

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ  
МИНИСТРЛІГІ**

**Қ.И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті**

**6D074000 – «Наноматериалдар және нанотехнологиялар»  
мамандығының**

**ЭЛЕКТИВТІ ПӘНДЕР КАТАЛОГІ**

**Алматы 2015**

## **БІЛІМ АЛУШЫ МЕН ЭДВАЙЗЕРГЕ АРНАЛҒАН ЖАДНАМА**

Мамандықтың барлық пәндері модульдер мен циклдер (бакалавриатта ЖБП, БП, ПП; магистратура мен докторантурада БП, ПП) бойынша бөлінген. Олардың ішінде пәндер міндетті және элективті (таңдау) пәндеріне бөлінген. Оқуға міндетті пәндердің тізімі мамандықтың үлгілік оқу жоспарында (ҮОЖ) келтірілген. Мамандықтың әр курсы үшін элективті пәндер тізімі элективті пәндер каталогында (ЭПК) келтірілген. ЭПК мамандықтың таңдау пәндерінің жүйеленген аннотацияланған тізімі болып табылады. ЭПК білім алушыларға оқытудың таңдалған траекториясына сәйкес элективті оқу пәндерінің альтернативті таңдау мүмкіндігін беруі керек.

Мамандық бойынша ҮОЖ бен ЭПК негізінде білім алушының оқу жылына жеке оқу жоспары (ЖОЖ) құрылады. ЖОЖ-ды шығарушы кафедра тағайындаған эдвайзердің көмегімен бакалаврлар мен магистранттар құрастырады. Докторанттар ЖОЖ-ды өздері құрастырады. ЖОЖ мамандық шегінде әрбір білім алушының жеке білім алу траекториясын анықтайды. ЖОЖ-ға ҮОЖ-дан міндетті компонент пәндері мен оқу қызметінің түрлері (практикалар, зерттеу жұмысы, мемлекеттік (кешенді) емтихан, дипломдық жұмысты (жобаны) жазу, диссертацияны ресімдеу және қорғау) және ЭПК-дан таңдау компоненті пәндері кіреді.

Еңбек нарығының және жұмыс берушілердің талаптарының есебімен нақты жұмыс саласына бағытталған білім беру траекториясының бакалаврларына көмек ретінде ЭПК шегінде білім алушыларға көзделген білім беру траекториясын меңгеруді кепілдейтін пәндер тізімі берілуі керек.

Элективті оқу пәндерін таңдаған кезде мыналарды есепке алу керек:

1 Бір семестрде міндетті түрде оқылатын оқытудың қосымша түрлерін (ОҚТ) есептемегенде, күндізгі оқыту бөлімінің студенті 18-22 кредитті (міндетті және элективті), сырттай оқыту бөлімінің студенті 9-12 кредитті (міндетті және элективті) игеруі тиіс.

2 Оқытудың барлық кезеңіндегі жалпы кредит саны мамандықтың ҮОЖ-нда көрсетілген саннан аспауы керек.

3 Элективті пәндер тиісті нөмірі бар таңдау топтарына біріктірілген. Пәндердің әр тобынан бір ғана элективті оқу пәнін таңдауға болады.

**6D074000 – «Наноматериалдар және нанотехнологиялар» мамандығы**

**Ғылыми дәреже – философия докторы (Ph.D.)**  
**Наноматериалдар және нанотехнологиялар**  
**мамандығы бойынша**

**1**  
**(оқыту курсы)**

№	Модульдің атауы	Пәннің циклы	Пәннің коды	Пәннің атауы	Кредит саны	Семестр
1	<b>Нанотехнология және наноматериалдар технологиясы модулі</b>	БП 1.2.1.1	MPNM	Наноматериалдарды алудың әдістері	3	1
		БП 1.2.1.2	MLK	Молекулярлы лигандалы кластерлер	3	1
		БП 1.2.1.3	VDPChSM	Материалдардың физика-химиялық қасиеттеріне дисперстіліктің әсері	3	1
		БП 1.2.1.4	FTNS7302	Кішіөлшемді жүйелер физикасы мен технологиясы	3	1
		БП 1.2.1.5	TON7205	Наноплазманиканың теориялық негіздері	3	1
2	<b>Наноқұрылымдық наноматериалдардың физико-химиялық ерекшеліктері модулі</b>	БП 1.2.2.1	SSNDM	Нанодисперсті материалдардың құрылымы мен қасиеттері	3	1
		БП 1.2.2.2	FHONM	Наноқұрылымдық материалдардың физика-химиялық негіздері	3	1
		БП 1.2.2.3	TOPSONM	Наноматериалдар аймғының мамандарын дайындаудың теориялық негіздері	3	1
		БП 1.2.2.4	NE7209	Электроникадағы нанотехнология	3	1
		БП 1.2.2.5	MPEMIN 7210	Наноқұрылымды зерттеудегі жарықтандырылған электрондық микроскопия әдісі	3	1
		БП 1.2.3.1	INT	Нанотехнологиялар аспаптары	3	1
		БП 1.2.3.2	VETOM	Материалдардың өңдеудің жоғары энергетикалық технологиялары	3	1
		БП 1.2.3.3	ISNI	Ғылыми зерттеудегі ақпараттық жүйелер	3	1
		БП 1.2.3.4	MZMIN 7214	Наноқұрылымды зерттеудегі зондтық микроскопия әдісі	3	1
		БП 1.2.3.5	FSSPR7215	Кішіөлшемді құрылымдардың физикалық қасиеттері	3	1
3	<b>Нанохимия және наноматериалдар модулі</b>	БП 1.3.1.1	KMNS	Наноқұрылымдарды компьютерлік модельдеу	3	1
		БП 1.3.1.2	CSNT	Нанотехнологиялардағы коллоидты жүйелері	3	1
		БП 1.3.1.3	TNO	Ғылыми білім беру теориясы	3	1
		БП 1.3.1.4	ON7219	Наноқұрылымдар оптикасы	3	1
		БП 1.3.1.5	ON7220	Оптикалық наноқұрылғылар	3	1

		БП 1.3.2.1	NTHP	Химия өнеркәсібіндегі нанотехнологиялар	3	1
		БП 1.3.2.2	FNMOP	Органикалық табиғатымен функционалдық наноматериалдары	3	1
		БП 1.3.2.3	NPIONT	Нанотехнология аймағының ғылыми-педагогикалық инноватикасы	3	1
		БП 1.3.2.4	SMVF7224	Есептеуіш физиканың заманауи әдістері	3	1
		БП 1.3.2.5	KM7225	Компьютерлік моделдеу	3	1
4	<b>Функционалдық бағыттарымен наноматериалдар модулі</b>	ПП 2.2.1.1	NFP	Наноөлшемді функционалдық қаптамалар	3	2
		ПП 2.2.1.2	MPP	Жартылай өткізгіштер материалтануы	3	2
		ПП 2.2.1.3	SMIPSONT	Нанотехнология аймағының мамандарын дайындаудың ғылыми-әдістемелік инструментариясы	3	2
		ПП 2.2.1.4	FOTNN 7304	Нанокластерлер мен нанокұрылымдар технологиясының физикалық негізі	3	2
		ПП 2.2.1.5	ESTT7306	Қатты денелердің электронды құрылымы	3	2
		ПП 2.2.2.1	NPNK	Наноұнтақтар және нанокөміртектер	3	2
		ПП 2.2.2.2	MDAN	Наноматериалдар диагностикасы және талдау әдістері	3	2
		ПП 2.2.2.3	ASNP	Нанокұрылымдық қаптамалардың адгезиялық қасиеттері	3	2
		ПП 2.2.2.4	NRUN7310	Наноалмастар және туыс көміртекті наноматериалдар	3	2
		ПП 2.2.2.5	UNN7311	Көміртекті нанокластерлер және нанокұрылымдар	3	2
		ПП 2.2.3.1.	FUNT	Фуллерендер және көміртекті нанотүтіктер	3	2
		ПП 2.2.3.2	NONFSM	Материалдар қасиеттерін бағытты қалыптастырудың ғылыми негіздері	3	2
		ПП 2.2.2.3	NMVP	Жоғары беріктігімен нанокристалдық материалдар	3	2
		ПП 2.2.2.4	NN7315	Нанокөміртектер және нанокерамика	3	2
		ПП 2.2.2.5	PPNN7316	Наноөлшектер және наноматериалдарды алу процестері	3	2
5	<b>Аз өлшемді жүйелер мен қазіргі заманғы технологиялар модулі</b>	ПП 2.2.4.1	ONM	Көлемдік наноматериалдар	3	2
		ПП 2.2.4.2	UNM	Көміртекті наноматериалдар	3	2
		ПП 2.2.4.3	EMIFM	Функционалдық материалдарды зерттеудің эксперименттік әдістері	3	2
		ПП 2.2.4.4	ASNZM 7320	Атомды-күштік және туннельді және зондтық микроскопия	3	2
		ПП 2.2.4.5	DMPNM 7321	Нанокұрылымды материалдардағы пластикалықтың ақаулары және механизмдері	3	2

		ПП 2.2.5.1	MNK	Металдық нанокластерлер	3	2
		ПП 2.2.5.2	FSSNP	Жіңішке қабыршақтардың құрылымы мен қасиеттерді қалыптастыру	3	2
		ПП 2.2.5.3	AVPZ	Коррозияға қарсы күресудің маңызды мәселелері	3	2
		ПП 2.2.5.4	PGP7324	Шалаөткізгішті гетероқұрылымдар және оларға негізінделген аспаптар	3	2
		ПП 2.2.5.5	FKYa7325	Кинетикалық құбылыстар физикасы	3	2
		ПП 2.2.6.1	AKCINM	Наноматериалдарды құрылымдық зерттеу және аналитикалық бақылау	3	2
		ПП 2.2.6.2	BMNS	Наножүйедегі биоматериалдар	3	2
		ПП 2.2.6.3	DPOINM	Наноматериалдарды зерттеудің тәжірибелік дидактикасы	3	2
		ПП 2.2.6.4	EBZN7328	Зондтық нанотехнология негізіндегі элементтік база	3	2
		ПП 2.2.6.5	BUKA7329	Баллистика және космостық аппараттарды басқару	3	2

## MPNM – Наноматериалдарды алудың әдістері – 3 кредит

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы проблемалары. Материалдар сапасы мен сенімділігін басқару.

**Оқыту мақсаты:** докторанттарды наноматериалдарды алудың негізгі әдістерімен таныстыру, осы материалдардың ерекше қасиеттерін және оларды қолдану аумақтарын зерттеу

**Қысқаша мазмұны:** Наноматериалдар топтамасы. Наноматериалдарды алу технологиясы: «үстінен – астына» және «астынан – үстіне». Наноұнтақтарды алу әдістері. Наноұнтақтардан бұйымдарды қалыптастыру әдістері. Диспергиялық әдістер. Аморфтауды қолданумен әдістер. Интенсивті пластикалық деформацияны қолданумен әдістер. Физикалық процестерге негізделген технологиялар. Булы фазадан физикалық тұндыру. газды–термиялық тозаңдату. Лазерлі әдістер. Химиялық процестерге негізделген технологиялар. Булы фазадан химиялық тұндыру. Жарықтық және электрондық литография.

**Күтілетін нәтижелер:** Пәнді оқу барысында докторант білуі қажет: прогрессивті әдістермен нанокұрылымды материалдарды алудың негізгі принциптері туралы; наноөлшемді материалдарды синтездеудің негізгі принциптерін, олардың қасиеттері мен қолдану аумағын; физикалық, химиялық, және технологиялық процесстерді моделдеуді; процесстердің тиімділігін және материалдардың қасиеттерін болжамдауды; тасымалдау талаптарын ескере отырып, әр түрлі мақсаттағы өнімдерге қажет материалдарды таңдауды; технологиялық процесстерді дайындауды; материалдарды алу мен өңдеудің технологиялық цикліне болжам жасай алуды; синтезделген наноматериалдардың қасиеттерін зерттеуді және алу процесстерінің құрылғыларын ресімдеу дағдыларын.

**Постреквизиттері:** «Наноматериалдарды алудың әдістері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## MLK – Молекулярлы лигандалы кластерлер – 3 кредит

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы проблемалары.

**Оқыту мақсаты:** оң және теріс корроляциялық энергияның қазіргі заманғы физикалық моделін қолданумен наножүйелердің электрондық және кристалдық құрылымын жазып түсіндіру үшін нанокұрылымдарда кластерлердің түзілуін, өзіндік жинақталуын және өзіндік ұйымдастырылуының теориялық негіздерін оқыту.

**Қысқаша мазмұны:** Нанокластерлі системалар. Нанокластерлерді топтамасы және оларды алу әдістері. Нанокұрылымға нанокластерлерді ұйымдастыру (өзін-өзі ұйымдастыру) тәсілдері. Нанокластерлік құрылымдарды синтезі және топтамасы. Металдардың молекулярлы лигандты кластерлері. Газды-фазалы лигандсыз кластерлер. Наносистемалар – молекулярлы үстілік құрылымдар және коллоидты кластерлер. Қатты

денелі кластерлер. Жекелендірілген кластерлер және олардың қасиеттері. Ерітіндідегі молекулярлы лигандты кластерлер. Көміртегі кластерлері. Фуллеренді, фуллеридті және фуллерентәрізді құрылымдарды ұйымдастыру. нанокластерлік системалардың оптикалық, электрлік, магниттік қасиеттері.

**Күтілетін нәтижелер:** мынаны білуі керек: нанобөлшектерде пайда болатын негізгі өлшемдік эффектілер туралы білімді алу; микро- және наножүйелерде жүретін физикалық және химиялық процестердің мәнін және құбылыстарын; қолдану саласына қарай жеке нанобөлшектерден наножүйелердің қалыптасу әдісінің негізін.

**Постреквизиттері:** «Молекулярлы лигандалы кластерлер» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **VDPChSM – Материалдардың физика-химиялық қасиеттеріне дисперстіліктің әсері – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы проблемалары.

**Оқыту мақсаты:** ультрадисперстік материалдарды зерттеудің физика-химиялық негіздері, оларды алу әдістері, негізгі қолдану аймақтары туралы білім алу, білімгерлерде аспаптық, жалпыкәсіптік және арнайы кәсіптік компетенциялар қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** Нанодисперсті материалдар және олардың физика-химиялық қасиеттері. Наноөлшемді және ультрадисперсті объектілерді модельдеу принциптері. Дисперстілік және өлшемді эффектілер. Нано- және ультрадисперсті материалдар және оларды алу әдістері. Дисперстіліктің материалдардың термодинамикалық қасиеттеріне әсері. Фаза аралық шекараларға физика-химиялық құбылыстардың әсері. Дисперсті жүйелердің кинетикалық қасиеттері. Дисперсті жүйелердің молекулярлы-кинетикалық қасиеттері. Дисперсті жүйелердегі агрегациялық процестер. Ультрадисперсті материалдарды қолдану аймақтары. Нанодисперсті ұнтақтар: алу әдістері және оларды тәжірибелік қолдану тәсілдері. Наноұнтақтар алу тәсілдерін және технологиясын талдау. Аса берік ультражеңіл наноматериалдардың құрылымы мен физикалық қасиеттерінің параметрлері. Нанодисперсті полимерлі материалдар.

**Күтілетін нәтижелер:** жүйенің термодинамикалық және кинетикалық қасиеттеріне дисперстіктің әсерінің негізгі заңдылықтарын, фазалық шекарадағы физика-химиялық құбылыстар негіздерін, ультрадисперстік материалдар қасиеттерінің негізгі ерекшеліктері, алу әдістері мен қолдану аймағын білу;

дисперстік фаз бөлшектерінің орташа өлшемін анықтай білу, рН дисперсияны өлшеу жүргізу, ультрадисперстік бөлшектердің электрбеттік сипаттамаларын анықтау, алынған нәтижені интерпретациялау, ультрадисперстік материалдар қолдану бойынша әдебиеттен мәліметтер іздеу, физика-химиялық анализ негізінде ультрадисперстік материалдардың технологияда қолданылу тиімділігін болжау;

**Постреквизиттері:** «Материалдардың физика-химиялық қасиеттеріне дисперстіліктің әсері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **FTNS7302 Төмен өлшемді жүйелердің физикасы және технологиясы – 3 кредит**

**Пререквизиттер:** FKS 2.1.1 Конденсирленген күйлер физикасы.

**Оқыту мақсаты:** Докторанттарда төмен өлшемді құрылымдар физикасының негіздері, оларды алу және қолдану әдістері жөнінде заманауи ғылыми түсінік қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** төменөлшемді жүйелер физикасы оптоэлектроника, наноэлектроника, жаңа заманғы ақпараттық жүйелер құрылғылары мен құралдарын жасаудың негізгі теориялық базасы болып табылады. Пәнді оқыту барысында квази- екі өлшемді шұңқырлар, квази-бір өлшемді және кванттық жіптер және квази-нөл өлшемді кванттық нүктелер, өлшемді квантталу принципі және кванттық өлшемді құбылыстарды бақылау шарттары, сондай-ақ, күйлер тығыздығы функцияларының ерекшеліктері және төмен өлшемді жүйелердегі заряд тасымалдаушыларының статистикалары, кванттық шұңқырлардың оптикалық қасиеттері және кинетикалық эффектілер қарастырылады.

**Күтілетін нәтижелер:** төменөлшемді жүйелер физикасы және технологиясына қатысты теориялық және эксперименттік-практикалық есептерді шешу дағдысы қалыптасады.

**Постреквизиттер:** кәсіптік және арнайы пәндер.

### **TON7205 Наноплазмониканың теориялық негіздері – 3 кредит**

**Пререквизиттер:** Конденсирленген күйлер физикасы.

**Оқыту мақсаты:** Қарапайым атомдар мен молекулалардың толқындық функциялары мен спектрі арасындағы аналогияны ескере отырып, бірінші жағынан, нанобөлшектердегі плазмондық тербелістерді қолдануды және жүйелік қасиеттерін сипаттау, екінші жағынан, нанобөлшектер кластерлеріндегі және оқшауланған нанобөлшектердегі плазмондық тербелістерді сипаттау.

**Қысқаша мазмұны:** «Наноплазмониканың теориялық негіздері» пәні нанометрлік өлшемді аспаптар мен сенсорлардың технологиясы мен әдістері, нанобөлшектердің плазмондық қасиеттерін сипаттау әдістері, әртүрлі пішіндегі нанобөлшектердің оптикалық қасиеттерін бағалау әдістері туралы түсінік береді. Наноплазмониканың ең жаңа ашылулары медицинадан бастап электроникаға дейін, сондай-ақ, "көзге көрінбейтін плащтар" мен "идеал линзаларды" жасауда қолданылады.



**Күтілетін нәтижелер:** Докторанттарда әртүрлі нанокұрылғыларды, мысалы, биология мен медицинада қолданылатын толығымен оптоэлектрондық құрылғылармен жабдықталған сенсорларды және т.б., жасаумен байланысты теориялық есептерді шешу дағдысы қалыптасады. Мұндай есептерді шешу барысында беттік плазмондармен («металл-диэлектрик» шекарасы бетінде таралатын плазмондар) қатар, нанобөлшектердегі электрондардың тербелісімен байланысты шоғырланған плазмондар да маңызды орын алады.

**Постреквизиттер:** кәсіптік және арнайы пәндер.

### **SSNDM – Нанодисперсті материалдардың құрылымы мен қасиеттері – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері.

**Оқыту мақсаты:** осы заманғы түрлі аспаптар мен құрылғылар үшін қатты материалдар қасиеттерін қалыптастыру мәселелерінің қазіргі заманғы күйі мен ультра-және нанодисперстік және қатты материалдардың синтезі және аттестациясының қазіргі заманғы әдістерін зерттеу.

**Қысқаша мазмұны:** Нанодисперстік металл тотықтарының синтезі. Нанодисперсті материалдарды қазіргі заман талабына сай синтездеу. Нақты қасиетке ие материалдар алудың ғылыми негіздері. Металл тотықтарының фазалық құрамы және қасиеттері. Металл тотықтарының наноұнтақтарын синтездеудің негізгі әдістері. Синтезделген материалдардың белгілі бір қасиетінің қалыптасуына прекурсордың әсері. Металл ұнтағы, олардың сульфиді мен буларының оттегімен тотығуы. Металл гидроксидтерінің термиялық ыдырауы, отырғызу әдісімен оттектендірілген қышқыл тұздарын – карбонаттар, нитраттар, сульфаттар, сонымен қатар газ фазалы және бу фазалы термолиз жағдайындағы хлоридтердің металл гидроксидтерінің термиялық ыдырауы. Плазмалы оксидендіру. Электрхимиялық тотығу. Плазма жағдайында наноұнтақтарды синтездеу.

**Күтілетін нәтижелер:** қатты тотықтардың химиялық және физикалық қасиеттері құрылымы, алу әдістері, зерттеу әдістері; нанодисперстік материалдарға сыртқы физикалық және физикалық-химиялық әсерлер салдарынан болатын негізгі процестер туралы білім болуы тиіс; нанодисперстік материалдарды эксперименттік зерттеу үшін алған білімді қолдана білу, алған нәтижені нанодисперстік материалдарды интерпретация және диагностика үшін пайдалана алуы керек.

**Постреквизиттері:** «Нанодисперсті материалдардың құрылымы мен қасиеттері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **FNONM – Нанокұрылымдық материалдардың физика-химиялық негіздері – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** нанотехнологиялар негіздерін, наноматериалдар синтезінің негізгі принциптерін және наноматериалдар қасиеттерін алу және зерттеудегі сәйкес процесстерді аппаратуралық рәсімдеуде докторанттардың танымдық және жаңартушылық әрекетін жандандыру.

**Қысқаша мазмұны:** Нанотехнологияның пайда болу тарихы мен даму жолдары. Жаңадан пайда болған фазаның гетерогенді түзілуі. Қатты затты бетіндегі жаңа фазаның дымқылдануының рөлі. Дисперсиялық жүйелердегі агрегативті және седиментация тұрақтылығы. Гиббс-Фольмер бойынша жаңадан пайда болған фазаның түзілуінің термодинамиялық теориясы. Жаңадан пайда болған фазаның гомоген түзілуі. Жаңа фаза бөлшектерінің өсу жылдамдығы. Бөлшектерді өсірудің диффузиялық және кинетикалық режимдері. Кристалдағы нақты ақаудың құрылымдағы рөлі. Дерягин бойынша айырылатын қысымдар. Молекулярлық құраушы айырылатын қысымдар. (Гамакеру-Де-Буру) бойынша бөлшектердің өзара әрекеттесуі. Нанотехнологияны микро-электроникада қолдану. Нанообъектілерді құру бойынша «жоғарыдан-төменге» және «төменнен-жоғарыға» атты екі қағидалары. Нанотехнологияның өсіп-өркендеу мүмкіндіктері.

**Күтілетін нәтижелер:** пәнді меңгеру нәтижесінде докторанттар нанотехнологиялар негізгі принципін, наноқұрылымдар қалыптастыру туралы білімдерін кеңейтуі тиіс; орнықты нанодисперстік жүйелердің материалдар ретінде функциясын, ролін түсіну; нанодисперстік жүйелерде құрылым түзу процесін және реологиялық қасиеттері қимылын көрсетуі керек; алған білімді жаңа наноматериалдар жасауда қолдана білуі, сондай-ақ қолданыстағы материалдардың тәжірибеде орынды пайдаланылуы үшін алған білімді қолдана білу керек.

