A-I – Základní informace o žádosti o akreditaci

Název vysoké školy: České vysoké učení technické v Praze

Název součásti vysoké školy: Fakulta elektrotechnická

Název spolupracující instituce: -

Název studijního programu: Aplikovaná fyzika

Typ žádosti o akreditaci: udělení akreditace

Schvalující orgán: Vědecká rada ČVUT v Praze

Datum schválení žádosti: 29. 5. 2018

Odkaz na elektronickou podobu žádosti:

http://www.fel.cvut.cz/cz/akreditace/

Heslo: AkreditaceAPF2018

Odkazy na relevantní vnitřní předpisy:

Všechny informace o doktorském studiu na FEL ČVUT jsou přehledně na

http://www.fel.cvut.cz/cz/vv/studium.html

Studijní předpisy FEL, Směrnice děkana a dokumenty Vědecké rady FEL relevantní doktorskému studiu jsou dostupné z webu fakulty

http://www.fel.cvut.cz/cz/vv/doktorandi/predpisy.html

Vnitřní předpisy ČVUT jsou na

https://www.cvut.cz/vnitrni-predpisy

ISCED F:

0533 Fyzika (70%)

Hlavní předmět studijního programu je fyzika (70 %), vedlejšími pak elektrotechnika (15 %), biologie (10%) a chemie (5 %). Fyzika je zde dominantním předmětem, současně váha vedlejších předmětů není taková, aby se jednalo o interdisciplinární studijní program. Z tohoto důvodu je navrhován kód 0533.

B-I – Charakteristika studijního programu

Název studijního programu	Aplikovaná fyzika		
Typ studijního programu	doktorský		
Profil studijního programu	-		
Forma studia	prezenční a kombinovaná		
Standardní doba studia	4		
Jazyk studia	čeština		
Udělovaný akademický titul	Ph.D.		
Rigorózní řízení	ne	**Udělovaný akademický titul**	-
Garant studijního programu	doc. RNDr. Bohuslav Rezek, Ph.D.		
Zaměření na přípravu k výkonu regulovaného povolání	ne		
Zaměření na přípravu odborníků z oblasti bezpečnosti České republiky	ne		
Uznávací orgán	-		

Oblast(i) vzdělávání a u kombinovaného studijního programu podíl jednotlivých oblastí vzdělávání v %

Navrhovaný doktorský studijní program Aplikovaná fyzika spadá podle nařízení vlády č. 275/2016 Sb. k novele zák. 111/1998 do oblasti vzdělávání č. 11 - Fyzika.

Cíle studia ve studijním programu

Cílem studia a výuky je studenty **odborně připravit formou jejich vlastního výzkumu v oblasti aplikované fyziky** pro uplatnění v oblastech, které jsou v současnosti a do budoucna vnímány jako jedny z klíčových pro rozvoj průmyslu a řešení potřeb celé společnosti. Jedná se zejména o teoretický a experimentální výzkum pro nové zdroje energie, ochranu a kultivaci životního prostředí, (bio)medicínu, elektroniku, senzory, nové materiály a kosmické technologie. Unikátní je formování studentů charakteristickým fyzikálně-technickým pohledem, který je přípravou pro jejich následné **flexibilní uplatnění** v průmyslu, výzkumu, vzdělávání i státních institucích doma i v zahraničí. Nedílnou součástí přípravy je identifikace potenciálu studenta, rozvoj jeho specifických schopností a podpora jeho vlastní iniciativy. Jsou předávány nezbytné metodické návyky pro samostatnou práci jako systematičnost pracovního postupu, vyhledávání a analýza informací, strukturované, tvořivé a kritické myšlení, schopnost logické diskuze, a schopnost shrnutí výsledků do publikací a jejich prezentace. Při realizaci cílů studia hraje významnou úlohu působení školitele jako odborníka a mentora. Osobnímu a profesnímu rozvoji dále napomáhá získávání **zkušeností na zahraničních konferencích a stážích.**

Nový doktorský studijní program Aplikovaná fyzika vychází z potřeby inovovat pokročilé vzdělávání a výzkum v oblastech, kde je zásadní fyzikální pohled a přístup k řešení problémů a otevřených otázek. To se týká zejména **inovace dosavadního oboru** Fyzika plazmatu. Ukazuje se také akutní potřeba zahrnout **zcela nové oblasti výzkumu**, které se na ČVUT Fakultě elektrotechnické (ČVUT FEL) úspěšně rozvíjí, nejsou ale dosud dostatečně pokryty ve stávajících oborech. Jedná se zejména o výzkum v oblasti (nano)materiálů a senzorických prvků a s tím souvisejících fyzikálních, elektrotechnických a softwarových principů, analýz, výpočtů a technologií.

Základní koncept nového programu Aplikovaná fyzika proto spočívá v propojení několika technických oblastí:
i) fyzika plazmatu a elektrických výbojů,
ii) příprava a vlastnosti (nano)materiálů, jejich povrchů a rozhraní,
iii) biomateriálové inženýrství,
iv) detekce a ovlivňování vlastností plynů, kapalin, organických molekul, buněk a mikroorganismů,
v) elektrické, spektroskopické a mikroskopické měřící metody,
vi) elektrotechnické inženýrství.

Výše uvedené technické oblasti mají některé klíčové **společné charakteristiky**:

- vzájemnou souvislost a synergie s ohledem na cílové aplikace v oblastech jako nové zdroje energie, ochrana a kultivace životního prostředí, (bio)medicína, elektronika, senzory, nové materiály, a kosmický výzkum
- potřebu důkladnějších fyzikálních znalostí a fyzikálního přístupu k řešení technických problémů a provádění výzkumu pro tyto aplikační oblasti
- rozvoj potřebných teorií a realizace simulačních výpočtů pro interpretaci experimentálních dat a naopak

teoretický návrh a výpočty návrh nových experimentálních a technických řešení
- rychlý rozvoj oborů v poslední době, včetně vzniku nových a mezioborových témat, s čímž souvisí i potřeba flexibilního přístupu, který je umožněn odborným fyzikálně-technickým vzděláním a nadhledem (fyzikální vzdělání a způsob myšlení jsou celosvětově považovány za vysoce univerzálně použitelné a jsou vysoce ceněné)
- uvedené technické oblasti jsou považovány za zásadní pro budoucí potřeby průmyslu a společnosti

Soustředění těchto oblastí výzkumu pod jedním programem Aplikovaná fyzika významně podporuje **vzájemné interakce a synergie** mezi nimi a umožňuje řešení nových mezioborových problémů. Mezioborovost je zřejmá i z toho, že v navrhovaném studijním programu budou spolupracovat následující pracoviště Fakulty elektrotechnické: Katedra fyziky, Katedra elektrotechnologie, Katedra mikroelektroniky. Navrhovaný studijní program může svým zaměřením přesahovat samozřejmě i do specializace jiných pracovišť, zejména Katedry teorie obvodů, Katedry radioelektroniky, Katedry kybernetiky a dalších.

Výrazně inovativním prvkem oproti dosavadnímu stavu je také **hlubší a těsná mezinárodní spolupráce**, kdy je rovněž plánováno zapojení excelentních zahraničních vyučujících a vědců do přípravy a realizace programu. Například na základě osobních vztahů se ukázalo, že o zapojení do nového programu a jeho společný rozvoj má zájem Technická univerzita v Mnichově, konkrétně fakulta fyziky (https://www.ph.tum.de) a Walter Schottky Institut (https://www.wsi.tum.de), neboť výzkum a vývoj v oblasti Aplikované fyziky je velmi žádaný a aktuální a tím i vysoce atraktivní pro uchazeče o doktorské studium. Byla proto dohodnuta spolupráce (podepsáno Memorandum of Understanding, viz přílohy).

Další zásadní inovací je těsná **spolupráce s partnery z průmyslu** (včetně zahraničních firem) **a z ústavů Akademie věd** (opět podepsána Memorandum of Understanding nebo jsou v jednání). Jedná se zejména o Fyzikální ústav AV ČR, Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, Ustav fyziky plazmatu AV ČR, Ústav jaderné fyziky AV ČR, UOCHB AV ČR, firmy Lifetech, VZLU, a další. Partneři se budou přímo podílet na vedení studentů a návrzích dizertačních témat. Jsou zapojeni i do oborové rady programu.

