence, Porters 5 forces, value proposition, target market. Produkt. Definice, stavba produktu, metodologie lean startup, human centric design. Business modely, monetizace, druhy firem SaaS, Marketplace, Služby, Trading atp. Obchod, prodej, nejpálčivější místo českých start-upů. Jak prodávat technologické produkty? Efektivní komunikace, prezentace, prodej, networking, budování vztahů. Financování, vztahy s investory, fungování VC fondů, kolik potřebuje start-up peněz? Stavba business plán. Sebe-disciplína, pracovní návyky, time-management, efektivita, produktivita, GTD. Trh, globální firmy, technologické trendy, business analýza. Základy teorie rozhodování, behaviorální ekonomie, neurovědy			
11SUPR	Supravodivost a fyzika nízkých teplot	ZK	4
Cílem přednášky je seznámit studenty se základy fyziky a techniky nízkých teplot a vybranými makroskopickými kvantovými jevy.			
16ZIVO	Úvod do životního prostředí	KZ	2
Obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie a jejich transformace, atmosféra (její vznik, složení, procesy v ní probíhající, skleníkové plyny, ozonová vrstva), hydrosféra (vznik a složení, úprava a čištění vody), pedosféra a biochemické cykly biogenních prvků, mikroorganismy, základní biochemické principy, fotosyntéza, přenos energie, DNA, globální cykly některých biogenních prvků, strategie populací, odpady (dělení, zpracování a využití), politika a ekonomie v ŽP.			
02PMCF	Vybrané partie z fyziky MCF	KZ	2
Kurz má zájemcům o fúzi s magnetickým udržením umožnit, aby si doplnili základní fyzikálně-technické partie oboru, se kterými nemají možnost se seznámit v rámci povinných kurzů. Zároveň představuje příležitost se seznámit s mladými vědeckými pracovníky z tokamaku COMPASS. Konečně studenti v závěru kurzu prezentují svoji vlastní odbornou práci.			
16ZJT	Zařízení jaderné techniky	ZK	2
Předmět seznamuje studenty se základy jaderné energetiky a urychlovačů částic. V úvodní části je podrobně vysvětleno schéma jaderného reaktoru a jaderné elektrárny, princip řetězové štěpné reakce a funkce hlavních částí energetického reaktoru. Probrány jsou nejdůležitější typy reaktorů používaných v energetice i výzkumu, jejich rozdíly v konstrukci a provozu, otázky bezpečnosti a nakládání s jaderným palivem. Důraz je kladen na praktické aspekty využití jaderných zařízení pro výrobu energie. Druhá část předmětu poskytuje úvod do problematiky urychlovačů částic. Studenti se seznámí se základními principy činnosti iontových zdrojů a s hlavními typy lineárních i kruhových urychlovačů. Pozornost je věnována zejména praktickým aplikacím urychlovačů v medicíně (např. radioterapie, diagnostika) a průmyslu (např. materiálová analýza, sterilizace), a rovněž jejich významu v základním výzkumu.			
02ZLSTF1	Zimní škola fyziky plazmatu a termojaderné fúze	Z	1
Cílem pravidelné "Zimní školy fyziky plazmatu termojaderné fúze" je zdokonalení odborných komunikačních schopností studentů. Každý student přednese odborný referát na téma vlastní rešeršní nebo výzkumné práce.			

Seznam předmětů tohoto průchodu:

Kód	Název předmětu	Zakončení	Kredity
01MMNS	Matematické modelování nelineárních systémů	ZK	3
Předmět zahrnuje základní pojmy a poznatky teorie dynamických systémů konečné a nekonečné dimenze generovaných evolučními diferenciálními rovnicemi, charakteristiku bifurkací a chaosu. Druhá část je věnována výkladu základních pojmů fraktální geometrie zkoumající atraktory těchto dynamických systémů.			
