

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ**

**Қ.И. СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ
УНИВЕРСИТЕТІ**

ЭЛЕКТИВТІ ПӘНДЕР КАТАЛОГЫ

6D060400 – Физика

Алматы 2014

ЭЛЕКТИВТІ ПӘНДЕР КАТАЛОГЫ

6D060400 – Физика

Оқытылудың 1-курсы

№	Модуль атауы	Пән циклы	Пән коды	Пән атауы	Кредит саны	Семестр
1	Жартылай өткізгіштер физикасы модулі	БП	FPP 7202	Жартылай өткізгіштер физикасы	3	1
2		БП	KF 7202.1	Кристалл физикасы	3	1
3		БП	OMF 7203	Мезоскопиялық физика негіздері	3	1
4		БП	PGPO 7203.1	Жартылай өткізгішті гетерокұрылымдар және солардың негізінде жасалған құрылғылар	3	1
5		БП	KE 7204	Кванттық электроника	3	1
6		БП	FG 7204.1	Фотовольттық генераторлар	3	1
7	Ғылыми-инновациялық модулі	БП	MOFI 7205	Физикалық зерттеулерді метрологиялық қамтамасыздандыру	3	1
8		БП	KUR 7206	Тұрақты даму концепциясы мен экологиялық мәселелердің физикалық аспектілері	3	1
9		БП	GIS 7206.1	ГАЗ (гео ақпараттық жүйелер) және қашықтан зондтау әдістері	3	1
10	Теориялық физика модулі	КП	ORK 7301	Релятивистік космология	3	2

				негіздері және ЖСТ (жалпы салыстырмалы теориясы) принциптері		
11		КП	TS 7301.1	Супершек теориясы	3	2
12		КП	КТР 7302	Өрістің кванттық теориясы	3	2
13		КП	ТЕР 7302.1	Электромагниттік өріс теориясы	3	2
14	Профильді дайындық модулі	КП	FP 7303	Плазма физикасы	3	2
15		КП	ҮаFRI 7303.1	Ядролық физика және радиоактивті сәулелену	3	2
16		КП	MNSS 7304	Біртекті емес тұтас орта механикасы	3	2
17		КП	КТРР 7304.1	Тасымал процесстерінің кинетикалық теориясы	3	2
18		КП	FOS 7305	Ашық жүйелер физикасы	3	2
19		КП	ND 7305.1	Бейсызық динамикасы	3	2
20		КП	VF 7306	Есептеу физикасы	3	2
21		КП	KM 7306.1	Компьютерлік модельдеу	3	2

FPP 7202 «Жартылайөткізгіштер физикасы» – 3 кредит, ECTS 5.

Пререквизиттер: PhLd 3.1.2 Төмен өлшемді жүйелердің физикасы және технологиясы.

Оқыту мақсаты: докторанттарға шалаөткізгішті аспаптардың жұмыс істеу принципінде негізгі рөл атқаратын құбылыстардың бірі шалаөткізгіштердің бетіндегі электрлік құбылыстың физикасының негіздерін оқыту, сондай-ақ, шалаөткізгіш жұқа қабыршықтардың (пенка) ерекшеліктерімен: олардың құрылымы және өсуімен, қабыршықтардың құрылымдарының оларды алу технологиясына тәуелділігімен таныстыру; шалаөткізгішті және диэлектрлік қабыршықтардың физикалық қасиеттерін; кванттық жіптерді; кванттық тізбек, кванттық нүктелерді оқыту.

Қысқаша мазмұны: «Шалаөткізгіштер бетінің физикасы» пәні

шалаөткізгіштер бетіндегі электрондық құбылыстардың классикалық феноменологиялық теориясы, беттің электрофизикалық параметрлерін анықтаудың және зерттеудің негізгі электрофизикалық әдістері туралы, атомдық-таза, нақты және пассивтелген шалаөткізгіштердің (Si, GaAs) бетіндегі қасиеттерді сипаттау, сондай-ақ, эпитаксия, қоспалар рөлі, эксперимент шартының әсері, қабатшаның бағдарлануы, тозандандыру температурасы, қатты фазалы эпитаксия кезіндегі күйдіру температурасы жайында мәліметтер келтіріледі.

Күтілетін нәтижелер: Пәнді теориялық оқу нәтижесінде докторант келесі жағдайларды білуі қажет:

– шалаөткізгішті аса жұқа қабыршықтарды алу әдісі жөнінде білім жүйесін меңгеру;

– қабыршықтардың құрамын және физикалық қасиеттерін, құрылымын зерттеу әдістері туралы;

– наноөлшемді құрылымдардың қалыптасу механизмі туралы;

– шалаөткізгіштер бетіндегі процестер туралы;

– қабыршықтың пайда болу және өсуінің теориялық негіздерін меңгеру;

– эпитаксиалды наноөлшемді құрылымдардың қалыптасу ерекшеліктерін білу;

– кванттық нүкте, кванттық жіп және кванттық тізбек туралы түсінік болу.

Постреквизиттер: кәсіптік және арнайы пәндер.

KF 7202.1 «Кристалдар физикасы» – 3 кредит, ECTS 5.

Пререквизиттер: материалтануға кіріспе.

Пәнді оқыту мақсаты: Заманауи ғылыми тәсілдерді қолданып, материалдардың физика-химиялық қасиеттерін, құрылымын, құрамын анықтауға үйрету.

Қысқаша мазмұны: Кристалдар физикасы – кіріспе-ғылыми және инженер саласында жаңа және қолданыстағы материалдардың жетілдірілген түрін алу тәсілдері мен әдістерін, өңдеу, қолдану және зерттеу әдістерін дамыту, бақылау, олардың құрамының сапасына, құрылымына және қасиетіне тәуелді қадағалау аймағындағы білімді қамтиды. «Физикалық материалтану» элективтік курста – материалдардың физика-химиялық қасиеттері құрылымы мен құрылысы және материалдардың сапасы мен құрылымын тексеретін заманауи әдістері беріледі.

Күтілетін нәтижелер: докторанттар қатты денелердің құрылымын және қасиеттерін зерттеп, талдап, қорытынды жасай алу керек.

Постреквизиттер: кәсіби және арнайы пәндер.

OMF 7203 «Мезоскопиялық физика негіздері» – 3 кредит, ECTS 5.

Пререквизиттер: Толық көлемдегі жалпы физика курсы, физика тарихы, философия және жоғары математика курстары. «Физика» мамандығы бойынша арнайы пәндер.

Оқыту мақсаты: докторанттарда мезоскопиялық жүйелер және оларды зерттеу әдістері жайында білім қалыптастыру.

Қысқаша мазмұны: Курста мезоскопиялық қасиет байқалатын жүйелердің қасиеттері зерттеледі. «Мезоскопиялық» термині *mesos* сөзін аударғанда «аралық» деген мағынаны білдіреді. Бірақ қазіргі кезде ол көптеген жүйелерді сипаттауға қолданылады. Кванттық мезоскопияда кванттық когеренттілікпен байланысты электрондық жүйелердің ерекшеліктері, және олармен байланысты бақыланатын құбылыстар қарастырылады. Классикалық мезоскопияда өлшемдері мен қасиеттері макроденелер мен микробөлшектердің аралығында болатын жүйелер қарастырылады. Мұндай жүйелер мезоскопиялық бөлшектерден тұрады. Мұндай жүйелерді зерттеу мезоскопиялық қасиеттердің пайда болуына алып келетін физикалық механизмді анықтауға мүмкіндік береді.

Жоғары технологияларда қолданылатын нанобөлшектер туралы ғылым ретінде нанотехнология мен нанологияның теориялық негізі болып табылатын мезоскопиялық физиканы оқыту өзекті және практикалық қажетті мәселе болып табылады.

Күтілетін нәтижелер. Мезоскопиялық физика туралы алынған білім негізінде PhD докторы білуі қажет:

- белгілі құбылыстарды мезофизика позициясы тұрғысынан түсіндіріп қана қоймай, оның негізінде жаңа технологиялар жасауға болатын жаңа құбылыстарды анықтау,
- мезоскопиялық жүйелерді зерттеудің жаңа әдістерін ойлап табу,
- физиканың негізгі заңдарының қолдану аумағын анықтау,
- өзінің ғылыми-зерттеу жұмысының эксперименттік және теориялық-есептеу материалын жалпылау.

Постреквизиттер: Ғылыми зерттеулер негіздері, ғылыми іс-тәжірибелер. PhD докторлық диссертацияны дайындау.

PGPO 7303.1 «Шалаөткізгіш гетероқұрылымдар және олардың негізінде жасалған аспаптар» – 3 кредит, ECTS 5.

Пререквизиттер: PhLd 3.1.2 Төменөлшемді жүйелер физикасы және технологиясы.

Пәнді оқыту мақсаты: Докторанттарда екі өлшемді гетероқұрылымдардың қасиеттері мен түрлері, оларды алу жолдары және электроникада қолдану тәсілдері жөнінде заманауи ғылыми түсінік қалыптастыру. Заманауи өлшеу аппаратурасында эксперименталды зерттеулер жүргізу және олардың нәтижелерін өңдеу біліктілігі мен машығын қалыптастыру.

Қысқаша мазмұны: «Шалаөткізгіш гетероқұрылымдар және олардың негізінде жасалған аспаптар» пәні «Наноматериалдар және нанотехнологиялар» мамандығының «Наноэлектроника және микроэлектроника» мамандандыру PhD докторанттарының ғылыми-зерттеу қызметіне дайындау кезіндегі кәсіптік пән болып табылады. «Шалаөткізгіш гетероқұрылымдар және олардың негізінде жасалған аспаптар» пәні қатты

денелік гетерокұрылымдар түрлері жөнінде, оларды дайындау технологиялары және наноэлектроника мен оптоэлектроникада гетерокұрылымдарды қолдану жөнінде түсінік береді.

Күтілетін нәтижелер: Докторанттар үшін қатты денелік гетерокұрылымдар қалыптастыру процестері және олардың физикалық қасиеттерінің мәні түсіндіріледі. Кванттық жіптер мен нүктелік гетерокұрылымдарды қарастыруға қатысты теориялық және эксперименттік-практикалық мәселелерді шешу біліктілігі мен машығын қалыптастыру.

Постреквизиттер: кәсіби және арнайы пәндер.

КЕ 7204 «Кванттық электроника»– 3 кредит, ECTS 5.

Пререквизиттер: оптика и лазерлік спектроскопия, жоғары математика, конденсирленген күй физикасы, кванттық теория негіздері.

Оқытудың мақсаты: кванттық электроника негізі саналатын электродинамика және кванттық механика мәселелеріне: электромагниттік толқынның таралуы, электр өрісінің импульсі, жарық дисперсиясы, анизотропты орта, электрооптикалық эффект, сызықты емес оптика (екінші гармониканың генерациясы), атом тығыздығы матрицасы үшін кинетикалық теңдік (деңгейлердің релаксациясы және қозуы, атомдардың сыртқы электр өрісімен әсерлесуі), деңгейлердің қанығу эффектісі, лазер сәулесінің генерациясы, генерацияның көп модальды режимі, модалардың синхронизациясы, оптикалық өрістің газбен әсерлесуі, сызықтың біркелкі және біркелкі емес кеңеюі туралы түсінік беру; кванттық электроника мәселелерінде қарастырылатын негізгі әдістермен таныстыру; осы бағыттағы ғылыми жұмыстарға дайындау.

Қысқаша мазмұны: Бұл пәнде кванттық электрониканың негізгі физикалық идеяларын ізбе-із және жанжақты сипатталған және лазерлердің жұмыс істеу принциптері көрсетілген. Заманауи оптика және кванттық электрониканың жаңа мүмкіншіліктерін анықтайды.

Күтілетін нәтиже: Анизотропты және диссипативті орталарда толқындардың таралуын, екінші гармоника принциптерін түсіну, электромагниттік өрістегі атомдар тығыздығы матрицасының кинетикалық теңдеулерін, лазер сәулесінің генерациялану теориясын, сызықтардың кеңеюін білуі керек.

Анизотропты, сызықты емес және диссипативті орталарда толқындардың таралуы, лазерлік сәулелену жүйесінің генерациялану шарттарын анықтау.

Кванттық электроника теориясының базалық аппараттарына ие болу.

Постреквизиттері: Жалпы кәсіптік және арнайы пәндер. Ғылыми жұмыстар дайындау.

FG 7204.1 «Фотовольттық генераторлар» – 3 кредит, ECTS 5.

Пререквизиттер: FKS 2.1.1 Конденсирленген күй физикасы.

Пәнді оқыту мақсаты: фотовольттық генераторлар, олардың құрылысы және олардың негізінде энергия жинақтау әдісі жөнінде түсінік

калыптастыру.

Қысқаша мазмұны: Фотовольттық генератор бұл күн энергиясын генерациялайтын күн панелі. Олар күн радиациясын болдырмау үшін бірнеше, біріктірілген фотовольттық модулдерден құралады.

Күтілетін нәтижелер: докторанттар әртүрлі фотовольттық генераторлар, олардың жұмыс істеу принциптері және қолдану ерекшеліктері жөнінде білім алады.

Постреквизиттер: PhD диссертациясын дайындау. Ғылыми зерттеулер және жаңа технологияларда және педагогикалық қызметте білімдерін қолдану практикасы.

MOFI 7205 «Физикалық зерттеулерді метрологиялық қамтамасыз ету» - 3 кредит, ECTS 5

Пререквизиттар: Метрология және метрологиялық қамтамсыз ету. Ғылыми зерттеулерді ұйымдастыру.

Пәнді оқыту мақсаты: физикалық зерттеулердің өлшеу әдістері мен құралдарын меңгеру, оларды іс жүзінде қолдану.