Neméně zásadní při realizaci tohoto programu a dosažení špičkové úrovně doktorských prací a absolventů je **pořizování a provoz moderního přístrojového vybavení**. Zejména nyní využíváme projektů OP VVV, například CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_017/0002280 Výzkumná infrastruktura pro doktorské studijní programy na ČVUT FEL a CZ.02.1.01/0.0/0.0/15_003/0000464 Centrum pokročilé fotovoltaiky. Studenti tak mohou provádět výzkum na světové úrovni a současně získávají unikátní zkušenosti s odbornou obsluhou těchto zařízení, které zvyšují jejich budoucí uplatnitelnost.

Profil absolventa studijního programu

Navrhovaný doktorský studijní program je výběrový a bude produkovat do deseti absolventů ročně. Každý z absolventů bude výrazně individuální, což je v doktorském studiu běžné. V obecné rovině lze o schopnostech absolventů prohlásit v souladu s Nařízením vlády o oblastech vzdělávání následující:

Absolventi prokazují v odpovídající šíři a míře podrobnosti:
- matematické znalosti v rozsahu dostatečném pro chápání teorií klasické i moderní fyziky,
- znalosti obecné fyziky a experimentálních metod, na kterých je založena,
- znalosti hlavních fyzikálních teorií založených na klasickém i kvantovém popisu,
- fyziky povrchů, fyziky plazmatu, fyziky kondenzovaných látek a materiálů,
- nanotechnologie a fyziky nanostruktur, optiky a optoelektroniky, biofyziky,
- znalosti statistiky,
- znalosti programování a numerického řešení matematických úloh,
- porozumění možnostem, podmínkám a omezením různých metod experimentálního měření a omezením, která jsou spojena s jeho přesností.

Absolventi umí v odpovídající šíři a míře podrobnosti:
- zpracovávat experimentální data a vytvářet analytické a počítačové modely analyzující tato data,
- navrhovat a obsluhovat experiment,
- vyhodnocovat výsledky experimentu nebo počítačových modelací,
- obsluhovat technicky náročná zařízení.

Absolvent se uplatní například:
- v akademické sféře a v dalších institucích zabývajících se vědou, výzkumem, vývojem a inovacemi,
- v průmyslu a ve specializovaných laboratořích.

Konkrétněji lze napsat, že **absolvent doktorského studijního programu Aplikovaná fyzika** je připraven přemýšlet analyticky a samostatně řešit složité a náročné úkoly, a to jak teoretického a technického rázu tak při vedení projektů a týmů, zejména v technických oblastech týkajících se získávání a uchování energie, ochrany a kultivace životního prostředí, medicíny, elektroniky, senzorů, nových materiálů a kosmických technologií podle svého konkrétního zaměření. Je naučen přistupovat k řešení úkolů **s unikátním fyzikálně-technickým pohledem**, který spojuje znalost fyzikální principů a vědecký způsob myšlení s praktickým inženýrským přístupem, a to i v oblastech, pro které nebyl původně připravován. Absolvent umí zpracovávat experimentální data a vytvářet analytické a počítačové modely analyzující tato data, navrhovat a obsluhovat experimenty a technicky náročná zařízení, vyhodnocovat výsledky experimentu nebo počítačových modelací. Jsou mu známá konkrétní i obecná rizika této práce.

Absolvent má znalosti obecné fyziky a experimentálních metod, na kterých je založena, znalosti hlavních fyzikálních teorií založených na klasickém i kvantovém popisu, znalosti konkrétní specifické oblasti tématu dizertační práce (např. zejména fyziky vysokých energií, atomové, částicové a jaderné fyziky, teorie pole, fyziky povrchů, fyziky plazmatu, fyziky kondenzovaných látek a materiálů, nanotechnologie a fyziky nanostruktur, optiky a optoelektroniky, biofyziky, chemické fyziky, matematické fyziky a modelování, počítačové fyziky), znalosti statistických metod. Absolvent také rozumí možnostem, podmínkám a omezením různých metod experimentálního měření a omezením, která jsou spojena s jejich přesností. V tématice disertační práce znalosti doktoranda dosahují hranic současného poznání, ale přitom má široký záběr, velký rozhled a významný nadhled. Dobře rozumí základním principům světa, vědy a techniky díky širokým základům v různých oblastech matematiky a přírodních věd.

Jeho adaptabilita na měnící se podmínky a požadavky praxe a trhu práce je vysoká. Umí si úkoly sám stanovit a postupovat systematicky. Současně umí být součástí týmu, tedy spolupracovat na dosažení cíle a využívat této spolupráce. Umí získávat a analyzovat relevantní informace studiem literatury a dalších informačních zdrojů. Výsledky své práce dokáže srozumitelně a přehledně shrnout do písemných výstupů a prezentovat před odborným publikem i veřejností. Je schopen logické diskuze a argumentace. Má zkušenosti ze zahraničí. Má **flexibilní uplatnění** v průmyslu, výzkumu, vzdělávání i státních institucích doma i v zahraničí jako samostatný vědecký a vývojový pracovník, procesní inženýr, odborný konzultant a lektor, vedoucí vývojového týmu, vedoucí výzkumného nebo vývojového projektu, vedoucí technického odboru nebo R&D oddělení firem, technický ředitel, odborník pro vytváření koncepcí a strategického plánování, při vedení velkých podniků a institucí, apod.

Podle zaměření svého doktorského studia se absolvent může uplatnit v materiálovém výzkumu např. ve firmách zaměřených na výrobu polovodičů (mj. Solartec Rožnov pod Radhošťěm), v metrologii (Ústav metrologie a zkušebnictví), ve vývoji lékařských přístrojů, v optice (Meopta Přerov), v návrzích elektronických součástek i ve výkonové elektrotechnice (ABB, Siemens). Vzhledem k jazykové vybavenosti a bude snadno hledat zaměstnání u nadnárodních koncernů. Uvedený výčet je pouze ilustrativní. Jsou přiloženy 3 Letters of Intent od firem, které očekávají, že zaměstnají absolventy doktorského studijního programu.

Pravidla a podmínky pro tvorbu studijních plánů

Individuální studijní plán obsahově a časově vymezuje studijní blok a sestavuje se na dva roky v souladu s čl. 26 odst. 1 a 2 Studijního a zkušebního řádu ČVUT v Praze (SZŘ). Sestává z absolvování souboru čtyř až šesti povinných odborných předmětů, jazykové přípravy a odborné činnosti prezentované vypracováním písemné studie a rozpravou o disertační práci. Podrobnosti a požadované počty kreditů za studijní etapu, zahraniční stáž a vědeckou činnost stanovuje Řad doktorského studia FEL ČVUT. Student semestrálně předkládá hodnocení studia s vyjádřením školitele, vedoucího školícího pracoviště a předsedy oborové rady. Oborová rada hodnotí na pravidelných zasedáních postup studia doktorských studentů včetně diskuze se školiteli, kteří primárně za tuto kvalitu zodpovídají. Rada také může navrhnout ukončení studia. V novém programu plánujeme kontrolní roli oborové rady významně posílit včetně osobních diskuzí mezi radou a školiteli, což bude ku prospěchu všem včetně studentů samotných. Standardní doba studia je v souladu se SZŘ čtyřletá. Budeme klást důraz na dokončení studia v této lhůtě, opět zejména ku prospěchu studentů samotných.

V doktorském studijním programu je využíván systém kreditů ECTS. Rozsah vyučovací hodiny je 45 minut a přednášky a cvičení trvají standardně 1,5 h.
Tematicky vhodné a metodicky přínosné odborné předměty pro doktoranda vybere školitel z následujících typů předmětů, vždy uzavřených zkouškou nebo podobně:

- doktorský nebo podobný kurz na uznávané světové univerzitě, nebo
- doktorský kurz univerzity v ČR, nebo

- doktorský kurz v rámci ČVUT v Praze včetně FEL ČVUT, nebo
- doktorský kurz nabízený přímo doktorským programem.