**Постреквизиттері:** «Наноқұрылымдық материалдардың физика-химиялық негіздері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **TOPSONM – Наноматериалдар аймағының мамандарын дайындаудың теориялық негіздері – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** зерттеуші маманды дайындау негізіндегі зерттеу қызметінің әдістемелік оқыту, сонымен қатар, наноматериалдар мен нанотехнологиялар туралы ғылымдарды оқытуда зерттеушілік тәсілдерді қолдануды қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** Наноматериалдар саласындағы зерттеуші мамандар даярлаудың рөлі және мағынасы. Наноматериалдар саласындағы зерттеуші мамандар даярлау контексінде зерттеу қызметін ұйымдастырудың теориялық және методологиялық негіздері. Ғылыми ізденістің методологиясы. Зерттеу жұмысын үйретудің ғылыми-педагогикалық негіздері. Ғылыми эксперименттеу. Ғылымға бағытталған принциптері. Наноматериалдар саласындағы зерттеуші мамандар даярлаудың ғылыми-педагогикалық құралдары. Оқитын білім саласындағы

фундаменталдық, көпшілік мақұлдаған және арнайы ұғымдары. Наноматериалдар саласының мамандарын даярлау мазмұнын педагогикалық жобалау әдістері.

**Күтілетін нәтижелер:** пәнді меңгеру барысында докторанттар ғылыми ізденістің әдістемелік негіздеріне ие болуы қажет; зерттеуші маманды дайындау саласында ғылыми-педагогикалық негіздерін меңгеру; ғылыми мәселелерді шешу кезінде нанотехнологиялар саласындағы теоретикалық білімін және тәжірибелік икемділігін жеңіл қолдана алу қабілеттілігі.

**Постреквизиттері:** «Наноматериалдар аймағының мамандарын дайындаудың теориялық негіздері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **NE7209 Электроникадағы нанотехнологиялар – 3 кредит**

**Пререквизиттер:** Төмен өлшемді жүйелер физикасы.

**Оқыту мақсаты:** наноэлектроника элементтері мен нанокұрылымдарды қалыптастырудың технологиялық ерекшеліктері, наноэлектрониканың физикалық негіздері мен негізгі түсініктерімен таныстыру.

**Қысқаша мазмұны:** наноэлектроника – бұл математикалық және компьютерлік модельдеу, жобалау, құрастыру, өндіру технологиясы, материалдарды өндіру және қолдану, құраушыларды, электрондық құралдарды, құрылғыларды, вакуумдық қондырғыларды, плазмалық, қатты денелі, микротолқынды, оптикалық, әр түрлі қолданыстағы микро- және наноэлектрониканы теориялық және тәжірибелік зерттеуге бағытталған адам әрекетінің әдіс пен тәсіл, құралдарының жиынтығынан тұратын ғылым мен техника аймағы.

**Күтілетін нәтижелер:** докторанттар жоспарлау, берілген әдіспен тәжірибе жүргізу, нәтижелерді заманауи ақпараттық технологиялар және техникалық құралдармен өндеуді үйренеді.

**Постреквизиттер:** PGP7324 шала өткізгішті гетерокұрылымдар және соның негізіндегі аспаптар.

### **MPREMIN7210 Нанокұрылымды зерттеудегі жарықтандырылған электрондық микроскопия әдісі– 3 кредит**

**Пререквизиттер:** Конденсирленген күйлер физикасы.

**Оқыту мақсаты:** Докторанттарда электрондық микроскопиялық талдау мүмкіндіктерімен таныстыру, аппаратурамен жұмыс жасаудың практикалық дағдылануды және стандартты электрондық микроскопиялық кескіндердің физикасы мен техникасының түсініктерін қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** Курстың негізгі міндеті – докторанттарға жарықтандырылған электрондық микроскопияның негіздері: аспаптың құрылысымен негізгі сипаттамалары, электрондардың затпен әсерлесуі және айқындылықтың қалыптасуы теориясы, кескінді интерпретациялау жөнінде мағлұматтар беру. Арнайы курс жалпы физика курсы, кванттық механика, кристаллография және рентгендік құрылымдық талдау арнайы курстарына негізделген.

**Күтілетін нәтижелер:** эксперименттік зерттеулер жүргізу және нәтижені өңдеу дағдысы қалыптасады.

**Постреквизиттер:** кәсіптік және арнайы пәндер.

### **INT – Нанотехнологиялар аспаптары – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы проблемалары. Жаңа материалдар.

**Оқыту мақсаты:** докторанттардың наноматериалдар қасиеттерін зерттеудің физикалық әдістері туралы білім алуы; наноматериалдар диагностикасының эксперименттік әдістерін үйрену; докторанттарда эксперименттік зерттеуге тәжірибелік дағдыландыру және наноматериалдарды эксперименттік зерттеу нәтижелерін өңдеу әдістерін меңгеру.

**Қысқаша мазмұны:** Нанотехниканың даму тарихы. Нанообъектілерді зерттеу әдістері. Электрондық жарықтандырушы микроскопия. Электрондық сканерлеуші микроскопия. Сканерлеуші зондалы микроскопия. Сканерлеуші туннельді микроскопия. Атомдық-күшті микроскопия. Жақын өрісті сканерлеуші оптикалық микроскопия. Зондалы нанолитография. Ядролық магнитті резонанс. Наноматериалдардың механикалық қасиеттерін зерттеу әдістері. Наноиндентер. Наноөлшегіштер. Нанопинцет. Наноматериалдардың химиялық құрамын анықтау әдістері. Спектроскопия. Зондалы лаборатория. Наноқұрылымдарды модельдеу.

**Күтілетін нәтижелер:** наноматериалдарда сыртқы физикалық және физикалық-химиялық әсерлер салдарынан болатын негізгі процестерді **білуі** керек;

наноматериалдарды эксперименттік зерттеу үшін алған білімдерін қолдана білуі, алған нәтижені наноматериалдар интерпретациясында және диагностикасында пайдалана **алуы** керек;

эксперименттік зерттеу әдістерін, эксперименттік зерттеу нәтижелерін өңдеу әдістерін меңгере **алуы** керек.

**Постреквизиттері:** «Нанотехнологиялар аспаптары» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## УЕТОМ – Материалдардың өңдеудің жоғары энергетикалық технологиялары – 3 кредит

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы проблемалары. Материалдар сапасы мен сенімділігін басқару.

**Оқыту мақсаты:** жаңа функционалдық материалдардың құрылымдарының түзілу заңдылықтарын қалыптастыру және қазіргі заманғы Материалдарды өңдеудің жоғары энергетикалық технологияларын жасаудың замануға теориялық және эксперименттік материалтануының маңызды мәселелері шешу, сонымен қатар берілген қасиеттерімен материалдар дизайнының принциптерімен, оны жасаудың жаңа жолдарымен танысу.

**Қысқаша мазмұны:** Энергияның жоғары модульді көздері. Материалдарды лазерлі өңдеу. Беттік термиялық беріктендіру. Ұнтақты жабындыларды плазмалық тозаңдату. Болаттарды жоғары жиілікті импульсті өңдеу. Материалдарды радиациялық (электронды-сәулелітехнология) өңдеу. Материалдарды жарылыспен өңдеу. Жарылысты пісіру. Жарылыспен материалдарды плакирлеу. Жарылыспен металды беріктендіру. Алмасды синтездеу және соққылы толқынмен аса қатты материалдар регенерациясы. Бөлшектрді жоғары энергетикалық өлшемді ультрадыбысты өңдеу. Кедір-бұдырлықты азайту үшін беткі қабатты модифицирлеу.

**Күтілетін нәтижелер:** доктранттар осы пәнді оқу барысында мынаны білуі керек: функционалдық материалдардың физика-механикалық, беттік, электромагниттік қасиеттерін; функционалдық материалдардың, соның ішінде нанобөлшектер мен наноқаптамаларға қатысты берілген құрылым мен қасиеттерін қамтамасыз ететін материалдар құрылымы мен олардың технологиялық процестерімен өзара негізгі байланыстарын.

**Постреквизиттері:** «Материалдардың өңдеудің жоғары энергетикалық технологиялары» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## ISNI – Ғылыми зерттеудегі ақпараттық жүйелер – 3 кредит

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы проблемалары. Материалдар сапасы мен сенімділігін басқару.

**Оқу мақсаты:** осы заманғы ақпараттық технологияларды пайдаланып ақпараттану (ақпарат сақтау, жіберу және өңдеу) теориялық негіздері аймағында жүйелі білім қалыптастыру және әмбебап мақсаттағы қолданбалы программалар ортасында ақпарат өңдеу бойынша теоретикалық білімді бекіту.

**Қысқаша мазмұны:** Замануға ақпараттық наножүйелер. Жүйелерді және процестерді модельдеу. Ғылыми зерттеулерді ақпараттық қамтамасыздандыру. Қазіргі заманғы техникаға сай технологиялар мен ақпараттық жүйелердің рөлі. өнеркәсіптің қолданбалы мәселелерін шешуде ақпараттық қамтамасыздандыру. Математикалық

бағдарламалау әдістері, математикалық статистика, басқару процестерін модельдеудің типтік мәселелері мен жабдықтары. Ақпараттық жүйелер топтамасы. Құрылымдық және құрылымдық емес мәселелер, жартылай құрылымдық мәселелерді шешуде қолданылатын ақпараттық жүйелер түрлері.

**Күтілетін нәтижелер:** қазіргі заманғы компьютерлік техниканы пайдалану мүмкіндігі мен принциптерін; білім мен ғылымда тораптық және мультимедиа технологиясын пайдалану алуы; ЕТ мен программалар мүмкіндіктерін пайдаланып, тәжірибелік есептерді шешуде теоретикалық білімді пайдалану алуы; нанотехнология аймағында кәсіптік және ғылыми әрекетте компьютерлік және мультимедиа технологиясын қолданып, арнайы есептерді шешу әдістерін білуі керек.

**Постреквизиттері:** «Ғылыми зерттеудегі ақпараттық жүйелер» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **MZMIN 7214 Нанокұрылымды зерттеудегі зондтық микроскопия әдісі – 3 кредит**

**Пререквизиттер:** конденсирленген күйлер физикасы, кванттық механика негіздері, шалаөткізгіштер физикасы.

**Оқыту мақсаты:** Докторанттарда нанокұрылымдық материалдарды зерттеу барысындағы зондтық микроскопияның мүмкіндіктері, физикасы және техникасы жөнінде түсінік қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** Сканирлеуші зондтық микроскопия жоғары кеңістіктік ажыратқыштыққа ие объектілердің физикалық және химиялық қасиеттерін зерттеу барысында нанотехнологияда кеңінен қолданылатын төсеніш бетін модификациялау және талдаудың негізгі әдістерінің бірі болып табылады. Нанотехнология саласында нанокұрылымдарды зерттеудің әдістері мен құралдары мүмкіндіктерін кеңейтуде және тереңдетуде сканирлеуші зондтық микроскопияның алар орны маңызды.

Пәннің негізгі мақсаты – докторанттарға зондтық микроскопияның және электрондық микроскопиялық талдаудың мүмкіндіктері жөнінде түсініктерді, сондай-ақ, аппаратурамен және стандартты электрондық микроскопиялық кескіндермен жұмыс жасаудың практикалық дағдыларын қалыптастыру.

**Күтілетін нәтижелер:** докторанттарда эксперименттік зерттеулер жүргізу және нәтижені өңдеу дағдылары қалыптасады.

**Постреквизиттер:** кәсіптік және арнайы пәндер.

## FSSPR7215 Кішіөлшемді құрылымдардың физикалық қасиеттері –

### 3 кредит

**Пререквизиттер:** конденсирленген күйлер физикасы, кванттық механика негіздері

**Оқыту мақсаты:** Докторанттарда наноөлшемді құрылымдар физикасы негіздерімен, оларды алу және қолдану әдістері жөнінде заманауи ғылыми түсінік қалыптастыру. Заманауи өлшеуіш аппаратураларда эксперименттік зерттеулер жүргізу және өлшеу нәтижелерін өңдеу дағдыларын қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** «Өлшемі төмендетілген құрылымдардың физикалық қасиеттері» пәні наноқұрылымды материалдардың физикалық қасиеттері, кванттық өлшемді құрылымдар технологиялары және оларды микро- және наноэлектроника аспаптарында қолдану жөнінде түсінік береді.

**Күтілетін нәтижелер:** докторанттар төмен өлшемді құрылымдардың қалыптасуының физика-химиялық аспектілері, олардың оптикалық және электрлік қасиеттері туралы түсініктер алады.

**Постреквизиттер:** кәсіптік және арнайы пәндер.

## KMNS – Наноқұрылымдарды компьютерлік модельдеу – 3 кредит

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы мәселелері.

**Оқыту мақсаты:** математикалық модельдеу және материалдар мен процестерді оңтайландыру әдістері бойынша білім алу, материалтануда компьютерлік модельдеудің тәжірибелік дағдыларын меңгеру және материалдар көрсеткіштерін тексеру, өңдеу және оңтайландыру процестерін өндірістегі тәжірбиелер барысында емес, тікелей компьютерде меңгеру.

**Қысқаша мазмұны:** Көп компонентті наножүйелерді 3d-жобалау принципін, наноматериалдардың қолдану аймағын, жұмыс жасау шартын және өңделуін ескерумен оптималды көрсеткіштерін анықтау үшін қолданылатын компьютерлік модельдеуді, сонымен қатар, есептік техника көмегімен математикалық модельдеу топтамасын қарастырады. Наноинженериядағы наножүйелер мен нанообъектілерді 3d-жобалау жүйелері мен құралдары. Автоматтандырылған жобалау жүйесі мен компьютерлік құралдың көмегімен электрондық компонентті базаның есептеу әдістері, жобалау, конструкциялау және модернизациялау. Пәннің мақсаты – наножүйелерді, наноматериалдарды және наноқұрылымдарды жаңа функционалдық мүмкіншіліктерімен модельдеуге және 3D-наножүйені (наноқондырғыны) компьютерлік жобалауға үйрету, білімін және дағдылығын қалыптастыру.

**Күтілетін нәтижелер:** пәнді меңгеру нәтижесінде негізгі математикалық есептеулерді – интегралдау, дифференциалдау, сызықты және трансцендентті теңдіктер мен теңдіктер жүйесін ЭЕМ көмегімен шешу әдістерін, математикалық модельдерді тұрғызу принциптерін, математикалық модельдердің негізгі түрлерін білуі тиіс және математикалық есептерді негізгі сандық шешу әдістерін қолдануды, есептеуіш есептерін

шешу үшін алынатын нәтиженің қажетті дәлділігін ескере отырып, алгоритмдер мен бағдарламалар жасау, математикалық модельдерді зерттеу аналитикалық әдістерін таңдай білуі тиіс.

**Постреквизиттері:** «Компьютерное моделирование наноструктур» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **CSNT – Нанотехнологиялардағы коллоидты жүйелері – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** докторанттардың қазіргі заманғы коллоидтық химия мен нанотехнологияның теоретикалық және эксперименттік негіздерін үйренуі, нанохимияның қарапайым ғылымдық және философиялық мәнін көрсетуі, халық шаруашылығының түрлі салаларында беттік құбылыстар мен дисперстік жүйелер орнын анықтау жолдары.

**Қысқаша мазмұны:** Пәнде, нанодисперсті жүйелердің классификациясын, қағидаларын, белгілерін, Траубе-Дюкло теориялық ережесінің дәйектемесін, беттік үлдірлерді құрастырады. Беттік үлдірлерді қолдану. Заттың коллоидты күйі. Нанодисперсиялық жүйелердің қасиеттерінің ерекшелігі. Дымқылдану. Қисық бұрышты дымқылдану. Эмульсиялар. Дисперсиялықтың дәрежесі және эмульсия-лардың түрлерінің топтамасы, оларды анықтау әдістері. Нанодисперсиялық жүйелерді алу әдістері және олардың тазарту. Когезия және адгезияның жұмысы. Дюпре теңдеуі. Жұмыс терминдеріндегі дымқылдану шарттары. Эмульгаторлар, түзу және кері эмульсиялардың тұрақтандыруға арналған БАЗ-ты таңдауының қағидалары. Беттік құбылыстардың нақты беттердің дымқылдануына әсер ететін факторлары, жылу динамикасы. Көбіктер. Көбіктердің құрылысы және олардың топтамасы. Көбіктердің еселілігі. Нанодисперсиялық жүйелердің адсорбциясы, олардың адсорбциондық қатпарларының қасиетіндегі құбылысы. Лэнгмюр теория. Негізгі ережелер. БАЗ-тың көбік түзілдіргіш қабілеттілігіне электролиттерінің әсері.

**Күтілетін нәтижелер:** эмульсия алуды және оның тұрақтылығын бағалау; нанодисперстік жүйелерде құрылым түзушінің критикалық шоғырлануын анықтау; жоғары шоғырланған нано- және ультрадисперстік жүйелерде коагуляциялық және конденсациялық құрылымдардың түзілуін білу.

**Постреквизиттері:** «Нанотехнологиялардағы коллоидты жүйелері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.



## TNO – Ғылыми білім беру теориясы – 3 кредит

**Пререквизиттері:** Педагогика. Ғылымның тарихы мен философия.

**Оқыту мақсаты:** ғылыми жұмыстың ұйымдастыру негізінде ғылыми білімнің негізгі категорияны және теориялық негізін ұғыну; докторанттардың диссертациялық зерттеу негізін әдістемелік оқыту; қазіргі заманғы наноматериалдар тапсырмасын шешу кезіндегі зерттеу қызметінің ғылыми аспаптарын еркін түрде меңгеру керек.

**Қысқаша мазмұны:** Зерттейтін бір топ құбылыстар туралы жүйелі білім беру теориясы. Нақты ғылыми пәндерінде және пәнаралық байланыстарында көрсетілетін теориялық білімдерінің жүйелі сипаты. Теорияның құрылысы, ғылыми білімдерді жүйелеу процесіндегі эмпирикалық және теориялық ұғымдардың рөлі. Методологиялық мәселелер жағынан наноматериалдар ғылымының теориялық құрылысы, функциялары және оны талдау. Наноматериалдар ғылымдағы методологиялық мәселердің сипаты. Нано-материалдар мен нанотехнологиялар саласының мамандарын ғылыми даярлаудың теориялық концепциялары. Наноматериалдар мен нанотехнологиялар саласында ғылыми даярлаудың ерекшелігін белгілейтін факторлар. Теория мен практика арасындағы байланысы. Наноматериалдар мен нанотехнологиялар саласында өзгеше мәселелерді талдау шаралары мен әдістері.

**Күтілетін нәтижелер:** пәнді игеру негізінде докторант ғылым құрылымын өте ауыр, білімнің динамикалық жүйесі жүзінде түсіне білуі керек; әдістемелік ізденіс ғылыми түрде жүргізуді үйрету; теориялық білімін және қазіргі таңда дамыту факторларын ескерумен диссертациялық зерттеуді жүргізуде тәжірибелік дағдыларын қолдана білуі.

**Постреквизиттері:** «Ғылыми білім беру теориясы» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## ON7219 Нанокұрылымдар оптикасы – 3 кредит

**Пререквизиттер:** Төменөлшемді жүйелер физикасы

**Оқыту мақсаты:** Фотосерпімділік, акустооптика, фоторефракция, термооптика құбылыстары кезіндегі оптикалық материалдардың, оның ішінде, нанокұрылымды материалдардың физикалық қасиеттерінің өзгеру заңдылықтарын зерттеу.

**Қысқаша мазмұны:** Нанокұрылымдар оптикасы – оптоэлектроника, наноэлектроника, сондай-ақ, жаңа заманғы ақпараттық жүйелер құрылғылары мен аспаптарын жасауда негізгі теориялық база болып табылады. Пәнді оқыту барысында квази- екі өлшемді шұңқырлар, квази-бір өлшемді және кванттық жіптер және квази-нөл өлшемді кванттық нүктелер, өлшемді квантталу принципі және кванттық өлшемді құбылыстарды бақылау шарттары, сондай-ақ, күйлер тығыздығы функцияларының ерекшеліктері және төмен өлшемді жүйелердегі заряд тасымалдаушыларының

статистикалары, кванттық шұңқырлардың оптикалық қасиеттері және кинетикалық эффектілер қарастырылады.

**Күтілетін нәтижелер:** Физика және нанотехнология есептерін шешуге қажетті теориялық білімді меңгереді, және заманауи эксперименттік қондырғыларда жұмыс жасау тәжірибесіне ие болады.

**Постреквизиттер:** Конденсирленген күйлер физикасы.

### **ON7220 Оптикалық наноқұрылғылар – 3 кредит**

**Пререквизиттер:** конденсирленген күйлер физикасы.

**Оқыту мақсаты:** Докторанттарда оптикалық наноқұрылымдар және оларды қолдану әдістері туралы ғылыми түсініктер қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** «Оптикалық наноқұрылғылар» пәні кеңістіктік біртекті еместілігі жүзден бастап бірнеше нанометрге дейінгі масштабтағы қатты денелік гетероқұрылымдардың оптикалық қасиеттері жөнінде түсінік береді. Пәннің мазмұнында фотондық кристалдар, кванттық нүктелер, шұңқырлар және асқын торлар, металдық нанобөлшектер сияқты маңызды объектілерді теориялық және эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері келтірілген. Наноқұрылымдар, металдық нанокластерлер негізіндегі наножүйелердің оптикалық қасиеттері және наноқұрылымдардың электрөткізгіштігі қарастырылады.

**Күтілетін нәтижелер:** докторанттарда заманауи аппаратураларда эксперименттік зерттеулер жүргізу және нәтижені өңдеу дағдылары қалыптасады.

**Постреквизиттер:** Төмен өлшемді жүйелер физикасы.

### **НТНР – Химия өнеркәсібіндегі нанотехнологиялар – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** білім алушылардың химиялық өнеркәсіптің нанотехнология аймағында ғылыми-техникалық мәселелерін болжамдау және оның тәжірибелік шешу әдістерін қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** Нанотехнологиядағы химия әдістері. Ленгмюр-Блоджеттің жұқа қабыршақ технологиясы. Химия процестері бар тіркестегі туннельді-зондты нанотехнология. Композициялық материалдарды өңдеу және олардың алу технологиясы. Беткі және жұқа қабыршақ-тардың және тағы басқа наноқұрылымдар түрлерінің нанотехнологияда даму қарқыны. Молекулалық-сәулелік эпитакия. Молекула-лық қатпарлау әдісі. Синтездің теориялық негіздері және беттік-активті заттарды қолдану. Синтез және БАЗ-дың технологиясы, БАЗ-ды қолдану. Компоненттердің синтетикалық жуғыш заттарға және композициялық синтетикалық жуушы ортаға әсері. Қатты фаза матрицаларының бетіндегі наноқұрылымдар синтезінің молекулалық қатпарлау әдістерінің химиялық негіздері. Молекулалық қатпарлау

әдістері жабдықтар және нанотехнологиядағы қағидалар. Көлемді нанокұрылымдарды алу әдістері. Нанокерамика, нанокомпозиттер және шыныкерамика.