Қысқаша мазмұны: Пәнді оқытудың негізгі бағыттары: 1.Эксперименттік зерттеулерді метрологиялық қамтамасыз ету. 2.Физикалық мөлшерлер және өлшем санаттары. 3.Физикалық өлшемдер жүйесі. 4.Физикалық мөлшерлер халықаралық жүйесін (ХЖ) пайдалану. 5.Өлшемдердің әдістері мен құралдары. 6.Өлшемдердің біртұтастығын қамтамасыз ету. 7.Өлшемдердің қателіктері, олардың көзі мен бөлімдері. 8.Эксперименттің әдістемесі. 9.Өлшемдердің жол қадамдары.

Күтілетін нәтижелер: «Физикалық зерттеулерді метрологиялық қамтамасыз ету» пәні эксперимент әдістері және зерттеулерді метрологиялық қамтамасыз етудің ұйымдастыру негіздерін көздейді.

Постреквизиттер: Жалпы кәсіптік және арнайы пәндер. Ғылыми жұмыстар дайындау.

KUR7206 «Тұрақты даму концепциясы және экологиялық проблемалардың физикалық аспектілері» - 3 кредит, ECTS 5

Пререквизиттар: Физика әдістемесі. Макроэкономика. Экология және тұрақты даму.

Пәнді оқыту мақсаты: экологиялық проблемаларының физикалық аспектілері және оның тұрақты даму концепциясымен байланысын меңгеру.

Қысқаша мазмұны: Пәнді оқытудың негізгі бағыттары:

Әлемдегі және Қазақстандағы экологиялық заманауи проблемалары. 2.Адам және табиғат өзара араласуының энергетикалық аспектілері. Жер физикасының негізі, геофизикалық орталар. 3.Табиғи ортаның физикалық параметрлері. 4.Молекулалық физика мен термодинамиканың экологиялық мәселелері. 5.Электрика мен магнетизмнің экологиялық мәселелері. 6.Оптика, атом және ядролық физика салаларының экологиялық мәселелері. 7.Тұрақты энергетика және энергия тиімділік. 8.Қазақстанның тұрақты дамуға көшу Концепциясы.

Күтілетін нәтижелер: «Тұрақты даму концепциясы және экологиялық проблемаларының физикалық аспектілері» пәні адам және табиғат өзара араласуының физикалық аспектілері оның тұрақты даму концепциясы мен байланысы қарастырады.

Постреквизиттер: Жалпы кәсіптік және арнайы пәндер. Ғылыми жұмыстар дайындау.

GIS 7206.1 «ГАЗ және қашықтықтан зондтау әдістері» – 3 кредит, ECTS 5.

Пререквизиттер: Берілген пәнді оқу үшін келесі курстарды білу қажет: "Информатика", "Физика", жалпыгеографиялық пәндер.

Оқыту мақсаты: Курста Жерді қашықтықтан зондтау бойынша мәліметтерді алу, түрлендіру, өңдеу, классификациялау, қолдану әдістері жайында теориялық білім беріледі.

Қысқаша мазмұны: Пәннің негізгі түсініктері беріледі, Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) жүйелерінің негізгі түрлері және алынған мәліметтердің сипаттамалары зерттеледі; ЖҚЗ мәліметтерін қолдану арқылы шешілетін қолданбалы есептер түрлері оқытылады; ЖҚЗ мәліметтерін өңдеу алгоритмдері мен әдістері, сондай-ақ, ЖҚЗ мәліметтерін өңдеу технологиялары бойынша базалық түсініктер меңгеріледі.

Пән келесі бөлімдерден тұрады: Жерді қашықтықтан зондтау, қашықтықтан зондтау мәліметтерін өңдеу және талдаудың заманауи жүйелері, қашықтықтан зондтау мәліметтерін алдын-ала өңдеу әдістері, қашықтықтан зондтау мәліметтерін тақырыптық өңдеу әдістері, қашықтықтық әдістері көмегімен шешілетін қолданбалы есептер, ортаны (табиғаттық) аэрокосмостық бақылау (мониторинг).

Күтілетін нәтижелер: Пәнді оқу нәтижесінде студент ЖҚЗ мәліметтерін алу, өңдеу, және интерпретациялау, ЖҚЗ мәліметтерінің негізгі сипаттамаларын, Жердің жасанды серіктерінен, ұшақ-зертханалар, радиолокационды станиялар, лазерлік және басқа оптикалық қондырғылар арқылы бетті қашықтықтан өлшеу әдістері арқылы ақпаратты алудың заманауи теориялық негіздері мен әдістемелік принциптерін меңгеру, цифрлық ғарыштық суреттерді алдын-ала және тақырыптық өңдеу есептерін шеше алу, ЖҚЗ мәліметтерін және ГАЗ қолдана отырып, автоматталған картография есептерін шеше алу.

Постреквизиттер: ғылыми зерттеулерге теориялық негіздер. Докторлық диссертацияны дайындау.

ORK 7301 «Релятивистік космология негіздері және СЖТ принциптері» – 3 кредит, ECTS 5.

Пререквизиттер: Берілген пәнді оқу үшін келесі курстарды білу қажет: «Теориялық механика», «Электродинамика», «Векторлық және тензорлық талдау», «Салыстырмалылықтың жалпы және арнайы теориясы».

Оқыту мақсаты: Курста аспан механикасының негізгі мәселелері мен әдістері және салыстырмалылықтың жалпы теориясының механикасы (СЖТ)

келтірілген. Дәрістерді оқу, семинарлық және зертханалық сабақтарды жүргізу нәтижесінде курс мақсатына жетеді. Бұл арнайы курста студенттерге аспан механикасының негізгі мәселелері мен әдістері, Эйнштейннің гравитациялық теориясының механикасы (ЭГТ) жайында түсінік беріледі.

Қысқаша мазмұны: Курсты оқу нәтижесінде студенттер білуі қажет:

- үш дене есебі бойынша ұйытқымаған және ұйытқыған қозғалыстың негізгі қағидаларын, каноникалық және метрлік тензордың, энергияның псевдотензорының – гравитациялық өріс импульсінің, кара құрдымның, синхронды санақ жүйесінің, Вейль тензорының негізгі анықтамаларын және олардың СЖТ есептерінде қолданылуын;

- мәселелерді тұжырымдай білу, олардың шешімдерін анықтай білу және алынған нәтижелерді нақты мысалдарда интерпретациялау.

Дәрістерде оқытылатын пәннің негізгі түсініктері, іргелі заңдылықтары, олардың генезисі және басты теориялық аспектілері, пәннің физикалық мәселелерін (теориялық, қолданбалы) зерттеуге қолданылатын математикалық аппараттың негізін құрайтын жалпы және арнайы математикалық әдістер келтірілген.

Семинар сабақтарында пән бойынша физикалық мәселелерді қою және тұжырымдау, сұрақтарды жан-жақты қарастыру үшін маңызды мәселелер, оларды шешу барысындағы негізгі математикалық әдістерді қолдану, стандартты мәселелер – нақты есепті шешу үшін математикалық әдістерді қолдану дағдысына ие болу және бекіту мақсатында жан-жақты талқыланады.

Зертханалық сабақтардың мақсаты теорияның нақты мәселелерін өздігінен зерттеу дағдысын қалыптастыру, алдыға есеп қойып, оны шешу әдістерін таңдау: аналитикалық түрде, есептеу әдістерін және компьютерлік модельдеу әдістерін қолдану арқылы.

Күтілетін нәтижелер: Курсты оқу нәтижесінде студенттер:

- Берілген математикалық аппаратты меңгеру;
- Есепті шешу әдістерін меңгеру.
- Алдыға мәселе қоя алу, оны шешу әдістерін аналитикалық түрде және компьютерлік технологияны қолдану арқылы таңдай білу (заманауи ЭЕМ және сәйкес бағдарламалар).

Постреквизиттер: «Аспан механикасы», «Релятивисттік астрофизика» «СЖТ-дағы денелердің қозғалыс мәселелері», «Физиканың философиялық мәселелері» және басқалар.

TS 7301.1 «Супершек теориясы» – 3 кредит, ECTS 5

Пререквизиттер: кванттық механика, конденсирленген күйлер физикасы.

Оқыту мақсаты: супер перне теориясының соңғы жетістіктерімен таныстыру, яғни, пернелердің өрістік теориясы, өрістің конформдық теориясы, Кац-Муди алгебрасы, Тейхмюллердің көптұзақты амплитудалары және кеңістік, Калаби-Яу феноменологиясы, орбиобразия және төртөлшемді

супер пернелер сияқты белсенді теориялық зерттеулер тез дамып жатқан салалармен таныстыру.

Қысқаша мазмұны: Пернелер теориясы кванттық механика мен салыстырмалылық теориясының идеяларын біріктіре отырып, барлық іргелі өзара әсерлесулерді біртұтас теорияға біріктіреді. Сонымен қатар, қазіргі таңда пернелер теориясын *суперсимметрия* концепциясымен біріктіру мүмкін болды, нәтижесінде *супер пернелер теориясы* пайда болды. Суперсимметрия теориясы априорлық заманауи концепция негізінде құрылған, ол бойынша кез-келген қашықтықтан (өрістік) әсер ету сәйкесінше өзара әсерлесуші бөлшектер арасындағы әсерлесуші бөлшек-тасымалдаушылармен алмасу арқылы жүреді.

Күтілетін нәтижелер: Берілген курс - зерттеулердің әртүрлі салаларын бағалауға немесе осы салаларда өздігінен жұмыс жасауды бастауға шолу жасауға арналған.

Постреквизиттер: кәсіптік және арнайы пәндер.

КТР 7302 «Өрістің кванттық теориясы» - 3 кредит, ECTS 5

Пререквизиттер: Элементар бөлшектер физикасы, кванттық хромодинамика.

Оқыту мақсаты: Докторанттарда өрістің кванттық теориясы негіздерін түсіну және сыни ойлау арқылы арнайы құзыреттіліктерді қалыптастыру.

Қысқаша мазмұны: Еркін өрістердің кванттық теориясы. Кванттық теорияның негізгі принциптері, күйлердің гильберттік кеңістігінде Пуанкаре тобын унитарлық келтірумен кванттық өрістік жүйені беру. Физикалық өрістерді кванттаудың негізгі постулаты. Оң- және теріс-жиілікті құраушылардың физикалық мағынасы. Айнымалы қатынастарды тағайындау. Ферми-Дирак және Бозе-Эйнштейндердің айнымалы қатынастары. Зарядтық түйіндес. Паули теоремасы. Еркін скаляр өрістің квантталуы. Гупт-Блейлер әдісі. Индефиниттік метрика. Псевдофотонды вакуум. Спинорлық өрістің квантталуы. Паули принципі. Грин функциясы. Скалярлық, электромагниттік және спинорлық өрістердің себепті функциялары. Операторларды нормаль көбейту. Нормаль көбейтулер үшін Вик теоремасы.

Күтілетін нәтижелер: Макро- және микроәлем арасындағы өзара байланысты түсіну арқылы заманауи көзқарасты қалыптастыру.

Постреквизиттер: Стандартты модель.

ТЕР 7302.1 «Электромагниттік өріс теориясы - 3 кредит, ECTS 5

Пререквизиттер: Жоғары математика, Векторлық талдау, Электр және магнетизм.

Оқыту мақсаты: Курстың негізгі мақсаты – студенттерді электромагниттік толқындардың классикалық теориясымен таныстыру және оны тәжірибеде қолдануға оқыту.

Қысқаша мазмұны: «Электромагниттік өріс теориясы» пәнінің курсына классикалық электродинамиканың негізгі қағидалары тізбектеліп және жан-жақты келтірілген. Курстың бас жағында векторлық талдау элементтері келтірілген: градиент (набла), дивергенция, ротор, лаплас операторлары. Курс материалын ұсынуда Максвелл теңдеулерін қорыту барысында Кулон, Ампер және Фарадейлердің тәжірибелік заңдары қолданылған. Магнетиктердің және магнетик түрлерінің магниттеліну теориясы қарастырылған.

Күтілетін нәтижелер: Курс соңында студенттерде қазіргі заман физикасының іргелі заңдарын білуді және электродинамиканың қолданбалы мәселелерінде қолдана білуді қалыптастыру.

Постреквизиттер: Жалпы кәсіптік және арнайы пәндер.

ФР 7303 «Плазма физикасы» – 3 кредит, ECTS 5

Пререквизиттер: Физикалық кинетика, ядролық физика және технологиялар.

Оқыту мақсаты: плазма туралы негізгі ұғымдарды және плазманың жалпы қасиеттерін оқып-білу; электр және магнит өрістеріндегі плазма заңдылықтары, плазманың заманауи теориясымен танысу; плазманың маңызды түрлерін: доғалық разряд плазмасы, газразрядты плазма, жоғары температурадағы толық иондалған плазма және оны ұстап тұру әдістерін, ғарыштық плазмаларды оқып-білу; плазма бойынша алынған білімді ғылым мен техниканың әртүрлі салаларындағы жұмыс барысында қолдана алу.

Қысқаша мазмұны: Плазманы сипаттайтын параметрлер (иондалу дәрежесі, Дебай радиусы, плазмалық жиілік, сұйықтық параметр), температура және иондалу дәрежесіне қарай плазма түрлері, плазманың классикалық теориясының негізгі қағидалары (Больцман таралуы, Саха теңдеуі, плазмаға арналған гидродинамика теңдеуі), плазмадағы тербелістер, толқындар және орнықсыздықтар; тұрақты және айнымалы электр өрісіндегі плазма заңдылықтары, электр зарядының төмен температурадағы плазмасының қасиеттері және қолданылуы, термоэмиссиялық түрлендіргіштердің, плазматрондардың, плазмохимиялық реакторлардың маңызды параметрлері және жұмыс істеу принциптері, магнит өрісіндегі плазманың заңдылықтары, магниттік қармауыштар мен "токамак" түріндегі қондырғылардың құрылысы және жұмыс істеу принципі, басқарылатын термоядролық синтез мәселелері, жоғары температурадағы термоядролық плазманы ұстап тұру әдістері; плазманың физикалық кинетика элементтері (плазмаға арналған Больцман теңдеуі, Власов теңдеуі, тасымалдау коэффициентін есептеу), плазманы математикалық модельдеудің заманауи әдістері, ғарыштық плазма туралы жалпы мәліметтер (Күн плазмасы, Күн желі, Жердің магнитосферасы, Жердің радиациялық белдеуі, полярлық шұғыла).