Přitom doktorský program Aplikovaná fyzika nabízí studentům doktorského studia všech programů FEL, ČVUT, ostatních škol v ČR i ve světě následujících 14 inovovaných doktorských předmětů (z toho jeden zcela nový předmět Výpočetní metody pro materiálové vědy), viz také přiložené formuláře B-III:

- Fyzika pevných látek
- Principy a aplikace součástkových modelů
- Fyzika pokročilých polovodičových součástek a materiálů
- Fyzika plazmatu
- Vlny a nestability v plazmatu
- Diagnostika plazmatu
- Elektrické výboje a jejich diagnostika
- Magnetohydrodynamika
- Teoretická mechanika
- Kvantová teorie
- Statistická fyzika
- Pokročilé biosenzory
- Zpracování biologických signálů
- Výpočetní metody pro materiálové vědy
-

Studijní předměty budou pro navrhovaný program Aplikovaná fyzika inovovány a některé dovybaveny novými přístroji. Podrobný popis stávajících a nových předmětů, kvalifikace jejich učitelů a další najdete v příslušných formulářích částí B a C akreditační žádosti. Dále doporučujeme studentům volbu celofakultních předmětů z oblasti „soft skills“ jako například Metody vědeckého psaní apod. Poté, co je předmět zapsán do individuálního studijního plánu a schválen Oborovou radou programu, stává se pro doktoranda povinným.

Podmínky k přijetí ke studiu

Podmínky přijímacího řízení do všech doktorských studijních programů realizovaných na ČVUT FEL jsou popsány na webu FEL (http://www.fel.cvut.cz/cz/vv/doktorandi/prijem.html). Podrobnosti jsou popsány ve Směrnici děkana pro přijímací řízení v doktorském studijním programu (http://www.fel.cvut.cz/cz/rozvoj/smerniceDP.html).

Výše uvedené podmínky přijímacího řízení jsou závazné, ale nároky na úroveň přijatých uchazečů stanovuje každé školicí pracoviště dle své vlastní strategie a personálních potřeb. Doktorský program Aplikovaná fyzika cílíme jako náročný a výběrový. Konkrétní nabízená témata budeme inzerovat u nás i v zahraničí. Cílem je dostat se do v Evropě běžné situace, kdy doktoranda vybereme z řady zájemců o tutéž pozici. Přezkoumáme všechny předložené materiály a vyhodnotíme mnoho faktorů, včetně dosavadní akademické přípravy, výsledků v předchozím studiu, na jaké škole předtím studoval, dalších zkušeností, dosavadních výsledků a publikací, a výzkumných zájmů uchazeče. Budeme požadovat motivační dopis uchazeče. Klíčovou úlohu bude hrát zájem a odhodlání uchazeče a jeho výzkumný potenciál. V přijímacím pohovoru budeme ověřovat znalosti a schopnosti uchazečů a také jejich motivaci pro doktorské studium. Naprosto nezbytnou podmínkou přijetí do programu bude souhlas vhodného školitele a souhlas vedoucího školicího pracoviště, i s ohledem na způsob financování stipendia resp. mzdy studenta a souvisejících potřebných laboratoří. Cílem je zajistit co nejlepší osobní a pracovní podmínky pro úspěšné a včasné dokončení dizertační práce.

Doktorské studium Aplikovaná fyzika nechceme omezovat na absolventy magisterských programů ČVUT FEL ani na absolventy stejných či podobných programů na jiných VŠ. Ve stylu světových škol jsme otevřeni přijímání absolventů z jiných oborů. Důležité jsou zejména nadání, chytrost, tvořivost, pracovitost a nadšení zájemců o studium Aplikované fyziky. Takovým studentů pomůže doplnit potřebné znalosti naše nabídka studijních předmětů a konzultace se školiteli a dalšími odbornými pracovníky fakulty či spolupracujících institucí. Také je v tomto ohledu výhodou nabídka mezioborových témat.

Návaznost na další typy studijních programů

Studium doktorského programu Aplikovaná fyzika vhodně navazuje na magisterské studijní programy FEL ČVUT, FJFI ČVUT, MFF UK, FAV ZČU, FSI VUT a dalších technicky zaměřených škol a fakult v ČR i v zahraničí. Návaznost na ty školy dokládá i jejich reprezentace v oborové radě programu.

B-IIb – Studijní plány a návrh témat prací (doktorské studijní programy)

Studijní povinnosti

Během první etapy studia, tzv. **studijního bloku**, si studenti doplňují odborné znalosti studiem čtyř až šesti odborných předmětů z celofakultní nabídky doktorských předmětů zapsaných v individuálním studijním plánu. Studijní plán sestavuje student ve spolupráci se školitelem a následně je schvalován vedoucím katedry a Oborovou radou studijního programu. Dále se studenti věnují pedagogické praxi a vědecké a publikační činnosti na své katedře. Přitom v průběhu prvního roku studia musí každý doktorand dosáhnout alespoň 8 kreditů. Na závěr této etapy, která je v případě **prezenční formy dvouletá** a u **kombinované formy tříletá**, musí mít studenti:

- uzavřeny všechny povinné odborné předměty úspěšně vykonanými zkouškami
- dosaženo alespoň 30 kreditů (přičemž kredity se započítávají pouze za povinné předměty; kredity se dále ohodnocuje pedagogická i vědecká a publikační činnost). Za vědeckou, výzkumnou a publikační činnost musí být dosaženo minimálně **6 kreditů**.
- zpracovánu a úspěšně obhájenu odbornou studii.
- publikován alespoň jeden článek v mezinárodním recenzovaném impaktovaném časopise k tématu disertační práce

V další fázi studia doktorandi absolvují **zkoušku z angličtiny** (pokud již nebyla složena v průběhu studijního bloku či formou obhajoby odborné studie) a **státní doktorskou zkoušku** (doktorandi studující v prezenční formě čtyřletého studijního programu mají povinnost složit státní doktorskou zkoušku do konce třetího roku svého studia), teprve poté mohou předložit k obhajobě **disertační práci**.

V případě, že disertace není předložena během čtyřleté prezenční či pětileté kombinované formy studia, po uplynutí příslušné doby studia se studium buď automaticky přerušuje až do obhajoby disertační práce, nebo:

- doktorandi studující v prezenční formě čtyřletého studijního programu mají možnost požádat o přestup do kombinované formy studia,
- doktorandi studující v kombinované formě mají možnost požádat o prodloužení studia až po maximální dobu studia, tedy do sedmi let od zahájení studia.
- Před podáním disertační práce musí mít doktorand programu Aplikovaná fyzika alespoň jeden článek, jehož je prvním autorem a který je publikovaný (rozumí se vyšlý nebo přijatý k publikaci) v kvalitním impaktovaném časopise (rozumí se excerpovaném v databázi WoS v prvním nebo druhém kvartilu podle AIS – Article Influence Score), a to k tématu disertační práce. Disertaci v kombinované formě studia lze podat nejpozději do sedmi let od zahájení studia.

Souhrn studijních povinností platný pro současný doktorský studijní program Elektrotechnika a informatika je uveden na webu FEL ČVUT. Podrobnosti viz Studijní a zkušební řád ČVUT a Řád doktorského studia FEL.

Požadavky na tvůrčí činnost

Samostatná vědecká, výzkumná a publikační činnost je hlavním a nejdůležitějším prvkem doktorského studia. Probíhá pod dlouhodobým a pravidelným vedením školitele. Periodicky (jednou za půl roku) ji dále kontroluje vedení Oborové rady a vedení školícího pracoviště.

Významné dílčí výzkumné výsledky jsou prezentovány na mezinárodních konferencích a publikovány v impaktovaných časopisech. Za tyto publikace se během studijní etapy udělují kredity podle pravidel uvedených v dokumentu Směrnice děkana pro ohodnocení publikační činnosti kredity v doktorském studiu na ČVUT FEL. Za vědeckou, výzkumnou a publikační činnost musí být během studijního bloku dosaženo minimálně **6 kreditů**.

Dále v programu Aplikovaná fyzika požadujeme, aby před ukončením studijního bloku měl doktorand publikován alespoň jeden článek v mezinárodním recenzovaném impaktovaném časopisu k tématu disertační práce.

Před podáním disertační práce musí mít doktorand programu Aplikovaná fyzika alespoň jeden článek, jehož je prvním autorem a který je publikovaný (rozumí se vyšlý nebo přijatý k publikaci) v kvalitním impaktovaném časopise (rozumí se excerpovaném v databázi WoS v prvním nebo druhém kvartilu podle AIS – Article Influence Score), a to k tématu disertační práce.