**Күтілетін нәтижелер:** ғылым мен техниканың түрлі салаларында нанотехнология мен наноматериалдарды қолданудың негізгі бағыттарын, наножүйелер мен наноматериалдар алу әдістерін білу; химия өнеркәсібінде нанотехнология орынын, сондай-ақ тұтас мемлекеттің дамуында нанотехнология дамуының ықпалын түсіну; химиялық өнеркәсіпте қолданылатын нанодоңгейде өтетін процесстерді көрсету; жаңа наноматериалдар жасауда, сондай-ақ қолданыста бар наноматериалдарды орынды пайдалау үшін алған білімді қолдана білу.

**Постреквизиттері:** «Химия өнеркәсібіндегі нанотехнологиялар» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **FNMOP – Органикалық табиғатымен функционалдық наноматериалдары – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** білім алушылар нанотехнология және наноматериалдар аймағында ғылыми-техникалық мәселелері жөнінде шолу жасау және оны тәжірибеде қойылған мәселелерді шешу жолдарын ұйғару.

**Қысқаша мазмұны:** Нанодисперсті жүйеде фаза бөлімінің беткі қабаты және капиллярлы көрінісі. Нанодисперсті жүйеде адсорбцияның көріністері. Нанодисперсті бөлшектің беткі қабатындағы активті заттың адсорбциясы. Лиофильді және лиофобты нанодисперсті жүйенің түзілуі. Тұрақты және лиофобты нанодисперсті жүйенің дамуы. Дисперсті жүйенің және материалдың физика-химиялық механикасылық негіздері. Нанодисперсті жүйені алудың негізгі қағидалары. Нанодисперсті жүйені алудың конденсациялық әдістері. Нанодисперсных жүйелерде гетерогендік жаңа фазаның түзілуі. Нанобөлшектің дисперациялық әдісі. Нанобөлшектің дисперстілігін (өлшемін) анықтау әдістері.

**Күтілетін нәтижелер:** білуі керек: нанообъектілердің жалпы қасиеттерін, физика-химиялық қасиеттері мен алу әдістерін; наноматериалдар зерттеу және талдау үшін негізгі әдістері мен аспаптарын, табиғи органикалық функционалдық наноматериалдарды алудың негізгі технологиялық әдістерін;

істей білуі керек: зертханалық шартта нанобөлшектер мен наноматериалдар алуды және сапасын бағалауды; табиғи органикалық функционалдық наноматериалдар алуды және қасиеттерін физикалық және химиялық процестерін зерттеуді және модельдеуді;

меңгеруі керек: нанобөлшектер мен наноматериалдар зерттеу және талдаудың негізгі аспаптық әдістерін; нанобөлшектер мен наноматериалдар алудың негізгі әдістерін; өлшеу экспериментін жоспарлауды және оны жүргізу әдістерін,

эксперименттік мәліметтерді өңдеуді және эксперимент нәтижелерін бағалау әдістерін таңдап, оны қолдануды.

**Постреквизиттері:** «Органикалық табиғатымен функционалдық наноматериалдары» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

**NPIONT – Нанотехнология аймағының ғылыми-педагогикалық иноватикасы – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Педагогика. Ғылымның тарихы мен философия

**Оқыту мақсаты:** білім алушылардың педагогикалық жаңартушылық туралы білім беруде жаңалықты ашу, ендіру, меңгеру және пайдалану туралы ғылым ретінде оқыту, жаңа енгізулер типтері, жаңартпашыл білім беру ерекшеліктері, әртүрлі деңгейлерде – оқыту пәнінен мемлекетте білім беруді жаңартуға дейін педагогикалық жаңалықтарды жобалау және іске асыруды оқыту.

**Қысқаша мазмұны:** Білім берудің мазмұнын талдау, негіздеу және жобалау шаралары ретінде ғылыми және педагогикалық иноватика. Ғылыми принциптері, ұғымдық аппараттары, шаралары, ғылыми және педагогикалық иноватиканы қолдау мүмкіндіктерінің шектері. Техникалық білім беру саласындағы педагогикалық инновациялары, білім жүйесі және оған сәйкесті қызметі. Ғылыми және педагогикалық иноватиканы әлемдік практикада игеру тәжірибесі. Нанотехнологиялар саласындағы ғылыми және педагогикалық жаңа енгізілімде-рінің методологиялық аспектілері. Нанотехнологиялар саласындағы пәндерді оқу процестің ғылыми және педагогикалық жаңа енгізілімдер бағалау және қолдау. Педагогикалық инновацияларды есепке алумен нанотехнологияларды білу әдістері (моделдеу, жобалау және т.б.).

**Күтілетін нәтижелер:** пәнді меңгеру нәтижесінде докторанттар педагогикалық инновацияны іске асыру механизмдерін, иноватикалық білім беру қызметін, педагогикалық жаңартушылықтарды жобалау және іске асыру және иноватика-педагогикалық қызметтің рефлексия туралы білуі тиіс.

**Постреквизиттері:** «Нанотехнология аймағының ғылыми-педагогикалық иноватикасы» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

**SMVF7224 Есептеуіш физиканың заманауи әдістері – 3 кредит**

**Пререквизиттер:** есептеуіш физика.

**Оқыту мақсаты:** есептеуіш физиканың классикалық және заманауи әдістерін меңгеру, яғни, талдау есептерінің сандық әдістерін, жуықтаудың теориясын және алгебрасын, қарапайым дифференциалдық теңдеулердің және дербес туындылары бар

теңдеулердің есептерін шешу үшін сандық әдістерді меңгеру, сондай-ақ, заманауи компьютерлерде алгоритмдер және бағдарламалық кешендер жасауға үйрену.

**Қысқаша мазмұны:** сызықты емес теңдеулер мен жүйелерді шешу, яғни, итерациялық әдістер; вариациялық есептеу. Функцияларды жуықтау: ең жақсы жуықтаулар; интерполяциялау; сплайн-жуықтау. Сандық интегралдау: интерполяциялық квадратуралық формулалар; Гаусс типіндегі квадратуралық формулалар; еселік интегралдарды жуықтап есептеу. Интегралдық теңдеулерді сандық шешу: екінші текті Фредгольм және Вольтерра интегралдық теңдеулерін шешу әдістері. Коши есебін сандық шешу әдістері: қатаң емес есептер; қатаң жүйелер. Қарапайым дифференциалдық теңдеулер үшін шекаралық есептерді шешу: Коши есебіне алып келуге негізделген әдістер; вариациялық әдістер; торлық әдістер. Разностные схемалар теориясын кіріспе: разностных схемалар теориясының негізгі түсініктері; орнықтылықты зерттеу әдістері. Стационарлық теңдеулер үшін разностные схемалар: күрделі пішін аймақтарындағы сандық әдістер. Стационар емес теңдеулер үшін разностные схемалар: бір өлшемді теңдеулер; көпөлшемді есептер. Монте-Карло әдістері.

**Күтілетін нәтижелер:** компьютерде жүзеге асатын математикалық есептеулер ерекшеліктерін және сандық әдістердің теориялық негіздерін білу. Ғылыми мәселелердің математикалық шешімдерінің алгоритмін құра білу; сандық әдістерді жүзеге асыратын бағдарламалар жасай алу. Физикалық есептерді шешу үшін сандық әдістердің базалық инструментариясын қолдану дағдысын, кәсіптік қызметте сандық модельдерді құру, талдау және қолдану әдістерін игеру.

**Постреквизиттер:** Ғылыми зерттеулерге теориялық негіздер. Докторлық диссертацияны дайындау.

### **КМ7225 Компьютерлік модельдеу – 3 кредит**

**Пререквизиттер:** есептеу физикасы.

**Пәнді оқыту мақсаты:** компьютер көмегімен физикалық есептерді математикалық модельдеуге қажетті сандық әдістер және есептеу алгоритмдері жайында білім алушыларға жүйелі көзқарас орнату.

**Қысқаша мазмұны:** сандық есептеулер заманауи жаратылыстанудың органикалық бөлігі болып табылады, және кәсіпқой физик үшін компьютердің есептеу қуатын тиімді қолдана білу ерекше маңызды. Пән материалы бірінші жыл оқып жатқан докторанттар үшін, физикалық жүйелерді модельдеу үшін компьютерді тікелей қолдану мысалдарында есептеуге дағдылануын жетілдіруге бағытталған. Оған заманауи есептеу физикасына жататын сандық әдістерінің минималь жиыны кіреді. Олардың әрқайсысына, яғни әдістерге алғашында толықтай тоқталып (эвристикалық мақамда), содан кейін классикалық, кванттық немесе статистикалық физикаға жататын тривиальды емес есепті шешу үшін қолданылады. Бұл мысалдар университеттік жалпы және теориялық физика курстарындағы материалдарды кеңейту және тереңдету

мақсатында таңдап алынған; олар, сондай-ақ белгілі-бір мақсатта қолданылатын есептеу әдістерінен тәуелсіз маңызды жеке қызығушылық тудырады.

**Күтілетін нәтижелер:** компьютерлік модельдеудің алдыңғы қатарлы әдістерін қолдана отырып, техникалық физиканың қолданбалы ғылыми есептерді қоюға, тұжырымдауға және шешуге, физика және математика пәндері бойынша алынған білімді қолдана алу қабілеттілігін көрсету.

**Қысқаша мазмұны:** есептеу экспериментінің, математикалық физика есептерінің сандық шешу әдістерінің жоспарлау және шешу жолының технологиясын білу. Тұтас орта динамикасы және көп бөлшектер жүйесі есептерін шешу үшін сандық әдістерді қолдана білу, есептеу экспериментін жүргізе және оның нәтижелерін интерпретациялай білу.

**Постреквизиттер:** ғылыми зерттеулер үшін теориялық негіздер. Докторлық диссертацияны дайындау.

### **NFP – Наноөлшемді функционалдық қаптамалар – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Материалдардың фундаменталдық мәселелері

**Оқыту мақсаты:** қорғаныш, қорғаныш-декоративтік және арнайы наноөлшемдік жабындарды алу және оларды қолдану тәсілдерімен, негізгі сипаттамаларымен танысу; наноқаптамалар материалын және наноөлшемдік функционалдық қаптамалардың физика-механикалық және қолдану параметрлерін жоғарлату үшін қаптамалар алу шарттарын таңдау.

**Қысқаша мазмұны:** Функционалдық қаптамалардың түрлері. Әртүрлі беттір үшін жабындылар. Әртүрлі қолдануының функционалдық жабындылар зерттеулердің қазіргі күйі. Көпфункционалдық наноқұрылым-дық қабыршақтары. Қабыршақ алудың әдістерінің шолу. Трибологиялық жабындылар. Медицина саласындағы жабындылар. Өздігінен майлану жабындылар. Жылу өткізгіш жабындылар. Қызуға төзімділік, коррозияға және жоғары температуралық тотығуына тұрақтылық бар жабындылар. Акустика-оптикалық жабындылар. Жабыну түсіру технологиялар. Лазер сәулелену арқылы композициялық жабындылар алудың технологиялық негіздері. Беттік топография. Беттік топографиясын зерттеу әдістері.

**Күтілетін нәтижелер:** «Наноөлшемдік функционалдық қаптамалар» пәнін меңгеру нәтижесінде білім алушы мынандай білім нәтижелерін көрсетуі керек: ғылым мен техниканың негізгі заңдылықтарын, қазіргі заманғы наноматериалдар мен нанотехнологиялардың даму этаптарын білуі; наноөлшемдік функционалдық қаптамалар аймағында ғылыми зерттеулер мен техникалық зерттеулердің әдіснамалық негіздемесін дайындай білуі;

**Постреквизиттері:** «Наноөлшемді функционалдық қаптамалар» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## МРР – Жартылай өткізгіштер материалтануы – 3 кредит

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** жаңа конструкциялық материалды берілген қасиетімен алудың ғылыми негіздерін, қатты дененің физикасын және химиясын жақсарту үшін арнайы қасиетке ие болу жолдарын толық ұғыну.

**Қысқаша мазмұны:** Пән тепе-тең және тепе-теңсіз жағдайда металды және жартылай өткізгішті фазалардың қалыптасу заңдылықтарын, химиялық және фазалық құрамның, атомдық құрылымы мен фазаның құрылымдық ақауларының материалдар сипаттамасына әсерін талдайды. Жартылай өткізгішті материалдар және олардың түрлерін, сонымен қатар элементтердің периодты жүйедегі жартылай өткізгіштер типтері. Жартылай өткізгішті материалдардың электрлік, оптикалық және басқа да қасиеттері. Жартылай өткізгішті материалдарды тұрақты электрфизикалық, механикалық және басқа да сапалармен алу және өңдеу аймағындағы жетістіктері. Қажетті кешенді электрфизикалық және физика-химиялық параметрлерімен жартылай өткізгішті қорытпаларды алу мақсатымен легірлеу және термиялық өңдеудің оптималдық тәсілдері. Жартылай өткізгішті материалдарды электрондық техникада қолдану.

**Күтілетін нәтижелер:** Металдар мен жартылай өткізгіштердің элементарлық қасиеттерін және атомдардың құрылуын, химиялық байланыс түрлерінің негізгі білуі керек. Өртүрлі түрдегі химиялық байланыс құрылымын және заттың қасиетін, қосалқы жартылай өткізгішті байланыстарын, үштік жартылай өткізгішті байланыстарын талдай алуы керек. Аморфты жартылай өткізгіштер. Фазалық тепе-теңдіктің термодинамикалық кейбір сұрақтарын. Моно- және поликристалды қатты денелердің құрылымдық ақауларын, олардың түрлерін, түзілуін, қасиеттерге әсерін білуі керек. Жартылай өткізгіш фазалардың беттік өзгерісін, жартылай өткізгіштердің қоспаларын, қатты денелі электроника материалының диффузиясын, жартылай өткізгіштердегі ионды шоғырлануды және ядролық реакцияны қолдана отырып легірлеуді қолдана алуы керек.

**Постреквизиттері:** «Жартылай өткізгіштер материалтануы» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## SMIPSONT – Нанотехнологиялар саласындағы даярлаудың ғылыми-методикалық құралдары – 3 кредит

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** ғылыми-әдістемелік құралдар арқылы дайындық әдіснамасын түсіну негізінен жобалау мазмұнының нақты тәсілі мен әдістерінің жинағын және оқу ауқымын жобалау кезінде болашақ маманның қызметін, яғни оның қызметтік-құрылымдық концепциясын ашу.

**Қысқаша мазмұны:** Пәнде жобалау әдістері мен нақты тәсілдерінің жинақысы ретінде мамандар даярлаудың ғылыми-методикалық құралдары қарастырылады. Осы саласының кәсіптік қызметінің ерекшеліктерін есепке алумен объектінің мазмұнын жобалау, оның сапалылығын, жол ашықтығын практика түрде мақұлдаған адекваттылықты ережелерді талдау. Наноматериалдар мен нанотех-нологиялар саласында білім берудің қызметтік мазмұны. Бағдарламалы, мәселелік, эвристикалық, өнімді және т.б. оқу формалары мен әдістері. Наноматериалдар саласының ғылыми пәндерінің фундаменталдық және арнайы білімдеріне негізделген зерттеу жұмыстарын үйрету тәсілдері. Миға шабуыл, жоба тапсырмалары, тренинг, тесттеу және т.б. технологиялар

**Күтілетін нәтижелер:** қоғамдық және экономикалық дамудағы кәсіптік білім беруін, жинақтау бойынша әдістемелік таныстыруы интеграциялық құрылымның механизміне әсері және кәсіптік білім беру жүйесінде интеграциялық құрылымының басқаруын білу керек.

Кәсіптік-педагогикалық білім шеңберіндегі білімнің реттеу ара-қатынасындағы заңнаманы қалыптастыруын тұжырымдауын; қазіргі жағдайда нарық еңбегі мен кәсіптік білімнің бір-бірімен байланысының бағытын және келешек нысанын талдап және айқындап білуі қажет.

**Постреквизиттері:** «Нанотехнологиялар саласындағы даярлаудың ғылыми-методикалық құралдары» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **ФОТNN7304 Нанокластерлер мен нанокұрылымдар технологиясының физикалық негізі – 3 кредит**

**Пререквизиттер:** FTNS төмен өлшемді жүйелер физикасы мен технологиясы.

**Оқыту мақсаты:** нанокластерлер мен нанокұрылымдардың қалыптасу технологиясы, қасиеті және құрылымы туралы түсінік беру.

**Қысқаша мазмұны:** нанокластерлер мен наножүйелер туралы ғылымның дамуы, және оларды зерттеу әдістері, тамаша қасиеттері мен кең қолданыстағы нанотехнология, наноматериалдар және нанокұрылғылардың пайда болуына алып келді. Аталған пән нанокластерлер мен наножүйелер туралы теориялық және тәжірибелік мәліметтерді, кіріспе сипатты бірқатар сұрақтарды қарастырады: қатты дене беті мен нанокластерлерді зерттеу әдістері және нанокластерлер мен беттерді микроскопиялық және термодинамикалық зерттеу.

**Күтілетін нәтижелер:** нанокластерлердің қалыптасуының негізгі заңдылықтарын білу, оларды алу технологиясы мен зерттеу әдістері.

**Постреквизиттер:** ғылыми зерттеудің теориялық негіздері. Докторлық диссертацияны дайындау.



## ESTT7306 Қатты денелердің электронды құрылымы – 3 кредит

**Пререквизиттер:** FKS 2.1.1 конденсирленген күй физикасы

**Пәнді оқыту мақсаты:** докторанттарға, мамандық бойынша оқытудың жоспарланған нәтижелеріне сәйкес келетін, пән бойынша күтілетін нәтижелерге қол жеткізуге қол ұшын беру.

**Қысқаша мазмұны:** электрондық күйлер тығыздығы. Электрондық күйлер тығыздығын зерттеудің теориялық әдістері. Қатты денелердің электрондық құрылымын есептеудің бірэлектрондық әдістерін қолдану сұлбасы. Бірэлектрондық әдістерді металлдардың электрондық құрылымын есептеуге қолдану. Иондық байланыс. Ван-дер-ваальсты байланыс. Коваленттік байланыс. Металлдық байланыс. Энергетикалық аумақ. Аумақтық теория және өтулер. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.

**Күтілетін нәтижелер:** докторанттар шешілмеген мәселелерге әдебиеттік шолу жүргізе алатындығын, қатты денелердің электрондық құрылымымен байланысты фундаментальды және қолданбалы сипаттағы ғылыми есептерді өздігінен құрастыруды, берілген мәселерді шешудің әдістерін табуды, алынған нәтижелерге талдаулар жүргізе алуға және қажетті формада көрсете білуге және қорытындылар жасай алатындығын көрсете білу керек.

**Постреквизиттер:** докторанттың ғылыми-зерттеу жұмысы NED

## NPNK – Наноұнтақтар және нанокөмізгіттер – 3 кредита

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** докторанттар наноұнтақтар мен нанокөмізгіттерді алу жолдарын, наноматериалдардың нанодисперстік жүйелерінде құрылым түзуші заңдылықтары бойынша білім жүйесін қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** Наноұнтақтарды алу әдістері. Наноұнтақтарды алудың конденсациялық әдістері. гетерогенді жаңа Фольмер фазасының пайда болуының негізгі теориясы. Жаңа фазаның (наноұнтақтар) өздігінен пайда болуы. Ребиндера – Щукина критеріі. Нанокөмізгіттердің нанодисперстік жүйелерінде құрылым құрау заңдылықтары. Наноқұрылымды жүйенің реологиялық құрамы. Құрылымның және полимерных нанокөмізгіт-ті материалдардың құрамының ерекшеліктері. Полимерлік нанокөмізгіттердің негізгі байланыстырушы түрлері. Терморективті байланыстырушылар (олигомерлер). Термо-пластикалық байланыстырушылар (полимер-лер). Нанокөмізгіттер (полиолефиндер, полиимидтер, полисульфон және тағы басқалар) полимерлік байланыстырушылар физика-химиялық негіздегі полимерлік байланыстыру-шылардың негізінде нанокөмізгіттер құрамын басқармау. Наноұнтаққа полимерлер адгезиясы. Наноұнтақтар мен полимерлердің беткі қабатында таралуының физика-химиялық негізінде пайда болуы.

**Күтілетін нәтижелер:** білуі керек: қазіргі кезде және перспективте қолданылатын нанотехнологияның ғылым, техника, адам тұрмысындағы алатын орнын және оның

негізгі бағыттарын; өнеркәсіпте және жартылай өнеркәсіпте қоршаған ортаға нанобөлшектердің бөлінуін талдау тұрғысында наноматериалдарды алу әдістерін; наноұнтақтар мен нанокөмпазиттердің негізгі қасиеттерін және осы қасиеттерді анықтау әдістерін білуі керек.

Істей алуы керек: наноұнтақтар мен нанокөмпазиттерді қолдану бағыттары және қасиеттері бойынша топтастыра алуы; алынған наноматериалдардың құрылымы мен қасиеттерін диагностикалау және тестілеу; наноұнтақтар мен нанокөмпазиттер пайдаланудың потенциалдық тәуекелдігін бағалай алуы керек.

**Постреквизиттері:** «Наноұнтақтар және нанокөмпазиттер» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **MDAN – Наноматериалдар диагностикасы және талдау әдістері – 3 кредита**

**Пререквизиттер:** Наносистемалардың жалпы мәселелері. Материалдардың фундаменталдық мәселелері

**Оқыту мақсаты:** қатты денелердің химиялық құрамын, атом және молекулалық құрылымын, беткі құрылымдық жетілуін зерттеуге мүмкіндік беретін қазіргі заманғы материалдарды талдау әдістері мен электрондық техника аспаптары бойынша докторанттар білімін кеңейту және тереңдету.

**Қысқаша мазмұны:** Нанобөлшектер мен наноматериалдардың негізгі сипаттамалары және ерекшеліктері, олардың топтамасы. Нанобөлшектердің механикалық сипаттамасының диагностикасы. Дисперсті жүйенің тұрақтылығын анықтайтын әдістер. Нанодисперстік жүйелер тұрақтылығының ерекшеліктері. Құрылымдық және беттік сипаттамалар диагностикасы. Нанобөлшектердің орташа өлшемін анықтау әдістері. Нанокүйдегі заттардың құрылымдық сипаттамасын анықтау әдістері. Наноқұрылымның беткі қабатын анықтау әдістері. Заттарды фазалық талдау, оның реакциялық мүмкіншілігі. Рентгенді-фазалық және рентгенді-флуоресцентті талдау. Нанокүйдегі заттардың реакциялық мүмкіншілігін анықтау әдістері. Нанокүйдегі заттардың электрхимиялық қасиеттерін анықтау әдістері. Алынған мәліметтерді талдау. Қималы талдау.

**Күтілетін нәтижелер:** білуі керек: материалдардың құрылымдық сипаттамаларын зерттеуді; физика-химиялық және механикалық қасиеттерін диагностикалауды; қажетті алу әдістерін таңдаумен материалдар алу бойынша ғылыми-зерттеу жұмысыңтарын; қатты денелердің беткі қабатын және беткі қабатқа жақын қабаттарын зерттеудің негізгі әдістерін; материалдар мен элементтерде өтетін физика-химиялық процестерді; нақты есепті шешу үшін қажетті бейімдік ғылыми-техникалық ақпарат іздеуді және талдауды.