Күтілетін нәтижелер: Докторанттарда плазманың негізгі параметрлерін, плазмохимиялық реакторлардың энергетикалық параметрлерін есептеулерде, электр доғасы плазмасының және электр

зарядтарының басқа түрлеріндегі плазмалардың сипаттамаларын есептеуде, сондай-ақ, плазмалық нысандарды тәжірибелік зерттеуде дағды мен машық қалыптасады.

Постреквизиттер: ғылыми зерттеу жүргізуге қажетті теориялық негіздер, PhD докторлық диссертацияны дайындау.

**ҮаFRI 7303.1 «Ядролық физика және радиоактивті сәулелену»
– 3 кредит, ECTS 5.**

Пререквизиттер: математикалық талдау, атомдық физика, кванттық механика.

Зерттеу мақсаты: әлемнің қазіргі заманғы ғылыми түсінігі негізінде физиканың іргелі бөлімін зерттеу және дене студенттердің физикалық ойлау дағдыларын қалыптастыру. Алған теориялық білімдері мен практикалық дағдыларын студенттер өз бетінше ядролық физика және радиоактивті сәулелену бойынша нақты физикалық есептерді тұжырымдап, шешуге мүмкіндік береді.

Қысқаша мазмұны: Аталған пәнде ядролық физика және радиоактивті сәулеленуге қатысты маңызды ұғымдар, терминдер және мәселелер мазмұндалады. Қазіргі заманғы физиканың қалыптасуына әкелетін көптеген шешуші эксперименттер мен болжамдар талқыланады. Атом ядроларының және нуклондар қасиеттері, радиоактивтіліктің және ядролық реакциялардың құбылысы, ядроның бөлінуі және бірігуі, нуклондар мен антинуклондар физикасы, элементар бөлшектер және кванттық хромодинамика қарастырылады.

Күтілетін нәтижелер: пәнді оқып-үйрену нәтижесінде докторанттар, ядролық физика және радиоактивті сәулеленудің негізгі ұғымдары мен ережелері жүйесін меңгеру, ядролық физиканың әртүрлі есептерін шешу үшін қажетті білім алу, іс жүзінде мәселелерді шешу үшін тиісті математикалық аппаратты қолдана білуді үйрену қажет.

Постреквизиттер: жалпы кәсіптік және арнайы пәндер.

**MNSS 7304 «Біртекті емес тұтас орталар механикасы» -
3 кредит, ECTS 5**

Пререквизиттер: «Біртекті емес тұтас орталар механикасы» курсы оқу үшін докторант бакалавриат пен магистратураның толық көлеміндегі біртекті емес орталарда өтетін қайтымсыз процестердің механикасы мен термодинамикасын білуі қажет; дифференциалдық және интегралдық есептеудің математикалық аппараттарын меңгеруі қажет.

Оқыту мақсаты. «Біртекті емес тұтас орталар механикасы» – нақты жүйелерді сипаттаудың заманауи әдістерін меңгеру және алынған білімді нақты Әлем туралы жаңа білімді генерациялауға қолдану.

Пәннің қысқаша мазмұны: Берілген курста тұтас орталарда (үлкен масштабты уақыттағы газдардағы, сұйықтардағы, плазмадағы, қатты денелердегі) жүретін қайтымды механикадағы белгілі құбылыстар ғана емес, сонымен қатар, макропараметрлердің біртекті емес таралуының болуымен

байланысты (температура, қоспа концентрациясы, қоспа тығыздығы) - қайтымсыз процестер де қарастырылады. Сондықтан, магистрлер докторанттар сияқты физиканың барлық бөлімдерін практикалық түрде өтуіне байланысты докторлыққа дайындаудың ерекшелігі ескеріледі. Бұл нақты жүйелерге максимал жуықтатылған физикалық модельдерді қарастыруға мүмкіндік береді.

Мұндай қарастырудың негізі болып қайтымсыз процестер ескерілетін тұтас орталар механикасының теңдеулері (үздіксіздік теңдеуі, энтропияға арналған баланстық қатынас және т.с.с.) табылады. Практикада қолдану үшін бұл теңдеулер қазіргі заманғы физикалық кинетикадан алынған тасымалдау коэффициенттерімен және энтропияны өндіру формулаларымен толықтырылады. Мұндай сипаттаудың күрделілігі нақты құбылыстарды қарастыруға теорияны жақындатудың қажеттілігімен түсіндіріледі.

Күтілетін нәтижелер: Пәнді оқу барысында докторант білуі қажет:

- қайтымсыз процестер жүретін тұтас орталар механикасының теориясын білу;
- олардың негізінде процестерді есептеудің заманауи әдістері мен теңдеулерді қолдана алу;
- практикаға қызықты жаңа құбылыстардың болуын алдын-ала болжау және оларды зерттеу әдістерін анықтау.

Постреквизиттер: «Біртексті емес тұтас орталар механикасы» пәнін меңгеру барысында докторанттар алған білім мен машық, нақты физикалық процестер қарастырылатын пәндерді оқуда, жаңа жоғары технологиялар жасау және жаңа құрылғыларды құрастыру барысында база болып табылады. Алынған білім PhD диссертациясын қорғауға дайындау кезінде және кәсіптік қызметтерде қолданылады.

КТРР 7304.1 «Тасымалдау процестерінің кинетикалық теориясы» - 3 кредит, ECTS 5

Пререквизиттер: жоғары математика (тензорлық анализ), термодинамика және статистикалық физика, кванттық механика.

Пәнді оқыту мақсаты: Оқушыларды статистикалық тепе-тең емес жүйелердегі тасымалдау процестерінің микроскопиялық теориясы ретінде теориялық физиканың бірден бір маңызды саласы физикалық кинетикамен таныстыру. Тыңдаушылардың әртүрлі физикалық түсініктер, заңдар мен теориялардың қолдану шегін дұрыс анықтайтын көзқарасын қалыптастыру, физика ғылымының даму процесінде бір біріне байланыстылық, үйлесімдік принципін дәлелдеу, басқа болжамдарға, түсініктерге негізделген теориялық және тәжірибелік зерттеулердің нәтижелерімен салыстыра отырып, өзі алған деректердің дұрыстық дәрежесіне баға бере білуіне үйрету.

Пәннің қысқаша мазмұны: Арнаулы курс тасымалдау процестерінің, оның ішінде массаның (диффузия), қозғалыс мөлшерінің (тұтқырлық), энергияның (жылуөткізгіштік) тасымалдануының кинетикалық теориясының негіздерін баяндауға бағытталған. Газ ортаны зерттеуге ерекше көңіл бөлінген. Больцман теңдеуінің классикалық қорыту жолы, теңдеудің негізгі

касиеттері баяндалады. Больцман теңдеуінің тепе-теңдік күй үшін шешу әдістері, оның ішінде Гильберт жіктеуі, Чепмен-Энског әдісі қарастырылған. Кинетикалық теңдеудің шешу нәтижелері, үлестірілу функциясының нольінші, бірінші және екінші жуықтауларының физикалық мағналары талқыланады. Больцман теңдеуі мен гидродинамика теңдеулерінің арасындағы байланыс көрсетілген. Диэлектриктердегі, Бозе-Эйнштейн, Ферми-Дирак статистикаларына бағынатын кванттық сұйықтықтардағы, металдар мен шалаөткізгіштердегі тасымалдау процестерін бейнелейтін кинетикалық теңдеулер келтірілген. Жылуөткізгіштік, тұтқырлық, диффузия сияқты тасымалдау құбылыстары үшін кинетикалық коэффициенттерді есептеу мысалдары қарастырылған.

Пәнді оқыту міндеттері: Тасымалдау процестері кинетикалық теориясының негізгі ұстанымдарын, зерттеу әдістерін, алынған нәтижелер мен әлі шешілмеген мәселелерін игеру. Оқушы ол үшін ұсынылып отырған пәнді оқу нәтижесінде:

- кинетикалық теорияның негізінде жатқан ғылыми және математикалық принциптерді білу және түсінуге;
- қажетті әдебиеттерді таба алу, мәліметтер базасын және ақпараттардың басқа да көздерін қолдана алу қабілеттілігін көрсетуге;
- ақпараттарды іздеу, жинақтау, жүйелеу, талдау, өңдеу, қойылған оқу, ғылыми мәселелерді шешуде олардың пайдалылығын және мақсатты түрде қолданылуын бағалауға;
- күнделікті қолданыста жаратылыстану ғылыми пәндерімен байланысты теориялар мен фактілерді, негізгі принциптер мен концепцияларды білу және түсіне алуын көрсетуге;
- алынған нәтижелерді қажетті түрде талдау және ұсыну, қорытынды жасауға міндетті.

Постреквизиттер: жалпы және арнаулы пәндер.

FOS 7305 «Ашық жүйелер физикасы» - 3 кредит, ECTS 5

Пререквизиттер: Термодинамика және статистикалық физика.

Оқыту мақсаты: Докторанттарда ашық жүйелер физикасының негіздерін түсіну және сыни ойлау арқылы арнайы құзыреттіліктерді қалыптастыру.

Қысқаша мазмұны: Ашық жүйелер. Тұтас орталар моделі. Хаос және реттілік. К-энтропия және Ляпунов көрсеткіштері. Динамикалық хаос. Эволюция. Басқарушы параметрлер. Бағыну принципі. Деградация және өздігінен ұйымдасу. Тәжірибелік мәліметтер және модельдік теңдеулер негізінде ашық жүйелер күйлерінің реттілік дәрежесінің салыстырмалы критерийлері. Хаостық нормасы және өздігінен сауығу. Өздігінен ұйымдастырудың екі түрі. Тепе-теңдіктегі және тепе-теңсіздіктегі фазалық көшулер. Энтропия және ақпарат. Энтропияны өндіру. Фазалық көшулер және өздігінен ұйымдасу процестері кезіндегі энтропияның минимум принципі. Медико-биологиялық жүйелердегі өздігінен ұйымдасу. Хаостық нормасы (өздігінен сауығу - процесс). Ашық жүйелерді диагностикалау.

Дәрежелік және логарифмдік заңдылықтар. Тепе-теңдіктегі және тепе-теңсіз фликкер-шу. Фликкер-шудың диффузиялық табиғаты. Асқын өткізгіштік және асқын аққыштық құбылыстарындағы фликкер-шудың алатын орны. Фрактальды құрылымдар. Фрактальдардың геометриясы және физикасы.

Күтілетін нәтижелер: Ашық жүйелер эволюциясында динамикалық орнықсыздықтың алатын орнын түсіну және алынған білімді практикада қолдану.

Постреквизиттер: Ашық жүйелердің статистикалық теориясы.

ND 7305.1 «Бейсызықты динамика» – 3 кредит, ECTS 5

Пререквизиттер: заманауи физиканың негізгі принциптері.

Пәнді оқыту мақсаты: күрделі жүйе динамикасы, ашық жүйелердің өзіндік ұйымдасуының механизмі жөнінде түсінік беру, автотербелістердің пайда болу құбылысын, жүйеліліктен стохастикалық динамикаға өту, синхрондықтың орнауын, когерентті құрылымдардың пайда болуын сипаттау.

Қысқаша мазмұны: диссипативті жүйе түсінігі (ДЖ), ДЖ фазалық кеңістігі, ДЖ қозғалыс және көрініс теңдеуі. Траектория, қозғалмайтын нүкте және ДЖ циклы, инвариантты көптік, шекті көптік және ДЖ шекті циклы, аттрактор. ДЖ қозғалмайтын нүктелерінің тұрақтылығы, гиперболалық және гиперболалық емес қозғалмайтын нүктелер. Ляпунов бойынша траекторияның тұрақтылығы, асимптоталық тұрақтылық. Пуассон бойынша траекторияның тұрақтылығы. Лагранж бойынша траекторияның тұрақтылығы. Құрылымдық тұрақсыздық. Бифуркациялық диаграмма. Бифуркация көлемділігі. Центрілік көптірлілік және бифуркацияны талдау. Қарапайым бифуркациялар («ер-түйін», «тұрақтылық алмасу», «шанышқы») және олардың қалыпты түрі. Андронов-Хопф бифуркациясы. Бифуркациялар тізбегі, хаосқа өту сценарийі. Жүйелі және ерекше нүктелер, қосарланған ерекше нүктелер, қайту нүктелері, түйіндес нүктелер, бифуркациялық диаграммадағы жоғары ретті ерекше нүктелер. Бифуркациялық шешімдердің тұрақтылығы және тұрақсыздығы, тұрақтылықтың ауысуы. Жетілмегендік теориясы және бифуркацияны жоятын оқшауланған шешімдер. Бифуркацияны жоятын оқшауланған шешімдердің тұрақтылығы. Буссинеск жуықтауындағы конвекция теңдеуі. Температура және қысымның теңмөлшерлі таралуы. Тепе-теңдік күйінің тұрақтылығын зерттеу. Тепе-теңдік күйінің аздаған стационар емес ауытқуларының негізгі теңдеулері. Релей, Прандтль және Грасхоф сандары. Шектік шарттары. Ауытқу күйінің нормаль модалары. Меншікті мәндерге есептер. Тұрақтылықтың жоғалу шарты, Релейдің критикалық саны. Конвективті ячейкалар. Конвективті валдар. Конвекция теңдеуі. Лоренц жүйесінің динамикасы: фазалық портрет, аттрактор.