Požadavky na absolvování stáží

Požadavek na absolvování stáží se řídí pravidly MŠMT a je v souladu s Řádem doktorského studia FEL. Doktorand je povinen v souladu s akreditačními standardy nařízení vlády prokázat svoji internacionalizaci. FEL požaduje, aby doktorand v průběhu studia absolvoval alespoň měsíční stáž na zahraniční instituci. Program a místo stáže musí být předem schváleny vedoucím školicího pracoviště a předsedou oborové rady programu (ORP). V případě, že doktorand má odbornou zahraniční zkušenost, nebo z výjimečných důvodů, např. zdravotních nebo sociálních, může ORP navrhnout a děkan schválit náhradu povinnosti formou účasti na mezinárodním tvůrčím projektu s výsledky publikovanými nebo prezentovanými v zahraničí nebo jinou formou přímé účasti studenta na mezinárodní spolupráci. Splnění povinnosti internacionalizace student prokazuje nejpozději do doby podání přihlášky k obhajobě disertační práce.

Další studijní povinnosti

Doktorandi současného doktorského studia, kteří se podílejí na výuce základních předmětů Fyzika 1 a Fyzika 2, mají dlouhodobě kladné studentské hodnocení v Anketě hodnocení výuky (www.fel.cvut.cz/cz/anketa) . Navrhovaný studijní program Aplikovaná fyzika chce navázat na tuto osvědčenou praxi. Doktorandi v programu Aplikovaná fyzika povedou laboratoře nebo cvičení z předmětů Fyzika 1 a Fyzika 2 v rozsahu 1-2 skupiny týdně po dobu max. 4 semestrů. Výuka bakalářských a magisterských studentů je pro doktorandy prospěšná, neboť rozvíjí jejich pedagogické, prezentační a další měkké dovednosti, které dobře uplatní v pozdějším povolání, ať už akademickém nebo průmyslovém.

V navrhovaném studijním programu není povinná odborná praxe. Nicméně některá výzkumná témata našich doktorandů se řeší dle zadání firem a /nebo ve spolupráci s nimi. Podobně se řada stávajících doktorských témat realizuje v úzké spolupráci s ústavy Akademie věd České republiky. Tuto spolupráci budeme dále rozvíjet. Při řešení témat také využíváme a dále budeme v tomto programu rozvíjet spolupráci se zahraničními laboratořemi a univerzitami, včetně výzkumných stáží studentů.

Návrh témat disertačních prací a témata obhájených prací

Témata disertačních prací navrhují školitelé a schvaluje Oborová rada programu a vedení dotčených kateder. Samozřejmými požadavky jsou přitom novost a originalita ve světovém měřítku, význam pro mezinárodní vědeckou komunitu, průmysl nebo společnost, publikovatelnost ve významných časopisech, obhajitelnost a dizertabilita na mezinárodní úrovni před zahraničními oponenty. Dále je úkolem hlavně školitele zajistit potřebné vybavení a financování pro efektivní výzkum doktoranda, proto často volí témata disertací vhodně zapadající do jeho projektů a výzkumných zájmů. Témata nabízená v nově navrhovaném studijním programu Aplikovaná fyzika budou vycházet z budoucích výzkumných směrů, zájmů a projektů školitelů. Budou nabízena zajímavá a náročná témata, např. rámcově:

Mikrostrukturované čipy pro elektrické ovládání biomolekulárních nanostruktur. Výzkum nových polymerů, polymerních a hybridních systémů pro fotoniku a elektroniku. Aplikace 2D materiálů v nanoelektronice. Aplikace uhlíkových nanostruktur v senzorech. Účinná produkce rychlých iontů a neutronů v Z-pinčích. Elektronické senzory molekul na bázi nanokompozitů. Studium molekulárních interakcí na povrchu nanomateriálů pomocí výpočetních metod. Studium materiálů a struktur pro hybridní fotovoltaické sluneční články. Nanoscale frictional properties of solid lubricants. Laser-induced surface treatment of novel alloys. Tailored nanoscale metallic interfaces to strengthen binary alloys. Studium ubíhajících elektronů. Generace ozonu a dalších aktivních částic pro ekologické aplikace. Zdroje netermálního plazmatu pro moderní aplikace. Charakterizace katalyticky aktivních materiálů pro reverzibilní vodíkové palivové články. Interakce, šíření a rezonance světla v plazmonických/fotonických nanostrukturách a nanosystémech. Teoretické výpočty metamateriálů, metastruktur a metapovrchů. Studium vlivu fokusovaného svazkem XUV/RTG na povrchy a strukturu materiálů. Aplikace výbojového plazmatu v biomedicíně. Fyzikální a chemické procesy interakcí výbojového plazmatu s kapalinami. Bezdratové snímání fyzikálních veličin. Kosmická optiky, senzory a digitální zpracování obrazu. Heat diffusion, energy dissipation and layer exfoliation of transition metal dichalcogenides. Classical molecular dynamics simulations for tribology.

B-III – Charakteristika studijního předmětu – viz samostatné listy					
Název studijního předmětu					
Typ předmětu				**doporučený ročník / semestr**	
Rozsah studijního předmětu		**hod.**		**kreditů**	
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence					
Způsob ověření studijních výsledků				**Forma výuky**	
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta					
Garant předmětu					
Zapojení garanta do výuky předmětu					
Vyučující					
Stručná anotace předmětu					
Studijní literatura a studijní pomůcky					
Informace ke kombinované nebo distanční formě					
Rozsah konzultací (soustředění)			**hodin**		
Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím					

B-IV – Údaje o odborné praxi

Charakteristika povinné odborné praxe

V doktorském studijním programu Aplikovaná fyzika není povinná odborná praxe.

Rozsah		**týdnů**		**hodin**	

Přehled pracovišť, na kterých má být praxe uskutečňována	**Smluvně zajištěno**
-	

Zajištění odborné praxe v cizím jazyce (u studijních programů uskutečňovaných v cizím jazyce)

-

B-III – Charakteristika studijního předmětu

Název studijního předmětu	Elektrické výboje a jejich diagnostika				
Typ předmětu	-			**doporučený ročník / semestr**	1/2
Rozsah studijního předmětu	28p+0c	**hod.**	21	**kreditů**	4
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence					
Způsob ověření studijních výsledků	Zkouška			**Forma výuky**	přednášky
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta	Písemná a ústní zkouška ze zadaných okruhů otázek				
Garant předmětu	Prof. RNDr. P. Kubeš, CSc.				
Zapojení garanta do výuky předmětu	přednášející, zkoušející, konzultuje				
Vyučující	Prof. RNDr. P. Kubeš, CSc., Ing. Jakub Cikhardt, Ph.D. – všichni přednáší, konzultují				

Stručná anotace předmětu

Klasifikace elektrických výbojů, Townsendova teorie, doutnavý výboj, speciální výboje za atmosférického tlaku, obloukový výboj, jiskrový výboj a jeho fáze, elektromagnetické pole Země, bouřky, blesk, kulový blesk, Z-pinč a jeho vlastnosti, jaderná energetika a termonukleární fúze historie, současnost a výhledy.