**Постреквизиттері:** «Наноматериалдар диагностикасы және талдау әдістері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## ASNP – Нанокұрылымды қаптамалардың адгезиялық қасиеттері – 3 кредит

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** жоғары шекті эксплуатациялық көрсеткіштеріне, адгезиялық қасиетке ие және көпфункционалдық өте күрделі нанокұрылымдық қаптамаларды алудың жаңа физика-химиялық әдістемесін (идеялар, тәсілдер, әдістер, әдістемелер, технологиялар, принциптер, критерийлер және т.б.) тереңірек оқып білу.

**Қысқаша мазмұны:** Адгезиялық модуль тензорының құрылымы. Адгезия модулі. Лапластың капиллярлы қысымы. Қима кернеулерге адгезияның әсері. Жұқа қабыршақ қағидасы. Пластинамен таза қатпары алдыңғы беттің адгезиясы. Адгезиялы үлгінің беткі қабатының толқынының пайда болуы. Жабындылар жүйесі/TiNi табандатылу. Жабындылар жүйесі/Целлит-Н табандатылу. Жабындылар жүйесі/A1203 табандатылу. PVD- енгізу әдістерінің. PVD – катодты ыдырату арқылы – енгізу әдістері. Магнетронды әдіс. Вакуумды-доға әдісі. Табандатылудың атқаратын қызметтері. Механикалық өңдеуге арналған қызуға төзімді машина бөлшектері. Нано табандатылулар. Жұқа қабыршақтың қасиетіне табандатылудың ықпалы. Тереңділікке тәуелділік. Оксидті табандатылу. Механикалық табандатылу.

**Күтілетін нәтижелер:** білуі керек: ғылым мен техникадағы негізгі заңдылықтарды, жаңа материалдар мен функционалдық қаптамалар технологиясының дамыту этаптарын; жақсы адгезиялық қасиетке ие болатын функционалдық қаптамалар аймағында ғылыми зерттеулер мен техникалық зерттемелер әдіскерлік негіздемесін дайындауды;

**Постреквизиттері:** «Нанокұрылымды қаптамалардың адгезиялық қасиеттері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## NRUN7310 Наноалмастар және туыс көміртекті наноматериалдар – 3 кредит

**Пререквизиттер:** FSSPR7215 Төмен өлшемділік құрылымының физикалық қасиеті.

**Оқыту мақсаты:** Есептік кванттық теория мен молекулалық динамиканың заманауи әдістерін қолдану арқылы алынған көміртектің алмасқа ұқсас нанотүрі туралы жүйеленген және біртұтас түсінік беру.

**Қысқаша мазмұны:** атом құрылысының ерекшеліктері, электрондық түзіліс, химиялық байланыстар, орнықтылық факторы, алмасқа ұқсас наноаллотропты көміртектің физика-химиялық қасиеті, сонымен қатар материалтану перспективасы талқыланады.

**Күтілетін нәтижелер:** наноалмастар мен көміртекті материалдардың технологиясының физикалық негіздерін білу, қасиеті мен қолданылуы.

**Постреквизиттер:** ғылыми зерттеудің теориялық негіздері. Докторлық диссертацияны дайындау.

**UNN7311 Көміртекті нанокластерлер және нанокұрылымдар –  
3 кредит**

**Пререквизиттер:** төменгі өлшемді құрылымдардың физикалық қасиеттері.

**Пәнді оқыту мақсаты:** өлшемі шектелген жүйелер, нанокластерлер синтезі және оларды зерттеу әдістері жайындағы негізгі көзқарастардың мағынасын ашу.

**Қысқаша мазмұны:** «Көміртегілік нанокластерлер және нанокұрылымдар» пәні заманауи инженерге қажетті физикалық, химиялық және пәнаралық білімдер аймағын қамтиды. Мынадай бөлімдер кіреді: өлшемі шектелген жүйелер, нанобөлшектер синтезі, наноматериалдарды зерттеу әдістері, наноэлектроника, композиттер және органикалық шалаөткізгіштер. Осы пәнкелесі мәселелерді қамтиды: графит фрагменттерінен фуллерондарды құрастыру, «ұлу» моделі, кластерлерден құрастыру, «фуллерен жолы», көміртегілік кластерлерді босандату. Сикырлы фуллерондарды және фуллерондаризомерлерін сұрыптау. Көміртегілік нанобөлшектердің құралу механизмдері, сондай-ақ олардың фуллерондардың құралу механизмдерімен байланысы беріледі. Нанобөлшектердің құралуының мүмкін болатын механизмдерін молекулалық динамика көмегімен модельдеу. Бірқабықшалы және көпқабықшалы нанокұбырдың, сондай-ақ көміртегілік конустардың көбею механизмі. Көміртекті нанообъекттерді құрау әдістері.

**Күтілетін нәтижелер:** нанокластерлер және нанокұрылымдарды құрау бойынша теориялық және тәжірибелік-практикалық сәсіптерді шеше білу және машықтануды қалыптастыру.

**Постреквизиттер:** кәсіби және арнайы пәндер.

**FUNT – Фуллерендер және көміртекті нанокұбырлар – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы проблемалары. Материалдардың сапасын және сенімділігін басқару.

**Оқыту мақсаты:** білім алушылардың әртүрлі көміртекті наноматериалдарды алудың физика-химиялық негіздерін, жалпы ғылыми принциптерін, қасиеттері мен пайдалану жолдарын меңгеруі.

**Қысқаша мазмұны:** Көміртегі және оның аллотропиялық модификациясы. Графит, алмас, карбин және графен. Алу әдістері, негізгі қасиеттері және параметрлері. Фуллерендер және фуллерен тәрізді материалдар. Оларды алу әдістері, физика-химиялық қасиеттер. Фуллериттер. Фуллерендердің басқа элементтермен қосылыстары.

Фуллерендерді мүмкіндік қолдану аймақтары және оның негізіндегі материалдар. Көміртекті наноқұбырлар (КНҚ). Қарапайым наноқұбырлардың және наноконустардың құрылысы. КНҚ морфологиялық пішіндері. Наноқұбырлардың физика-химиялық қасиеттері. Көміртекті наноқұбырларды және наноталшықтарды синтездеу әдістері. КНҚ қолдану аймақтары.

**Күтілетін нәтижелер:** Оқу нәтижесінде докторант білім алуы тиіс: көміртекті материалдар нанотехнологиясы негізі болатын іргелі принциптер мен физикалық эффектілер туралы; фуллерендер мен көміртекті нанотүтіктер сипаттамалары мен мүмкіндіктері туралы; көміртекті наноматериалдарды синтездеу, зерттеу және қолдану әдістері туралы; кәсіптік қызмет негізі ретінде қазіргі заманғы нанохимия аймағында жаратылыстану ғылыми білімін, эксперименталдық-тәжірибелік шеберлік пен дағдыны пайдалана білу шеберлігі; көміртекті материалдар нанотехнологиясы аймағында физикалық есепті шешу жолдарын; зерттеу есебін шешу үшін қазіргі заманғы эксперименталдық және ақпараттық технологияларды қолдана алуы тиіс;

**Постреквизиттері:** «Фуллерендер және көміртекті наноқұбырлар» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **NONFSM – Материалдар қасиеттерін бағытты қалыптастырудың ғылыми негіздері – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы проблемалары. Материалдар сапасы мен сенімділігін басқару.

**Оқыту мақсаты:** Технологиялық шешімді қабылдау және қасиеттерін қалыптастыруға бағытталған концепцияның негізгі ережелерін тәжірибеде іске асыру үшін қажетті көлемде білім алу.

**Қысқаша мазмұны:** Материалдардың талап етілген қасиеттерінің технологиялық ортамен өзара әрекеттесуі жағынан бағытты қалыптасуының концепциясы мен мәні. Білімді жинақтау қоры – конструкциялық және фундаментальды материалдардың құрылымы мен қасиеттерінің қалыптастыру технологиясының ақпараттық базасы. Материалдарды синтездеудің физика-химиялық негіздері. Легірлеуші элементтер мен кешендерді берілген қасиеттерімен материалдарды өңдеу кезінде таңдаудың негізгі күйі мен принциптері. Термиялық және механика-термиялық өңдеу басқару аспабы ретінде. Құрылым мен қасиеттердің бағытты қалыптасуының технологиялық процестерін өңдеу кезіндегі технологиялық мәселелерді қабылдауы мен қолданыстың ғылыми-әдістемелік базасы.

**Күтілетін нәтижелер:** Құрылым мен қасиеттерін қалыптастыруға бағытталған технологиялық процестерді жасауда технологиялық шешімді қабылдау және іске асырудың ғылыми-әдістемелік базасын қалыптастыру.

**Постреквизиттері:** «Материалдар қасиеттерін бағытты қалыптастырудың ғылыми негіздері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **NMVP – Жоғары беріктігімен нанокристалдық материалдар – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы проблемалары. Материалдар сапасы мен сенімділігін басқару.

**Оқыту мақсаты:** наноматериалдардың беріктік қасиеттерін жоғарылатуға әкелетін процестер, беріктеу механизмдері және осы негіздегі беріктігі жоғары материалдарды арудың тиімді технологиясын жасау бойынша қажетті көлемде білім алу.

**Қысқаша мазмұны:** Нанокристалдық құрылымдар – конструкциялық материалдарды дамытудың жаңа бағыттары. Нанокристалдық материалдар: алу әдістері және қасиеттері. Компактты нанокристалдық материалдарды алу. Нанокристалдық материалдар беріктігі және түрлі өлшемді түйіршікті материалдардың механикалық қасиеттері. Жоғары беріктігі, қаттылығы және тұтқырлығы бар аустенитті құрылымды нанокристалдық материалдар және оларды дайындау. Нанокристалдық материалдардың жоғары беріктігі және асқын пластикалылығы. Нанокомпозиттер. Асқын торлар. Нанокеукті материалдар. Наноаэрогельдер.

**Күтілетін нәтижелер:** білуі керек: беріктігі жоғары нанокристалдық материалдарды алу технологиясын, БЖНМ өндіру технологиясы мен оның сапасы арасындағы байланыстарды; беріктігі жоғары жаңа нанокристалдық материалдарды жасауда және қолданылып жүрген дәстүрлі материалдарды тәжірибеде орынды пайдалану үшін алған білімдерін қолдана білу керек.

**Постреквизиттері:** «Жоғары беріктігімен нанокристалдық материалдар» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **NN7315 Нанокомпозиттер және нанокерамика – 3 кредит**

**Пререквизиттер:** FSSPR7215 Төмен өлшемділік құрылымының физикалық қасиеті.

**Оқыту мақсаты:** Нанокомпозиттер және нанокерамика сияқты материалдарды оқып үйрену, олардың қасиеттері, алу әдістері және қолданылуы.

**Қысқаша мазмұны:** Нанокомпозиттер бұл көп фазалы қатты материал, онда бір фаза, немесе құрылым, нанодиапазонда (100 нм дейін) кристаллиттердің (дән) орташа

өлшеміне ие болады, әр түрлі фазалар арасында қайталанатын аралық наноөлшемге ие болады. Кең мағынада бұл анықтама қуысты орта, коллоидтарды, гелдер мен сополимерлерді біріктіреді, бірақ көптеген жағдайда құрылымы мен химиялық түзілуіндегі айырмашылығы болғандықтан қасиетімен бөлінетін нано өлшемді фазамен массивті матрицаның қатты жиынтығын белгілеу үшін қолданылады. Нанокөпозиттердің механикалық, электрлік, термиялық, оптикалық, электрохимиялық, каталикалық қасиеттері құрайтын материалға байланысты ажыратылады. Механикалық мағынада нанокөпозиттердің қарапайым көпозиттерден ерекшелігі бет ауданының күшейтуші фаза көлеміне өте жоғары қатынасымен және/немесе сипаттаушы өлшемдердің өте жоғары қатынасымен ерекшеленеді. Күшейтуші материал мынадай бөліктерден туруы мүмкін (мысалы, минералдар), жапырақша немесе талшық (мысалы нанотүтікше.)

**Күтілетін нәтижелер:** Тәжірибелік зерттеулер жүргізу және олардың нәтижелерін өңдей білуін мен машығын қалыптастыру.

**Постреквизиттер:** кәсіптік және арнайы пәндер.

### **PPNN7316 нанобөлшектер және наноматериалдарды алу процестері –** **3 кредит**

**Пререквизиттер:** төменгі өлшемді құрылымдар физикасы.

**Пәнді оқыту мақсаты:** төменөлшемді құрылымдардың, беттегі және бет қабаттарындағы процесстердің құралу процесстерін мағынасын ашу.

**Қысқаша мазмұны:** «нанобөлшектер және наноматериалдарды алу процестері» пәні синтез және морфологияның анализі туралы, наноматериалдардың химиялық және фазалық құрамының құрылымдары, наноқұрылымдар және наноматериалдардың синтезінің химиялық, физикалық және биологиялық әдістері туралы білім алу мүмкіндігі жайында, қажетті өлшемді және пішінді наноқұбырларды алу үшін бақыланатын өсулер әдістері туралы, пленкалар мен төсеніштерді, массивті наноқұрылымданған және микрокеуектік материалдар синтездеу әдістері жайында, нанобөлшектер дисперсиясының қалыпқа келуі және наноқұрылымдардың пленкалар мен көлемдік құрылымдардағы реттелуі туралы көзқарасты береді.

**Күтілетін нәтижелер:** теориялық және тәжірибелік-практикалық есептерді шеше білу және машықтануды қалыптастыру, нанобөлшектер және наноматериалдарды алудың әртүрлі әдістерінің жетістіктері мен міндеріне талдау жасау, нанообъектілер және наноматериалдар синтезінің рациональды әдістерін таңдау.

**Постреквизиттер:** кәсіби және арнайы пәндер.

## ONM – Көлемдік наноматериалдар – 3 кредит

**Пререквизиттер:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** әртүрлі көлемдік наноматериалдарды алу шарттары мен әдістеріне, оның құрылымы мен физика-химиялық қасиеттерінің арасындағы байланыстары бойынша жоғары білімін қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** Алу технологиясына байланысты наноматериалдардың түрлері мен олардың сипаттамалары. Көлемді наноматериалдарды алу шарттары, құрылысы және қасиеттері. Көлемді наноматериалдар алудың негізгі бағыттары: аморфтық материалдардың бақылануымен кристалдануы, ультрадисперстік ұнтақтарды тұтастыру, түйіршіктердің қалыпты мөлшері бар материалдардың интенсивтік пластикалық деформациясы. Әртүрлі алу әдістердің ерекшеліктері, қондырғылар сызбалары, қолданылатын жабдықтар. Нанокұрылыстардың моделдері, ерекше қасиеттері, бірегей қолдану мүмкіндіктері. Наноқабыршықтар. Наносымдар және наноталшықтар. Бейметалды көлемді наноматериалдар.

**Күтілетін нәтижелер:** докторант білім алуы тиіс: жаңа сапалық қасиеттерге, функционалдық және эксплуатациялық сипаттамаларға ие ультрадисперстік материалдар туралы; нанокристалдық көлемдік материалдарды алудың технологиялық принциптері туралы; наноматериалдар зерттеу әдістері мен қолдану аймағы туралы;

Болуы тиіс: кәсіптік қызмет негізі ретіндегі нанотехнологиялар мен наноматериалдар аймағынан ғылыми білімді, эксперименталдық-тәжірибелік шеберлік пен дағдылықты пайдалану шеберлігі; зерттеу есебін шешу үшін қазіргі заманғы эксперименталдық және ақпараттық технологияларды қолдана алуы керек.

**Постреквизиттері:** «Нанодисперсті материалдардың құрылымы мен қасиеттері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## UNM – Көміртекті наноматериалдар – 3 кредит

**Пререквизиттер:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** білім алушылар әртүрлі көміртекті наноматериалдарды алудың физика-химиялық негіздерін, жалпы ғылыми принциптерін, қасиеттері мен пайдалану жолдарын бойынша терең білім алуы.

**Қысқаша мазмұны:** Нөл өлшемді нанокұрылым. Бір өлшемді нанокұрылым. Бір өлшемді нанокұрылымды материалдар. Бір өлшемді нанокұрылымды түзілуі. Тубулярлы нанокұрылым. Көміртекті нанотүтікшенің ашылу тарихы. Көміртекті нанотүтікшенің құрылымы. Көп қабырғалы нанотүтікше. Нанотүтікшенің өсу механизмі. Көміртекті нанотүтікшенің синтезі. Көміртекті нанотүтікшенің физикалық құрамы. Екі өлшемді нанокұрылымдар. Газды фазада жұқа қабыршақтың отыруы. Жұқа қабыршақты өсірудің кинетикалық және термодинамикалық процесстері. Үш өлшемді нанокұрылымдар. Наножүйенің магниттік қасиеттері. Супермагнетизм. Наножүйенің



механикалы қасиеттері. Түйіршікаралық шекараның құрылымы. Наноматериалдар механикалық қасиеттеріне фаза бөлшегінің шекарасына әсері. Коллоидты нанореактор.

**Күтілетін нәтижелер:** Оқу нәтижесінде докторант білімі болуы тиіс: көміртекті материалдар нанотехнологиясы негізінде жатқан іргелі принциптер мен физикалық эффектілер туралы; фуллерендер мен көміртекті нанотүтіктер сипаттамалары мен мүмкіндіктері; көміртекті наноматериалдарды синтездеу, зерттеу және қолдану әдістері туралы;

Болуы тиіс: кәсіптік қызметінің негізі болатын нанохимия саласы жағынан ғылыми білімді, эксперименталдық-тәжірибелік шеберлік пен дағдылықты пайдалану шеберлігі; зерттеу есебін шешу үшін қазіргі заманғы эксперименталдық және ақпараттық технологияларды қолдана алуы керек.

**Постреквизиттері:** «Көміртекті наноматериалдар» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **EMFM – Функционалдық материалдарды зерттеудің эксперименталдық әдістері – 3 кредит**

**Пререквизиттер:** Жаңа материалдар. Материалтанудың фундаменталдық проблемелары

**Оқыту мақсаты:** температура, қысым, электрлік және магниттік өрісі, ядролық сәулелену, қоршаған ортаның химиялық құрамы және т.б. сыртқы әсерлер ықпалымен сипаттамалары тез және қайта қалпына келтіру қабілеттеріне сай сипаттама беретін функционалдық материалдар туралы білімін тереңдету және нақтылау.

**Қысқаша мазмұны:** «Функционалды материалдарды зерттеудің тәжірибелік әдістері» пәнін оқытудың мақсаты сыртқы әсерлердің есебінен (температура, қысым, электрлік және магниттік өрістер, ядролық сәуле шығару, қоршаған ортаның химиялық құрамы және т.с.с.) өздерінің сипаттамаларын жылдам және қайтымды өзгерте алатын функционалдық материалдар жайлы білімдерді тереңдету және нақтылау. Аталған ерекшеліктер осы материалдарды химиялық-аналитикалық зерттеулердің маңызды объектісіне айналуы.

**Күтілетін нәтижелер:** білуі тиіс: функционалдық, соның ішінде наноөлшемді материалдарды зерттеу әдістерінің физикалық негіздерін; материалдарды талдаудың дәстүрлі және замануға әдістерінің топталуын, талдаудың негізгі этаптарының жалпы сипаттамаларын, химиялық зерттеулерді құру принциптері мен әдістемелерін, қатты денелерде жүргізілетін зерттеу әдістерінің осы заманғы метрологиялық негіздері мен физика-химиялықталдануын.

Материалдардың кең түрін, өзіндік ғылыми-зерттеу қызметінде қолданған объектілерді талдау үшін алған білімі мен дағдыларын пайдалана білуі тиіс; кең шектерде физика-химиялық қасиеттерін интерпретациялау, моделдеу және болжау үшін

наноматериалдар мен нанотехнологиялар аймағында алған білімі мен дағдысын пайдалана білуі тиіс.

**Постреквизиттері:** «Функционалдық материалдарды зерттеудің эксперименталдық әдістері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **ASNZM7320 Атомды-күштік және туннельді зондтық микроскопия – 3 кредита**

**Пререквизиттер:** Кристаллофизика

**Пәнді оқыту мақсаты:** қатты денелердің қалыптасу процесстерінің және құрылымының, қатты денелердің бетіндегі, бетқабаттарындағы және көлеміндегі процесстердің мағынасын ашу.

**Қысқаша мазмұны:** «Атомды-күштік және туннельді зондтық микроскопия» пәні кеңістіктік өткізгіштігі жоғары өткізгіш беттердің рельефін өлшеу үшін арналған. Қазіргі уақытта бет және жұқа пленкалық технологиялар физикасы аймағына жататын зерттеулердің барлығы зондтық микроскопия әдістерін қолданусыз өтпейді.

**Күтілетін нәтижелер:** эксперименттік зерттеулерді жүргізе білу және олардың нәтижелерін өңдей білуді игеру және машықтануды қалыптастыру.

**Постреквизиттер:** кәсіби және арнайы пәндер.

### **DMPNM7321 нанокұрылымды материалдардағы пластикалықтың ақаулары және механизмдері – 3 кредит**

**Пререквизиты:** PhLd3.1.2 төменгі өлшемді жүйелердің физикасы және технологиясы.

**Пәнді оқыту мақсаты:** аморфты, кристалдық және нанокұрылымды квазикристалдық қатты денелер сияқты жаңа перспективті материалдардағы пластикалық деформацияның бастапқы сатылары кезіндегі құралатын ақаулардың және олардың ансамблдерінің теориялық модельдерін қарастыру.

**Қысқаша мазмұны:** металл әйнектердегі дислокациялы-дисклинациялық әсерлесулері қарастырылады, аморфты және нанокристалды материалдардың, сондай-ақ солардың негізіндегі композиттердің аққыштық шегіне бағалаулар келтірілген. Нано- және поликристалды қатты денелердегі пластикалық деформация процесі кезіндегі, алынған материалдардың шекараларындағы дисклинация эволюциясының зерттеулер нәтижелері аталықланады. Поликристалдардағы және нанокұрылымды қабатты композиттердегі (кернеулі асқын торлардағы) фазааралық шекаралардағы үштік түйістердегі материаларалық шекаралардағы

қаттыфазалыаморфизация шарты қарастырылады.

**Күтілетін нәтижелер:** докторанттарда нанокұрылымды материалдардағы ақаулар және пластикалылық механизмдері туралы көзқарас қалыптастыру.

**Постреквизиттер:** кәсіби және арнайы пәндер.

### **MNK – Металдық нанокластерлер – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы мәселелері. Материалдардың фундаменталдық мәселелері

**Оқыту мақсаты:** табиғатта таралған нанокластерлердің түзілу процестерін, олардың термодинамикалық заңдарын, реттелу және өзіндік ұйымдастырылу құбылыстарын оқып, игеру.

**Қысқаша мазмұны:** Қатты денедегі электрондардың жүрісі туралы негізгі мәліметтер. Нанокластерлер және нанокұрылымдар топтамасы. Реттелген және ретсіз кластерлер. Жеке нанобөлшектер қасиеттері. Қыры орталықтанған торы бар нанобөлшектер. Наноөлшемді металды кластерлер. Металды кластерлердің адсорбциондық, каталитикалық, магниттік, механикалық және басқа да қасиеттері. Магиялық сандар. Нанобөлшектерді теориялық модельдеу. Құрылымның қалыптасуының негізгі заңдылықтары. Геометриялық және электрондық құрылым. Реакциялық мүмкіншілігі. Магнитті кластерлер. Металдық нанокластерлерді алудың қазіргі заманғы технологиялары. Нанокластерлерді зерттеу әдістері.