Күтілетін нәтижелер: Өзіндік ұйымдасу процестері және оларды модельдеу жөнінде негізгі мәліметті, динамикалық жүйелердің базалық теңдеулерін білу, оларды талдау және шешімін табу тәсілдерін игеру. Динамикалық жүйелерде өтіп жатқан физикалық құбылыстарды анықтай

білу. Жаңа мәселелерді қою және шешімін табу үшін алған білімді қолдану.

Постреквизиттер: Ғылыми зерттеулер үшін теориялық негіздер. Докторлық диссертацияға дайындық.

VF 7306 «Есептеу физика» – 3 кредит, ECTS 5

Пререквизиттер: Есептеуіш физика.

Пәнді оқыту мақсаты: есептеуіш физиканың классикалық және заманауи тәсілдерін игеру: талдау, алгебра және жуықтау теориясы есептерінің сандық тәсілдері, қарапайым дифференциалды теңдеулер үшін есептерді шешудің және дербес туындылардағы теңдеулерге арналған есептерді шешудің сандық тәсілдері. Заманауи компьютерлерде бағдарламалық кешендер және алгоритмдер жасауға машықтандыру.

Қысқаша мазмұны: бейсызық теңдеулер және жүйелерді шешу: итерациялық әдістер; вариациялық тәсіл. Функцияның жуықтауы: ең жақсы жуықтаулар; интерполяциялау; сплайн-жуықтаулар. Сандық интегралдау: интерполяциялық квадратуралық формулалар; Гаусс түріндегі квадратуралық формулалар; еселік интегралдарды жуықтап есептеу. Интеграл теңдеулерді сандық шешу: екінші ретті Фредгольм және Вольтерр интеграл теңдеулерін шешу тәсілдері; жаңылыс есептерді шешу тәсілдері. Коши есептерін сандық шешу тәсілі: қатаң емес есептер; қатаң жүйелер. Қарапайым дифференциал теңдеулер үшін шектік есептерді шешу: Коши есебінің мәліметіне негізделген тәсілдер, вариациялық тәсілдер. Айырмалық сұлбалар теориясына кіріспе: айырмалық сұлбалар теориясының негізгі түсініктері; тұрақтылықты зерттеу тәсілдері. Стационар теңдеулер үшін айырмалық сұлбалар: сұлбалар және оларды жасау жолдары; күрделі пішінді аумақтардағы сандық тәсілдер. Стационар емес теңдеулер үшін айырмалық сұлбалар: бірөлшемді теңдеулер; көпөлшемді есептер. Монте-Карло тәсілдері.

Күтілетін нәтижелер: компьютерде орындалатын математикалық есептеулердің ерекшеліктерін, сандық тәсілдердің теориялық негіздерін білу. Ғылыми есептердің математикалық шешу алгоритмін жасай білу; сандық тәсілдерді жүзеге асыратын бағдарламалар жасау. Физикалық есептерді шешу үшін сандық тәсілдердің базалық құралдарын қолдану машықтарын игеру; кәсіби қызметінде сандық моделдерді жасау, талдау және қолдану.

Постреквизиттер: Ғылыми зерттеулер үшін теориялық негіздер. Докторлық диссертацияға дайындық.

КМ 7306.1 «Компьютерлік модельдеу» – 3 кредит, ECTS 5

Пререквизиттер: есептеуіш физика.

Пәнді оқыту мақсаты: докторанттарға компьютерде физика есептерін математикалық модельдеуге қажет сандық тәсілдер және есептеу алгоритмдері жөнінде жүйелік түсінік беру.

Қысқаша мазмұны: Сандық есептеулер жаңа өзін өзі танудың органикалық бөлігі болып табылады. Компьютердің есептеу қуатын қолдана

білу кәсіби физик үшін маңызды. Курс материалы бірінші курс докторанттарында есептеу машығын, компьютерде физикалық жүйелерді моделдеу үшін тікелей қолдану мысалында жетілдіруге бағытталған. Оған қазіргі есептеу физикасы арсеналынан ең аз деген сандық әдістер жиынтығы енген. Олардың әрқайсысы бастапқыда көрсетіледі (көбіне эвристикалық манерада), ал содан кейін классикалық, кванттық немесе статистикалық физика саласынан тривиалды емес міндеттерді шешуге қолданылады. Бұл мысалдар университеттік жалпы және теориялық физика курс материалдарын кеңейту және тереңдету есебінен таңдалған: олар суреттеп отырған есептеу әдістеріне қарамастан біршама жеке қызығушылық көрсетеді.

Күтілетін нәтижелер: есептеу экспериментін жоспарлау және орындау технологиясын, математикалық физика есептерін шешудің сандық тәсілдерін білу. Тұтас орта динамикасы және көп бөлшекті жүйе есептерін шешудің адекватты сандық тәсілдерін қолдана алу, есептеу экспериментін жүргізу және нәтижелерін түсіндіру.

Постреквизиттер: Ғылыми зерттеулер үшін теориялық негіздер. Докторлық диссертацияға дайындық.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ К.И. САТПАЕВА**

КАТАЛОГ ЭЛЕКТИВНЫХ ДИСЦИПЛИН

6D060400 – ФИЗИКА

Алматы 2014

**КАТАЛОГ ЭЛЕКТИВНЫХ ДИСЦИПЛИН
6D060400 – Физика**

1 курс обучения

№	Наименование модуля	Цикл дисциплины	Код дисциплины	Наименование дисциплины	Кол-во кредитов	Семестр
22	Модуль физики полупроводников	БД	FPP 7202	Физика поверхности полупроводников	3	1
23		БД	KF 7202.1	Кристаллофизика	3	1
24		БД	OMF 7203	Основы мезо-скопической физики	3	1
25		БД	PGPO 7203.1	Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе	3	1
26		БД	KE 7204	Квантовая электроника	3	1
27		БД	FG 7204.1	Фотовольтаические генераторы	3	1
28		Модуль научно-инновационный	БД	MOFI 7205	Метрологическое обеспечение физических исследований	3
29	БД		KUR 7206	Концепция устойчивого развития и физические аспекты экологических проблем	3	1
30	БД		GIS 7206.1	ГИС и методы дистанционного зондирования	3	1
31	Модуль теоретической физики	ПД	ORK 7301	Основы релятивистской космологии и принципы ОТО	3	2
32		ПД	TS 7301.1	Теория суперструн	3	2
33		ПД	KTP 7302	Квантовая теория поля	3	2
34		ПД	TEP 7302.1	Теория электро-магнитного поля	3	2
35	Модуль профильной подготовки	ПД	FP 7303	Физика плазмы	3	2
36		ПД	YaFRI 7303.1	Ядерная физика и радиоактивные излучения	3	2
37		ПД	MNSS 7304	Механика неоднородных сплошных сред	3	2
38		ПД	KTPP 7304.1	Кинетическая теория процессов переноса	3	2
39		ПД	FOS	Физика открытых систем	3	2

		7305			
40	ПД	ND 7305.1	Нелинейная динамика	3	2
41	ПД	VF 7306	Вычислительная физика	3	2
42		KM 7306.1	Компьютерное моделирование	3	2

FPP 7202 «Физика поверхности полупроводников» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: PhLd 3.1.2 Физика и технология низкоразмерных систем.

Цель изучения: обучение докторантов основам физики поверхностных электрических явлений в полупроводниках для понимания той роли, которую играют эти явления в работе полупроводниковых приборов, а так же ознакомление с особенностями тонких полупроводниковых плёнок: их ростом и структурой, а также зависимостью структуры плёнок от технологии получения; физическими свойствами полупроводниковых, диэлектрических плёнок; квантовыми нитями; квантовыми цепочками; квантовыми точками.

Краткое содержание: дисциплина «Физика поверхности полупроводников» даёт краткое описание классической феноменологической теории электронных явлений на поверхности полупроводников, основных электрофизических методов исследования и определения электрофизических параметров поверхности, описание свойств атомно-чистой, реальной и пассивированной поверхности полупроводников (Si, GaAs) а также методов эпитаксии, роли примесей, влияния условий эксперимента, ориентации подложки, температуры напыления, температуры отжига при твёрдофазной эпитаксии.

Ожидаемые результаты: В результате теоретического изучения дисциплины докторант должен:

- овладеть системой знаний о методах получения полупроводниковых сверхтонких плёнок;
- о методах исследования структуры, состава и физических свойств плёнок;
- о механизмах формирования наноразмерных структур;
- о процессах на поверхности полупроводников;
- овладеть основными теоретическими основами зарождения и роста плёнок;
- знать особенности формирования эпитаксиальных наноразмерных структур;
- иметь представление о квантовых цепочках, нитях, точках.

Постреквизиты: профессиональные и специальные дисциплины.

KF 7202.1 «Кристаллофизика» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: Введение в материаловедение.

Цель изучения: научить определять физико-химические свойства материалов, структуру, состав, используя современные научные методы.

Краткое содержание: кристаллофизика – область знаний, охватывающая совокупность средств, способов и методов научной и инженерной деятельности по разработке новых и улучшению существующих материалов, их получения и обработки; разработку, применение и развитие методов исследования, контроля и управления качеством материалов по их составу, структуре и свойствам. В элективном курсе «Кристаллофизика» рассматриваются физико-химические свойства материалов, структура, состав, а также современные методы контроля качества и состава материалов.

Ожидаемые результаты: докторанты должны уметь исследовать и анализировать структуру и свойства твёрдых тел и делать выводы.

Постреквизиты: профессиональные и специальные дисциплины.

ОМФ 7203 «Основы мезоскопической физики» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: Общий курс физики в полном объёме, курсы истории физики, философии и высшей математики. Специальные дисциплины по специальности «Физика».

Цель изучения: формирование у докторантов знаний о мезоскопических системах и о способах их исследований.

Краткое содержание: В данном курсе исследуются свойства систем, в которых проявляются мезоскопические свойства, В узком смысле термин «мезоскопический» как перевод слова *mesos* означает «промежуточный». Но в настоящее время он применяется для характеристики достаточно широкого круга систем. В квантовой мезоскопике рассматриваются особенности поведения электронных систем, связанные с квантовой когерентностью, и наблюдаемые явления, которые с этим связаны. В классической мезоскопике изучаются системы, которые по размерам и по физическим свойствам занимают промежуточное положение между микрочастицами и макротелами. Такие системы состоят из мезоскопических частиц или содержат такие частицы в качестве включений. Исследования таких систем благодаря наглядности даёт возможность выявлять физический механизм, приводящий к появлению мезоскопических свойств. Актуальность и практическая необходимость изучения мезоскопической физики связана с тем, что она является теоретической основой нанотехнологии и нанологии как науки о наночастицах, используемых в высоких технологиях.

Ожидаемые результаты. На основе знаний мезоскопической физики доктор PhD должен уметь:

- не только объяснять с позиций мезофизики известные явления, но и выявлять новые явления, на основе которых можно разрабатывать новые технологии,
- разрабатывать новые способы исследований мезоскопических систем,
- определять области применений основных законов физики,
- обобщать экспериментальный и расчётно-теоретический материал своей научно-исследовательской работы.

Постреквизиты: Основы научных исследований, научные стажировки.

Подготовка докторской PhD диссертации.

PGPO 7203.1 «Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: PhLd 3.1.2 Физика и технология низкоразмерных систем.

Цель изучения: сформировать у докторантов современное научное представление о типах и свойствах двойных гетероструктур, способах их получения и методах применения в электронике. Сформировать умение и навыки проведения экспериментальных исследований на современной измерительной аппаратуре и обработки их результатов.

Краткое содержание: дисциплина «Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе» является профилирующей дисциплиной при подготовке к научно – исследовательской деятельности докторантов Ph.D специальности «Наноматериалы и нанотехнологии», специализация «нанoeлектроника и микроэлектроника». Дисциплина «Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе» даёт представление о типах твёрдотельных гетероструктур, технологии их изготовления и применении гетероструктур в приборах нанoeлектроники и оптоэлектроники.

Ожидаемые результаты: для докторантов будет раскрыта сущность процессов формирования твёрдотельных гетероструктур и их физические свойства. Сформировать умения и навыки решения теоретических и экспериментально – практических задач, касающихся рассмотрения гетероструктур с квантовыми проволоками и точками.

Постреквизиты: профессиональные и специальные дисциплины.

KE 7204 «Квантовая электроника» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: оптика и лазерная спектроскопия, физические основы квантовой электроники, высшая математика, физика конденсированного состояния, основы квантовой теории,

Цель изучения: Дать представление о задачах электродинамики и квантовой механики, которые являются базовыми в квантовой электронике: распространение электромагнитных волны, импульс электромагнитного поля, дисперсия света, анизотропные среды, электрооптические эффекты, нелинейная оптика (генерация второй гармоники), кинетические уравнения для матрицы плотности атома (релаксация и возбуждение уровней, взаимодействие атома с внешним электромагнитным полем), эффект насыщения уровней, генерация лазерного излучения (условие генерации, мощность генерации), многомодовый режим генерации, режим синхронизации мод, взаимодействие оптических полей с газом, однородное и неоднородное уширение линии .

- Научить основным методам, применяемым в задачах квантовой электроники.

- Подготовить к исследовательской работе в этих областях.

Краткое содержание: В этой дисциплине последовательно и всесторонне изложены основные физические идеи квантовой электроники и дано описание принципа действия наиболее важных лазеров. Современная оптика и квантовая электроника определяют новые возможности, как электроники, так и оптики, и их фундаментальные положения.

Ожидаемые результаты:

- Знать основные представления о распространении волн в анизотропных и диссипативных средах, понимать принципы генерации второй гармоники и самофокусировки, кинетические уравнения для матрицы плотности атома в электромагнитном поле, теорию генерации лазерного излучения, уширение линии.

