

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт

ЗАЦВЯРДЖАЮ

Прарэктар па вучэбнай працы
і адукацыйных інавацыях

В.І.Чупрыс

(подпис)

(дата зацвярджэння)

Рэгістрацыйны № УД 2018 / вуч.

ФІЗІКА ЛАЗЕРАЎ

**Вучэбная праграма ўстановы вышэйшай адукацыі
па вучэбнай дысцыпліне для спецыяльнасцяў:**

1- 31 04 01 – Фізіка (па накірунках)

накірунак 1-31 04 01-01 Фізіка

(навукова-даследчая дейнасць)

Мінск 2018 г.

Вучэбная праграма складзена на аснове Адукацыйнага стандарта ОСВО 1-31 04 01-2013 і навучальных планаў №G31-163/уч., №G31и-174/уч. ад 30.05.2013 г.

СКЛАДАЛЬНІК:

І.В. Сташкевіч – дацэнт кафедры лазернай фізікі і спектраскапіі Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт фізікі.

РЭКАМЕНДАВАНА ДА ЗАЦВЯРДЖЭННЯ:

Кафедрай лазернай фізікі і спектраскапіі фізічнага факультэта Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта
(Пратакол № 18 от 22 чэрвеня 2018 г.).

Навукова-метадычным саветам БДУ
(Пратакол № 7 от 13 ліпеня 2018 г.).

ТЛУМАЧАЛЬНАЯ ЗАПІСКА

Праграма вучэбнай дысцыпліны «Фізіка лазераў» распрацавана для студэнтаў па кірунку 1- 31 04 01 – Фізіка (па накірунках) накірунак 1-31 04 01-01 Фізіка (навукова-даследчая дейнасць). Дысцыпліна «Фізіка лазераў» адносіцца да цыклу спецыяльных дысцыплін кампанента установы вышэйшай адукацыі.

Мэта вучэбнай дысцыпліны - даць студэнтам тэарэтычныя асновы фізікі лазернай генерацыі, азнаёміць іх з найбольш распаўсюджанымі лазернымі сістэмамі, а таксама даць уяўленне аб ужываннях лазернай тэхнікі ў навуковых даследаваннях і тэхналогіях.

Асноўная задача вучэбнай дысцыпліны - вывучыць асноўныя фізічныя прынцыпы, якія ляжаць у аснове працы лазераў. У ходзе вывучэння дысцыпліны студэнты знаёмяцца з базавымі схемамі рэалізацыі розных рэжымаў генерацыі, з фізікай працэсаў, метадамі кіравання частотой генерацыі і сферамі выкарыстання лазераў у навуцы, вытворчасці, інфармацыйных тэхналогіях, медыцыне і г.д.

У цяперашні час лазеры сталі неад'емнай часткай шматлікіх прылад, якія шырока ўжываюцца ў розных галінах народнай гаспадаркі. У бліжэйшай будучыні значэнне іх будзе ўзрастаць, што звязана перш за ўсё з развіццём інфармацыйных тэхналогій, дзе лазеры незаменныя ў сістэмах захоўвання і перадачы інфармацыі. Найбольш шырокім і эфектыўным лічыцца прымяненне лазераў ў сістэмах запісу і счытвання інфармацыі на кампакт дысках (CD і DVD), валаконна-аптычных лініях сувязі і ў лазерных друкарках. Менш масавым, але не менш эфектыўным з'яўляецца выкарыстанне унікальных характарыстык лазернага выпраменьвання ў будаўніцтве (лазерныя нівеліры і дальнамеры), навігацыі (лазерныя гіраскопы, лакатары і сістэмы пасадкі самалётаў), медыцыне, апрацоўцы матэрыялаў, навуковых даследаваннях. Практычна любая вобласць прафесійнай дзейнасці спецыяліста фізічнага профілю так ці інакш звязана з прымяненнем лазераў. У сувязі з гэтым актуальнай становіцца пытанне не толькі разуменні агульных прынцыпаў працы лазераў, але і магчымасці мэтанакіраванага выкарыстання іх унікальных уласцівасцяў для вырашэння канкрэтных навуковых і вытворчых задач.