01SUP	Startupový projekt	KZ	2
Znalosti předané studentům v průběhu doprovodných seminářů k projektu: Start-up, definice, příklady, technologie vs. Produkt, fáze start-upu a klíčové aktivity v každé z nich od nápadu po první platící zákazník. Nápad a práce s ním. Analýza trhu, konkurence, Porters 5 forces, value proposition, target market. Produkt. Definice, stavba produktu, metodologie lean startup, human centric design. Business modely, monetizace, druhy firem SaaS, Marketplace, Služby, Trading atp. Obchod, prodej, nejpálčivější místo českých start-upů. Jak prodávat technologické produkty? Efektivní komunikace, prezentace, prodej, networking, budování vztahů. Financování, vztahy s investory, fungování VC fondů, kolik potřebuje start-up peněz? Stavba business plán. Sebe-disciplína, pracovní návyky, time-management, efektivita, produktivita, GTD. Trh, globální firmy, technologické trendy, business analýza. Základy teorie rozhodování, behaviorální ekonomie, neurovědy			
02AMF	Atomová a molekulová fyzika	Z,ZK	4
Hlavním cílem přednášky je poskytnout studentům základy atomové a molekulové fyziky s použitím aparátu kvantové mechaniky.			
02DPLA	Diagnostika plazmatu	Z,ZK	3
Předmět je zaměřen na experimentální diagnostiku horkého plazmatu generovaného elektrickými výboji (z-pinč, plazmový fokus), výkonovými lasery a tokamaky. Studenti získají znalosti o fyzikálních principech a praktickém použití klíčových diagnostických metod: rentgenové a XUV spektroskopie, interferometrie, šlirové metody, detekce neutronů (aktivační čítače, scintilační detektory pro time-of-flight metody), korpuskulární a mikrovlnné diagnostiky. Nedílnou součástí předmětu je laboratorní měření na zařízení PFZ-200 na FEL ČVUT v Praze.			
02DPTF1	Diplomová práce 1	Z	10
Diplomová práce na zvoleném tématu probíhá pod vedením vybraného školitele, na základě zadání schváleného garantem, vedoucím katedry a děkanem. Školitel pravidelně dohlíží na činnost studenta v průběhu semestru formou osobních schůzek a konzultací.			
02DPTF2	Diplomová práce 2	Z	20
Diplomová práce na zvoleném tématu probíhá pod vedením vybraného školitele, na základě zadání schváleného garantem, vedoucím katedry a děkanem. Školitel pravidelně dohlíží na činnost studenta v průběhu semestru formou osobních schůzek a konzultací.			
02EADP	Experimentální analýza dat ve fyzice plazmatu	Z	3
Cílem předmětu je poskytnout studentům možnost získat praktické zkušenosti řešením projektů z oblasti data science. Několik úloh zaměřených na analýzu dat měřených ve fúzních experimentech s magnetickým udržením plazmatu pomocí různých diagnostických systémů (mikrovlny, viditelná spektroskopie, infrakamery, elektrické sondy atd.) poskytují studentům možnost vyzkoušet si aplikaci Bayesovského přístupu, neuronových sítí a výpočtů na grafických kartách pro získání požadovaných informací o stavu plazmatu. Dále pak seznámení se s výhodami propojování dopředných a zpětných modelů. Tento přístup imituje pracovní postupy běžné v research and development projektech, kdy je zadán požadavek na návrh způsobu získání určitého typu informace z naměřených dat.			
02FT	Fyzika tokamaků	Z,ZK	4
Pokročilý kurz fyzikálních vlastností termojaderného plazmatu v tokamacích. Pochopení fyzikálních souvislostí, terminologie a fenomenologie oboru tak, aby se absolventům kurzu výrazně usnadnilo porozumění oboru, orientace v oboru a samostatná práce s odbornou literaturou			

02ITERA	ITER a doprovodný program	ZK	2
Studenti se seznámí se základními parametry tokamaku ITER: vakuová nádoba, supravodivé magnety, vakuové čerpání, palivový cyklus, kryotechnika, jaderná bezpečnost, scénáře provozu, diagnostika plazmatu, harmonogram stavby a provozu. Vedle toho probereme formy mezinárodní spolupráce, projekty IFMIF a DEMO a hlavní centra fúzního výzkumu ve světě.			