- Уметь решать задачи по распространению волн в анизотропных, нелинейных и диссипативных средах; находить условие генерации излучения лазерных систем.

- Владеть базовым аппаратом теории квантовой электроники.

Постреквизиты: Общепрофессиональные и специальные дисциплины. Подготовка научных работ.

FG 7204.1 «Фотовольтаические генераторы» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: PCS 2.1.1 Физика конденсированного состояния.

Цель изучения: сформировать представление о фотовольтаических генераторах, их конструкции и способе аккумулирования энергии на их основе.

Краткое содержание: фотовольтаический генератор - это солнечные панели, использующиеся для генераций солнечной энергии. Они формируются несколькими фотовольтаическими модулями, объединёнными для утилизации солнечной радиации.

Ожидаемые результаты: докторанты получают знания о различных фотовольтаических генераторах, принципах их работы и особенностях эксплуатации.

Постреквизиты: подготовка диссертации PhD. Научные исследования и практика использования знаний в новых технологиях и в педагогической деятельности.

MOFI 7205 «Метрологическое обеспечение физических исследований»– 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: Общий курс физики в полном объёме, курсы истории физики, философии и высшей математики.

Цель изучения: Дисциплина «Метрологическое обеспечение физических исследований» предусматривает изучение основ организации методики эксперимента и метрологического обеспечения исследований.

Краткое содержание: Основные направления по изучению дисциплины: 1. Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований. 2. Физические величины и единицы измерений. 3. Система физических величин. 4. Применение международной системы физических

величин (СИ). 5. Средства и методы измерений. 6. Обеспечение единства измерений. 7. Погрешности измерений, их классификация и источники. 8. Методика эксперимента. 9. Последовательность измерений.

Ожидаемые результаты: освоить методы и средства измерения физических исследований, применение их на практике.

Постреквизиты: профессиональные и специальные дисциплины.

KUR 7206 «Концепция устойчивого развития и физические аспекты экологических проблем» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: Методика физики. Макроэкономика. Экология и устойчивое развитие.

Цель изучения: Цель преподавания дисциплины: изучение физических аспектов экологических проблем во взаимосвязи с Концепцией устойчивого развития.

Краткое содержание: Основные направления по изучению дисциплины: 1. Современные проблемы экологии в мире и Казахстане. 2. Энергетический аспект проблемы взаимодействия человека и природы. Основы физики Земли, геофизические поля. 3. Физические параметры природной среды. 4. Экологические вопросы молекулярной физики и термодинамики. 5. Экологические вопросы электричества и магнетизма. 6. Экологические вопросы в курсе оптики, атомной и ядерной физики. 7. Устойчивая энергетика и энергоэффективность. 8. Концепция перехода Казахстана к устойчивому развитию.

Ожидаемые результаты: Дисциплина «Концепция устойчивого развития и физические аспекты экологических проблем» предусматривает изучение физических аспектов взаимодействия природы и человека в современных условиях во взаимосвязи с Концепцией устойчивого развития.

Постреквизиты: профессиональные и специальные дисциплины.

GIS 7206.1 «ГИС и методы дистанционного зондирования» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: Для изучения данной дисциплины необходимо знание курсов: "Информатика", "Физика", общегеографических дисциплин.

Цель изучения: В курсе даются теоретические знания студентам о методах получения, преобразования, обработки, классификации, применении данных дистанционного зондирования Земли.

Краткое содержание: Даются основные понятия предмета, изучаются основные типы систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и характеристики данных, предоставляемых ими; изучаются виды прикладных задач, решаемых с применением данных ДЗЗ; осваиваются методы и алгоритмы обработки данных ДЗЗ и базовые понятия по технологии обработки данных ДЗЗ. Дисциплина состоит из разделов: дистанционное зондирование Земли, современные системы обработки и анализа данных дистанционного зондирования, методы предварительной обработки данных дистанционного зондирования, методы тематической обработки данных

дистанционного зондирования, прикладные задачи, решаемые с помощью дистанционных методов, аэрокосмический мониторинг природной среды

Ожидаемые результаты: В результате изучения дисциплины студент должен: знать основы получения, обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли. основные характеристики данных ДЗЗ; владеть современными теоретическими основами и методическими принципами получения информации о подстилающей поверхности дистанционными методами измерений с искусственных спутников Земли, с самолетов-лабораторий, наземных радиолокационных станций, лазерных и других оптических установок; уметь решать задачи предварительной и тематической обработки цифровых космических снимков, решать задачи автоматизированного картографирования с использованием ГИС-технологий и данных ДЗЗ.

Постреквизиты: теоретические основы для научных исследований. Подготовка докторской диссертации.

ORK 7301 «Основы релятивистской космологии и принципы ОТО» – 3 кредита, ECTS 5.

Прerequisites: Для изучения данной дисциплины необходимо знание курсов: «Теоретическая механика», «Электродинамика», «Векторный и тензорный анализ», «Общая и специальная теория относительности».

Цель изучения: В курсе излагаются основные задачи и методы небесной механики, механики общей теории относительности (ОТО). Цель курса достигается путем чтения лекций, проведения семинарских занятий и лабораторных работ. Данный спецкурс призван дать студентам представление об основных задачах и методах небесной механики, механики теории гравитации Эйнштейна (ТГЭ).

Краткое содержание: В результате изучения курса студенты должны:
- знать основные положения по невозмущенному и возмущенному движению, по задаче трех тел, основные определения канонического и метрического тензора, псевдотензора энергии-импульса гравитационного поля, черных дыр, синхронной системы отсчета, тензора Вейля и их применения в задачах ОТО;- уметь формулировать проблему, определять ее решение и интерпретировать полученные результаты на конкретных примерах.

На лекциях излагаются основные понятия, фундаментальные закономерности изучаемой дисциплины, ее генезис и главные теоретические аспекты, включая общие и специальные математические методы, составляющие основы математического аппарата, применяемого для исследования физических проблем (как теоретических, так и прикладных) дисциплины.

На семинарских занятиях разбираются ключевые задачи по дисциплине для более подробного изучения вопросов, формулирования и постановки физических проблем, и применения основных математических методов при их решении, и стандартные задачи – с целью приобретения и закрепления

навыков применения математических методов для решения конкретных задач.

Целью лабораторных работ являются выработка навыков самостоятельного исследования конкретных вопросов теории, умения ставить задачу и выбирать методы решения, как в аналитической форме, так и с применением вычислительных методов и методов компьютерного моделирования.

Ожидаемые результаты: В результате изучения курса студенты должны:

- овладеть данным математическим аппаратом;
- овладеть методами решения задач.
- Уметь ставить проблему, выбрать методы решения, как в аналитической форме, так и с использованием компьютерных технологий (современных ЭВМ и соответствующих программных продуктов)

Постреквизиты: «Небесная механика», «Релятивистская астрофизика» «Проблема движения тел в ОТО», «Философские проблемы физики» и др

TS 7301.1 «Теория суперструн» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: квантовая механика, физика конденсированного состояния.

Цель изучения: ознакомление с последними достижениями теории суперструн, т. е. с быстро развивающимися областями наиболее активных теоретических исследований, таких как: полевая теория струн; конформная теория поля; алгебры Каца-Мууди; многопетлевые амплитуды и пространства Тейхмюллера; феноменология Калаби-Яу; орбиобразия и четырехмерные суперструны.

Краткое содержание: Теория струн сочетает в себе идеи [квантовой механики](#) и [теории относительности](#) и объединяет все фундаментальные взаимодействия в единую теорию. Также на сегодняшний день теории струн удалось объединить с концепцией *суперсимметрии*, в результате чего родилась *теория суперструн*. Сама по себе теория суперсимметрии уже построена на основе априорной современной концепции, согласно которой любое дистанционное (полевое) взаимодействие обусловлено обменом частицами-носителями взаимодействия соответствующего рода между взаимодействующими частицами.

Ожидаемые результаты: Назначение данного курса - предоставить обзор, с помощью которого они смогут оценить различные области исследований или даже начать самостоятельно работать в этих областях.

Постреквизиты: профессиональные и специальные дисциплины.

КТР 7302 «Квантовая теория поля», 3 кредита, 5 ECTS.

Пререквизиты: Физика элементарных частиц, квантовая хромодинамика.

Цель изучения: Формирование специальных компетенций у докторантов через понимание и критическое осмысление основ квантовой теории поля.

Краткое содержание: Квантовая теория свободных полей Основные принципы квантовой теории, задание квантовополевой системы унитарным представлением группы Пуанкаре в гильбертовом пространстве состояний. Основной постулат квантования физических полей. Физический смысл положительно- и отрицательно-частотных составляющих. Установление перестановочных соотношений. Перестановочные соотношения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Зарядовое сопряжение. Теорема Паули. Квантование свободного скалярного поля. Квантование свободного электромагнитного поля. Метод Гупты-Блейлера. Индефинитная метрика. Псевдофотонный вакуум. Квантование спинорного поля. Принцип Паули. Функции Грина. Причинные функции Грина скалярного, электромагнитного и спинорного полей. Нормальное произведение операторов. Теорема Вика для нормальных произведений.

Ожидаемые результаты: Формирование современного мировоззрения через понимание взаимосвязи между макро и микромиром.

Постреквизиты: Стандартная модель.

ТЕР 7302.1 «Теория электромагнитного поля» - 3 кредита, 5 ECTS.

Пререквизиты: Высшая математика, Векторный анализ, Электричество и магнетизм.

Цели изучения: Основной целью курса является ознакомление студентов с классической теорией электромагнитных волн и обучение применения ее на практике.

Краткое содержание: В курсе дисциплины «Теория электромагнитного поля» последовательно и всесторонне изложены основные положения классической электродинамики. В начале курса приведены элементы векторного анализа: операторы градиент (набла), дивергенция, ротор, лапласиан. При изложении материала курса использован подход вывода уравнения Максвелла из экспериментальных законов Кулона, Ампера и Фарадея. Рассмотрена теория намагничивания магнетиков и типы магнетиков.

Ожидаемые результаты: По окончании курса сформировать у студентов знания фундаментальных законы современной физики и умения использовать в прикладных вопросах, в электродинамики.

Постреквизиты: Общепрофессиональные и специальные дисциплины.

ФР 7303 «Физика плазмы» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: Физическая кинетика, ядерная физика и технологии

Цель изучения: изучить основные понятия и общие свойства плазмы, закономерности поведения плазмы в электрических и магнитных полях, ознакомиться с современной теорией плазмы, изучить важнейшие (с точки зрения практических приложений) виды плазмы: плазму дугового разряда,

газоразрядную плазму, высокотемпературную полностью ионизованную плазму и методы ее удержания, космическую плазму, для применения этих знаний при работе в различных областях науки и техники.

Краткое содержание: Параметры, характеризующие плазму (степень ионизации, дебаевский радиус, плазменная частота, жидкостный параметр), классификация плазмы по степени ионизации и температуре, основные положения классической теории плазмы (распределение Больцмана, уравнение Саха, уравнения гидродинамики для плазмы), колебания, волны и неустойчивости в плазме; закономерности поведения плазмы в постоянном и переменном электрическом поле, свойства и применения низкотемпературной плазмы электрического разряда, принцип действия и важнейшие параметры термоэмиссионных преобразователей, МГД-генераторов, плазмотронов, плазмохимических реакторов; основные закономерности поведения плазмы в магнитных полях, устройство и принцип действия магнитных ловушек и установок типа "токамак", проблемы управляемого термоядерного синтеза, способы удержания высокотемпературной термоядерной плазмы; элементы физической кинетики плазмы (уравнение Больцмана для плазмы, уравнение Власова, расчет коэффициентов переноса), современные методы математического моделирования плазмы, общие сведения о космической плазме (плазма Солнца, солнечный ветер, магнитосфера Земли, радиационные пояса Земли, полярные сияния).

Ожидаемые результаты: У докторантов будут сформированы умения и навыки решения задачи на определение основных параметров плазмы, выполнять расчет энергетических параметров плазмохимических реакторов, расчет характеристик плазмы электрической дуги и других видов электрического разряда, владения элементарными навыками практических исследований плазменных объектов.

Постреквизиты: теоретические основы для научных исследований. Подготовка докторской диссертации.

УаFRI 7303.1 «Ядерная физика и радиоактивные излучения» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: математический анализ, атомная физика, квантовая механика.

Цель изучения: изучение фундаментального раздела физики, лежащего в основе современного научного миропонимания и формировании у студентов навыков физического мышления. Приобретенные теоретические знания и практические навыки позволят студентам самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи по ядерной физике и радиоактивной излучений.

Краткое содержание: в данной дисциплине излагаются важные понятия, положения и вопросы, относящиеся к ядерной физике и радиоактивной излучений. Обсуждаются многие решающие эксперименты и гипотезы, приведшие к становлению современной физики. Рассматриваются

свойства атомных ядер и нуклонов, явление радиоактивности и ядерные реакции, деление и синтез ядра, физика нуклонов и антинуклонов, элементарные частицы и квантовая хромодинамика.

Ожидаемые результаты: в результате изучения дисциплины докторанты должны овладеть системой понятий и основных положений ядерной физики и радиоактивных излучений, получить знания, необходимые для решения различных задач ядерной физики, научиться практически применять соответствующий математический аппарат к решению задач.

Постреквизиты: профессиональные и специальные дисциплины.

MNSS 7304 «Механика неоднородных сплошных сред» - 3 кредита (5 ECTS)

Пререквизиты: Для изучения курса «Механика неоднородных сплошных сред» докторант должен знать механику и термодинамику необратимых процессов, протекающих в неоднородных средах, в полном объёме бакалавриата и магистратуры; владеть математическим аппаратом дифференциального и интегрального исчисления.

Цель изучения дисциплины «Механика неоднородных сплошных сред» – овладение современными методами описания реальных систем и использование полученных знаний для генерации новых знаний о реальном Мире.