**Күтілетін нәтижелер:** докторанттар білуі тиіс: нанокластерлер және осы негізде нанокұрылымдарды алудың негізгі тәсілдерін; қатты денелік химиялық әрекеттесулерді; нанокластерлер мен нанокұрылымдардың жылулық қасиеттерін; нанобөлшектердің өзіндік ұйымдасқан массивтерінің құрылымын талдауды.

білуі тиіс: зерттеу жүргізуді, ақпараттық қамтамасыз етуді, сондай-ақ жүйелік және салыстырмалы талдауды ұйымдастыруды; алған базалық ғылыми-теоретикалық білімін ғылыми және тәжірибелік есептерді шешуде қолдана; нанокластерлер координатын есептеу алгоритмдерін, атом және электрондық құрылымдарды, нанокластерлердің физикалық қасиеттері мен мұндағы физикалық құбылыстарды зерттеу әдістері бар ғылыми-әдістемелік аппаратты қолдана;

**Постреквизиттері:** «Металдық нанокластерлер» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## **FSSNP – Жіңішке қабыршақтардың құрылымы мен қасиеттерінің қалыптасуы – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Материалдардың фундаменталдық мәселелері

**Оқыту мақсаты:** наноқабыршақ құрылымын қалыптастыруда жүретін негізгі процестері туралы және наноқұрылымдалған материалдардың морфологиялық, оптикалық, физика-механикалық қасиеттерін зерттеуде терең білім алу, наноматериалдар алу мен қолданудың негізгі әдістеріндегі іргелі физика-химиялық процестері мен құбылыстарын мамандық бойынша тәжірибелік қызметте пайдалануға дағдылану.

**Қысқаша мазмұны:** Нанообъектер топтамасы. Нанообъектің өлшемдік қабілеті және оның қасиеті. Қатты денелі нанокластерлердің және наноқұрылымдардың қалыптасуы. Механохимиялық өзгерістер. Соққылы-толқынды синтез. Аморфты құрылымдарды кристалдандыру жолымен наноқұрылымдарды алу. Нанокластерлер консолидациясы. Наноқабыршақтың құрылымдық ерекшелігі. Жұқа қабыршақтар. Наноқабыршақты алу әдістері мен технологиялары. Наноқұрылым-дардағы ақаулар мен кернеулер. Металды-полимерлі қабыршақтар. Наноқұрылымдық жабындылардың функциональдық қасиеттері. Нанокластерлер мен наноқұрылымдардың механикалық қасиеттері. Электрлік қасиеттері. Нанокластерлер мен наноқұрылымдардың жылулық қасиеттері. Қорғаушы жабындылар. Қатты композитті жабындылар. Аса жұқа жабындылар. Жұқа наноқабыршақтарды қолдану аймағы.

**Күтілетін нәтижелер:** наноқабыршақ алу тәсілдері, қасиеттерін зерттеу; бөліну шекарасы және беттік термодинамиканы; қазіргі кездегі наноқабыршақтар мен құрылымдарды алатын технологиялық процестер негіздерін; қалыптастырылатын наноөлшемді құрылымдар параметрлері мен қасиеттерін бақылаудың тиімді әдістері туралы білім алу тиіс;

Зерттеу жүргізуді, ақпараттық қамтамасыз етуді, сондай-ақ жүйелік және салыстырмалы талдауды ұйымдастыруды; наноматериалдардың негізгі сипаттамалары мен параметрлерін талдауды білуі тиіс;

Алған базалық ғылыми-теоретикалық білімін ғылыми және тәжірибелік есептерді шешуде қолдана; кәсіптік қызметіне байланысты теоретикалық және тәжірибелік есептерді шеше алуы, логикалық, жаңарту және жүйелік ойлау дағдысын пайдалана алуы тиіс.

**Постреквизиттері:** «Жіңішке қабыршақтардың құрылымы мен қасиеттерінің қалыптасуы» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## **AVPZ – Коррозияға қарсы күресудің маңызды мәселелері – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Наносистемалардың жалпы мәселелері. Коррозия және металдарды қорғау.

**Оқыту мақсаты:** коррозиялық-белсенді және агрессивті орталарды жұмыс жасайтын жабдықтардың сенімділігін қамтамасыз ету бойынша теориялық және тәжірибелік сұрақтарды өзінше шешуге докторанттарды дайындау.

**Қысқаша мазмұны:** Әртүрлі орталардағы материалдардың коррозиялық процестерінің ерекшеліктері. Түрлі орталардағы коррозиялық процестердің ерекшеліктері. Әртүрлі орталарда коррозия әсерінен материалдарды белсенді қорғаудың негізгі әдістері. Анодты және катодты поляризациялық процестер. Анодты қорғау әдісі. Коррозияға тұрақты легіріленген болаттар. Оксидтеу әдісі. Сыртқы токтан катодты қорғау әдісі. Анодты тоқты әкетушілер. Қорғаушы потенциал және қорғаушы ток тығыздығы. Коррозиядан металды протекторлы қорғау. Протекторлар және активаторлар. Зерттеу әдістерін тиімді етіп таңдау.

**Күтілетін нәтижелер:** білуі керек: әртүрлі ортада жүретін коррозиялық процестердің ерекшеліктерін; коррозия жылдамдығын бағалау және бақылаудың негізгі әдістерін; қолдану шартына байланысты қорғау әдістерін;

Істей алуы керек: коррозиялық процестердің жүруін талдауды; қойылған ғылыми және тәжірибелік мәселелерді шешуді; нақты жағдайда коррозияға қарсы тұру қабілетін жақсарту мақсатымен жабдықтарды дұрыс таңдауды білуі керек.

**Постреквизиттері:** «Коррозияға қарсы күресудің маңызды мәселелері» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **PGP 7324 Шалаөткізгішті гетероқұрылымдар және оларға негізінделген аспаптар - 3 кредит**

**Пререквизиттер:** PhLd3.1.2 төменгі өлшемді жүйелердің физикасы және технологиясы.

**Пәнді оқыту мақсаты:** докторанттарда қос гетероқұрылымдардың түрлері және қасиеттері, оларды алу әдістері және электроникада қолдану әдістері жайында заманауи ғылыми көзқарасты қалыптастыру. Заманауи өлшеу қондырғыларында эксперименттік зерттеулерді жүргізуді және олардың нәтижелерін өңдей білуді қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** «Шалаөткізгішті гетероқұрылымдар және оларға негізінделген аспаптар» пәні «Наноматериалдар және нанотехнологиялар» мамандығының, «наноэлектроника және микроэлектроника» мамандығы бойынша Ph.D докторанттарын ғылыми-зерттеу саласына дайындау кезіндегі кәсіптік пән болып табылады. «Шалаөткізгішті гетероқұрылымдар және оларға негізінделген аспаптар» пәні қаттыденелі гетероқұрылымдардың түрлері, оларды дайындау технологиясы және гетероқұрылымдарды наноэлектроника және оптоэлектроника аспаптарында қолдану жайында көзқарас береді.

**Күтілетін нәтижелер:** докторанттар үшін қаттыденелі гетероқұрылымдардың құралу процесінің мағынасы және олардың физикалық қасиеттері ашылатын болады. Квантты сымды және квантты нүктелі гетероқұрылымдарды қарастыруға қатысты

теориялық және экспериментті-практикалық есептерді шеше білу және оған машықтануды қалыптастыру.

**Постреквизиттер:** кәсіби және арнайы пәндер.

### **ФКУа7325 Кинетикалық құбылыстар физикасы– 3 кредит**

**Пререквизиттер:** конденсирленген күйлер физикасы, кванттық механика негіздері, «Термодинамика, статистикалық физика және физикалық кинетика».

**Пәнді оқыту мақсаты:** технологиялық құрылғылардағы, табиғатта жүріп жатқан көптеген құбылыстармен танысу. Өртүрлі құбылыстарды, біртекті емес жүйелердегі құбылыстар сияқты құбылыстардың құралуының жалпылама механизмі негізінде сипаттаудың жалпылама әдістерін зерттеу. Докторанттарда алған білімдерін техникалық физиканың жаңа проблемаларын шешу және қалыптастыру кезінде қолдану қабілетін қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** «Кинетикалық құбылыстар физикасы» пәні біртекті емес жүйелерді зерттеудегі маңызды кезең болып табылады. Кинетикалық құбылыстар микробөлшектердің жылулық қозғалатындығынан ғана пән ретінде қалыптасады, ал осы құбылыстардың физикасы немесе физикалық табиғаты осы курсты зерттеудің негізі болып табылады. Осы курстан ақты денелерде орын алатын құбылыстар қарастырылады. Осы құбылыстар белгілі және жаңа технологиялардың негізі болып табылады. Бір курс шеңберінде осындай құбылыстарды зерттеу жалпы физикалық механизмін анықтауға мүмкіндік береді, белгілі құбылыстарды бақылаудың және теориялық сипаттаудың әдістерін игеруді және осы негізде жаңа технологияларды құрастыру кезіндегі қолданылатын жаңа құбылыстарды болжау.

**Күтілетін нәтижелер:** біртекті емес жүйелердің зерттеулер әдістерін игеру. Заманауи ғылымның теориялық және практикалық есептерін шешудің бірыңғай жолын жасау, физико-техникалық есептерді шешудің жалпы орнатылған жүйесін құрастыру, заманауи ғылымның әдістерін игеру, техникада практикалық қолдану үшін жарамды жаңа процестерді анықтау.

**Постреквизиты:** ғылыми зерттеулер үшін теориялық негіздер. Докторлық диссертацияны дайындау.

### **АКСІМ – Наноматериалдарды құрылымдық зерттеу және аналитикалық бақылау – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** нанокұрылымды материалдарды аналитикалық бақылау тәсілін бақылау әдісін дамыту негізінде наноөлшемді материалдардың құрылымдарының түзілу процестерін шығармашылық қызметі жүзінде белсендіру.

**Қысқаша мазмұны:** Пәнді оқытудың мақсаты– наноматериалдардың құрылымын зерттеуде пайдаланатын аналитикалық бақылау әдістерін оқып-үйрену және меңгеру болып табылады. Пәнді оқытудың міндеті – сапалық және сандық талдаудың негізгі әдістерінің тәжірибелік амалдарын қолдана отырып, аналитикалық химияның маңызды аспаптары мен қондырғыларының жұмыс істеу принципімен таныстыру. Бұл пән наноматериалдарды синтездеу және талдау аймағының мамандарын дайындауда ең маңыздыларының бірі болып табылады.

**Күтілетін нәтижелер:** Курс нәтижесінде докторант нанотехнологияның негізгі принципі туралы білімге қол жеткізуі қажет, наножүйені және наноматериалдарды қалыптандыру; нанокұрылымды материалдарды зерттеу әдісін қазіргі диагностика бағытымен тағайындау; жаңа материалдарды өңдеу кезеңін қарастыруда алған білімін қолдана алу керек, сонымен қатар наноматериалдар және нанотехнологияны тәжірибеде қолдануға бағытталған.

**Постреквизиттері:** «Наноматериалдарды құрылымдық зерттеу және аналитикалық бақылау» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

### **BMNS – Наножүйедегі биоматериалдар – 3 кредит**

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқу мақсаты:** синтетикалық және табиғи биополимерлер, полимерлік табиғаттағы наноматериалдар туралы замануға ғылым негізін құрайтын нанодисперстік жүйелердегі ролі бойынша білім жүйесін қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** Пәнде синтетикалық және табиғи биополимерлік, олардың нано-дисперсті жүйесіндегі орны, қазіргі заман ғылымы саласының негізі – табиғи полимерлі наноматериалдар туралы негізгі түсініктеме береді. Поликомплекті материалдардың қасиеті, оларды алу әдістері, синтетикалық полиэлектролитті кешенді (СПЭ) белсенді ионды беткі қабаттағы (ПАВ) (ПА) ПАВ-пен, биополимерлердің детергенттерімен кешенін қарастырады. Поликешендер көмігімен наножүйе құрылымының принциптерін түсіндіреді. Нанобөлшекті биоматериалдар енгізілген наножүйені модификациялау, иммобилденген макро және полимерлі нанобөлшектер, физиологиялық-белсенді биоматериалдарды алу әдістерін қарастырады.

**Күтілетін нәтижелер:** наноғылымның коллоидтық химиямен байланысы және беттік-белсенді заттары бар суда еритін полимерлер (синтетикалық және табиғи) кешені; интерполимерлік кешендер құрастыру принциптері; жаңа наножүйелер жасауда поликешендер түзілу заңдылықтарын пайдалану туралы білім алу тиіс.

**Постреквизиттері:** «Наножүйедегі биоматериалдар» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## DPOINM – Наноматериалдарды зерттеудің тәжірибелік дидактикасы – 3 кредит

**Пререквизиттері:** Жаңа материалдар. Наносистемалардың жалпы мәселелері

**Оқыту мақсаты:** технологиялық білім мен дағдыларын бекіту, материалдарды өңдеу бойынша алған дағдылары мен әдістерін жетілдіру, жоғары оқу орнының білім беру және кәсіби технологиялық қызметке дайындық тәжірбиесін алу.

**Қысқаша мазмұны:** Наноматериалдар мен нанотехнологиялар саласындағы зерттеу жұмыстар үйретудің дидактикалық негіздері. Наноматериалдар және нанотехнологиялар ғылымында қолданылатын дидактика заты. Дидактикалық принциптер, оқу теориялары мен шаралары. Наноматериалдар мен нанотехнологиялар саласындағы білім берудің іскерлік мазмұны. Бағдарламалы, мәселелік, эвристикалық, өнімді және т.б. оқу формалары мен әдістері. Наноматериалдар саласындағы ғылыми пәндерінің фундаменталдық және арнайы білімдерге және тәжірибеген бағыттталып негізделген зерттеу жұмыстарына үйрету тәсілдері. Миға шабуыл, жоба тапсырмалары, тренинг, тестілеу және т.б. технологиялар

**Күтілетін нәтижелер:** материалдарды алу және өңдеу технологиялық процесін және оларды дамыту болашағының мүмкіндіктері туралы білім алу, сонымен қатар болашағы бар материалдарды жобалау және өндірудің қазіргі технологиялары; техникалық сауаттылықты тәрбиелеу және техникалық шеберлілік нысандарымен жұмыс жасау үрдісінде креативтілік, дербестік және белсенділікті дамыту

**Постреквизиттері:** «Наноматериалдарды зерттеудің тәжірибелік дидактикасы» пәнінен алған білімдерін докторанттар ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауда, докторлық диссертациялық жұмыстарын дайындауда және жазуда, сонымен қатар алдағы кәсіби қызметтерінде қолданады.

## EBZN7328 Зондтық нанотехнология негізіндегі элементтік база – 3 кредит

**Пререквизиттер:** Төмен өлшемділік құрылымының физикалық қасиеті.

**Оқыту мақсаты:** Докторанттарда зондтық нанотехнология негізіндегі элементтік база құрылғысы және оның қолданылу тәсілдері туралы заманауи түсінігін қалыптастыру. Заманауи өлшегіш құралдарда тәжірибелік зерттеулер жүргізу және олардың нәтижелерін өңдей білуін мен машығын қалыптастыру.

**Қысқаша мазмұны:** «Зондтық нанотехнология негізіндегі элементтік база» пәні сканерлеуші туннельдік және атомдық-күштік микроскоп базасында зондтық нанотехнологияның физикалық негіздері туралы түсінік қалыптастырады. Негізгі жетістіктер көрсетілген, шешімін талап ететін мәселелер талқыланады.

**Күтілетін нәтижелер:** Тәжірибелік зерттеулер жүргізу және олардың нәтижелерін өңдей білуін мен машығын қалыптастыру.



**Постреквизиттер:** кәсіптік және арнайы пәндер.

**ВУКА7329 Баллистика және космостық аппараттарды басқару –**  
**3 кредит**

**Пререквизиттер:** Жерге жақын кеңістіктегі технологиялық процесстер.

**Оқыту мақсаты:** Докторанттардың космостық ұшу динамикасы бойынша білімдерін жүйелеу, қабілеттіліктерін қалыптастыру және осы білімдерін механиканың жаңа мәселелерін шешуге қолдану.

**Қысқаша мазмұны:** «Баллистика және космостық аппараттарды басқару» пәні «Техникалық физика» мамандығы Ph.D докторанттарының ғылыми-зерттеу еңбегіне теориялық дайындықтың негізі болып табылады. «Баллистика және космостық аппараттарды басқару» пәні космостық ұшу динамикасының әр түрлі аймағындағы процесстердің негізгі заңдылықтар білімінің негізін атқарады. Аталған курста механиканың іргелі түсініктері туралы терең білім беріледі. Пән мынадай бөлімдерден тұрады: КА-ң орбиталық қозғалысы, КА-ң орбитасын анықтау, КА маневрлеу, спутниктік навигация, КА төмендету және қондыру.

**Күтілетін нәтижелер:** Докторанттарда заманауи ғылымның тәжірибелік және практикалық есептерін шешуге физика – техникалық есептердің шешіміне жалпылай келудің құрылымдық жүйесін құру жолымен келу, практикалық қолданысқа жарайтын анықталған жаңа процесстер машығы мен заманауи ғылым әдістерін меңгеру.

**Постреквизиттер:** ғылыми зерттеудің теориялық негіздері. Докторлық диссертацияны дайындау.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН**

**Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева**

## **КАТАЛОГ ЭЛЕКТИВНЫХ ДИСЦИПЛИН**

**специальности**

**6D074000 – «Наноматериалы и нанотехнологии»**

**Алматы 2015**

## ПАМЯТКА ОБУЧАЮЩЕМУСЯ И ЭДВАЙЗЕРУ

Все учебные дисциплины специальности бакалавриата делятся по циклам (ООД, БД, ПД), магистратуры и докторантуры (БД,ПД), модулям, внутри которых они разделяются на обязательные и элективные (по выбору) дисциплины. Перечень обязательных для изучения дисциплин приводится в типовом учебном плане специальности (ТУПл). Перечень элективных дисциплин для каждого курса специальности представляется в каталоге элективных дисциплин (КЭД), который является систематизированным аннотированным перечнем дисциплин по выбору специальности. КЭД должен давать (обеспечивать) обучающимся возможность альтернативного выбора элективных учебных дисциплин в соответствии с выбранной траекторией обучения.

На основании ТУПл и КЭД формируется индивидуальный учебный план (ИУП) обучающегося на учебный год. Помощь бакалаврам и магистрантам при составлении ИУП оказывает эдвайзер, назначенный выпускающей кафедрой. Докторанты ИУП составляют самостоятельно. ИУП определяет индивидуальную образовательную траекторию каждого обучающегося в рамках специальности. В ИУП включаются дисциплины обязательного компонента и виды учебной деятельности (практики, исследовательская работа, государственный (комплексный) экзамен, написание и защита дипломной работы (проекта), диссертации) из ТУПл и дисциплины компонента по выбору из КЭД.

В помощь бакалаврам образовательной траектории, ориентированной на конкретную сферу деятельности с учетом потребностей рынка труда и работодателей, в рамках КЭД должен быть представлен перечень дисциплин, гарантирующий обучающимся целенаправленное освоение намеченной образовательной программы.

При выборе элективных дисциплин необходимо учитывать следующее:

1 В одном семестре студент очной формы обучения должен освоить 18-22 кредита (обязательных и элективных), дистанционной формы – 9-12 кредитов (обязательных и элективных), без учета дополнительных видов обучения (ДВО), которые являются обязательными для изучения.

2 Общее количество кредитов за весь период обучения не должно превышать указанное в ТУПл специальности количество.

3 Элективные дисциплины объединены в группы по выбору с соответствующим номером. Из каждой группы дисциплин можно выбрать только одну элективную учебную дисциплину.

**Специальность 6D074000 – «Нanomатериалы и нанотехнологии»**

**Ученая степень – доктор философии (Ph.D.)  
по специальности Nanomатериалы и нанотехнологии**

**1**  
**(курс обучения)**

№	Наименование модуля	Цикл дисциплины	Код дисциплины	Наименование дисциплины	Кол-во кредитов	Семестр
	<b>Модуль основы нанотехнологий и наноматериалов</b>	БД 1.2.1.1	MPNM	Методы получения наноматериалов	3	1
		БД 1.2.1.2	MLK	Молекулярные лигандные кластеры	3	1
		БД 1.2.1.3	VDPPhChSM	Влияние дисперсности на физико-химические свойства материалов	3	1
		БД 1.2.1.4	FTNS7302	Физика и технология низкоразмерных систем	3	1
		БД 1.2.1.5	TON7205	Теоретические основы наноплазмоники	3	1
1	<b>Модуль физико-химических особенностей наноструктурных наноматериалов</b>	БД 1.2.2.1	SSNDM	Структура и свойства нанодисперсных материалов	3	1
		БД 1.2.2.2	FHONM	Физико-химические основы наноструктурированных материалов	3	1
		БД 1.2.2.3	TOPSONM	Теоретические основы подготовки специалистов в области наноматериалов	3	1
		БД 1.2.2.4	NE7209	Нанотехнологии в электронике	3	1
		БД 1.2.2.5	MPEMIN 7210	Методы просвечивающей электронной микроскопии в исследовании наноструктур	3	1
		БД 1.2.3.1	INT	Инструменты нанотехнологий	3	1
		БД 1.2.3.2	VETOM	Высокоэнергетические технологии обработки материалов	3	1
		БД 1.2.3.3	ISNI	Информационные системы в научных исследованиях	3	1
		БД 1.2.3.4	MZMIN 7214	Методы зондовой микроскопии в исследовании наноструктур	3	1
		БД 1.2.3.5	FSSPR7215	Физические свойства структур пониженной размерности	3	1
2	<b>Модуль нанохимии и наноматериалов</b>	БД 1.3.1.1	KMNS	Компьютерное моделирование наноструктур	3	1
		БД 1.3.1.2	CSNT	Коллоидные системы в нанотехнологиях	3	1
		БД 1.3.1.3	TNO	Теория научного образования	3	1
		БД 1.3.1.4	ON7219	Оптика наноструктур	3	1
		БД 1.3.1.5	ON7220	Оптические наноустройства	3	1
		БД 1.3.2.1	NTHP	Нанотехнологии в химической промышленности	3	1

		БД 1.3.2.2	FNМОР	Функциональные наноматериалы органической природы	3	1
		БД 1.3.2.3	NPIONТ	Научно-педагогическая инноватика в области нанотехнологии	3	1
		БД 1.3.2.4	SMVF7224	Современные методы вычислительной физики	3	1
		БД 1.3.2.5	KM7225	Компьютерное моделирование	3	1
3	<b>Модуль наноматериалов функционального назначения</b>	ПД 2.2.1.1	NFP	Наноразмерные функциональные покрытия	3	2
		ПД 2.2.1.2	MPP	Материаловедение полупроводников	3	2
		ПД 2.2.1.3	SMIPSONТ	Научно-методический инструментарий подготовки специалистов в области нанотехнологии	3	2
		ПД 2.2.1.4	FOTNN 7304	Физические основы технологии нанокластеров и наноструктур	3	2
		ПД 2.2.1.5	ESTT7306	Электронная структура твёрдых тел	3	2
		ПД 2.2.2.1	NPNK	Нанопорошки и нанокompозиты	3	2
		ПД 2.2.2.2	MDAN	Методы диагностики и анализа наноматериалов	3	2
		ПД 2.2.2.3	ASNP	Адгезионные свойства наноструктурных покрытий	3	2
		ПД 2.2.2.4	NRUN7310	Наноалмазы и родственные углеродные наноматериалы	3	2
		ПД 2.2.2.5	UNN7311	Углеродные нанокластеры и наноструктуры	3	2
		ПД 2.2.3.1.	FUNT	Фуллерены и углеродные нанотрубки	3	2
		ПД 2.2.3.2	NONFSM	Научные основы направленного формирования свойств материалов	3	2
		ПД 2.2.2.3	NMVP	Нанокристаллические материалы высокой прочности	3	2
		ПД 2.2.2.4	NN7315	Нанокompозиты и нанокерамика	3	2
		ПД 2.2.2.5	PPNN7316	Процессы получения наночастиц и наноматериалов	3	2
4	<b>Модуль низкоразмерных систем и современных технологий</b>	ПД 2.2.4.1	ONM	Объемные наноматериалы	3	2
		ПД 2.2.4.2	UNM	Углеродные наноматериалы	3	2
		ПД 2.2.4.3	EMIFM	Экспериментальные методы исследований функциональных материалов	3	2
		ПД 2.2.4.4	ASNZM 7320	Атомно-силовая и туннельная зондовая микроскопии	3	2
		ПД 2.2.4.5	DMPNM 7321	Дефекты и механизмы пластичности в наноструктурных материалах	3	2
		ПД 2.2.5.1	MNK	Металлические нанокластеры	3	2
		ПД 2.2.5.2	FSSNP	Формирование структуры и свойств нанопленок	3	2
		ПД 2.2.5.3	AVPZ	Актуальные вопросы	3	2

			противокоррозионной защиты		
	ПД 2.2.5.4	PGP7324	Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе	3	2
	ПД 2.2.5.5	FKYa7325	Физика кинетических явлений	3	2
	ПД 2.2.6.1	AKCINM	Аналитический контроль и структурные исследования наноматериалов	3	2
	ПД 2.2.6.2	BMNS	Биоматериалы в наносистемах	3	2
	ПД 2.2.6.3	DPOINM	Дидактика практикумов в области исследований наноматериалов	3	2
	ПД 2.2.6.4	EBZN7328	Элементная база на основе зондовых нанотехнологий	3	2
	ПД 2.2.6.5	BUKA7329	Баллистика и управление космическими аппаратами	3	2

### MPNM – Методы получения наноматериалов – 3 кредита

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем. Управление качеством и надежность материалов

**Цель изучения:** с основными методами получения наноматериалов, изучение особенностей свойств таких материалов и областей их применения.