02PINCE	Pinče	ZK	2
Předmět se zaměřuje na fyziku a techniku magnetických pinčů, jež představují jeden z neúčinnějších způsobů, jak vytvořit plazma o vysoké hustotě energie (>100 kJ/cm ³). V tomto předmětu se studenti seznámí se základní teorií, současnými výzkumnými trendy a aplikacemi magnetických pinčů. Cílem předmětu je ukázat, že princip magnetických pinčů se přirozeně vyskytuje jak v laboratorním, tak astrofyzikálním plazmatu a má dopad na celou řadu aplikací. Předmět proto přispívá k lepšímu pochopení základních procesů v plazmatu.			
02PMCF	Vybrané partie z fyziky MCF	KZ	2
Kurz má zájemcům o fúzi s magnetickým udržením umožnit, aby si doplnili základní fyzikálně-technické partie oboru, se kterými nemají možnost se seznámit v rámci povinných kurzů. Zároveň představuje příležitost se seznámit s mladými vědeckými pracovníky z tokamaku COMPASS. Konečně studenti v závěru kurzu prezentují svoji vlastní odbornou práci.			
02PMPL	Počítačové modelování plazmatu	Z,ZK	3
Cílem přednášky je seznámit studenty se základními postupy počítačového modelování ve fyzice a aplikovat tyto postupy na studování fyzikálních procesů v nízkoteplotním i vysokoteplotním plazmatu.			
02PRPL1	Praktika fyziky plazmatu 1	Z	2
Cílem předmětu je experimentální práce na pokročilých plazmatických laboratorních experimentech: buď na fúzním zařízení tokamak GOLEM, anebo v laboratoři PlasmaLab@CTU. Zároveň získání zkušeností se základy vědecké práce.			
02PRPL2	Praktika fyziky plazmatu 2	KZ	2
Cílem předmětu je experimentální práce na pokročilých plazmatických laboratorních experimentech: buď na fúzním zařízení tokamak GOLEM, anebo v laboratoři PlasmaLab@CTU. Zároveň získání zkušeností se základy vědecké práce.			
02PRPLA1	Praktika fyziky plazmatu 1	Z	5
Cílem předmětu je experimentální práce na pokročilých plazmatických laboratorních experimentech: buď na fúzním zařízení tokamak GOLEM, anebo v laboratoři PlasmaLab@CTU. Zároveň získání zkušeností se základy vědecké práce.			
02PRPLA2	Praktika fyziky plazmatu 2	KZ	5
Cílem předmětu je experimentální práce na pokročilých plazmatických laboratorních experimentech: buď na fúzním zařízení tokamak GOLEM, anebo v laboratoři PlasmaLab@CTU. Zároveň získání zkušeností se základy vědecké práce.			
02STFU1	Seminář FPTF1	Z	2
Účast na seminářích pořádaných zaměřením FTFF a na fakultních a ústavních seminářích podle zaměření diplomové práce studenta.			
02STFU2	Seminář FPTF2	Z	2
Účast na seminářích pořádaných zaměřením FTFF a na fakultních a ústavních seminářích podle zaměření diplomové práce studenta.			
02TFS	Termojaderná fúze a společnost	Z	2
Zatímco odborná přednáška postupuje od jednoduššího ke složitějšímu, od známého k novému, tato přednáška postupuje od staršího k novějšímu. Spojuje fúzní zařízení a vzorce s jejími autory. Vysvětluje logiku směřování výzkumu řízené fúze, včetně nezbytných či překvapivých omylů a slepých uliček. Kurs objasňuje místo fúze ve společnosti, včetně úlohy popularizace a role fúze v budoucím energetickém mixu. Při přednáškách jsou probírány fúzní aktuality.			