Краткое содержание: В данном курсе рассматриваются процессы, происходящие в сплошных средах (в газах, в жидкостях, в плазме, в твёрдых телах на больших масштабах времени), в которых происходят не только известные из обратимой механики явления, но и явления, связанные с существованием неоднородных распределений макропараметров (температуры, концентрации смеси, плотности смеси) – необратимые процессы. При этом учитывается особенность докторской подготовки, связанной с тем, что магистры как докторанты уже изучили практически все разделы физики. Это позволяет рассматривать физические модели, которые максимально приближены к реальным системам. Основой для такого рассмотрения служат уравнения механики сплошных сред (уравнение непрерывности, уравнение движения, уравнение сохранения энергии, балансовое соотношение для энтропии и т. п.), в которых учитываются необратимые процессы. Для практических применений эти уравнения дополняются коэффициентами переноса и формулами для производства энтропии, которые заимствуются из современной физической кинетики. Сложность такого описания оправдана необходимостью приблизить теорию к рассмотрению реальных явлений.

Ожидаемые результаты: В результате изучения дисциплины докторант должен:

- знать теорию механики сплошных сред, в которых происходят необратимые процессы;
- уметь применять уравнения и современные методы расчетов процессов на их основе;

- предсказывать существование новых интересных для практики явлений и определять способы их исследования.

Постреквизиты: Знания и умения, полученные докторантами при усвоении дисциплины: «Механика неоднородных сплошных сред», являются базой для изучения дисциплин, в которых рассматриваются реальные физические процессы, служат базой при конструировании новых устройств и при разработке новых высоких технологий. Полученные знания будут использованы при подготовке PhD диссертации для защиты и в профессиональной деятельности.

КТРР 7304.1 «Кинетическая теория процессов переноса» - 3 кредита, 5 ECTS.

Пререквизиты: высшая математика (тензорный анализ), термодинамика и статистическая физика, квантовая механика.

Цель изучения: Ознакомить обучающихся с содержанием одного из важных разделов современной теоретической физики, физической кинетикой, как микроскопической теорией процессов переноса в статистически неравновесных системах. Сформировать у слушателей правильное определение границ применимости различных физических понятий, законов и теорий, доказать принцип преемственности в процессе развития физической науки, научить давать оценку степени достоверности полученных результатов путем сравнения с результатами других теоретических и экспериментальных исследований, основанных на иных предположениях и положениях.

Краткое содержание: Специальный курс посвящен изложению основ кинетической теории процессов переноса: массы (диффузия), количества движения (вязкость), энергии (теплопроводность). Особое внимание уделено изучению газовой среды. Излагается классический вывод уравнения Больцмана, его основные свойства. Рассматриваются методы решения уравнения Больцмана для равновесного состояния, в том числе, разложение Гильберта, метод Чепмена – Энскога. Обсуждаются результаты решения кинетического уравнения, физический смысл приближений нулевого, первого и второго порядка для функции распределения. Показана связь между уравнением Больцмана и уравнениями гидродинамики. Приведены кинетические уравнения для описания процессов переноса в диэлектриках, квантовых жидкостях, подчиняющихся статистикам Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака, металлах и полупроводниках. Рассматриваются примеры вычисления кинетических коэффициентов переноса: теплопроводности, вязкости и диффузии.

Ожидаемые результаты: Освоить основные положения, методы исследования, полученные результаты и нерешенные проблемы кинетической теории процессов переноса. Для этого в результате изучения предлагаемого курса обучающийся обязан:

- знать и понимать научные и математические принципы, лежащие в основе кинетической теории;

- демонстрировать способность находить необходимую литературу, использовать базы данных и другие источники информации;
- уметь осуществлять поиск, отбор, систематизацию, анализ, обработку информации, оценку ее полезности и целенаправленное применение для решения поставленных учебных, научных задач;
- демонстрировать умение использовать на практике знание и понимание основных концепций, принципов, теорий и фактов, связанных с естественнонаучными дисциплинами;
- анализировать и представлять в необходимой форме полученные результаты и делать выводы.

Пререквизиты: общие и специальные дисциплины.

FOS 7305 «Физика открытых систем» - 3 кредита, 5 ECTS.

Пререквизиты: Термодинамика и статистическая физика.

Цель изучения: Формирование специальных компетенций у докторантов через понимание и критическое осмысление основ физики открытых систем.

Краткое содержание: Открытые системы. Модели сплошной среды. Хаос и порядок. К-энтропия и показатели Ляпунова. Динамический хаос. Эволюция. Управляющие параметры. Принцип подчинения. Деградация и самоорганизация. Критерий относительной степени упорядоченности состояний открытых систем на основе модельных уравнений и экспериментальных данных. Норма хаотичности и самовыздоровление. Два вида самоорганизации. Равновесные и неравновесные фазовые переходы. Энтропия и информация. Производство энтропии. Принцип минимума энтропии при фазовых переходах и в процессах самоорганизации. Самоорганизация в медико-биологических системах. Норма хаотичности (процесс-самовыздоровление). Диагностика открытых систем. Степенные и логарифмические закономерности. Равновесный и неравновесный фликкер-шум. Диффузная природа фликкер-шума. Роль фликкер-шума в явлениях сверхпроводимости и сверхтекучести. Фрактальные структуры. Геометрия и физика фракталов.

Ожидаемые результаты: Понимание роли динамической неустойчивости в эволюции открытых систем и использование на практике полученных знаний.

Постреквизиты: Статистическая теория открытых систем.

ND 7305.1 «Нелинейная динамика» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: основные принципы современной физики.

Цель изучения: дать представление о динамике сложных систем, механизмах самоорганизации открытых систем, описать явления возникновения автоколебаний, перехода от регулярной к стохастической динамике, установления синхронизации, появления когерентных структур.

Краткое содержание: понятие диссипативной системы (ДС), фазовое

пространство ДС, уравнение движения и отображения ДС. Траектория, неподвижная точка и цикл ДС, инвариантное множество, предельное множество и предельный цикл ДС, аттрактор, репеллер, седловое множество ДС. Устойчивость неподвижных точек ДС, гиперболические и негиперболические неподвижные точки. Устойчивость траектории по Ляпунову, асимптотическая устойчивость. Устойчивость траектории по Пуассону. Устойчивость траектории по Лагранжу. Структурная неустойчивость. Бифуркационная диаграмма. Коразмерность бифуркации. Центральное многообразие и анализ бифуркаций. Простейшие бифуркации («седло-узел», «обмен устойчивости», «вилка») и их нормальные формы. Бифуркация Андронова-Хопфа. Цепочки бифуркаций, сценарии перехода к хаосу. Регулярные и особые точки, двойные особые точки, точки возврата, сопряженные точки, особые точки высокого порядка на бифуркационной диаграмме. Устойчивость и неустойчивость бифуркационных решений, смена устойчивости. Теория несовершенств и изолированные решения, разрушающие бифуркацию. Устойчивость изолированных решений, разрушающих бифуркацию. Уравнения конвекции в приближении Буссинеска. Равновесное распределение температуры и давления. Исследование устойчивости равновесного состояния. Основные уравнения малых нестационарных возмущений состояния равновесия. Числа Релея, Прандтля и Грасхофа. Граничные условия. Нормальные моды возмущенного состояния. Задача на собственные значения. Условие потери устойчивости, критическое число Релея. Конвективные ячейки. Конвективные валы. Уравнения конвекции. Конвективные валы. Решение уравнений конвекции вязкой несжимаемой жидкости методом Бубнова-Галеркина. Система Лоренца. Примеры систем, описываемых уравнениями Лоренца (конвекция жидкости в замкнутой петле, водяное колесо, одномодовый лазер). Динамика системы Лоренца: фазовый портрет, аттрактор, неподвижные точки и их устойчивость, бифуркации и переход к хаосу.

Ожидаемые результаты: знать основные сведения о процессах самоорганизации, их моделировании, базовые уравнения динамических систем, владеть методами их анализа и решения. Уметь определить физические явления, происходящие в динамических системах. Быть способным определять пути применения полученных знаний для постановки и решения новых задач.

Постреквизиты: теоретические основы для научных исследований. Подготовка докторской диссертации.

VF 7306 «Вычислительная физика» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: Общий курс физики в полном объеме и высшей математики.

Цель изучения: освоение классических и современных методов вычислительной физики: численных методов задач анализа, алгебры и теории приближений, численных методов решения задач для обыкновенных дифференциальных уравнений и задач для уравнений в частных

производных, а также обучение навыкам в разработке алгоритмов и программных комплексов на современных компьютерах.

Краткое содержание: решение нелинейных уравнений и систем: итерационные методы; вариационный подход. Приближение функций: наилучшие приближения; интерполирование; сплайн-приближения. Численное интегрирование: интерполяционные квадратурные формулы; квадратурные формулы типа Гаусса; приближенное вычисление кратных интегралов. Численное решение интегральных уравнений: методы решения интегральных уравнений Фредгольма и Вольтерра второго рода; методы решения некорректных задач. Методы численного решения задачи Коши: нежесткие задачи; жесткие системы. Решение граничных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений: методы, основанные на сведении к задаче Коши; вариационные методы; сеточные методы. Введение в теорию разностных схем: основные понятия теории разностных схем; методы исследования устойчивости. Разностные схемы для стационарных уравнений: схемы и способы их построения; методы решения сеточных уравнений; численные методы в областях сложной формы. Разностные схемы для нестационарных уравнений: одномерные уравнения; многомерные задачи. Методы Монте-Карло.

Ожидаемые результаты: знать особенности математических вычислений, реализуемых на компьютере, теоретические основы численных методов. Уметь строить алгоритмы математического решения научных задач; разрабатывать программы, реализующие численные методы. Владеть навыками применения базового инструментария численных методов для решения физических задач; методикой построения, анализа и применения численных моделей в профессиональной деятельности.

Постреквизиты: теоретические основы для научных исследований. Подготовка докторской диссертации.

КМ 7306.1 «Компьютерное моделирование» – 3 кредита, ECTS 5.

Пререквизиты: вычислительная физика.

Цель изучения: дать обучающимся систематическое представление о численных методах и вычислительных алгоритмах, необходимое в математическом моделировании физических задач на компьютере.

Краткое содержание: численные расчёты являются органической частью современного естествознания, и умение эффективно применять вычислительную мощь компьютера особенно важно для профессионального физика. Материал курса нацелен на совершенствование вычислительных навыков докторантов первого года обучения на примерах прямого использования компьютера для моделирования физических систем. В него включён минимальный набор численных методов из арсенала современной вычислительной физики. Каждый из них вначале излагается (зачастую в эвристической манере), а затем применяется к решению нетривиальной задачи из области классической, квантовой или статистической физики. Эти примеры подобраны с расчётом расширить и углубить материал

университетских курсов общей и теоретической физики; они также представляют значительный собственный интерес независимо от вычислительных методов, которые они иллюстрируют.

Ожидаемые результаты: знать технологию планирования и постановки вычислительного эксперимента, методы численного решения задач математической физики. Уметь применять адекватные численные методы для решения задач динамики сплошной среды и систем многих частиц, проводить вычислительный эксперимент и интерпретировать его результаты.

Постреквизиты: теоретические основы для научных исследований. Подготовка докторской диссертации.

CATALOGUE OF ELECTIVE DISCIPLINES

6D060400 – Physics

Course 1

S N	Module name	Discipline cycle	Discipli ne code	Discipline name	Number of credits	Semester
43	Module of semiconductor physics	BD	FPP 7202	Semiconductor surface physics	3	1
44		BD	KF 7202.1	Crystal physics	3	1
45		BD	OMF 7203	Fundamentals of mesoscopic physics	3	1
46		BD	PGPO 7203.1	Semiconductor heterostructures and devices on their basis	3	1
47		BD	KE 7204	Quantum electronics	3	1
48		BD	FG 7204.1	Photovoltaic generators	3	1
49	Module of research and innovations	BD	MOFI 7205	Metrological assurance of physical research	3	1
50		BD	KUR 7206	Concept of sustainable development and physical aspects	3	1

				of environmental problems		
51		BD	GIS 7206.1	GIS and remote sensing techniques	3	1
52	Module of theoretical physics	PD	ORK 7301	Fundamentals of relativistic cosmology and principles of general relativity	3	2
53		PD	TS 7301.1	Superstring theory	3	2
54		PD	KTP 7302	Quantum field theory	3	2
55		PD	TEP 7302.1	Electromagnetic field theory	3	2
56		Module of profile preparation	PD	FP 7303	Plasma physics	3
57	PD		YaFRI 7303.1	Nuclear physics and radioactive radiation	3	2
58	PD		MNSS 7304	Mechanics of inhomogeneous continua	3	2
59	PD		KTPP 7304.1	Kinetic theory of transport processes	3	2
60	PD		FOS 7305	Physics of open systems	3	2
61		PD	ND	Nonlinear	3	2

			7305.1	dynamics		
62		PD	VF 7306	Computational physics	3	2
63		PD	KM 7306.1	Computer simulation	3	2

FPP 7202 Semiconductor Surface Physics – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: PhLd 3.1.2 Physics and Technology of Low-Dimensional Systems.

Learning objective: Doctoral training in the fundamentals of physics of surface electrical phenomena in semiconductors in order to understand the role these phenomena play in semiconductor devices, as well as get acquainted with the peculiarities of thin semiconductor films: their growth and structure and the dependence of film structure on the production technology; physical properties of semiconductor, dielectric films; quantum wires; quantum chains; quantum dots.

Summary: Discipline “Semiconductor Surface Physics” provides a brief description of the classical phenomenological theory of electron phenomena on semiconductor surfaces, basic electrophysical techniques for examining and determining electrophysical surface parameters, properties of atomically pure, real and passivated surface of semiconductors (Si, GaAs) as well as epitaxy techniques, role of impurities, influence of experimental conditions, substrate orientation, deposition temperature, annealing temperature for solid-phase epitaxy.