**Краткое содержание:** Классификация наноматериалов. Технологии получения наноматериалов: «сверху – вниз» и «снизу – вверх». Методы порошковой металлургии. Методы получения нанопорошков. Методы формования изделий из нанопорошков. Диспергационные методы. Методы с использованием аморфизации. Методы с использованием интенсивной пластической деформации. Технологии, основанные на физических процессах. Физическое осаждение из паровой фазы. Газотермическое напыление. Лазерные методы. Технологии, основанные на химических процессах. Химическое осаждение из паровой фазы. Световая и электронная литография.

**Ожидаемые результаты:** В результате изучения дисциплины «Методы получения наноматериалов» докторанты должны знать: базовые принципы получения наноструктурированных материалов прогрессивными методами и синтеза наноразмерных материалов, их свойства и области их применения; моделирование физических, химических и технологических процессов; прогнозирование свойств материалов и эффективности процессов;

должны уметь осуществлять выбор материалов для изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований; разрабатывать технологические процессы и анализировать технологический цикл получения и обработки материалов.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Методы получения наноматериалов», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### MLK – Молекулярные лигандные кластеры – 3 кредита

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем.

**Цель изучения:** изучение теоретических основ кластерообразования, самосборки и самоорганизации наноструктур, для описания строения кристаллической и электронной структуры наносистем с использованием современных физических моделей с положительной и отрицательной корреляционной энергией.

**Краткое содержание:** Нанокластерные системы. Методы получения и классификация нанокластеров. Способы организации (самоорганизации) нанокластеров в наноструктуры. Синтез и классификация нанокластерных структур. Молекулярные лигандные кластеры металлов. Газофазные безлигандные кластеры. Наносистемы – надмолекулярные структуры и коллоидные кластеры. Твердотельные кластеры. Изолированные кластеры и их свойства. Молекулярные лигандные кластеры в

растворах. Кластеры углерода. Организация фуллеренов, фуллеридов и фуллереноподобных структур. Формирование наноструктур. Оптические, электрические, магнитные свойства нанокластерных систем.

**Ожидаемые результаты:** получить знание об основных размерных эффектах, возникающих в наночастицах; физических и химических сущностях процессов и явлений, протекающих в микро- и наносистемах; основных методах формирования наносистем из индивидуальных наночастиц с учетом областей их применения.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Молекулярные лигандные кластеры», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **VDPChSM – Влияние дисперсности на физико-химические свойства материалов –** **3 кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем.

**Цель изучения:** приобретение знаний о физико-химических основах изучения ультрадисперсных материалов, методах их получения, основных областях применения, формирование у обучающихся инструментальных, общепрофессиональных и специальных профессиональных компетенций.

**Краткое содержание:** Нанодисперсионные материалы и их физико-химические свойства. Принципы моделирование наноразмерных и ультрадисперсных объектов. Дисперсность и размерные эффекты. Нано- и ультрадисперсные материалы и методы их получения. Влияние дисперсности на термодинамические свойства материалов. Физико-химические явления на межфазной границе. Кинетические свойства дисперсных систем. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Агрегационные процессы в дисперсных системах. Основные области применения ультрадисперсных материалов. Нанодисперсные порошки: методы получения и способы практического применения. Анализ способов и технологий получения нанопорошков и материалов на их основе. Параметры структуры и физические свойства высокопрочного ультралегкого наноматериала. Нанодисперсные полимерные материалы.

**Ожидаемые результаты:** знать основные закономерности влияния дисперсности на термодинамические и кинетические свойства систем, основы физико-химических явлений на межфазной границе, молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем, основные особенности свойств ультрадисперсных материалов, методы их получения и области применения;

уметь проводить определение среднего размера частиц дисперсной фазы, осуществлять измерения рН дисперсий, определять электроповерхностные характеристики ультрадисперсных частиц, интерпретировать получаемые результаты, осуществлять поиск литературных данных по применению ультрадисперсных материалов, на основании физико-химического анализа прогнозировать эффективность применения ультрадисперсных материалов в технологии.



**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Влияние дисперсности на физико-химические свойства материалов», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **FTNS7302 Физика и технология низкоразмерных систем – 3 кредита**

**Пререквизиты:** FKS 2.1.1 Физика конденсированного состояния.

**Цель изучения:** сформировать у докторантов современное научное представление об основах физики низкоразмерных структур, способах их получения и методах использования.

**Краткое содержание:** физика низкоразмерных систем является теоретической базой для разработки приборов и устройств оптоэлектроники, наноэлектроники, информационных систем нового поколения. Рассматриваются квазидвумерные-квантовые ямы, квазиодномерные и квантовые нити и квазинульмерные квантовые точки, принцип размерного квантования и условия наблюдения квантово-размерных явлений, а также особенности функции плотности состояний и статистики носителей заряда в низкоразмерных системах, оптические свойства квантовых ям и кинетические эффекты.

**Ожидаемые результаты:** сформировать умения и навыки решения теоретических и экспериментально – практических задач, касающихся физики и технологии низкоразмерных систем.

**Постреквизиты:** профессиональные и специальные дисциплины.

### **TON7205 Теоретические основы наноплазмоники – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Физика конденсированного состояния

**Цель изучения:** Описать систематически свойства и применение плазмонных колебаний в наночастицах с учетом аналогии между спектрами и волновыми функциями обычных атомов и молекул, с одной стороны и между плазмонными колебаниями в изолированных наночастицах и кластерах наночастиц, с другой стороны.

**Краткое содержание:** Дисциплина «Теоретические основы наноплазмоники» даёт представление о технологиях и методах совмещения нанометровых размеров приборов и сенсоров с оптическими частотами их функционирования, о методах описания плазмонных свойств наночастиц, о методах оценки оптических свойств наночастиц самой различной формы. Новейшие приложения наноплазмоники используются от медицины до электроники, а также воплощены в создании "плащей-невидимок" и "идеальных линз".

**Ожидаемые результаты:** У докторантов будут сформированы умения и навыки решения теоретических задач, связанных с разработкой различных наноустройств, например, сенсоров для применения в биологии и медицине, полностью интегрированных оптоэлектронных наноустройств и др., при решении которых важны как поверхностные плазмоны (плазмоны, распространяющиеся по поверхности раздела "металл-диэлектрик) так и локализованные плазмоны, связанные с колебаниями электронов проводимости в наночастицах.

**Постреквизиты:** профессиональные и специальные дисциплины.

### **SSNDM – Структура и свойства нанодисперсных материалов – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** изучение основ современных методов синтеза и аттестации ультра- и нанодисперсных и керамических материалов и современного состояния проблем формирования свойств материалов на основе твердых материалов для различных современных приборов и устройств.

**Краткое содержание:** Синтез нанодисперсных оксидов металлов. Современные подходы к синтезу нанодисперсных материалов. Научные основы создания материалов с заданными свойствами. Фазовый состав и свойства оксидов металлов. Основные способы синтеза нанопорошков оксидов металлов. Роль прекурсоров на формирование заданных свойств синтезированных материалов. Окисление порошков металлов, их сульфидов или паров металлов кислородом. Термическое разложение гидроксидов металлов, полученных методом осаждения, солей кислородсодержащих кислот – карбонатов, нитратов, сульфатов, а также хлоридов в условиях газофазного и парофазного термолита. Плазменное оксидирование. Электрохимическое окисление. Особенности синтеза нанопорошков в условиях плазмы.

**Ожидаемые результаты:** должен иметь знания о методах получения, структуре химических и физических свойствах твердых оксидов, методах их исследования; об основных процессах, происходящих при внешних физических и физико-химических воздействиях в нанодисперсных материалах.

уметь: применять полученные знания для экспериментальных исследований нанодисперсных материалов, использовать полученные результаты для интерпретации и диагностики нанодисперсных материалов.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Влияние дисперсности на физико-химические свойства материалов», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

## **FNONM – Физико-химические основы наноструктурированных материалов – 3** **кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем. Фундаментальные проблемы материаловедения

**Цель изучения:** активизация познавательной и творческой деятельности докторантов при изучении основ нанотехнологий, основных принципов синтеза наноматериалов и аппаратурного оформления соответствующих процессов получения и изучения свойств наноматериалов.

**Краткое содержание:** Основные понятия о наносостоянии вещества. Особенности наноструктуры. Классификация наноматериалов. Влияние размерных эффектов на физические, механические, химические, магнитные и другие свойства наноструктурных материалов. Квантовые эффекты в системах с низкой размерностью. Фононный спектр. Термодинамика дисперсных систем и малоразмерных систем. Термодинамические основы образования наноструктур. Квантовые эффекты в нанотехнологиях. Квантовое ограничение. Туннелирование. Интерференционные эффекты. Квантовые ямы, квантовые точки, квантовые проволоки.

**Ожидаемые результаты:** в результате освоения дисциплины докторанты должны расширить знания об основных принципах нанотехнологий, формирования наноструктур; понять роль устойчивых нанодисперсных систем в их функционировании в качестве материалов; представлять процессы структурообразования в нанодисперсных системах и поведении их реологических свойств; уметь применять полученные знания при разработке новых наноматериалов, а также для целесообразного использования на практике уже существующих материалов.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Физико-химические основы наноструктурированных материалов», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

## **TOPSONM – Теоретические основы подготовки специалистов в области** **наноматериалов – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цели изучения:** обучение методологии исследовательской деятельности как основы подготовки специалиста-исследователя, а также формирование исследовательского подхода к изучению науки о наноматериалах и нанотехнологий.

**Краткое содержание:** Роль и значение подготовки специалистов исследователей в области наноматериалов. Теоретико-методологические основы организации исследовательской деятельности в контексте подготовки специалистов-исследователей в области наноматериалов. Методология научного поиска. Научно-педагогические основы

обучения исследовательской работе. Научное экспериментирование. Принципы науко-ориентированного обучения. Научно-педагогический инструментарий подготовки специалистов-исследователей в области нанотехнологии и наноматериалов. Фундаментальные, общепринятые и специальные понятия изучаемой отрасли знаний. Методы педагогического проектирования содержания подготовки в области наноматериалов.

**Ожидаемые результаты:** в результате освоения дисциплины, докторанты должны овладеть методологическими основами научного поиска; усвоить научно-педагогических представлений в области подготовки специалистов-исследователей; свободно оперировать теоретическими знаниями и практическими умениями в области нанотехнологий при решении научных проблем.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Теоретические основы подготовки специалистов в области наноматериалов», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **NE7209 Нанотехнологии в электронике – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Физика низкоразмерных систем.

**Цель изучения:** ознакомить с основными понятиями и физическими основами нанoeлектроники, технологическими особенностями формирования наноструктур и элементов нанoeлектроники.

**Краткое содержание:** нанoeлектроника – это область науки и техники, которая включает совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, направленной на теоретическое и экспериментальное исследование, математическое и компьютерное моделирование, проектирование, конструирование, технологию производства, использование и эксплуатацию материалов, компонентов, электронных приборов, устройств, установок вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой, оптической, микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения.

**Ожидаемые результаты:** докторанты научатся планировать и проводить эксперименты по заданной методике, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств.

**Постреквизиты:** PGP7324 Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе.

**MPREMIN7210 Методы просвечивающей электронной микроскопии**  
**в исследовании наноструктур – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Физика конденсированного состояния

**Цель изучения:** формирование у докторанта представлений о физике, технике и возможностях электронномикроскопического анализа, практических навыков работы с аппаратурой и стандартными электронномикро-скопическими изображениями.

**Краткое содержание:** Основные задачи курса - дать докторантам базовые сведения по просвечивающей электронной микроскопии: устройство и основные характеристики прибора, взаимодействие электронов с веществом и теории формирования контраста, интерпретация изображений. Спецкурс базируется на курсах общей физики, квантовой механики, спецкурсах кристаллографии, рентгеноструктурного анализа.

**Ожидаемые результаты:** будут сформированы умения и навыки проведения экспериментальных исследований и обработки их результатов.

**Постреквизиты:** профессиональные и специальные дисциплины.

**INT – Инструменты нанотехнологий – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем. Новые материалы.

**Цель изучения:** усвоение докторантами знаний о физических методах исследования свойств наноматериалов; изучение экспериментальных методов диагностики нано материалов; формирование у докторантов практических навыков экспериментальных исследований и освоение методик обработки результатов экспериментальных исследований наноматериалов.

**Краткое содержание:** История развития нанотехники. Методы исследования нанообъектов. Электронная просвечивающая микроскопия. Электронная сканирующая микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Ближнепольная сканирующая оптическая микроскопия. Зондовая нанолитография. Ядерный магнитный резонанс. Методы исследования механических свойств наноматериалов. Наноиндентер. Нановесы. Нанопинцет. Методы определения химического состава наноматериалов. Спектроскопия. Зондовые лаборатории. Моделирование наноструктур.

**Ожидаемые результаты:**

**знать:** основные процессы, происходящие при внешних физических и физико-химических воздействиях в наноматериалах.

**уметь:** применять полученные знания для экспериментальных исследований наноматериалов, использовать полученные результаты для интерпретации и диагностики наноматериалов.

**владеть:** методиками экспериментальных исследований, методиками обработки результатов измерений.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Инструменты нанотехнологий», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **УЕТОМ – Высокоэнергетические технологии обработки материалов – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем. Управление качеством и надежность материалов.

**Цель изучения:** ознакомление обучающихся с концептуальными закономерностями формирования структуры новых функциональных материалов и актуальными проблемами современного теоретического и экспериментального материаловедения, с новыми подходами и принципами дизайна материалов с заданными свойствами и современными высокоэнергетическими технологиями обработки материалов, а также формирование мировоззрения на основе знания роли науки и техники в развитии общества.

**Краткое содержание:** Высокомодульные источники энергии. Лазерная обработка материалов. Поверхностное термоупрочнение. Плазменное напыление порошковых покрытий. Высокочастотная импульсная обработка сталей. Радиационная обработка материалов (электронно-лучевые технологии). Взрывная обработка материалов. Сварка взрывом. Плакирование труб взрывом. Упрочнение металлов взрывом. Синтез алмазов и регенерация сверхтвердых материалов в ударных волнах. Высокоэнергетическая размерная ультразвуковая обработка деталей. Модифицирование поверхности для снижения шероховатости.

**Ожидаемые результаты:** докторанты должны получить знания о физико-механических, поверхностных, электромагнитных свойствах функциональных материалов, об основных связях между структурой материалов и технологическими процессами, обеспечивающих заданные структуры и свойства функциональных материалов, в том числе наночастиц и нанопокровов.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Высокоэнергетические технологии обработки материалов», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **ИСНИ – Информационные системы в научных исследованиях – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем. Управление качеством и надежность материалов.

**Цель изучения:** формирование систематических знаний в области теоретических основ информатики (хранение, передача и обработка информации) с использованием современных информационных технологий и закрепление теоретических знаний по обработке информации в среде прикладных программ универсального назначения.

**Краткое содержание:** Современные информационные системы. Моделирование процессов и систем. Информационное обеспечение в научных исследованиях. Роль информационных систем и технологий в современной технике. Информационное обеспечение в решении прикладных задач промышленности. Методы математического программирования, математической статистики, типовые задачи и средства моделирования процессов управления. Классификация информационных систем. Структурированные и неструктурированные задачи, типы информационных систем, используемые для решения частично структурированных задач.

**Ожидаемые результаты:**

**знать** возможности и принципы использования современной компьютерной техники;

**уметь:** использовать сетевые и мультимедиа технологии в образовании и науке; применять теоретические знания при решении практических задач, используя возможности вычислительной техники и программного обеспечения;

**владеть:** методами решения специальных задач с применением компьютерных и мультимедиа технологий в профессиональной и научной деятельности в области нанотехнологии.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Информационные системы в научных исследованиях», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

**MZMIN 7214 Методы зондовой микроскопии в исследовании наноструктур – 3 кредита**

**Пререквизиты:** физика конденсированного состояния, основы квантовой механики, физика полупроводников.

**Цель изучения:** формирование у докторантов представлений о физике, технике и возможностях зондовой микроскопии при исследовании наноструктурированных материалов.

**Краткое содержание:** Сканирующая зондовая микроскопия является одним из основных методов анализа и модификации поверхности подложки, который широко используется в области нанотехнологий, при проведении научных исследований физических и химических свойств объектов с высоким пространственным разрешением. Определяется роль сканирующей зондовой микроскопии в сфере нанотехнологий для расширения и углубления возможностей методов и средств исследования наноструктур. Основная цель – формирование у докторанта представлений о зондовой микроскопии и

возможностях электронно-микроскопического анализа, практических навыков работы с аппаратурой и стандартными электронно-микроскопическими изображениями.

**Ожидаемые результаты:** будут сформированы умения и навыки проведения экспериментальных исследований и обработки их результатов.

**Постреквизиты:** профессиональные и специальные дисциплины.

### **FSSPR7215 Физические свойства структур пониженной размерности** **– 3 кредита**

**Пререквизиты:** физика конденсированного состояния, основы квантовой механики

**Цель изучения:** Сформировать у докторантов современное научное представление об основах физики низкоразмерных структур, способах их получения и методах использования. Сформировать умение и навыки проведения экспериментальных исследований на современной измерительной аппаратуре и обработки их результатов.

**Краткое содержание:** Дисциплина «Физические свойства структур пониженной размерности» даёт представление о физических свойствах наноструктурированных материалов, технологии квантово – размерных структур и их применении в приборах микро- и наноэлектроники.

**Ожидаемые результаты:** докторанты получают представление о физико-химических аспектах формирования низкоразмерных структур, их электрических и оптических свойствах.

**Постреквизиты:** профессиональные и специальные дисциплины.

### **KMNS – Компьютерное моделирование наноструктур – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем.

**Цель изучения:** знаний по методам математического моделирования и оптимизации материалов и процессов, освоение практических навыков компьютерного моделирования в материаловедении и освоить процессы проверки, отработки и оптимизации показателей материалов непосредственно за компьютером, а не в ходе экспериментов на производстве.

**Краткое содержание:** Изучение принципов многокомпонентного 3d-проектирования наносистем, компьютерных моделей, используемых для определения оптимальных показателей наноматериалов с учетом их назначения, режимов работы и обработки. Также классификацию методов математического моделирование с помощью вычислительной техники. Системы и средства 3d- проектирования наносистем и нанообъектов в нанотехнологии. Методы расчета, проектирования, конструирования и



модернизации электронной компонентной базы с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств. Задачи дисциплины – формирование знаний, умений и навыков по моделированию наносистем, наноматериалов и наноструктур с новыми функциональными возможностями и по компьютерному проектированию 3D-наносистем (наноустройств).

**Ожидаемые результаты:** в результате освоения дисциплины должны знать: методы решения основных математических задач – интегрирования, дифференцирования, решения линейных и трансцендентных уравнений и систем уравнений с помощью ЭВМ; основные принципы построения математических моделей; основные типы математических моделей.

уметь: использовать основные численные методы решения математических задач; разрабатывать алгоритмы и программы для решения вычислительных задач, учитывая необходимую точность получаемого результата; подбирать аналитические методы исследования математических моделей.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Компьютерное моделирование наноструктур», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### CSNT – Коллоидные системы в нанотехнологиях – 3 кредита

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** изучение докторантами теоретических и экспериментальных основ современной коллоидной химии и нанотехнологии, показать естественнонаучное и философское значение нанохимии, установить роль поверхностных явлений и дисперсных систем в различных отраслях народного хозяйства.

**Краткое содержание:** Дисциплина изучает основные понятия и принципы классификации нанодисперсных систем. Признаки нанодисперсных систем. Теоретическое обоснование правила Траубе –Дюкло. Формирование поверхностных пленок. Применение поверхностных пленок. Коллоидное состояние вещества. Специфика свойств нанодисперсных систем. Смачивание. Краевой угол смачивания. Характеристики смачивания. Эмульсии. Классификация, методы определения их степени дисперсности и типа эмульсий. Методы получения нанодисперсных систем и их очистка. Работа когезии и адгезии. Уравнение Дюпре. Условия смачивания в терминах работы. Эмульгаторы, принципы выбора ПАВ для стабилизации прямых и обратных эмульсий. Термодинамика поверхностных явлений Факторы, влияющие на смачивание реальных поверхностей. Пены. Строение пен и их классификация. Кратность пен. Адсорбция, адсорбционные слои и их влияние на свойства нанодисперсных систем. Теория Лэнгмюра. Основные положения. Влияние электролитов на пенообразующую способность ПАВ

**Ожидаемые результаты:** получать эмульсии и оценивать их устойчивость; определить критическую концентрацию структурообразования в нанодисперсных

системах; знать образование коагуляционной и конденсационной структуры в высококонцентрированных нано- и ультрадисперсных системах.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Коллоидные системы в нанотехнологиях», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **TNO – Теория научного образования – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Педагогика. История и философия науки

**Цель изучения:** освоение базовых категорий и теоретических основ научного образования в контексте организации научных работ; изучение методологических основ диссертационных исследований докторантов; свободное владение научным аппаратом исследовательской деятельности при решении задач современного материаловедения .