Osnova přednášek:

1. Charakterizace elektrických výbojů
2. Záření, spektra různých zdrojů
3. Doutnavý výboj, koróna, typy a aplikace
4. Jiskrový výboj, interpretace jednotlivých fází
5. Vlastnosti bleskových výbojů a bouřkové činnosti
6. Kulové blesky, jejich faktografie a modely
7. Magnetické pinče, charakterizace, aplikace a perspektivy
8. Energetická bilance jaderných reakcí, fyzika štěpných reaktorů
9. Termonukleární fúze ve Vesmíru a laboratoři
10. Demonstrace fúzní reakce v laboratoři katedry fyziky
11. Tokamak COMPASS – odborná přednáška
12. Laser PALS – odborná přednáška
13. Elektrický oblouk pro fyzikální a technické aplikace
14. Vývoj hvězd a vývoj vesmíru. Specifické vlastnosti silných magnetických polí

Studijní literatura a studijní pomůcky

Y.P.Raizer : Gas Discharge Physics, Springer,1st Edition, 1998. ISBN-13: 978-3540194620

J.Reece Roth: Industrial Plasma Engineering, 1st Edition, CRC Press, 2001. ISBN-13: 978-0750303170

P.Kubeš: Silnoproudé výboje a jejich diagnostika, ČVUT, 2004, http://www.aldebaran.cz/plazma_p/files/00076_silnoprode.pdf

M. Füllekrug, M., E.A. Mareev, M.J. Rycroft, Introduction to the Physics of Sprites, Elves and Intense Lightning Discharges, Springer, 2006

D. D. Ryutov, Characterizing the Plasmas of Dense -Pinches IEEE Trans. Plasma Science 43, 2363, 2015.

Informace ke kombinované nebo distanční formě		
Rozsah konzultací (soustředění)	7x1	**hodin**
Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím		
kubes@fel.cvut.cz; konzultace osobní i elektronickou formou po předchozí dohodě		

B-III – Charakteristika studijního předmětu

Název studijního předmětu	Magnetohydrodynamika				
Typ předmětu	-			**doporučený ročník / semestr**	2/4
Rozsah studijního předmětu	28p	**hod.**	21	**kreditů**	4
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence	Fyzika plazmatu				
Způsob ověření studijních výsledků	Zkouška			**Forma výuky**	Přednášky
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta	Písemná a ústní zkouška ze zadaných okruhů otázek				
Garant předmětu	Prof. RNDr. P. Kubeš, CSc.				
Zapojení garanta do výuky předmětu	přednáší 50%, konzultuje, zkouší				
Vyučující	Prof. RNDr. P. Kubeš, CSc., doc. Ing. D. Klír, Ph.D. – oba přednáší a konzultují				

Stručná anotace předmětu

Základní rovnice. Rovnice pro magnetické pole. Magnetická energie a napětí. Rovnovážný magnetický pinč. Rovnováha a stabilita v plazmatu. MHD dynamo. Zemské a sluneční magnetické pole. Alfa a omega efekt. MHD turbulence. Rekonekce magnetických siločar. Uzavřené struktury a teorém viriálu Vývoj struktur ve fúzním plazmatu. Samoorganizace v přírodě a v elektromagnetické konfiguraci.

Osnova přednášek:

1. Magnetohydrodynamika a kinetická teorie
2. Analýza rovnice pro magnetické pole
3. Magnetická energie a napětí
4. Rovnovážný magnetický pinč
5. Samoorganizační možnosti magnetických polí
6. Vlastnosti planetárních a hvězdných magnetických polí
7. Experimentální projevy alfa efektu
8. Vlastnosti magnetohydrodynamické turbulence.
9. Rekonekce magnetických siločar
10. Organizované struktury v plazmatu a jejich spontánní vývoj
11. Generace vysoce-energetických částic ve fúzním plazmatu
12. Vývoj struktur magnetických pinčů v souvislosti s fúzními procesy
13. Podmínky a vlastnosti filamentární struktury proudů
14. Obecné podmínky samoorganizace v přírodě

Studijní literatura a studijní pomůcky

T. Cowling, Magnetohydrodynamics, Crane Russak & Co 1976, ISBN-13: 978-0844810607
P.K. BROWNING, PHYSICS REPORTS (Review Section of Physics Letters) 169, No. 6 (1988) 329—384.
P. Kulhánek: Úvod do teorie plazmatu; vysokoškolská recenzovaná učebnice, 384 stran, nakl. AGA 2011, ISBN 978-80-904582-2-2
Lilia Ferrario, **Andrew Melatos**, **Jonathan Zrake**, Magnetic Field Generation in Stars, Space Science Reviews 191 77-109, 2015
W. Gonzalez, E. Parker, Magnetic Reconnection: Concepts and Applications, Springer 2016.

Informace ke kombinované nebo distanční formě		
Rozsah konzultací (soustředění)	5 x 1	**hodin**
Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím		
kubes@fel.cvut.cz; konzultace elektronickou a osobní formou po předchozí domluvě		

EB-III – Charakteristika studijního předmětu

Název studijního předmětu	Kvantová teorie				
Typ předmětu				**doporučený ročník / semestr**	2/1
Rozsah studijního předmětu	42p+14s	**hod.**	42	**kreditů**	4
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence	Prerekvizita: teoretická mechanika				
Způsob ověření studijních výsledků	zkouška			**Forma výuky**	přednáška, seminář
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta	písemná a ústní zkouška				
Garant předmětu	prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.				
Zapojení garanta do výuky předmětu	Vyučující, zkoušející, konzultuje				
Vyučující	prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.				

Stručná anotace předmětu

Kvantová teorie je matematickým popisem mikrosvěta, je vstupní branou k pochopení polovodičů, elektronických součástek a veškerých procesů v mikrosvětě. Cílem je zvládnutí základů teorie Hilbertových prostorů a operátorového počtu a vybudování kvantové teorie na těchto matematických základech. Student se seznámí s kvantováním energie a dalších veličin, relacemi neurčitosti, pravděpodobnostní interpretací, superpozicí kvantových stavů a s dalšími jevy.

1. Základní principy: vztah mezi analytickou a kvantovou mechanikou
2. Operátory: Hermitovy a unitární operátory.
3. Projekční operátory, rozklady prvků do bází, Diracova symbolika.
4. Měření v kvantové teorii. Kompatibilita, Heisenbergovy relace neurčitosti.
5. Teorie reprezentací: x, p, E reprezentace. Vlnová funkce.
6. Schrodingerova rovnice, jednoduché příklady.
7. Harmonický oscilátor – kreační a anihilační operátory.
8. Jednorozměrné úlohy: jámy, bariéry, tunelový jev, spektrum v periodickém potenciálu.
9. Centrální pole, moment hybnosti, kvantová čísla.
10. Časový vývoj. Časová Schrödingerova rovnice. Ehrenfestovy teorémy.
11. Spin a jeho popis. Pauliho princip. Fermiony a bosony.
12. Kleinova Gordonova rovnice, částice se spinem 0.
13. Diracova rovnice – částice se spinem 1/2
14. Kalibrační symetrie, základy kvantové teorie pole.

Studijní literatura a studijní pomůcky

1. P. Kulhánek: *Vybrané kapitoly z teoretické fyziky*; vysokoškolská recenzovaná učebnice, 416 stran, nakl. AGA 2017, ISBN 978-80-904582-8-4
2. Doplňkové studijní materiály na serveru Aldebaran: http://www.aldebaran.cz/studium/tf/
3. David J. Griffiths: *Introduction to Quantum Mechanics*; Cambridge University Press 2017, ISBN 978-1107179868
4. Jiří Formánek: *Úvod do kvantové teorie I, II*; Academia 2004, ISBN 80-200-1176-5

Další literatura podle doporučení školitele a aktuálního stavu poznání zachyceného v odborných databázích. Přístup k odborným databázím zajišťuje Ústřední knihovna ČVUT pro doktorandy zdarma.

Informace ke kombinované nebo distanční formě		
Rozsah konzultací (soustředění)	-	**hodin**

Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím

email: kulhanek@fel.cvut.cz, konzultace elektronické i osobní v domluveném termínu

B-III – Charakteristika studijního předmětu

Název studijního předmětu	Vlny a nestability v plazmatu				
Typ předmětu	-			**doporučený ročník / semestr**	2/1
Rozsah studijního předmětu	42p+14s	**hod.**	42	**kreditů**	4
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence	Prerekvizita: teoretická mechanika				
Způsob ověření studijních výsledků	zkouška			**Forma výuky**	přednáška, seminář
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta	písemná a ústní zkouška				
Garant předmětu	prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.				
Zapojení garanta do výuky předmětu	Vyučující; zkoušející, konzultuje				
Vyučující	prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.				

Stručná anotace předmětu

Cílem přednášky je seznámit studenty se základy teorie plazmatu a aplikovat je na popis vln a nestabilit v plazmatu.