Expected outcomes: As a consequence of theoretical learning the discipline, the doctoral candidate should:

- acquire a knowledge system on:
procedures for preparing semiconductor ultra thin films;
methods of studying the film structure, composition and physical properties;
mechanisms for nanostructure formation;
processes on the semiconductor surfaces;
- learn the basic theoretical foundations of the film nucleation and growth;
- be acquainted with the characteristics of formation of epitaxial nanodimensional structures;
- have an understanding of quantum chains, wires, and dots.

Postrequisites: Professional and special disciplines

KF 7202.1 Crystal Physics – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: Introduction to Materials Science

Learning objective: Learn how to identify the physicochemical properties of materials, structure, composition, using modern scientific methods.

Summary: Crystal Physics is a field of knowledge, encompassing a set of tools, techniques and methods of scientific and engineering work on the development of new and improvement of existing materials, their production and processing; preparation, implementation and development of methods for analysis, quality control and management of materials in their composition, structure and properties. The elective course “Crystal Physics” discusses the physicochemical properties of materials, their structure and composition, as well as advanced techniques for control of quality and composition of materials.

Expected outcomes: Doctoral candidates should be able to examine and analyze the structure and properties of solids and draw the conclusions.

Postrequisites: Professional and special disciplines

OMF 7203 Fundamentals of Mesoscopic Physics – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: Complete course in General Physics, courses in Physics History, Philosophy, and Higher Mathematics. Special disciplines in the specialty “Physics”.

Learning objective: Formation of knowledge on the mesoscopic systems and methods for their studying among doctoral candidates.

Summary: This course examines the properties of systems in which the mesoscopic properties appear. In restricted sense, the term “mesoscopic”, as the translation of the word *mesos*, means “intermediate”. But currently it is used to characterize a fairly wide range of systems. Quantum mesoscopics discusses the behavioral characteristics of electronic systems related to quantum coherence and observed phenomena that are associated with it. Classic mesoscopics studies the systems which in sizes and physical properties take an intermediate position between the microparticles and macrobodies. Such systems consist of mesoscopic particles or comprise such particles as the inclusions. Studies of such systems through visualization enable to identify the physical mechanism leading to the emergence of mesoscopic properties. The relevance and practical necessity of learning mesoscopic physics is connected with the fact that it is the theoretical

basis of nanotechnology and nanology as the sciences of nanoparticles used in high technology.

Expected outcomes: Based on the knowledge of mesoscopic physics, PhD holders should be able to:

- not only explain the common phenomena from the standpoint of mesophysics, but also identify new phenomena on the basis of which it is possible to develop innovative technologies,
- develop new methods for studying mesoscopic systems,
- identify areas of application for the basic laws of physics,
- summarize the experimental and design-theoretical data in their research work.

Postrequisites: Fundamentals of scientific research, scientific training course. Preparation of the Ph.D thesis

PGPO 7203.1 Semiconductor Heterostructures and Devices on Their Basis–

3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: PhLd 3.1.2 Physics and Technology of Low-Dimensional Systems

Learning objective: Generate a present-day scientific representation of the types and properties of double heterostructures, procedures for their preparation and methods of application in electronics in the doctoral candidates. Develop the ability and skills of experimental research using the present-day measuring instruments and processing their results.

Summary: Discipline “Semiconductor heterostructures and devices on their basis” is profiling in preparing doctoral candidates for scientific-research activity in the specialty “Nanomaterials and Nanotechnologies”, specialization “Nanoelectronics and microelectronics”. Discipline “Semiconductor heterostructures and devices on their basis” gives an idea on the types of solid-state heterostructures, their production technology and application of heterostructures in nanoelectronic and optoelectronic devices.

Expected outcomes: Essence of the formation processes of solid-state heterostructures and their physical properties will be revealed for doctoral candidates. Skills should be developed to solve theoretical and experimental-practical problems relating to the examination of heterostructures with quantum wires and dots.

Postrequisites: Professional and special disciplines

KE 7204 Quantum Electronics – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: Optics and laser spectroscopy, physical foundations of quantum electronics, higher mathematics, condensed state physics, fundamentals of quantum theory

Learning objective: Give an idea of the electrodynamics and quantum mechanics problems, which are fundamental in the quantum electronics: propagation of electromagnetic waves, electromagnetic field momentum, light dispersion, anisotropic media, electrooptical effects, nonlinear optics (second harmonic generation), kinetic equations for the atomic density matrix (relaxation and level excitation, interaction of an atom with external electromagnetic field), level saturation effect, laser radiation (lasing condition, level saturation effect, lasing power), multimode lasing regime, mode locking regime, interaction between optical fields and gas, homogeneous and inhomogeneous line broadening.

- Training on the basic procedures used in the quantum electronics tasks.
- Preparation for research work in these fields.

Summary: This discipline consistently and comprehensively outlines the fundamental physical ideas of quantum electronics and provides a description of the operating principle for the most important lasers. Modern optics and quantum electronics identify new opportunities, both of electronics and optics, and their fundamental principles.

Expected outcomes:

- Know the basic concepts of wave propagation in anisotropic and dissipative media, understand the principles of the second harmonic generation and self-focusing, kinetic equations for the atomic density matrix in an electromagnetic field, theory of lasing, line broadening.

- Be able to solve the problems of wave propagation in anisotropic, nonlinear and dissipative media; determine the lasing conditions in laser systems.

- Acquire a knowledge base in the quantum electronics theory.

Postrequisites: General professional and special disciplines. Preparation of scientific papers.

FG 7204.1 Photovoltaic Generators – 3 credits, 5 ECTS.

Prerequisites: PCS 2.1.1 Condensed State Physics

Learning objective: Generate a representation of the photovoltaic generators, their construction and procedure for accumulating energy on their basis.

Summary: Photovoltaic generator represents solar panels used to generate solar energy. They are formed by several photovoltaic modules combined for the utilization of solar radiation.

Expected outcomes: Doctoral candidates will gain knowledge about the various photovoltaic generators, principles of their operation and operational characteristics.

Postrequisites: Preparation of the Ph.D. thesis. Scientific studies and knowledge application practice in innovative technologies and pedagogical activity.

MOFI 7205 Metrological Assurance of Physical Research – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: Complete course in General Physics, courses in Physics History, Philosophy, and Higher Mathematics.

Learning objective: Discipline “Metrological Assurance of Physical Research” includes studying the foundations for organization of the experiment and metrological assurance of research.

Summary: Main directions in studying the discipline: 1. Metrological assurance of experimental research. 2. Physical quantities and units of measurement. 3. System of physical quantities. 4. Use of the International System of Units (SI). 5. Measurement instruments and techniques. 6. Ensuring uniformity of measurements. 7. Measurement errors, their classification and sources. 8. Experimental procedure. 9. Sequence of measurements.

Expected outcomes: Master the techniques and measuring instruments for physical studies, their application in practice.

Postrequisites: Professional and special disciplines.

KUR 7206 Concept of sustainable development and physical aspects of environmental problems – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: Methodology of physics. Macroeconomics. Ecology and Sustainable Development.

Learning objective: Purpose of the discipline teaching: studying the physical aspects of environmental issues in relation to the Concept of sustainable

development.

Summary: Main directions in learning the discipline: 1. Present-day ecological problems in the world and in Kazakhstan. 2. Energy aspect of the problem of interaction between humans and nature. Fundamentals of Physics of the Earth, geophysical fields. 3. Physical parameters of the natural environment. 4. Environmental issues of molecular physics and thermodynamics. 5. Environmental issues of electricity and magnetism. 6. Environmental issues in the course of optics, atomic and nuclear physics. 7. Sustainable energetics and energy efficiency. 8. Concept of transition of the Republic of Kazakhstan to sustainable development.

Expected outcomes: Discipline “Concept of sustainable development and physical aspects of environmental problems” includes studying the physical aspects of the interaction between humans and nature in present-day conditions in connection with the Concept of sustainable development.

Postrequisites: Professional and special disciplines.

GIS 7206.1 GIS and Remote Sensing Techniques – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: To learn this discipline, it is necessary to know the courses: Informatics, Physics, general geographic disciplines.

Learning objective: The course provides students with theoretical knowledge about the procedures for preparation, transformation, processing, classification, application of data on the Earth remote sensing.

Summary: Basic concepts of the subject are given, main types of the Earth remote sensing systems (ERS) and characteristics of the data provided by them are studied; types of applied problems that can be solved with the use of ERS data are examined; techniques and algorithms for ERS data processing and basic concepts of process technology for ERS data are mastered. The discipline is divided into sections: Earth remote sensing, advanced systems of processing and analysis of remote sensing data; techniques for preprocessing of remote sensing data, techniques for thematic processing of remote sensing data, applied problems that can be solved with the use of remote sensing techniques, aerospace monitoring of the natural environment.

Expected outcomes: As a result of learning the discipline, the students should: know the fundamentals of obtaining, processing and interpretation of remote sensing data and main characteristics of ERS data; become proficient in present-day theoretical foundations and methodical principles of obtaining information on the underlying surface using remote sensing measuring techniques from artificial earth satellites, flight benches, ground radars, laser and other optical

devices; be able to solve the problems of preliminary and thematic processing of digital satellite images, solve the problems of computer-aided mapping using GIS technology and ERS data.

Postrequisites: Theoretical grounds for scientific research. Preparation of the Ph.D. thesis.

ORK 7301 Fundamentals of Relativistic Cosmology and Principles of General Relativity – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: To learn this discipline, it is necessary to know the courses: Theoretical Mechanics, Electrodynamics, Vector and Tensor Analysis, General and Special theory of relativity.

Learning objective: Course outlines the major tasks and methods of celestial mechanics, mechanics of general relativity theory (GRT). The aim of the course is achieved through lectures, workshops and laboratory works. This special course is designed to give the students an understanding of the major tasks and methods of celestial mechanics, mechanics of Einstein's theory of gravity (ETG).

Summary: As a result of studying the course, the students should: know the basic provisions for the unperturbed and perturbed motion, three-body problem, fundamental definitions of canonical and metric tensor, energy-momentum pseudotensor for the gravitational field, black holes, synchronous reference frame, Weyl tensor and their applications in GRT problems; be able to formulate the problem, determine its decision and interpret the results using the specific examples.

The lectures report the basic concepts and fundamental regularities of the studied discipline, its genesis and major theoretical aspects, including the general and special mathematical techniques which form the basis of the mathematical apparatus used in studying physical problems (both theoretical and applied) of the discipline. The workshops carry out the analysis of the discipline key tasks to learn more about the problems, formulate and state the physical problems, and use the basic mathematical techniques for solving them, as well as common tasks to acquire and consolidate skills of applying mathematical techniques to solve specific problems.

Purpose of the laboratory works is to develop the skills of independent studying the specific aspects of the theory, ability to set the task and choose the solution methods, both in an analytical form and with the use of computational approach and computer simulation methods.

Expected outcomes: As a result of learning the discipline, the students should:

- possess this mathematical apparatus;
- master the problem-solving techniques;

- be able to state a problem skillfully, choose the solution methods, both in an analytical form and with the use of computer technology (modern computers and appropriate software products).

Postrequisites: Celestial Mechanics, Relativistic Astrophysics, Problem of the motion of bodies in GRT, Philosophical Problems in Physics, etc.

TS 7301.1 Superstring Theory – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: Quantum mechanics, Condensed state physics

Learning objective: Acquaintance with the latest achievements of the superstring theory, i.e., rapidly developing areas of the most active theoretical research, such as: string field theory; conformal field theory; Kac-Moody algebras; multiloop amplitudes and Teichmüller spaces; Calabi-Yau phenomenology; orbifolds and four-dimensional superstrings.

Summary: String theory combines the ideas of quantum mechanics and relativity theory, and joins together all the fundamental interactions into the unified theory. In addition, to date the string theory was successfully combined with the concept of *supersymmetry*, with the result that the *Superstring theory* was born. By itself, the Supersymmetry theory has been built on the basis of a priori modern concept, according to which any remote (field) interaction is caused by the exchange of force carrier particles of the appropriate kind between the interacting particles.

Expected outcomes: Purpose of this course is to provide the review by means of which the students will be able to evaluate the various areas of research or even start their own work in these areas.

Postrequisites: Professional and special disciplines

KTP 7302 Quantum Field Theory - 3 credits, 5 ECTS.

Prerequisites: Elementary particle physics, Quantum chromodynamics

Learning objective: Formation of special competencies in doctoral candidates through understanding and critical analysis of foundations for quantum field theory.

Summary: Quantum theory of free fields. Basic principles of quantum theory, quantum field system assignment in terms of unitary representation of the Poincare group in the Hilbert spaces. Fundamental postulate of the physical field quantization. Physical meaning of the positive and negative frequency components. Establishment of commutation relations. Fermi-Dirac and Bose-Einstein commutation relations. Charge conjugation. Pauli theorem. Quantization of the free scalar field. Quantization of the free electromagnetic field. Gupta-Bleuler

method. Indefinite metric. Pseudophoton vacuum. Quantization of the spinor field. Pauli principle. Green's functions. Causal Green's function for the scalar, electromagnetic and spinor fields. Normal product. Wick's theorem for normal products.

Expected outcomes: Formation of the present-day worldview through understanding of the relationship between the macrocosm and the microcosm.

Postrequisites: Standard model

TEP 7302.1 Electromagnetic Field Theory - 3 credits, 5 ECTS.

Prerequisites: Higher mathematics, Vector analysis, Electricity and Magnetism.

Learning objective: Main objective of the course is to acquaint the students with the classical theory of electromagnetic waves and train them in its application in practice.