**Краткое содержание:** Теория как системное знание об изучаемом круге явлений. Системный характер теоретического знания, проявляющегося в конкретных научных дисциплинах и в междисциплинарных связях. Структура теории, роль эмпирических и теоретических понятий в процессе систематизации научного знания. Анализ структуры, функций и роли теории в науке о наноматериалах с позиции методологических проблем. Характер методологических проблем в науке о наноматериалах. Сущность теоретических концепций научной подготовки специалистов в области наноматериалов и нанотехнологий. Факторы, определяющие специфику научного образования в области наноматериалов и нанотехнологий. Связь теории с практикой. Средства и методы для анализа специфических проблем науки о наноматериалах и нанотехнологиях.

**Ожидаемые результаты:** в результате освоения дисциплины докторант должен осознавать структурность науки как сложной, динамической системы знаний; научиться осуществлять научный поиск на методологически обоснованных подходах; применять теоретические знания и практические навыки при выполнении диссертационных исследований с учетом факторов развития современной науки.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Теория научного образования», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **ON7219 Оптика наноструктур – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Физика низкоразмерных систем.

**Цель изучения:** Изучение закономерностей изменения физических свойств оптических материалов, в том числе, наноструктурированных, при явлениях фотоупругости, акустооптики, фоторефракции, термооптики.

**Краткое содержание:** Оптика наноструктур является теоретической базой для разработки приборов и устройств оптоэлектроники, наноэлектроники, информационных систем нового поколения. Рассматриваются квазидвумерные- квантовые ямы, квазиодномерные и квантовые нити и квазинульмерные квантовые точки, принцип размерного квантования и условия наблюдения квантово-размерных явлений, а также особенности функции плотности состояний и статистики носителей заряда в низкоразмерных системах, оптические свойства квантовых ям и кинетические эффекты.

**Ожидаемые результаты:** получают опыт работы на современном экспериментальном оборудовании и овладевают теоретическими знаниями, необходимыми для решения задач физики и нанотехнологий.

**Постреквизиты:** Физика конденсированного состояния.

### **ON7220 Оптические наноустройства – 3 кредита**

**Пререквизиты:** физика конденсированного состояние.

**Цель изучения:** Сформировать у докторантов современное научное представление об оптических наноустройствах и методах их применения.

**Краткое содержание:** Дисциплина «Оптические наноустройства» даёт представление об оптических свойствах твердотельных гетероструктур с характерными масштабами пространственных неоднородностей от сотен до единиц нанометров. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований таких важных объектов, как фотонные кристаллы, квантовые точки, ямы и сверхрешетки, металлические наночастицы. Рассматриваются оптические свойства наносистем, наносистемы на основе металлических нанокластеров и электропроводимость наноструктур.

**Ожидаемые результаты:** у докторантов будут сформированы умение и навыки проведения экспериментальных исследований на современной измерительной аппаратуре и обработки их результатов.

**Постреквизиты:** Физика низкоразмерных систем.

### **НТНР – Нанотехнологии в химической промышленности– 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** формирование у обучающихся прогностического понимания научно-технических проблем и практических методов их решения в области нанотехнологии в химической промышленности

**Краткое содержание:** Химические методы в нанотехнологии. Технология пленок Ленгмюра-Блоджетт. Туннельно-зондовая нанотехнология в сочетании с химическими

процессами. Разработка композиционных материалов и технология их получения. Динамика развития нанотехнологии тонкопленочных и других типов поверхностных наноструктур. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Химическая нанотехнология на принципах метода молекулярного наслаивания. Теоретические основы синтеза и использование поверхностно-активных веществ. Синтез и технология ПАВ, применение ПАВ. Моющее действие компонентов и композиций синтетических моющих средств. Химические основы синтеза наноструктур на поверхности твердофазных матриц методом молекулярного наслаивания. Оборудование и нанотехнология на принципах метода молекулярного наслаивания. Методы получения объемных наноструктур. Нанокерамика, нанокомпозиты, стеклокерамика.

**Ожидаемые результаты:** знания об основных направлениях применения нанотехнологий и наноматериалов в различных отраслях науки и промышленности, способах получения наносистем и наноматериалов; понимание роли нанотехнологий в химической промышленности, а также влияния развития нанотехнологий на развитие государства в целом; представления о процессах, проходящих на наноуровне, применяющиеся в химической промышленности; умения применять полученные знания при разработке новых наноматериалов, а также для целесообразного использования на практике уже существующих наноматериалов

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Теория научного образования», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **FNMOP – Функциональные наноматериалы органической природы – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** формирование у обучающихся прогностического понимания научно-технических проблем и практических методов их решения в области нанотехнологии и наноматериалов

**Краткое содержание:** Поверхность раздела фаз и капиллярные явления в нанодисперсных системах. Адсорбционные явления в нанодисперсных системах. Адсорбция поверхностно-активных веществ на поверхности нанодисперсных частиц. Образование лиофильных и лиофобных нанодисперсных систем. Устойчивость и развитие лиофобных нанодисперсных систем. Основы физико-химической механики дисперсных систем и материалов. Основные принципы получения нанодисперсных систем. Конденсационные методы получения нанодисперсных частиц. Гетерогенное образование зародышей новой фазы в нанодисперсных системах. Образование наночастиц дисперсионным методом. Дефекты в кристаллах. Причины их возникновения. Методы определения (размера) дисперсности наночастиц.

**Ожидаемые результаты:**

знать: общие свойства нанообъектов, их физико-химические свойства и методы получения; основные методы и приборы для исследования и анализа наноматериалов,

основные технологические методы получения функциональных наноматериалов органической природы; основное оборудование для процессов получения наноматериалов;

уметь: получать в лабораторных условиях наночастицы и наноматериалы и оценивать их качество; исследовать и моделировать физические и химические процессы получения функциональных наноматериалов органической природы и их свойства;

владеть: основными инструментальными методами исследования и анализа наночастиц и наноматериалов; основными методами получения наночастиц и наноматериалов; методами планирования и проведения измерительных экспериментов, выбора и использования методов обработки экспериментальных данных и оценки результатов экспериментов.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Функциональные наноматериалы органической природы», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **NPIONT – Научно-педагогическая инноватика в области нанотехнологии – 3 кредита**

#### **Пререквизиты: Педагогика. История и философия науки**

**Цель изучения:** обучение обучающихся основам педагогической инноватики, как наука о создании, внедрении, освоении и применении новшеств в образовании, типам нововведений, специфике инновационной образовательной деятельности, особенностям проектирования и реализации педагогических новшеств на разных уровнях – от учебного предмета до модернизации образования в стране.

**Краткое содержание:** Научно-педагогическая инноватика как средство анализа, обоснования и проектирования содержания образования. Научные принципы, понятийный аппарат, средства, границы применимости научно-педагогической инноватики. Педагогические инновации в области технического образования, система знаний и соответствующая им деятельность. Опыт освоения научно-педагогической инноватики в мировой практике. Методологические аспекты проектирования научно-педагогических нововведений в области нанотехнологий. Оценка и применение научно-педагогических новшеств в процессе изучения дисциплин в области нанотехнологий. Методы изучения нанотехнологий с учетом педагогических инноваций (моделирование, проектирование и др.).

**Ожидаемые результаты:** в результате освоения дисциплины, докторанты должны знать механизмы реализации педагогических инноваций, инновационную образовательную деятельность, проектирование и реализация педагогических нововведений и рефлексии в инновационно-педагогической деятельности.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Научно-педагогическая инноватика в области нанотехнологии», могут быть

использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **SMVF 7224 Современные методы вычислительной физики – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Вычислительная физика.

**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; приближённое 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: нежёсткие задачи; жёсткие 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:** докторанты будут 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.

### **KM7225 Компьютерное моделирование – 3 кредита**

**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.

### **NFP – Наноразмерные функциональные покрытия – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Фундаментальные проблемы материалов

**Цель изучения:** ознакомление основными характеристиками, способами получения и применения защитных, защитно-декоративных и специальных наноразмерных покрытий; выбор материала нанопокровтий и условия их нанесения для повышения физико-механических и эксплуатационных параметров наноразмерных функциональных покрытий.

**Краткое содержание:** Типы функциональных покрытий. Применение. Покрытия для разных поверхностей. Современное состояние исследований в области функциональных покрытий различного назначения. Многофункциональные наноструктурные пленки. Обзор методов получения пленок. Трибологические покрытия. Покрытия для медицины. Самосмазывающиеся покрытия. Теплопроводящие покрытия. Покрытия, обладающие жаростойкостью, коррозионной устойчивостью и стойкостью к высокотемпературному окислению. Акустико-оптические покрытия. Технологии нанесения. Технологические основы получения композиционных покрытий лазерным излучением. Топография поверхности. Методы исследования топографии поверхности.

**Ожидаемые результаты:** В результате освоения дисциплины «Наноразмерные функциональные покрытия» обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования: знать основные закономерности в науке и технике, этапы развития современных наноматериалов и нанотехнологий; уметь готовить методологическое обоснование научного исследования и технической разработки в области наноразмерных функциональных покрытий;

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Наноразмерные функциональные покрытия», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **MPP – Материаловедение полупроводников – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** курса «Материаловедение полупроводников»: формирование у докторантов системы знаний по получению материалов, обладающих специальными свойствами, выдвигают перед наукой задачу дальнейшего развития физики и химии твердого тела, призванных разрабатывать научные основы создания новых конструкционных материалов с заданными свойствами.

**Краткое содержание:** Дисциплина изучает закономерности образования металлических и полупроводниковых фаз в равновесных и неравновесных условиях, влияние химического и фазового состава, атомной структуры и структурных дефектов фаз на характеристики материалов. Полупроводниковые материалы и их виды, а также типы полупроводников в периодической системе элементов. Электрические, оптические и другие свойства полупроводниковых материалов. Достижения в области разработки и получения полупроводниковых материалов с стабильными электрофизическими, механическими и другими качествами. Оптимальные способы легирования и термообработки с целью получения полупроводниковых сплавов, владеющих нужным комплексом электрофизических и физико-химических параметров. Использование полупроводниковых материалов в электронной технике.

**Ожидаемые результаты:** Получение знаний об основных типах химической связи, строении атомов и свойствах элементарных полупроводников и металлов. Структура и свойства веществ с разными типами химических связей. Двойные полупроводниковые соединения. Тройные полупроводниковые соединения. Аморфные полупроводники. Некоторые вопросы термодинамики фазовых равновесий. Структурные дефекты в реальных моно- и поликристаллических твердых телах, их типы, источники образования, поведения, влияние на свойства. Особенности поверхностных явлений в полупроводниковых фазах. Примеси в полупроводниках. Диффузия в материалах твердотельной электроники. Легирование полупроводников с использованием ядерных реакций и ионных пучков.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Материаловедение полупроводников», могут быть использованы докторантом при



выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

**SMIPSONT – Научно-методический инструментарий подготовки специалистов в области нанотехнологии – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** освоение методологии научно-методический инструментарий подготовки как комплекс методов и конкретных приемов проектирования содержания и концепцию функционально-структурного подхода, сущность которого заключается в учете функций будущего специалиста при проектировании содержания обучения.

**Краткое содержание:** Научно-методический инструментарий подготовки как комплекс методов и конкретных приемов проектирования содержания. Апробированные практикой положения адекватности объекту проектирования содержания образования, его качества, доступности с учетом особенностей профессиональной деятельности в рассматриваемой области. Деятельностное содержание образования в области наноматериалов и нанотехнологий. Программированное, проблемное, эвристическое, продуктивное и др. формы и методы обучения. Практикоориентированные приемы обучения исследовательской деятельности, основанные на фундаментальных и специальных знаниях научных дисциплин в области наноматериалов. Технологии мозгового штурма, проектных заданий, тренинга, тестирования и др.

**Ожидаемые результаты:** должен знать механизмы влияний интеграционных структур на социальное и экономическое развитие профессионального образования и методические рекомендации по формированию и управлению интеграционными структурами в системе профессионального образования;

должен уметь сформулировать предложения по совершенствованию законодательства, регулирующего отношения в сфере профессионально-педагогического образования; выявить и проанализировать перспективные формы и направления взаимосвязи профессионального образования и рынка труда в современных условиях.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Научно-методический инструментарий подготовки специалистов в области нанотехнологии», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

**FOTNN7304 Физические основы технологии нанокластеров и наноструктур – 3 кредита**

**Пререквизиты:** FTNS 7302 Физика и технология низкоразмерных систем.

**Цель изучения:** дать представление о структуре, свойствах и технологиях формирования нанокластеров и наноструктур.

**Краткое содержание:** Развитие науки о нанокластерах и наносистемах и методов их исследования привело к созданию нанотехнологии, наноматериалов и наноустройств, отличающихся уникальными свойствами и перспективами применения. Данная дисциплина объединяет теоретические и экспериментальные данные о нанокластерах и наносистемах с некоторыми вопросами более общего, вводного характера: методами исследования нанокластеров и поверхности твёрдого тела и микроскопическими и термодинамическими подходами к изучению нанокластеров и поверхности.

**Ожидаемые результаты:** знание основных закономерностей формирования нанокластеров, технологии их получения и методов исследования.

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

### **ESTT7306 Электронная структура твёрдых тел – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Физика конденсированного состояния.

**Цель изучения:** содействие докторантам в достижении ими ожидаемых результатов обучения по дисциплине, которые соответствуют планируемым результатам обучения по специальности.

**Краткое содержание:** плотность электронных состояний. Теоретические методы исследования плотности электронных состояний. Схема применения одноэлектронных методов расчёта электронной структуры твёрдых тел. Применение одноэлектронных методов к расчёту электронной структуры металлов. Ионная связь. Ван-дер-ваальсова связь. Ковалентная связь. Металлическая связь. Энергетические зоны. Зонная теория и переходы. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.

**Ожидаемые результаты:** докторанты должны демонстрировать умение проводить литературный обзор нерешённых проблем, самостоятельно формулировать научную задачу фундаментального или прикладного характера, связанных с электронной структурой твёрдых тел, находить методы решения поставленных задач, анализировать и представлять в необходимой форме полученные результаты и делать выводы.

**Постреквизиты:** NED Научно-исследовательская работа докторанта.

### **NPNK – Нанопорошки и нанокompозиты – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** формирование у докторантов системы знаний по получению

нанопорошков и нанокомпозитов, закономерностям структурообразования нанодисперсных системах наноматериалов.

**Краткое содержание:** Методы получения нанопорошков. Диспергационные методы. Конденсационные методы получения нанопорошков. Основы теории гетерогенного образования зародышей новой фазы Фольмера. Самопроизвольное образование зародышей новой фазы (нанопорошков). Критерий Ребиндера – Щукина. Закономерности структурообразования в нанодисперсных системах нанокомпозитов. Реологические свойства наноструктурированных систем. Особенности структуры и свойств полимерных нанокомпозитных материалов. Основные виды связующих полимерных нанокомпозитов. Терморреактивные связующие (олигомеры). Термопластичные связующие (полимеры), нанокомпозитов (полиолефины, полиимиды, полисульфон и др.) Физико-химические основы управления свойствами нанокомпозитов на основе полимерных связующих. Адгезия полимеров к нанопорошкам. Физико-химические основы образования поверхности раздела нанопорошка с полимером.

**Ожидаемые результаты:** знать: основные направления применения нанотехнологий для науки, техники, человеческого быта в настоящем и в перспективе; промышленные и полупромышленные методы получения наноматериалов с точки зрения анализа выделения наночастиц в окружающую среду; основные свойства нанопорошков и нанокомпозитов и методы определения этих свойств.

уметь: классифицировать нанопорошки и нанокомпозиты по их назначению и свойствам; диагностировать и тестировать структуру и свойства полученных наноматериалов; оценивать потенциальные риски использования нанопорошков и нанокомпозитов.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Нанопорошки и нанокомпозиты», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **MDAN – Методы диагностики и анализа наноматериалов – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем. Фундаментальные проблемы материалов

**Цель изучения:** расширение и углубление у докторантов знаний по основам современных методов анализа материалов и приборов электронной техники, позволяющих исследовать химический состав, атомную и молекулярную структуру, структурное совершенство поверхностей твердых тел.

**Краткое содержание:** Основные характеристики и особенности наночастиц и наноматериалов, их классификация. Диагностика механических характеристик наночастиц. Методы определения устойчивости дисперсных систем. Особенности устойчивости нанодисперсных систем. Диагностика структурных и поверхностных характеристик. Методы определения среднего размера наночастиц. Методы определения структурных характеристик вещества в наносостоянии. Методы

определения поверхности наноструктур. Фазовый анализ вещества, его реакционная способность. Рентгенофазовый и рентгенофлуоресцентный анализ. Методы определения реакционной способности вещества в наносостоянии. Методы определения электрохимических свойств вещества в наносостоянии. Обработка данных. Профильный анализ.

**Ожидаемые результаты:** получить знания по:

- научно-исследовательской работе в области высокоэффективных процессов получения материалов и изучению их свойств, связанной с выбором необходимых методов диагностики физико-химических и механических свойств и исследования структурных характеристик материалов;
- основным методам исследования поверхности и приповерхностных слоев твердых тел;
- физико-химическим процессам, протекающим в материалах и элементах;
- поиску и анализу профильной научно-технической информации, необходимой для решения конкретных задач.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Методы диагностики и анализа наноматериалов», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **ASNP – Адгезионные свойства наноструктурных покрытий – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** углубленное изучение новой физико-химической методологии (идеи, способы, методы, методики, технологии, принципы, критерии и т.д.) получения самых сложных наноструктурных покрытий с предельно высокими эксплуатационными показателями, адгезионными свойствами и многофункциональностью.

**Краткое содержание:** Структура тензора адгезионных модулей. Трактовка адгезионных модулей. Капиллярное давление лапласа. Адгезионные эффекты в касательных напряжениях. К теории тонких пленок. Чистый изгиб пластин с адгезией лицевых поверхностей. Существование поверхностных волн адгезионного типа. Система покрытие/подложка TiNi. Система покрытие/подложка Целлит-Н. Система покрытие/подложка Al2O3. PVD-методы нанесения. PVD-методы нанесения - катодное распыление. Магнетронный метод. Вакуумно-дуговой метод. Функции покрытий. Для механической обработки. Для деталей машин. Жаростойкие. Нано покрытия. Область механического контакта. Влияние подложки на свойства тонких пленок. Глубинная зависимость. Оксидные подложки. Металлические подложки.

**Ожидаемые результаты:** знать: основные закономерности в науке и технике, этапы развития технологии новых материалов и функциональных покрытий; уметь готовить методологическое обоснование научного исследования и технической

разработки в области функциональных покрытий с хорошими адгезионными свойствами;

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Адгезионные свойства наноструктурных покрытий», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **NRUN7310 Наноалмазы и родственные углеродные наноматериалы – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Физические свойства структур пониженной размерности

**Цель изучения:** представить обобщённые и систематизированные сведения об алмазоподобных наноформах углерода, полученных с использованием современных методов вычислительной квантовой теории и молекулярной динамики.

**Краткое содержание:** обсуждаются особенности атомной структуры, электронного строения, химической связи, факторов устойчивости, физико-химических свойств алмазоподобных наноаллотропов углерода, а также их материаловедческие перспективы.

**Ожидаемые результаты:** знание физических основ технологии наноалмазов и углеродных наноматериалов, методов их формирования, свойств и применение.

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

### **UNN7311 Углеродные нанокластеры и наноструктуры – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Физические свойства структур пониженной размерности.

**Цель изучения:** Раскрыть сущность основных представлений о системах с ограниченной размерностью, синтезе нанокластеров и методах их исследования.

**Краткое содержание:** Дисциплина «Углеродные нанокластеры и наноструктуры» охватывает область физических, химических и междисциплинарных знаний, необходимых современному инженеру. Включает разделы: системы с ограниченной размерностью, синтез наночастиц, методы исследования наноматериалов, наноэлектроника, композиты и органические полупроводники. Данная дисциплина включает следующие: сборка фуллеренов из фрагментов графита, модель «улитки», сборка из кластеров, «путь фуллерена», отжиг углеродных кластеров. Отбор магических фуллеренов и изомеров фуллеренов. Даются механизмы образования углеродных наночастиц, а также их связь с механизмами образования фуллеренов. Моделирование возможных механизмов образования наночастиц с помощью молекулярной динамики.

Возможные зародыши для роста и механизмы роста однооболочечных и многооболочечных нанотрубок, а также углеродных конусов. Методы создания углеродсодержащих нанообъектов.

**Ожидаемые результаты:** будут сформированы умения и навыки решения теоретических и экспериментально – практических задач по созданию нанокластеров и наноструктур на их основе.

**Постреквизиты:** профессиональные и специальные дисциплины.

### **FUNT – Фуллерены и углеродные нанотрубки – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем. Новые материалы.

**Цель изучения:** освоение обучающимися общих научных принципов, физико-химических основ получения, свойств и путей использования различных углеродных наноматериалов.

**Краткое содержание:** Углерод и его аллотропические модификации. Графит, алмаз, карбин и графен. Методы получения, основные свойства и параметры. Фуллерены и фуллереноподобные материалы. Методы их получения, физико-химические свойства. Фуллериты. Соединение фуллеренов с другими элементами. Возможные области применения фуллеренов и материалов на их основе. Углеродные нанотрубки (УНТ). Структура УНТ. Морфологические формы УНТ. Механизмы роста нанотрубок. Физико-химические свойства нанотрубок. Методы синтеза углеродных нанотрубок и нановолокон. Методы очистки УНТ. Основные области применения УНТ.

**Ожидаемые результаты:**

В результате изучения дисциплины докторант должен получить:

- знания о фундаментальных принципах и физических эффектах, лежащих в основе нанотехнологий углеродных материалов; возможностях и характеристиках фуллеренов и углеродных нанотрубок; синтезе, методах исследования и применения углеродных наноматериалов;
- умения использовать естественнонаучные знания, экспериментально-практические умения и навыки в области современной нанохимии в качестве основы профессиональной деятельности; поставить физическую задачу в области нанотехнологии углеродных материалов; применять современные экспериментальные и информационные технологии для решения задач исследования;
- навыки сбора данных, изучения, анализа и обобщения профильной научно-технической информации по тематике исследования.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Фуллерены и углеродные нанотрубки», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

## **NONFSM – Научные основы направленного формирования свойств материалов – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем. Управление качеством и надежность материалов

**Цель изучения:** Получить необходимый объем знаний для реализации на практике основных положений концепции направленного формирования свойств и принятия технологических решений.