Прапанаваная праграма вырашае задачы азнаямлення студэнтаў з найважнейшымі тэарэтычнымі пытаннямі фізікі лазераў, з найбольш распаўсюджанымі лазернымі асяроддзямі і сістэмамі, а таксама дае ўяўленне аб ужываннях лазернай тэхнікі ў навуковых даследаваннях і тэхналогіі.

У працэсе вывучэння дысцыпліны паглыбляюцца і развіваюцца прадстаўленні, асновы якіх атрыманыя з раздзелаў дысцыплін агульнай фізікі («Опытка», «Атамная фізіка»). Звесткі, атрыманыя ў ходзе вывучэння дысцыпліны, важныя для больш глыбокага і якаснага засваення як спецыяльных дысцыплін, так і дысцыплін спецыялізацыі (у галіне лазернай фізікі, біяфізікі, экалагічных, метралагічных, аналітычных кірункаў).

У выніку вывучэння дысцыпліны студэнт павінен

ведаць:

- асноўныя схемы энергетычных узроўняў рэчываў і магчымых пераходы паміж імі;
- механізмы стварэння інверснай населенасці;
- заканамернасці фарміравання модавай структуры выпраменьвання ў рэзанатары;
- метады генерацыі гіганцкіх імпульсаў і сінхранізацыі мод.

умець:

- юсціраваць лазеры;
- праводзіць вымярэнне энергетычных і часавых параметраў лазернага выпраменьвання;
- аналізаваць схемы энергетычных узроўняў актыўных асяроддзяў;
- выкарыстоўваць веданне унікальных уласцівасцяў лазерных пучкоў для планавання эксперыментаў;
- праводзіць аналіз апаратурна-метадычнага забеспячэння даследаванняў з выкарыстаннем лазераў.

валодаць:

-сукупнасцю ведаў па ацэнцы магчымасцяў прымянення лазераў у навуковых даследаваннях і тэхналогіі.

Засваенне дысцыпліны накіравана на фарміраванне наступных кампетэнцый:

Акадэмічныя кампетэнцыі:

- Мець навыкі, звязаныя з выкарыстаннем тэхнічных прылад, кіраваннем інфармацыяй і працай з камп'ютэрам.
- Карыстацца дзяржаўнымі мовамі Рэспублікі Беларусь.
- Умець прымяняць базавыя навукова-тэарэтычныя веды для вырашэння тэарэтычных і практычных задач.
- Валодаць сістэмным і параўнальным аналізам.
- Валодаць даследчымі навыкамі.
- Умець працаваць самастойна.
- Быць здольным спараджаць новыя ідэі (валодаць крэатыўнасцю).
- Валодаць міждысцыплінарным падыходам пры вырашэнні праблем.
- Валодаць навыкамі вуснай і пісьмовай камунікацыі.
- Умець вучыцца, павышаць сваю кваліфікацыю на працягу ўсяго жыцця

Сацыяльна-асобавыя кампетэнцыі:

- Быць здольным да сацыяльнага ўзаемадзеяння.
- Валодаць здольнасцю да міжасобавых камунікацый.
- Быць здольным да крытыкі і самакрытыкі (крытычнае мысленне).
- Умець працаваць у камандзе.

Прафесійныя кампетэнцыі:

- Ужываць веды тэарэтычных і эксперыментальных асноў фізікі і матэматыкі, метады даследавання фізічных аб'ектаў, метады вымярэння фізічных велічынь, метады аўтаматызацыі эксперыменту.

- Выкарыстоўваць найноўшыя адкрыцці ў прыродазнаўстве, метады навуковага аналізу, інфармацыйныя адукацыйныя тэхналогіі, фізічныя асновы сучасных тэхналагічных працэсаў, навуковае абсталяванне і апаратуру.

- Праводзіць планаванне і рэалізацыю фізічнага эксперыменту выкарыстоўваючы квантава-механічныя метады.

- Карыстацца глабальнымі інфармацыйнымі рэсурсамі, кампутарнымі метадамі збору, захоўвання і апрацоўкі інфармацыі, навукова-тэхнічнай і патэнтнай літаратурай.