Summary: Course of the discipline “Electromagnetic Field Theory” consistently and comprehensively sets out the main provisions of classical electrodynamics. At the beginning of the course, the elements of vector analysis are given: gradient operator (nabla), divergence, curl, Laplacian. In describing the course material, an approach to deriving Maxwell's equations from the experimental laws of Coulomb, Ampere, and Faraday was used. The theory of magnetization in magnetic materials and types of magnets are discussed.

Expected outcomes: On completion of this course to form the students' knowledge of the fundamental laws of modern physics and the ability to use it in applied problems, electrodynamics.

Postrequisites: General professional and special disciplines

FP 7303 Plasma Physics – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: Physical kinetics, Nuclear physics and technology

Learning objective: Get acquainted with the basic concepts and general plasma properties, plasma behavior patterns in the electric and magnetic fields, modern plasma theory, study the most important (in terms of practical applications) types of plasma: arc plasma, gas-discharge plasma, high-temperature fully ionized plasma and methods for its confinement, cosmic plasma, for the application of this knowledge when working in various fields of science and technology.

Summary: Parameters characterizing the plasma (degree of ionization, Debye radius, plasma frequency, liquid parameter); plasma classification according to the degree of ionization and temperature; main provisions of the classical plasma theory (Boltzmann distribution, Saha equation, hydrodynamic equations for plasma), oscillations, waves and instabilities in plasma; plasma behavior patterns in constant and alternating electric field; properties and applications of low-temperature electrical discharge plasma; action principle and the most important parameters of thermionic converters; MHD generators, plasmatrons, plasmachemical reactors; basic regularities of plasma behavior in magnetic fields; device and operating principle of magnetic traps and units similar to “tokamak”; problems of controlled thermonuclear fusion; methods to confine the high-temperature fusion plasma; elements of plasma physical kinetics (Boltzmann equation for plasma, Vlasov equation, calculation of transport coefficients); present-day methods of mathematical plasma simulation; common knowledge about cosmic plasma (Sun’s plasma, solar wind, Earth's magnetosphere, Earth's radiation belts, polar auroras).

Expected outcomes: Skills and experience will be formed in the doctoral candidates in solving the problem to determine the major plasma parameters, calculate the energy parameters of plasmachemical reactors, calculate characteristics of the arc plasma and other kinds of electric discharge, acquisition of basic skills in practical research of plasma objects.

Postrequisites: Theoretical foundations for scientific research. Preparation of the Ph.D. thesis.

YaFRI 7303.1 Nuclear Physics and Radioactive Radiation– 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: Mathematical analysis, Atomic physics, Quantum mechanics.

Learning objective: Studying the fundamental section of physics that underlies the present-day scientific understanding of the world and formation of the students' skills in physical thinking. The acquired theoretical knowledge and practical skills will enable students to independently formulate and solve concrete physical problems in nuclear physics and radioactive radiation.

Summary: This discipline sets forth important concepts, provisions and issues related to nuclear physics and radioactive radiation. A number of crucial experiments and hypotheses are discussed that led to the development of modern physics. The properties of atomic nuclei and nucleons, phenomenon of radioactivity and nuclear reactions, nuclear fission and fusion, physics of nucleons and anti-nucleons, elementary particles and quantum chromodynamics are discussed.

Expected outcomes: As a result of studying the discipline, the doctoral candidates should learn a system of concepts and basic provisions of nuclear physics and radioactive radiation, acquire knowledge necessary to solve various issues of nuclear physics, learn how to practically apply the appropriate mathematical apparatus to solve problems.

Postrequisites: Professional and special disciplines

MNSS 7304 Mechanics of Inhomogeneous Continua - 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: In order to study the course “Mechanics of inhomogeneous continua”, the doctoral candidate should learn the mechanics and thermodynamics of irreversible processes, occurring in inhomogeneous media, in full volume of undergraduate and postgraduate studies; master the mathematical apparatus of differential and integral calculus.

Learning objective: “Mechanics of inhomogeneous continua” - the mastery of modern methods of describing real systems and use of gained knowledge to generate new knowledge about the real world.

Summary: This course discusses the processes in continuous media (gases, liquids, plasma, solids over large time scales), in which not only phenomena known from the reversible mechanics take place, but also phenomena associated with the existence of inhomogeneous distribution of macroparameters (temperature, mixture concentration, mixture density) – irreversible processes. This takes into account the specificity of doctoral training, coupled with the fact that the masters as doctoral candidates have already studied virtually all physics sections. This allows us to consider the physical models that are maximally close to the real systems. The equations of continuum mechanics (continuity equation, motion equation, energy conservation equation, entropy balance relation, etc.), which take into account the irreversible processes, serve as the basis for such consideration. In practical applications, these equations are complemented by the transport coefficients and entropy production formulae, which are borrowed from the modern physical kinetics. The complexity of this description is explained by the need to bring the theory nearer to considering the real phenomena.

Expected outcomes: As a result of studying the discipline, the doctoral candidates should:

- know the theory of continuum mechanics, in which the irreversible processes take place;
- be able to apply the equations and advanced methods for process calculations on their basis;

- predict the existence of new phenomena of interest for the practice and determine techniques for their examination.

Postrequisites: Knowledge and skills acquired by the doctoral candidates in learning the discipline “Mechanics of inhomogeneous continua” are the basis in studying subjects that discuss the actual physical processes, and serve as a foundation in designing new devices and developing innovative high technologies. The gained knowledge will be used in preparing for the Ph.D. thesis defense and in the professional activities.

KTPP 7304.1 Kinetic Theory of Transport Processes - 3 credits, 5 ECTS.

Prerequisites: Higher mathematics (tensor analysis), Thermodynamics and Statistical physics, Quantum mechanics

Learning objective: Acquaint students with the content of one of the most important sections of modern theoretical physics, physical kinetics, as a microscopic theory of transport processes in the statistically nonequilibrium systems. Generate the correct definition of the limits on the applicability of various physical concepts, laws and theories in the students, prove the continuity principle in the development of physical science, learn to evaluate the degree of reliability of the obtained results by comparison with the results of other theoretical and experimental studies, based on different assumptions and conditions.

Краткое содержание: Special course focuses on the presentation of the fundamentals for kinetic theory of transport processes: mass (diffusion), momentum (viscosity), energy (thermal conductivity). Particular attention is paid to studying the gaseous medium. The classical derivation of the Boltzmann equation is described as well as its basic properties. The solution methods of the Boltzmann equation for the equilibrium state are discussed, including the Hilbert decomposition and Chapman-Enskog method. The solution results of the kinetic equation, physical meaning of the zero-, first- and second-order approximations for the distribution function are discussed. The relationship between the Boltzmann equation and equations of hydrodynamics is demonstrated. The kinetic equations are given for the description of transport processes in dielectrics, quantum fluids that obey Bose-Einstein and Fermi-Dirac statistics, metals and semiconductors. The examples of calculating kinetic transport coefficients are discussed for thermal conductivity, viscosity and diffusion.

Expected outcomes: To master the basic provisions, research methods, findings and unsolved problems of the kinetic theory of transport processes. To this end, as a result of learning in the proposed course, the students should:

- know and understand the scientific and mathematical principles underlying the kinetic theory;
- demonstrate the ability to find the necessary literature, use databases and other information sources;
- be able to carry out search, selection, systematization, analysis, processing of information, assess its usefulness and purposeful application for solving the educational and scientific objectives;
- demonstrate the ability to use in practice the knowledge and understanding of the basic concepts, principles, theories and facts related to the natural science disciplines;
- analyse and present the findings in the required form and draw conclusions.

Postrequisites: Professional and special disciplines

FOS 7305 Physics of Open Systems - 3 credits, 5 ECTS.

Prerequisites: Thermodynamics and Statistical Physics

Learning objective: Formation of special competencies in the doctoral candidates through understanding and critical analysis of foundations for Physics of open systems.

Summary: Open systems. Continuum models. Chaos and order. K-entropy and Lyapunov exponents. Dynamic chaos. Evolution. Control parameters. Principle of subordination. Degradation and self-organization. Criterion of the relative degree of order for open systems based on the model equations and experimental data. Norm of chaos and self-healing. Two types of self-organization. Equilibrium and nonequilibrium phase transitions. Entropy and information. Entropy production. Principle of minimum entropy in phase transitions and self-organization processes. Self-organization in medico-biological systems. Norm of chaos (self-healing process). Diagnosis of open systems. Power and logarithmic regularities. Equilibrium and nonequilibrium flicker noise. Diffuse nature of flicker noise. Flicker noise role in the phenomena of superconductivity and superfluidity. Fractal structures. Geometry and Fractal Physics.

Expected outcomes: Understanding of the role of dynamic instability in the evolution of open systems and use of the acquired knowledge in practice

Postrequisites: Statistical theory of open systems

ND 7305.1 Nonlinear Dynamics – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: Basic principles of modern physics

Learning objective: Give an idea of the dynamics of complex systems, self-

organization mechanisms in open systems, describe the phenomena of autooscillation occurrence, transition from regular to stochastic dynamics, establishment of synchronization, appearance of coherent structures.

Summary: Concept of dissipative system (DS), phase space of DS, equation of motion and displaying of DS. Trajectory, fixed point and loop of DS, invariant set, limit set and limit cycle of DS, attractor, repeller-saddle set of DS. Stability of fixed points of DS, hyperbolic and nonhyperbolic fixed points. Trajectory stability according to Lyapunov, asymptotic stability. Trajectory stability according to Poisson. Trajectory stability according to Lagrange. Structural instability. Bifurcation diagram. Codimension of bifurcation. Central manifold and bifurcation analysis. The simplest bifurcations (“saddle-node”, “stability exchange”, “fork”) and their normal forms. Andronov-Hopf bifurcation. Bifurcation chains, scenarios of transition to chaos. Regular and singular points, double singular points, cuspidal points, conjugate points, singular points of higher order in the bifurcation diagram. Stability and instability of the bifurcation solutions, exchange of stabilities. Imperfection theory and isolated solutions that break down the bifurcation. Stability of isolated solutions that break down the bifurcation. Convection equations in the Boussinesq approximation. Equilibrium distribution of temperature and pressure. Investigation of the equilibrium state stability. Basic equations of small non-stationary perturbations of the equilibrium state. Rayleigh, Prandtl and Grashof numbers. Boundary conditions. Normal modes for the perturbed state. Eigenvalue problems. Condition of instability, critical Rayleigh number. Convective cells. Convective shafts. Convection equation. Convective shafts. Solution of convection equations for incompressible viscous fluid using the Bubnov-Galerkin method. Lorenz system. Examples of the systems described by the Lorenz equations (fluid convection in closed loop, water wheel, single-mode laser). Dynamics of the Lorenz system: phase portrait, attractor, fixed points and their stability, bifurcations and transition to chaos.

Expected outcomes: Possess the background information about self-organization processes, their simulation, basic equations of dynamic systems, master methods of their analysis and solution. Be able to determine the physical phenomena in dynamical systems. Know how to identify ways of applying the gained knowledge to pose and solve new problems.

Postrequisites: Theoretical foundations for scientific research. Preparation of the Ph.D. thesis.

VF 7306 Computational Physics – 3 кредита, ECTS 5.

Prerequisites: General course of Physics in full volume and Higher mathematics.

Learning objective: Master the classical and modern methods of computational physics: numerical methods for problems of analysis, algebra and approximation theory, numerical methods for solving problems in ordinary and partial differential equations, as well as acquire skills in the development of algorithms and software systems on modern computers.

Summary: Solution of nonlinear equations and systems: iterative methods; variational approach. Approximation of functions: the best approximations; interpolating; spline approximations. Numerical integration: interpolation quadrature formulae; Gauss-like quadrature formulae; approximate calculation of multiple integrals. Numerical solution of integral equations: methods for solving Fredholm and Volterra integral equations of the second kind; methods for solving ill-posed problems. Methods for the numerical solution of the Cauchy problem: non-rigid problems; stiff systems. Solution of boundary-value problems in ordinary differential equations: methods based on reducing to the Cauchy problem; variational methods; grid methods. Introduction to the theory of difference schemes: basic concepts of the theory of difference schemes; methods for sustainability research. Difference schemes for stationary equations: schemes and methods of their construction; methods for solving grid equations; numerical methods in complex shape areas. Difference schemes for non-stationary equations: one-dimensional equations; multidimensional problems. Monte Carlo methods.

Expected outcomes: Learn the specificity of mathematical calculations to be implemented on a computer, theoretical foundations of numerical methods. Be able to construct algorithms for mathematical solution of scientific problems; develop programs that implement numerical methods. Acquire skills to use the basic tools of numerical methods for solving physical problems; method of construction, analysis and application of numerical models in professional activities.

Postrequisites: Theoretical foundations for scientific research. Preparation of the Ph.D. thesis.

KM 7306.1 Computer Simulation – 3 credits, 5 ECTS

Prerequisites: Computational Physics.

Learning objective: Give the students a systematic understanding of the numerical methods and computational algorithms which is required for the mathematical simulation of physical problems on the computer.

Summary: Numerical calculations are an integral part of the present-day natural science, and the ability to effectively apply the computational power of the computer is especially important for professional physicist. The course material is targeted at improving the computing skills of the first-year doctoral candidates on the examples of the direct computer use in simulating physical systems. It includes

a minimum set of numerical methods from the arsenal of modern computational physics. At first, each of them is presented (frequently in a heuristic manner), and further applied to the solution of non-trivial task from the field of classical, quantum or statistical physics. These examples are chosen with the expectation to expand and deepen the material for the university courses of general and theoretical physics; they also represent a significant own interest regardless of computational methods which they illustrate.

Expected outcomes: Learn the technology for planning and conducting computing experiment, numerical methods for solving problems of mathematical physics. Be able to apply adequate numerical methods for solving problems of the continuum dynamics and many-particle systems, carry out a computational experiment and interpret its results.

Postrequisites: Theoretical foundations for scientific research. Preparation of the Ph.D. thesis.