1. Pohyby nabitých částic v plazmatu, Lagrangeův a Hamiltonův popis.
2. Statistický popis plazmatu, Boltzmannova rovnice.
3. Fokkerova-Planckova rovnice a popis nabitých částic.
4. Momentová věta a přechod ke kontinuu. Magnetohydrodyamika.
5. Vlnová funkce, fázová a grupová rychlost, disperzní relace. Lineární vlny v plazmatu.
6. Magnetoakustický komplex. Alfvénovy vlny.
7. Elektromagnetický komplex vln. R, L, X, O vlny.
8. Hvizdy, Faradayova rotace, vysokofrekvenční tenzor permitivity.
9. CMA diagram.
10. Základní formalizmus pro popis nestabilit v plazmatu, rovnice pro vektor posunutí.
11. Dvousvazková nestabilita, vícesvazkové nestability
12. Plazma s hranicí. Rayleighova-Taylorova nestabilita, Kelvinova-Helmholtzova nestabilita.
13. Výměnné nestability a další typy nestabilit.
14. Mikronestability. Landauův útlum.

Studijní literatura a studijní pomůcky

1. P. Kulhánek: *Úvod do teorie plazmatu*; vysokoškolská recenzovaná učebnice, 384 stran, nakl. AGA 2011, ISBN 978-80-904582-2-2
2. Aktuální studijní materiály na serveru Aldebaran: http://www.aldebaran.cz/studium/tpla/
3. Alexander Piel: *Plasma Physics*; Springer 2017, ISBN 978-3-319-63427-2
4. Thomas Howard Stix: *Waves in Plasmas*; Springer 1992, ISBN 978-3540286059

Další literatura podle doporučení školitele a aktuálního stavu poznání zachyceného v odborných databázích. Přístup k odborným databázím zajišťuje Ústřední knihovna ČVUT pro doktorandy zdarma.

Informace ke kombinované nebo distanční formě		
Rozsah konzultací (soustředění)	-	**hodin**

Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím

email: kulhanek@fel.cvut.cz, konzultace elektronické i osobní v domluveném termínu

B-III – Charakteristika studijního předmětu

Název studijního předmětu	Statistická fyzika				
Typ předmětu	-			**doporučený ročník / semestr**	2/1
Rozsah studijního předmětu	42p+14s	**hod.**	42	**kreditů**	4
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence	Prerekvizita: teoretická mechanika				
Způsob ověření studijních výsledků	zkouška			**Forma výuky**	přednáška, seminář
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta	písemná a ústní zkouška				
Garant předmětu	prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.				
Zapojení garanta do výuky předmětu	Vyučující, zkoušející, konzultuje				
Vyučující	prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.				

Stručná anotace předmětu

Statistická fyzika popisuje chování velkého počtu jedinců. Student se naučí základní matematické metody použitelné pro popis rozsáhlých souborů. Seznámí se s partiční funkcí a naučí se odvodit ze základních principů stavovou rovnici velkého souboru systémů. Ne vždy je možné sledovat pohyb každé částice nebo každého elementu látky. Jedinou možností jsou statistické výpočty. Součástí přednášky jsou i základní Monte Carlo metody, pomocí kterých se statistické problémy simulují na počítačích.

1. Základní principy: distribuční funkce, střední hodnota, střední kvadratická fluktuace
2. Liouvillův teorém. Gibbsovo rozdělení.
3. Termodynamické potenciály: entalpie, volná energie, grandkanonický potenciál.
4. Chemický potenciál, entropie a pravděpodobnost.
5. Statisticé rozdělení: Boltzmannovo a Maxwellovo rozdělení.
6. Fermiho-Diraovo a Boseho-Einsteinovo rozdělení.
7. Vlastnosti rozdělení a jednoduché příklady (záření černého tělesa, ideální plyn).
8. Kovy, neutronové hvězdy.
9. Feromagnetika a antiferomagnetika: Isingův, Heisenbergův a další modely.
10. Supravodivost.
11. Degenerované fermionové systémy, bosonový kondenzát.
12. Monte Carlo metody.
13. Nerovnovážná statistika
14. Momentová rovnice, přechod ke kontinuu.

Studijní literatura a studijní pomůcky

1. P. Kulhánek: *Vybrané kapitoly z teoretické fyziky*; vysokoškolská recenzovaná učebnice, 416 stran, nakl. AGA 2017, ISBN 978-80-904582-8-4
2. Doplňkové studijní materiály na serveru Aldebaran: http://www.aldebaran.cz/studium/tf/
3. Daijiro Yoshioka: *Statistical Physics: An Introduction*; Springer 2006, ISBN 978-3540286059
4. Jozef Kvasnica: *Statistická fyzika*; Academia 1998, ISBN 80-200-0676-1
5. Další literatura podle doporučení školitele a aktuálního stavu poznání zachyceného v odborných databázích. Přístup k odborným databázím zajišťuje Ústřední knihovna ČVUT pro doktorandy zdarma.

Informace ke kombinované nebo distanční formě		
Rozsah konzultací (soustředění)	-	**hodin**
Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím		
email: kulhanek@fel.cvut.cz, konzultace elektronické i osobní v domluveném termínu		

B-III – Charakteristika studijního předmětu

Název studijního předmětu	Teoretická mechanika				
Typ předmětu	-			**doporučený ročník / semestr**	1/1
Rozsah studijního předmětu	42p+14s	**hod.**	42	**kreditů**	4
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence	ne				
Způsob ověření studijních výsledků	zkouška			**Forma výuky**	přednáška, seminář
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta	písemná a ústní zkouška				
Garant předmětu	prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.				
Zapojení garanta do výuky předmětu	Vyučující, zkoušející, konzultuje				
Vyučující	prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.				

Stručná anotace předmětu

Úvod k teoretické mechanice v křivočarých souřadnicích, nelineárním dynamickým systémům, atraktorům, chaosu atd. Tyto základy by měl mít každý, kdo se chce seznámit s dalšími teoretickými obory, například kvantovou teorií, statistickou fyzikou či fyzikou plazmatu.

1. Zobecněné souřadnice a hybnosti. Stav systému, konfigurační prostor.
2. Pohybové rovnice: Hamiltonův variační princip, Lagrangeovy rovnice.
3. Zákony zachování v přírodě: zobecněná hybnost, zobecněná energie, fázový prostor.
4. Hamiltonovy kanonické rovnice, Hamiltonova funkce.
5. Poissonova formulace pohybových rovnic. Poissonovy rovnice. Lieova algebra.
6. Nelineární dynamické systémy: Řešení obyčejných diferenciálních rovnic.
7. Bifurkace. Rovnice stability a fázový portrét. Ljapunova stabilita.
8. Atraktory, podivné atraktory.
9. Chaotické množiny, deterministický chaos.
10. Numerické metody řešení obyčejných diferenciálních rovnic.
11. Pohyb nabitých částic, teorie driftů, adiabatické invarianty.
12. Magnetická zrcadla, tokamaky, stelarátory.
13. Pohyb částic v magnetickém dipólu
14. Pohyb částic v magnetickém poli Země.

Studijní literatura a studijní pomůcky

1. P. Kulhánek: *Vybrané kapitoly z teoretické fyziky*; vysokoškolská recenzovaná učebnice, 416 stran, nakl. AGA 2017, ISBN 978-80-904582-8-4
2. Doplňkové studijní materiály na serveru Aldebaran: http://www.aldebaran.cz/studium/tf/
3. Alexei Deriglazov: *Classical Mechanics*; Springer 2017, ISBN 978-3-319-44147-4
4. Jozef Kvasnica a kol: *Mechanika*, Academia 2004, ISBN 80-200-1268-0

Další literatura podle doporučení školitele a aktuálního stavu poznání zachyceného v odborných databázích. Přístup k odborným databázím zajišťuje Ústřední knihovna ČVUT pro doktorandy zdarma.

Informace ke kombinované nebo distanční formě		
Rozsah konzultací (soustředění)	-	**hodin**

Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím

email: kulhanek@fel.cvut.cz, konzultace elektronické i osobní v domluveném termínu

B-III – Charakteristika studijního předmětu

Název studijního předmětu	Fyzika plazmatu				
Typ předmětu	-			**doporučený ročník / semestr**	1,2/Z
Rozsah studijního předmětu	42p	**hod.**	31,5	**kreditů**	4
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence					
Způsob ověření studijních výsledků	Zkouška			**Forma výuky**	Přednášky, konzultace, demonstrace
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta	Studenti před zkouškou zpracují referát na zadané téma z fyziky plazmatu. Zkouška je skládána ústně.				
Garant předmětu	Prof. Ing. S. Pekárek, CSc.				
Zapojení garanta do výuky předmětu	Přednáší (100%); zkouší; konzultuje				
Vyučující	Prof. Ing. S. Pekárek, CSc.				