02TPLA1	Teorie plazmatu 1	Z,ZK	5
Studenti se přehledně seznámí s teorií plazmatu od pohybu jednotlivých částic až po magnetohydrodynamiku. Pohyby částic jsou řešeny v relativistickém i nerelativistickém případě v Lagrangeově a Hamiltonově formalismu. Řešení rovnic v rámci adiabatického přiblížení vede na problematiku pohybu gyračního středu a driftů. V rámci magnetohydrodynamiky jsou probírány: helicity a helikální struktury, tekutinové dynamo, rekonekce magnetických siločar, vlny konečné amplitudy, Bennetovo řešení a další jevy.			
02TPLA2	Teorie plazmatu 2	Z,ZK	5
Studenti se seznámí s vlnami a nestabilitami v plazmatu. V první části bude probírána obecný postup získání disperzní relace na základě linearizace rovnic a Fourierovy transformace. Detailně budou rozebrány magnetoakustické vlny, elektromagnetické vlny v plazmatu a základní typy nestabilit. Druhá část přednášky bude věnována statistickému popisu plazmatu, transportním dějům a mikronestabilitám, například Landauově útlumu.			
02TTJZ	Technika termojaderných zařízení	ZK	3
Kurs seznamuje studenty se základními technologiemi termojaderných zařízení. Cílem kurzu je poskytnout studentům výchozí technické informace pro jejich případnou budoucí samostatnou práci na některém z fúzních experimentálních zařízení. Kurs poskytuje přehled řešení, technických problémů, možností a limitů provozu fúzních zařízení.			
02VUTF1	Výzkumný úkol 1	Z	6
Výzkumný úkol na zvoleném tématu probíhá pod vedením vybraného školitele, na základě zadání schváleného garantem oboru a vedoucím katedry. Školitel pravidelně dohlíží na činnost studenta v průběhu semestru formou osobních schůzek a konzultací.			
02VUTF2	Výzkumný úkol 2	KZ	8
Výzkumný úkol na zvoleném tématu probíhá pod vedením vybraného školitele, na základě zadání schváleného garantem oboru a vedoucím katedry. Školitel pravidelně dohlíží na činnost studenta v průběhu semestru formou osobních schůzek a konzultací.			
02ZLSTF1	Zimní škola fyziky plazmatu a termojaderné fúze	Z	1
Cílem pravidelně "Zimní školy fyziky plazmatu termojaderné fúze" je zdokonalení odborných komunikačních schopností studentů. Každý student přednese odborný referát na téma vlastní rešeršní nebo výzkumné práce.			
02ZLSTF2	Letní škola fyziky plazmatu a termojaderné fúze	Z	1
Cílem letní školy je zdokonalení odborných komunikačních schopností studentů. Každý student přednese odborný referát na téma vlastní rešeršní nebo výzkumné práce.			
04MGA1	Magisterská angličtina 1	Z	2
Kurz je volitelný a je volným pokračováním kurzů odborného jazyka na mírně pokročilé úrovni, které posluchači absolvovali v bakalářském programu. Je zaměřen na konverzaci na odborná témata a rozšiřuje tak slovní zásobu a mluvní kompetenci, která není pro nedostatek času v základním kurzu dostatečně procvičována a upevňována. Kurz je uzavřen zápočtem.			
04MGA2	Magisterská angličtina 2	Z	2
Kurz je volitelný a navazuje volně na kurz 04MG1, lze si jej však zapsat i samostatně. Je zaměřen na odborný písemný projev dle specializace studentů (referát o vlastní práci, rešerše, diplomová práce v angličtině apod.) a na prezentaci vlastních pro kurz připravených odborných sdělení. Umožní studentům připravit se na prezentace na různých odborných studentských konferencích. Kurz je uzavřen zápočtem.			
11SUPR	Supravodivost a fyzika nízkých teplot	ZK	4
Cílem přednášky je seznámit studenty se základy fyziky a techniky nízkých teplot a vybranými makroskopickými kvantovými jevy.			