**Краткое содержание:** Концепция и сущность направленного формирования требуемых свойств материалов с позиций их взаимодействия с технологическими средами. Ресурс накопленных знаний – информационная база технологий формирования структуры и свойств конструкционных и функциональных материалов. Физико-химические основы синтеза сплавов. Основные положения и принципы выбора легирующих элементов и комплексов при разработке материалов с заданными свойствами.

**Ожидаемые результаты:** Формирование научно-методической базы принятия и реализации технологических решений при разработке техпроцессов направленного формирования структуры и свойств.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Научные основы направленного формирования свойств материалов», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

## **NMVP – Нанокристаллические материалы высокой прочности – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем. Управление качеством и надежность материалов

**Цель изучения:** Получить необходимый объем знаний по процессам, приводящих к повышению прочностных свойств наноматериалов, механизмов упрочнения и разработка на этой основе эффективных технологий получения высокопрочных материалов.

**Краткое содержание:** Нанокристаллические структуры – новое направление развития конструкционных материалов. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства. Получение компактных нанокристаллических материалов. Прочность нанокристаллических материалов и механические свойства материалов с различным размером зерна. Нанокристаллический металлический материал с аустенитной структурой, обладающий высокой твердостью, прочностью и вязкостью и способ его изготовления. Высокая прочность и сверхпластичность нанокристаллических материалов. Наноконкомпозиты. Сверхрешетки. Нанопористые материалы. Наноаэрогели.

**Ожидаемые результаты:** знать: технологию получения нанокристаллических материалов высокой прочностью, взаимосвязи технологии производства НМВП с их свойствами; уметь применять полученные знания при разработке новых нанокристаллических материалов высокой прочности, а также для целесообразного использования на практике уже существующих материалов.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Нанокристаллические материалы высокой прочности», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **NN7315 Нанокompозиты и нанокерамика – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Физические свойства структур пониженной размерности.

**Цель изучения:** изучить такие материалы, как нанокompозиты и нанокерамика, их свойства, методы получения и применение.

**Краткое содержание:** Нанокompозиты это многофазные твёрдые материалы, где хотя бы одна из фаз имеет средний размер кристаллитов (зёрен) в нанодиапазоне (до 100 нм), или структуры, имеющие повторяющиеся наноразмерные промежутки между различными фазами. Эти структуры составляют композит. В широком смысле это определение включает пористые среды, коллоиды, гели и сополимеры, но чаще используется для обозначения твёрдых комбинаций массивной матрицы и наноразмерных фаз, различающихся по свойствам из-за разницы в структуре и химическом строении. Механические, электрические, термические, оптические, электрохимические, каталитические свойства нанокompозитов отличаются в зависимости от составляющих материалов. В механическом смысле нанокompозиты отличаются от обычных композитных материалов из-за исключительно высокого отношения площади поверхности к объёму усиливающей фазы и/или исключительно высокого соотношения характерных размеров. Усиливающий материал может состоять из частиц (например, минералов), листов или волокон (например, нанотрубок).

**Ожидаемые результаты:** сформировать умения и навыки проведения экспериментальных исследований и обработки их результатов.

**Постреквизиты:** профессиональные и специальные дисциплины.

### **PPNN7316 Процессы получения наночастиц и наноматериалов – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Физика структур пониженной размерности.

**Цель изучения:** раскрыть сущность процессов формирования низкоразмерных структур, процессов на поверхности и в приповерхностных слоях.



**Краткое содержание:** дисциплина «Процессы получения наночастиц и наноматериалов» даёт представление о синтезе и анализа морфологии, структуры химического и фазового состава наноматериалов, позволяет приобрести знания о химических, физических и биологических методах синтеза наноструктур и наноматериалов, о способах контролируемого роста для получения наноструктур требуемого размера и формы, о методах синтеза плёнок и покрытий, массивных наноструктурированных и микропористых материалов, о стабилизации дисперсий наночастиц и самоорганизации наноструктур в плёнках и объёмных структурах.

**Ожидаемые результаты:** сформировать умения и навыки решения теоретических и экспериментально – практических задач, анализировать достоинства и недостатки различных методов получения наночастиц и наноматериалов, выбирать рациональные методы синтеза нанобъектов и наноматериалов.

**Постреквизиты:** профессиональные и специальные дисциплины.

### **ONM – Объемные наноматериалы – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** формирование у докторанта понимания связи между условиями и методами получения – структурой и физико-химическими свойствами различных объемных наноматериалов.

**Краткое содержание:** Типы и характеристики наноматериалов, в зависимости от технологии получения. Условия получения, структура и свойства объемных наноматериалов. Основные направления получения объемных наноматериалов: контролируемая кристаллизация аморфных материалов, компактирование ультрадисперсных порошков, интенсивная пластическая деформация материалов с обычным размером зерна. Особенности разных способов получения, схемы установки, используемое оборудование. Модели наноструктур, необычные свойства и уникальные возможности применения. Нанопленки. Нанопроволоки и нановолокна. Неметаллические объемные наноматериалы

**Ожидаемые результаты:** докторант должен получить:

- знания о ультрадисперсных материалах, обладающих качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками; технологических принципах получения нанокристаллических объемных материалов; методах исследования и области применения наноматериалов;
- умения использовать естественнонаучные знания, экспериментально-практические умения и навыки в области нанотехнологии и наноматериалов в качестве основы профессиональной деятельности; применять современные экспериментальные и информационные технологии для решения задач исследования;
- навыки сбора данных, изучения, анализа и обобщения профильной научно-технической информации по тематике исследования.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины

«Объемные наноматериалы», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **UNM – Углеродные наноматериалы – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** освоение обучающимися общих научных принципов, физико-химических основ получения, свойств и путей использования различных углеродных наноматериалов.

**Краткое содержание:** Нульмерные наноструктуры. Одномерные наноструктуры. Материалы одномерных наноструктур. Формирование одномерных наноструктур. Тубулярные наноструктуры. История открытия углеродных нанотрубок. Структура углеродных нанотрубок. Многостенные нанотрубки. Механизм роста нанотрубок. Синтез углеродных нанотрубок. Физические свойства углеродных нанотрубок. Двумерные наноструктуры. Осаждение пленок из газовой фазы. Кинетика и термодинамика процессов роста пленок. Трехмерные наноструктуры. Магнитные свойства наносистем. Супермагнетизм. Механические свойства наносистем. Структура межзернных границ. Влияние границ раздела фаз на механические свойства наноматериалов. Коллоидные нанореакторы.

**Ожидаемые результаты:**

В результате изучения дисциплины докторант должен получить:

- знания о фундаментальных принципах и физических эффектах, лежащих в основе нанотехнологий углеродных материалов; возможностях и характеристиках фуллеренов и углеродных нанотрубок; синтезе, методах исследования и применения углеродных наноматериалов;
- умения использовать естественнонаучные знания, экспериментально-практические умения и навыки в области современной нанохимии в качестве основы профессиональной деятельности; поставить физическую задачу в области нанотехнологии углеродных материалов; применять современные экспериментальные и информационные технологии для решения задач исследования;
- навыки сбора данных, изучения, анализа и обобщения профильной научно-технической информации по тематике исследования.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Углеродные наноматериалы», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **EMIFM – Экспериментальные методы исследований функциональных материалов** **– 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Фундаментальные проблемы материаловедения

**Цель изучения:** углубление и конкретизация знаний о функциональных материалах, характерной особенностью которых является способность быстро и обратимо изменять свои характеристики под влиянием внешних воздействий таких, как: температура, давление, электрические и магнитные поля, ядерные излучений, химический состав окружающей среды и т.п.

**Краткое содержание:** Основы техники и теории, условия проведения современного эксперимента. Классификация и применение методов и средств диагностики для исследования, контроля и аттестации материалов. Кристаллооптический анализ. Спектральные методы исследования твердых тел. Методы определения химического состава функциональных материалов. Методы изучения строения твердых тел. Методы исследования поверхности. Микроскопические методы исследования микроструктур. Методы термического анализа материалов. Методы исследования электрических и магнитных свойств материалов.

**Ожидаемые результаты:** знать: физические основы современных методов исследования функциональных, в том числе наноразмерных материалов; классификацию традиционных и современных методов анализа материалов, общие характеристики основных этапов анализа, принципы построения и методологию химических исследований, метрологические основы современных методов исследования и физико-химического анализа твердых тел.

Уметь: использовать полученные знания и навыки для анализа широкого круга материалов, включая объекты, полученные самостоятельно в рамках научно-исследовательской деятельности; использовать знания, и навыки в области Наноматериалы и нанотехнологии для интерпретации, моделирования и прогноза физико-химических свойств широкого круга; анализировать результаты математической обработки научных данных с целью определения их достоверности и области использования.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Экспериментальные методы исследований функциональных материалов», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **ASNZM7320 Атомно-силовая и туннельная зондовая микроскопии – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Кристаллофизика

**Цель изучения:** раскрыть сущность процессов формирования и строения твёрдых тел, процессов на поверхности, в приповерхностных слоях и объёме твёрдых тел.

**Краткое содержание:** дисциплина «Атомно-силовая и туннельная зондовая микроскопия» предназначена для измерения рельефа проводящих поверхностей с высоким пространственным разрешением. В настоящее время практически ни одно исследование в области физики поверхности и тонкоплёночных технологий не

обходится без применения методов зондовой микроскопии.

**Ожидаемые результаты:** сформировать умения и навыки проведения экспериментальных исследований и обработки их результатов.

**Постреквизиты:** профессиональные и специальные дисциплины.

### **DMPNM7321 Дефекты и механизмы пластичности в наноструктурных материалах – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Физика и технология низкоразмерных систем.

**Цель изучения:** рассмотреть теоретические модели дефектов и их ансамблей, образующихся в основном на начальных стадиях пластической деформации в таких новых перспективных материалах как аморфные, кристаллические и квазикристаллические твёрдые тела с наноструктурой.

**Краткое содержание:** Детально рассматриваются дислокационно-дисклинационные взаимодействия в металлических стёклах, приведены оценки предела текучести аморфных и нанокристаллических материалов, а также композитов на их основе. Обсуждаются результаты исследований эволюции дисклинаний в границах зёрен в процессе пластической деформации нано- и поликристаллических твёрдых тел. Рассматриваются условия твёрдофазной аморфизации в тройных стыках межзёренных границ в поликристаллах и на межфазных границах в наноструктурных слоистых композитах (напряжённых сверхрешётках).

**Ожидаемые результаты:** сформировать у докторантов представления о дефектах и механизмах пластичности в наноструктурированных материалах.

**Постреквизиты:** профессиональные и специальные дисциплины.

### **MNK – Металлические нанокластеры – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем. Фундаментальные проблемы материалов

**Цель изучения:** изучение и освоение процессов образования нанокластеров распространенных в природе, подчиняющиеся законам термодинамики и сопровождающиеся явлениями упорядочения и самоорганизации

**Краткое содержание:** Основные сведения о поведении электронов в твердых телах. Классификация нанокластеров и наноструктур. Упорядоченные и неупорядоченные кластеры. Свойства индивидуальных наночастиц. Наночастицы с гранецентрированной решеткой. Наноразмерные металлические нанокластеры. Адсорбционные, каталитические, магнитные, механические и другие свойства металлических нанокластеров. Магические числа. Теоретическое моделирование

наночастиц. Основные закономерности формирования структуры. Геометрическая и электронная структура. Реакционная способность. Магнитные кластеры. Современная технология получения металлических нанокластеров. Методы исследования нанокластеров

**Ожидаемые результаты:** докторанты должны знать: основные способы получения нанокластеров и основанных на их основе наноструктур; твердотельные химические реакции; тепловые свойства нанокластеров и наноструктур; анализ структуры самоорганизованных массивов наночастиц.

должны уметь: организовывать проведения исследования, информационного обеспечения, а также системного и сравнительного анализа; применять полученные базовые научно-теоретические знания для решения научных и практических задач; применять научно-методический аппарат, содержащий алгоритмы вычисления координат нанокластеров, методы исследования атомной и электронной структур, физических свойств нанокластеров и физических явлений в них;

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Металлические нанокластеры», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **FSSNP – Формирование структуры и свойств нанопленок – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Фундаментальные проблемы материалов

**Цель изучения:** углубленное изучение основных процессов, происходящих при формировании структуры нанопленок и исследования морфологических, оптических, физико-механических свойств наноструктурированных материалов, а также навыки использования в практической деятельности по специальности фундаментальных физико-химических процессов и явлений, лежащих в основе способов получения и применения наноматериалов.

**Краткое содержание:** Классификация нанообъектов. Размерные эффекты и свойства нанообъектов. Формирование твердотельных нанокластеров и наноструктур. Механохимические превращения. Ударно-волной синтез. Наноструктурирование путем кристаллизации аморфных структур. Консолидация нанокластеров. Структурные особенности нанопленок. Тонкие пленки. Методы и технологии получения нанопленок. Дефекты и напряжения в наноструктурах. Металлополимерные пленки. Функциональные свойства наноструктурных покрытий. Механические свойства нанокластеров и наноструктур. Электрические свойства. Тепловые свойства нанокластеров и наноструктур. Защитные покрытия. Твердые нанокомпозитные покрытия. Сверхтонкие покрытия. Области применения тонких нанопленок.

**Ожидаемые результаты:** иметь знание о способах получения нанопленок, исследования их свойств; термодинамике поверхности и границ раздела; основ технологических процессов, с помощью которых в настоящее время создаются

нанопленки и их структуры; эффективные методы контроля параметров и свойств формируемых наноразмерных структур;

должны уметь: организовывать проведения исследования, информационного обеспечения, а также системного и сравнительного анализа; проводить анализ основных характеристик и параметров наноматериалов; применять полученные базовые научно-теоретические знания для решения научных и практических задач; решать теоретические и практические задачи, связанные с профессиональной деятельностью, пользоваться навыками логического, творческого и системного мышления.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Формирование структуры и свойств нанопленок», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **AVPZ – Актуальные вопросы противокоррозионной защиты – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Общие проблемы наносистем. Коррозия и защита металлов.

**Цель изучения:** подготовка докторантов к самостоятельному решению теоретических и практических вопросов по обеспечению надежности функционирования оборудования, работающего в режиме коррозионно-активных и агрессивных сред.

**Краткое содержание:** Особенности коррозионных процессов материалов в различных средах. Основные методы активной защиты материалов от коррозионного воздействия различных сред. Анодные и катодные поляризационные процессы. Метод анодной защиты. Коррозионно-стойкие легированные стали. Метод оксидирования. Метод катодной защиты внешним током. Анодные заземлители. Защитный потенциал и защитная плотность тока. Протекторная защита металлов от коррозии. Протекторы и активаторы. Электродренажная защита. Выбор оптимальных методов исследования, контроля и предотвращения коррозии материалов, исходя из конкретного воздействия.

**Ожидаемые результаты:**

Получение докторантами:

- знаний об особенностях протекания коррозионных процессов в различных средах; основных методах оценки и контроля скорости коррозии; выборе конструкционных материалов в зависимости от условий эксплуатации; способах защиты оборудования от коррозионного воздействия;
- умений анализировать протекающие коррозионные процессы; формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-практической и научно-исследовательской деятельности; выбирать оптимальные методы исследования, контроля и оценки надежности оборудования с целью предотвращения его коррозии, исходя из конкретных условий коррозионного воздействия;
- навыков проведения мониторинга влияния коррозионной среды на структуру и свойства технологического оборудования; определения и прогнозирования

качественных и количественных характеристик коррозии, методов и средств защиты технологического оборудования, исходя из результатов структурных исследований конструкционных материалов.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Актуальные вопросы противокоррозионной защиты», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **PGP7324 Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе – 3 кредита**

**Пререквизиты:** 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 «наноэлектроника и микроэлектроника». Дисциплина «Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе» даёт представление о типах твёрдотельных гетероструктур, технологии их изготовления и применении гетероструктур в приборах наноэлектроники 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.

### **FKYa7325 Физика кинетических явлений – 3 кредита**

**Пререквизиты:** физика конденсированного состояния, основы квантовой механики, «Термодинамика, статистическая физика и физическая кинетика».

**Цель изучения:** ознакомление со многими явлениями, которые происходят в технологических устройствах, в природе. Изучить обобщенные способы описания различных явлений, на основе общего механизма образования таких явлений как явлений в неоднородных системах. Сформировать у докторантов способности применять полученные знания при формулировке и решении новых проблем технической физики.

**Краткое содержание:** дисциплина «Физика кинетических явлений» является важным этапом в изучении неоднородных систем. Кинетические явления существуют благодаря тепловому движению микрочастиц, а физика или физическая природа этих явлений и служит предметом изучения данного курса. В данном курсе рассматриваются явления, которые имеют место в реальных телах. Эти явления являются основой существующих и новых технологий. Изучение таких явлений в рамках одного курса позволяет выявить общий физический механизм, усвоить способы наблюдений и теоретического описания известных явлений и на этой основе предсказывать новые явления, которые могут использоваться при разработках новых технологий. Общность описания явлений обусловлена единым физическим механизмом, в основе которого лежат движения и взаимодействия структурных элементов

**Ожидаемые результаты:** изучить методы исследований неоднородных систем. Выработать единый подход к решению теоретических и практических задач современной науки, создать стройную систему общих подходов к решению физико-технических задач, овладеть методами современной науки, выработать навыки выявления новых процессов, пригодных для практического использования в технике.

**Постреквизиты:** теоретические основы для научных исследований. Подготовка Докторской диссертации.

### **АКСИНМ – Аналитический контроль и структурные исследования наноматериалов – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** активизация познавательной и творческой деятельности докторантов при изучении методов аналитического контроля наноструктурных материалов и их структурных исследований на основе развития представлений о методах контроля, раскрытия сущности процессов структурообразования наноразмерных материалов

**Краткое содержание:** курс состоит из лекционных и практических занятий, охватывающих важнейшие методы исследования веществ в нанокристаллическом состоянии (спектроскопические, дифракционные, физико-химические и механические методы анализа структур и функциональных свойств) с изучением аналитических приборов, методов анализа и обработки данных экспериментального исследования, а также их интерпретации. В основе изучения аналитических методов курса лежат теоретические представления о нанотехнологиях и наносистемах, особенностях физического взаимодействия, квантовой механики нанообъектов.

**Ожидаемые результаты:** в результате освоения данного курса докторант должен приобрести знания об основных принципах нанотехнологий, о формировании наносистем и наноматериалов; понимать предназначение современных диагностических методов исследования наноструктурных материалов; уметь применять полученные знания при разработке новых наноматериалов, а также целесообразно использовать на



практике уже существующие наноматериалы и нанотехнологии.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Аналитический контроль и структурные исследования наноматериалов», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **BMNS – Биоматериалы в наносистемах – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** формирование у докторантов системы знаний по синтетическим и природным биополимерам, их роли в нанодисперсных системах, составляющих основу современной науки о наноматериалах полимерной природы.

**Краткое содержание:** Дисциплина дает основные понятия по синтетическим и природным биополимерам, их роли в нанодисперсных системах, составляющих основу современной науки о наноматериалах полимерной природы. Рассматривает методы получения и свойства поликомплексов, комплексы синтетических полиэлектролитов (СПЭ) с ионными поверхностно- активными веществами (ПА) с ПАВ, комплексы биополимеров с детергентами.

Принципы построения наносистем с помощью поликомплексов и модифицирование наночастиц, наносистемы, включающие биоматериалы, методы получения физиологически - активных биоматериалов иммобилизованных в микро и наночастицы полимеров.

**Ожидаемые результаты:** получение знаний о связи нанонауки с коллоидной химией и комплексах водорастворимых полимеров (синтетических и природных) с поверхностно-активными веществами; принципах конструирования интерполимерных комплексов; об использовании закономерностей образования поликомплексов при разработке новых наносистем.

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Биоматериалы в наносистемах», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **DPOINM – Дидактика практикумов в области исследований наноматериалов – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Новые материалы. Общие проблемы наносистем

**Цель изучения:** закрепление технологических знаний и умений, совершенствование навыков и приемов обработки материалов, приобретение

практического опыта работы в сфере послевузовского образования и готовности к профессиональной технологической деятельности.

**Краткое содержание:** Дидактические основы обучения исследовательской деятельности в области наноматериалов и нанотехнологий. Предмет дидактики применительно к науке о наноматериалах. Дидактические принципы, теории и средства обучения. Деятельностное содержание образования в области наноматериалов и нанотехнологий. Программированное, проблемное, эвристическое, продуктивное и др. формы и методы обучения. Практикоориентированные приемы обучения исследовательской деятельности, основанные на фундаментальных и специальных знаниях научных дисциплин в области наноматериалов. Технологии мозгового штурма, проектных заданий, тренинга, тестирования и др.

**Ожидаемые результаты:** знание технологического процесса получения и обработки материалов и возможности перспективах их развития, а также современные технологии проектирования и производства перспективных материалов; воспитание технической грамотности и развитие креативности, самостоятельности и активности в процессе самостоятельной работы над объектами технического творчества

**Постреквизиты** дисциплины: знания, полученные при изучении дисциплины «Дидактика практикумов в области исследований наноматериалов», могут быть использованы докторантом при выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и написании докторской диссертации и в дальнейшей профессиональной деятельности.

### **EBZN7328 Элементная база на основе зондовых нанотехнологий – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Физические свойства структур пониженной размерности.

**Цель изучения:** Сформировать у докторантов современное научное представление об устройстве элементной базы на основе зондовых нанотехнологий и способах её применении. Сформировать умение и навыки проведения экспериментальных исследований на современной измерительной аппаратуре и обработки их результатов.

**Краткое содержание:** Дисциплина «Элементная база на основе зондовых нанотехнологий» даёт представление о физических основах зондовой нанотехнологии на базе сканирующих туннельных и атомно-силовых микроскопов. Показаны основные достижения, обсуждаются проблемы, требующие решения.

**Ожидаемые результаты:** у докторантов будут сформированы умение и навыки проведения экспериментальных исследований на современной измерительной аппаратуре и обработки их результатов.

**Постреквизиты:** профессиональные и специальные дисциплины.

## **ВУКА7329 Баллистика и управление космическими аппаратами – 3 кредита**

**Пререквизиты:** Технологические процессы в околоземном пространстве.

**Цель изучения:** формирование у докторантов способностей систематизации знаний по динамике космического полёта и применений этих знаний к решению новых проблем механики.

**Краткое содержание:** Дисциплина «Баллистика и управление космическими аппаратами» является основой теоретической подготовки к научно – исследовательской деятельности докторантов Ph.D специальности «Техническая физика». Дисциплина «Баллистика и управление космическими аппаратами» служит основой знаний основных закономерностей процессов в различных областях динамики космического полёта. В данном курсе даются углублённые знания о фундаментальных понятиях механики. Дисциплина состоит из разделов: орбитальное движение КА, определение орбит КА, маневрирование КА, спутниковая навигация, снижение и посадка КА.

**Ожидаемые результаты:** у докторантов будет выработан единый подход к решению теоретических и практических задач современной науки путём создания стройной системы общих подходов к решению физико-технических задач, овладения методами современной науки и навыками выявления новых процессов, пригодных для практического использования.

**Постреквизиты:** теоретические основы для научных исследований. Подготовка Докторской диссертации.