Stručná anotace předmětu

Cílem předmětu je poskytnout studentům všeobecný přehled o fyzice plazmatu, jednotlivých modelech popisu plazmatu a i o aplikacích plazmatu. Je zdůrazněna vazba mezi mikroskopickými a makroskopickými vlastnostmi plazmatu. Během kurzu budou demonstrovány základní typy zdrojů netermálního plazmatu.

1. Plazma v přírodě, v laboratoři a v aplikacích.
2. Klasifikace elektrických výbojů, úvod do jejich teorie.
3. Definice plazmatu. Pohyb nabitých částic v homogenních a stacionárních polích.
4. Pohyb nabitých částic v polích nehomogenních - magnetická zrcadla.
5. Pohyb nabitých částic v nestacionárních polích.
6. Nízkofrekvenční dielektrická konstanta plazmatu. Tenzor polarizovatelnosti.
7. Tekutinový model plazmatu, tenzor napětí.
8. Exkurze do laboratoře elektrických výbojů FEL a do Ústavu fyziky plazmatu.
9. Difuse, pohyblivost, ambipolární difuse.
10. Difuse napříč magnetickým polem. Srážky v plně ionizovaném plazmatu.
11. Vliv srážek na difusi v magnetickém poli. Odpor plazmatu.
12. Magnetohydrodynamické rovnice, difuse v plně ionizovaném plazmatu.
13. Základy kinetické teorie, rovnice kontinuity, zákon zachování hybnosti a energie.
14. rezerva a zodpovídání dotazů

Studijní literatura a studijní pomůcky

1. A. Fridman, L. A. Kennedy, Plasma Physics and Engineering, 2nd Edition,Taylor & Francis, New York, 2011. ISBN-ISBN 9781439812280 - CAT# K10619
2. R. J. Goldston, P. H. Rutherford, Introduction to Plasma Physics, IOP Bristol, 1995. ISBN-13: 978-0750301831
3. F. F. Chen, Introduction to Plasma Physics, Plenum Press, New York, 1974. ISBN-13: 978-1475704617
4. J.A. Bittencourt, Fundamentals of Plasma Physics, 2004, Springer-Verlag New York, Inc. ISBN-13: 978-0387209753
5. R. Fitzpatrick, Plasma Physics: An Introduction, CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 2014. ISBN-978-1-4665-9426-5

Další literatura podle doporučení školitele a aktuálního stavu poznání zachyceného v odborných databázích. Přístup k odborným databázím zajišťuje Ústřední knihovna ČVUT pro doktorandy zdarma.

Informace ke kombinované nebo distanční formě		
Rozsah konzultací (soustředění)		**hodin**
Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím		

Konzultace osobní i elektronickou formou po předchozí domluvě emailem (pekarek@fel.cvut.cz)

B-III – Charakteristika studijního předmětu

Název studijního předmětu	Fyzika pevných látek				
Typ předmětu				**doporučený ročník / semestr**	1/1
Rozsah studijního předmětu	28p + 28c	**hod.**	42	**kreditů**	4
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence					
Způsob ověření studijních výsledků	písemná a ústní zkouška			**Forma výuky**	přednáška seminář
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta	písemná a ústní zkouška,				
Garant předmětu	prof. Ing. Stanislav Pekárek, CSc.				
Zapojení garanta do výuky předmětu	přednášející, cvičící				
Vyučující	prof. Ing. Stanislav Pekárek, CSc., Ing. Martin Žáček, Ph.D. všichni vedou přednášky, konzultují, zkouší				

Stručná anotace předmětu

Cílem předmětu je získat pokročilý přehled o principech a jevech v oblasti fyziky pevných látek. Nejprve je pokročilou formou probráno několik zásadních metod, ukazujících jak způsoby odvozování vlastností látek, tak správné zasazení předmětu do kontextu sousedících oborů, čímž se z mnoha zdánlivě izolovaných poznatků stane logicky související celek. V navazující části je pak osvojený pevnolátkový aparát aplikován v několika vybraných speciálních oblastech. Logicky se tedy náplň předmětu dělí během 14 týdnů semestru do provázaných dílčích částí s průběžně a podle potřeby doplňovaným aparátem matematiky, termodynamiky a statistické fyziky:

1. historický vývoj oboru, dělení pevných látek
2. kvazikrystaly, geometrické poruchy mříže
3. difrakce a reciproký prostor, krystalografie
4. experimentální metody v krystalografii, rentgenová difrakce na krystalech
5. konfigurační entropie, termodynamická rovnováha
6. fonony a mřížková tepelná kapacita
7. mechanické a tepelné vlastnosti krystalů
8. experimentální metody pro měření mechanických vlastností
9. elektronový plyn a energetické hladiny
10. elektrické vlastnosti a elektronový transport
11. experimentální metody pro měření elektrických vlastností
12. optické vlastnosti pevných látek
13. experimentální metody pro měření optických vlastností
14. shrnutí klíčových poznatků

Studijní literatura a studijní pomůcky

Richard J. T.: The Physics of Solids, Oxford University Press, 2000.
Cohen, M. L., Louie, S. G.: Fundamentals of condensed matter physics, Cambridge University Press, 2016.
Coleman P.: Introduction to Many-Body Physics, Cambridge University Press, 2015.

Knihy jsou všechny k zapůjčení v STK. Jak podrobnější přehled k probrané látce, tak příklady, z nichž některé podrobně řešené, jsou studentům poskytovány v elektronické podobě volně ke stažení. Pro simulace ve 3d geometrii je používán software OpenScad, který je volně šiřitelný, poskytován je k němu volně rovněž demonstrační kód k vlastním úpravám.

Informace ke kombinované nebo distanční formě		
Rozsah konzultací (soustředění)		**hodin**
Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím		
Konzultace osobní i elektronickou formou po předchozí emailové domluvě s příslušným vyučujícím.		

B-III – Charakteristika studijního předmětu

Název studijního předmětu	Pokročilé biosenzory				
Typ předmětu	-			**doporučený ročník / semestr**	1,2/Z
Rozsah studijního předmětu	28p + 14L	**hod.**	42	**kreditů**	4
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence	nejsou				
Způsob ověření studijních výsledků	zkouška, zápočet			**Forma výuky**	přednáška, cvičení
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta	Studenti absolvují zkoušku písemným testem a ústní zkouškou. Studenti absolvují praktické laboratorní cvičení.				
Garant předmětu	doc. RNDr. Bohuslav Rezek, Ph.D.				
Zapojení garanta do výuky předmětu	přednáší (50%); vede cvičení (20%); zkouší, konzultuje				

Vyučující

doc. RNDr. Bohuslav Rezek, Ph.D., přednáší (50%); cvičí (20%); zkouší
Dr. Ruslinda Brahim (UniMAP, Malaysia) přednáší (50%)
Ing. Štěpán Potocký, Ph.D., DrSc., cvičí (80%); zkouší

Stručná anotace předmětu

Tento kurz seznamuje na doktorské úrovni s principy moderních biosenzorů a jejich fyzikálními, elektronickými a biologickými mechanismy. Poskytuje informace o minulých, současných a budoucích technologiích pro biosenzory. Budou vysvětleny různé mechanismy a koncepce senzorů pro konkrétní aplikace, jako jsou senzory pro glukózu, močovinu, proteiny, buňky, bakterie apod. Kromě toho se v kurzu probere použití moderních nanostruktur a nanomateriálů v biosenzorech s ohledem na pohodlná, spolehlivá a citlivá zařízení pro diagnostiku v místě lékařské péče, stejně jako pro monitorování potravin a životního prostředí. Nakonec budeme diskutovat o současných výzvách a budoucích perspektivách pro aplikace biosenzorů. Probíraná témata jsou přibližně takto rozvržena během semestru:

1. Přehled biosenzorů - Úvod a koncept biosenzoru
2. Vývoj biosenzoru - ideální charakteristika biosenzoru
3. Bioreceptor - katalytický (rovnovážný stav) a afinita (rovnováha)
4. Funkce povrchu - Fyzikální a chemická imobilizace
5. Elektrochemická a elektrochemiluminiscence - přehled a aplikace
6. Optická - fluorescenční a kolorimetrická studie
7. Tranzistory řízené polem - Senzory a aplikace
8. Nanobiosenzory – top down (nanostruktury)
9. Nanobiosenzory – bottom up (nanomateriály)
10. BioMEMS / NEMS - Microfluidic, SAW
11. Aplikace biosenzorů - trh s péčí o zdraví
12. Spolehlivost biosenzorů - v potravinách a prostředí
13. Nové trendy v oblasti biosenzorů - nositelné biosenzory, laboratoř na čipu
14. Současné celosvětové výzvy pro biosenzory a budoucí vývoj, závěrečné shrnutí

Studijní literatura a studijní pomůcky

[1] Introduction to Biosensors, Essays in Biochemistry 2016, doi:10.1042/EBC20150001
[2] Biosensors, InTech 2010, ISBN 978-953-7619-99-2, doi:10.5772/45616
[3] Biosensors: fundamentals and applications, Oxford University Press 1989, ISBN 0198547455, open access

Další literatura podle doporučení školitele a aktuálního stavu poznání zachyceného v odborných databázích. Přístup k odborným databázím zajišťuje Ústřední knihovna ČVUT pro doktorandy zdarma.

Informace ke kombinované nebo distanční formě		
Rozsah konzultací (soustředění)	-	**hodin**

Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím

Konzultace osobní i elektronickou formou po předchozí emailové domluvě s příslušným vyučujícím.

B-III – Charakteristika studijního předmětu

Název studijního předmětu	**Principy a aplikace součástkových modelů**				
Typ předmětu				**doporučený ročník / semestr**	1/2
Rozsah studijního předmětu	14p+42c	**hod.**	42	**kreditů**	4
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence					
Způsob ověření studijních výsledků	Zk			**Forma výuky**	P/K
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta	Předmět je ukončen prezentací výsledků individuálního projektu a ústní zkouškou.				
Garant předmětu	Doc. RNDr. Jan Voves, CSc.				
Zapojení garanta do výuky předmětu	Přednášející, cvičící, vede konzultace				
Vyučující	Doc. RNDr. Jan Voves, CSc.				

Stručná anotace předmětu

Předmět seznamuje studenty s principy simulace součástek a struktur s důrazem na nanometrové součástky a heterostruktury. Vychází zásadně z fyzikálních modelů, čímž se odlišuje od jiných předmětů CAD přednášených na FEL, které vycházejí více z empirických modelů a věnují se simulacím na obvodové úrovni. Předmět seznamuje s bezkonkurenčně nejrozšířenějšími systémy TCAD (Technological Computer Aided Design) používanými ve výzkumu a vývoji elektronických součástek a struktur.

Plán přednášek

1. Základy počítačem podporovaného technologického návrhu
2. Simulátory technologií
3. Součástková simulace.
4. Principy a aplikace součástkové simulace
5. Základní rovnice
6. Okrajové podmínky
7. Numerické metody
8. Modely rekombinace
9. Modely lavinové ionizace
10. Modely pohyblivosti
11. Mixed-mode simulace.
12. Rovnice vedení tepla.
13. Kvantové simulace.
14. Porovnání různých systémů TCAD

V rámci cvičení budou studenti řešit individuální simulační projekty týkající se tématu jejich dizertačních prací.

Studijní literatura a studijní pomůcky

Povinná literatura:

Silvaco TCAD manuals, Silvaco Inc. 2017,

Synopsys/Quantumwise Reference manual 2017

Doporučená literatura:

K. Goser, P. Glösekötter, J. Dienstuhl, Nanoelectronics and Nanosystems, Springer, 2004.

Ch. Kittel: Introduction to Solid State Physics, 8th ed., Wiley 2005

M. Lundstrom, J. Guo: Nanoscale Transistors – Device physics, Modeling and Simulation, Springer 2006

Další literatura podle doporučení školitele a aktuálního stavu poznání zachyceného v odborných databázích. Přístup k odborným databázím zajišťuje Ústřední knihovna ČVUT pro doktorandy zdarma.

Informace ke kombinované nebo distanční formě		
Rozsah konzultací (soustředění)	30	**hodin**

Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím

Mail: voves@fel.cvut.cz

Studentům kombinované formy studia se bude nabízet možnost konzultace s vyučujícím, a to přibližně každé dva týdny na dvě hodiny. Tedy celkem 14 hodin za semestr. Kromě to budou absolvovat soustředění v laboratoři v rozsahu celkem 18 hodin, při které budou realizovat své individuální projekty

B-III – Charakteristika studijního předmětu

Název studijního předmětu	**Fyzika pokročilých polovodičových součástek a materiálů**				
Typ předmětu				**doporučený ročník / semestr**	1/1
Rozsah studijního předmětu	14p+42c	**hod.**	42	**kreditů**	4
Prerekvizity, korekvizity, ekvivalence					
Způsob ověření studijních výsledků	Zk			**Forma výuky**	P/K
Forma způsobu ověření studijních výsledků a další požadavky na studenta	Předmět je ukončen prezentací výsledků individuálního projektu a ústní zkouškou.				
Garant předmětu	Doc. RNDr. Jan Voves, CSc.				
Zapojení garanta do výuky předmětu	Přednášející, cvičící, vedení konzultací				
Vyučující	Doc. RNDr. Jan Voves, CSc.				

Stručná anotace předmětu

Principy moderních polovodičových součástek a integrovaných obvodů jsou založeny na elektrických a optických vlastnostech polovodičových materiálů. Studenti získají znalosti, jak těchto vlastností využít pro činnost polovodičových součástek. Důraz bude kladen na kvantově-mechanický výklad vlatností pevných látek, pásové inženýrství, statistiky nosičů náboje, semiklasickou teorii transportu, srážkové mechanizmy, elektro-magnetické transportní jevy, balistický transport, optické vlastnosti. Tyto vlastnosti budou studovány také experimentálně. Studenti připraví své vlastní struktury podle zaměření jejich disertačních prací a provedou jejich charakterizaci v rámci individuálních projektů.

Seznam přednášek:

1. Transport elektronů a děr v polovodičových krystalech
2. Efektivní hmotnost, pohyblivost
3. Boltzmannova transportní rovnice. Srážkové mechanismy, frekv.
4. Srážky s fonony, ionizovanými příměsmi, saturace rychlosti
5. Aproximace relaxační doby
6. Transport nosičů v silném elektr. poli, saturace rychlosti
7. Transport v magnetickém poli
8. Transport v nanometrových strukturách
9. Kvantový tr., matice hustoty, Greenovy a Wignerovy funkce
10. Rezonanční tunelování, transport elektronů v supermřížkách
11. Jednoelektronový transport, Coulombovská blokáda
12. Balistický transport
13. Kvantový Hallův jev
14. Simulace transportních jevů

Studijní literatura a studijní pomůcky

Povinná literatura:

M.L. Cohen, S.G.Louie: Fundamentals of Condensed Matter Physics, Cambidge Univ. Press 2016

P. Harrison: Quantum Wells, Wires and Dots, Wiley, 4th ed., 2016

Doporučená literatura:

Ch. Kittel: Introduction to Solid State Physics, 8th ed., Wiley 2005

M. Lundstrom: Fundamental of Carrier transport, 2nd Ed., Cambridge university press 2000

K. Goser, P. Glösekötter, J. Dienstuhl: Nanoelectronics and Nanosystems, Springer, 2004.

Další literatura podle doporučení školitele a aktuálního stavu poznání zachyceného v odborných databázích. Přístup k odborným databázím zajišťuje Ústřední knihovna ČVUT pro doktorandy zdarma.

Informace ke kombinované nebo distanční formě		
Rozsah konzultací (soustředění)	30	**hodin**

Informace o způsobu kontaktu s vyučujícím

Mail: voves@fel.cvut.cz

Studentům kombinované formy studia se bude nabízet možnost konzultace s vyučujícím v rozsahu cca. dvě hodiny Kromě to budou řešit své individuální projekty pomocí vzdáleného přístupu k simulačnímu serveru.