12DRP	Diferenciální rovnice na počítači	Z,ZK	5
Obyčejné diferenciální rovnice, analytické metody; Obyčejné diferenciální rovnice, numerické metody, metody Runge-Kuttovy, stabilita; Parciální diferenciální rovnice, analýza, rovnice hyperbolické, parabolické a eliptické, podmíněnost diferenciálních rovnic; Parciální diferenciální rovnice, numerické řešení, metoda konečných diferencí, diferenční schemata, řád aproximace, stabilita, konvergence, modifikovaná rovnice, difuze, disperze; Zákon zachování a jejich numerické řešení, rovnice mělké vody, Eulerovy rovnice, Lagrangeovské metody, ALE metody; Praktické výpočty v systémech Matlab pro numeriku a Maple pro analýzu schemat.			

12FIF	Fyzika inerciální fúze	Z,ZK	4
Cílem přednášky je seznámit studenty s fyzikálními procesy, na nichž je založen princip inerciální fúze, s jednotlivými fázemi probíhajícími při zapálení této fúze, s problémy, které úspěšnou realizaci inerciální fúze komplikují a s postupy navrženými pro řešení těchto problémů. Přednáška rovněž představuje nové významné projekty v oblasti inerciální fúze a seznamuje s koncepcí případných budoucích fúzních reaktorů.			
12LPZ	Laserové plazma jako zdroj záření a částic	ZK	2
Cílem přednášky je seznámit studenty s fyzikálními principy interakce intenzivních laserových svazků s hmotou s důrazem na generaci sekundárních zdrojů záření a urychlených částic a vybrané aplikace těchto zdrojů. Po zavedení základních pojmů a popisu elementární interakce vázaného elektronu s nízkofrekvenčním polem jsou probírány mechanismy generace vysokých harmonických frekvencí a jednotlivých attosekundových pulzů, plazmové rentgenové lasery a záření horkého plazmatu. Další část přednášek pojednává o metodách generace tvrdého rentgenového záření pomocí relativistických elektronových svazků, principech laserového urychlování elektronů a iontů a vybraných mezioborových aplikacích výše zmíněných zdrojů záření a částic.			
12NIPL	Nízkoteplotní plazma a výboje	Z,ZK	4
Atomární strážkové procesy; základní pojmy a vztahy; pružný rozptyl; ionizace a excitace; tříčásticová rekombinace. Brzdné záření; radiální záchyt; diskretní vyzařování. Procesy v částečně ionizovaném plynu. Plyn v termodynamické rovnováze. Ionizovaný plyn v elektrickém poli. Jevy na elektrodách. Průraz plynu v elektrickém poli stejnosměrném a střídavém. Elektrické výboje v plynu; V-A charakteristika výboje. Doutnavý výboj. Samostatný obloukový výboj. Nízkotlaký oblouk se žhavenou katodou. Elektrické sondy.			
12OSP	Optické spektroskopie	KZ	2
Základy spektroskopického chování atomů a molekul. Základní experimentální techniky optických spektroskopii.			
12PFTF1	Počítačová fyzika 1	Z,ZK	2
Struktura hydrodynamického kódu, reprezentace strukturovaných a nestrukturovaných výpočetních sítí. Nástroje pro ladění a profilování kódu, detekce chyb. Paralelizace kódu, hierarchie paměti, superpočítače. Eulerovy rovnice na pohyblivé síti. Eulerovské, Lagrangeovské a ALE metody, střídavá diskretizace. Metody pro vyhlazování sítí, metody pro konzervativní interpolace funkcí mezi sítěmi. Aplikace v simulacích interakcí laseru s terčem. Zobecnění pro elastické materiály. Metody umělé inteligence v počítačové fyzice.			
12PFTF2	Počítačová fyzika 2	Z,ZK	2
Předmět se věnuje některým známým a často používaným simulačním metodám v různých oblastech fyziky. První část předmětu se zaměřuje na částicové simulační metody molekulární dynamiku, metodu Monte Carlo a další metody pro řešení pohybu částic v self-konzistentních polích (například metoda Particle in Cell ve fyzice plazmatu). Druhá část je věnována metodám řešení Maxwellových rovnic, zejména metodám konečných diferencí a konečných prvků. Také se budeme zabývat použitím metod strojového učení ve fyzice.			
12POEX	Počítačové řízení experimentů	Z	2
Úvod, čidla a senzory, základy elektroniky a číslicové techniky, D/A a A/D převodníky, základy datových komunikací, rozhraní RS232C, TTY, RS485, IEEE488, programové vybavení, LabView			
12SFMC1	Počítačové simulace ve fyzice mnoha částic 1	Z,ZK	4
Typy a možnosti počítačových simulací, klasické spojité a mřížkové modelové systémy, základy metody Monte Carlo a molekulární dynamiky, Isingovův model, model kapaliny tuhých koulí a Lennardovy-Jonesovy kapaliny, realizace simulací a měření, simulace v různých termodynamických souborech.			
12SFMC2	Počítačové simulace ve fyzice mnoha částic 2	ZK	2
Pokročilé metody Monte Carlo a molekulární dynamiky a jejich aplikace na různé problémy: kritické jevy, složité molekulární systémy, tuhé molekuly, dlouhodobé síly, nerovnovážné jevy, transportní koeficienty, procesy růstu, kinetické MC, optimalizační úlohy, kvantové MC, simulace z prvních principů, Carova-Parrinelliho metoda.			
14NAMA	Nauka o materiálu	KZ	3
Úvod do Nauky o materiálu.			
14NMR	Nauka o materiálech pro reaktory	ZK	2
Materiály pro klasické a fúzní reaktory			
16DNEU	Dozimetrie neutronů	ZK	2
Metody využívající jaderných reakcí s neutrony, metody využívající odražených jader, metoda doby průletu, neutronové selektory a monochromátory, krystalové spektrometry, aktivační metody, metody integrující dozimetrie neutronů, možnosti aplikace jednotlivých metod, kalibrace neutronových dozimetrů.			
16REL	Radiační efekty v látce	ZK	2
Historie radiolýzy, stopa, stadia radiolýzy, reakční kinetika, radiačně chemický výtěžek, experiment v radiolýze, klasické metody, pulzní radiolýza, EPR, přechodné produkty radiolýzy, excitované stavy, solvované elektrony, volné radikály, radiolýza plynů, vody, vodných roztoků, organických kapalin, radiolýza pevných látek, iontových krystalů, polymerů, skel, kovů a slitin, radiační technologie, sterilizace, síťování a degradace polymerů, ošetřování potravin.			
16ZIVO	Úvod do životního prostředí	KZ	2
Obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie a jejich transformace, atmosféra (její vznik, složení, procesy v ní probíhající, skleníkové plyny, ozonová vrstva), hydrosféra (vznik a složení, úprava a čištění vody), pedosféra a biochemické cykly biogenních prvků, mikroorganismy, základní biochemické principy, fotosyntéza, přenos energie, DNA, globální cykly některých biogenních prvků, strategie populací, odpady (dělení, zpracování a využitování), politika a ekonomie v ŽP.			
16ZJT	Zařízení jaderné techniky	ZK	2
Předmět seznamuje studenty se základy jaderné energetiky a urychlovačů částic. V úvodní části je podrobně vysvětleno schéma jaderného reaktoru a jaderné elektrárny, princip řetězové štěpné reakce a funkce hlavních částí energetického reaktoru. Probírány jsou nejdůležitější typy reaktorů používaných v energetice i výzkumu, jejich rozdíly v konstrukci a provozu, otázky bezpečnosti a nakládání s jaderným palivem. Důraz je kladen na praktické aspekty využití jaderných zařízení pro výrobu energie. Druhá část předmětu poskytuje úvod do problematiky urychlovačů částic. Studenti se seznámí se základními principy činnosti iontových zdrojů a s hlavními typy lineárních i kruhových urychlovačů. Pozornost je věnována zejména praktickým aplikacím urychlovačů v medicíně (např. radioterapie, diagnostika) a průmyslu (např. materiálová analýza, sterilizace), a rovněž jejich významu v základním výzkumu.			

Aktualizace výše uvedených informací naleznete na adrese <http://bilakniha.cvut.cz/cs/FF.html>

Generováno: dne 06.05.2026 v 05:30 hod.