- Ужываць атрыманыя веды фундаментальных палажэнняў фізікі, эксперыментальных, тэарэтычных і кампутарных метадаў даследавання.

- Ужываць веданне фізічных асноў сучасных тэхналогій, метады ўкаранення інавацый у навукова-вытворчай, навукова-педагагічнай і навукова-тэхнічнай дзейнасці.

Матэрыял дысцыпліны грунтуецца на ведах і ўяўленьнях, закладзеных у агульных дысцыплінах: опытка і атамная фізіка.

Праграма дысцыпліны складзена ў адпаведнасці з патрабаваннямі адукацыйнага стандарту. Форма атрымання вышэйшай адукацыі - вочная, дзённая. Заняткі праводзяцца на 4 курсе у 7 семестры. Агульная аўдыторная колькасць гадзін - 70, з іх аудыторных - 44: лекцыі - 24 гадзіны, лабараторныя заняткі - 18 гадзін, аудыторны кантроль КСР - 2 гадзіны. Форма справаздачнасці - залік (2 заліковых адзінак).

ЗМЕСТ ВУЧЭБНАГА МАТЭРЫЯЛА

1. Тэма: Уводзіны ў фізіку лазераў.

Гісторыя стварэння лазераў. Прынцып працы лазера і характарыстыкі лазернага выпраменьвання. Узаемадзеянне манахраматычнага выпраменьвання з рэзананснай асяроддзем. Спонтанныя і вымушаныя пераходы. Каэфіцыент ўзмацнення.

2. Тэма: Паняцце актыўнага рэчыва і спосабы яго стварэння.

Спосабы ўзбуджэння актыўнага рэчыва (аптычныя, электрычныя, цеплавые, хімічныя, рэкамбінацыйныя і інш.). Трох-і чатырохузроўневага схемы аптычнай накачкі. Ўзмацненне ў растворах складаных арганічных-пейскіх злучэнняў (фарбавальнікаў).

3. Тэма: Аптычнае ўзбуджэнне актыўнага рэчыва. Узаемадзеянне манахраматычнага выпраменьвання з рэзанансным асяроддзем. Каэфіцыент узмацнення. Эфект насычэння. Схемы аптычнага ўзбуджэння. Трох-і чатырохузроўневыя схемы рэчываў. Ўзмацненне ў растворах складаных арганічных злучэнняў (фарбавальнікаў).

4. Тэма: Узмацненне ў асяроддзях з аднародным і неаднародным пашырэннем. Спецыфіка ўзмацнення ў асяроддзях з аднародным і неаднародным пашырэннем. Эфект насычэння ўзмацнення. Выпальванне «спектральнага правалу». Разлік каэфіцыента ўзмацнення, спектральных і вуглавых характарыстык генерацыі. Разлік каэфіцыента ўзмацнення ў аднародна і неаднародна пашыраным актыўным рэчыве і спектр генерацыі.

5. Тэма: Аптычны рэзанатар і моды рэзанатара. Адкрыты рэзанатар. Тыпы рэзанатараў. Умова ўстойлівасці рэзанатара. Аксіяльныя і папярочныя моды рэзанатара. Гаўсавы пучкі. Селекцыя мод лазера. Адкрыты рэзанатар, яго дыхтоўнасць. Умовы самаўзбуджэння. Моды рэзанатара. Ўстойлівасць рэзанатараў, дыяграма устойлівасці. Тыпы ўстойлівых рэзанатараў. Няўстойлівыя рэзанатары, каэфіцыент павелічэння. Люстэрка рэзанатараў.

6. Тэма: Стацыянарны рэжым генерацыі лазера. Умовы пераходу да лазернай генерацыі. Магутнасць генерацыі. Парог генерацыі. Характарыстыкі стацыянарнай генерацыі. Аптымальная сувязь рэзанатара пры стацыянарнай генерацыі. Спектр генерацыі.

7. Тэма: Дынамічныя працэсы ў лазерах. Балансныя раўнанні. Рэжым свабоднай генерацыі. Пічковая структура выпраменьвання.

8. Тэма: Генерацыя гіганцкіх імпульсаў. Магутнасць генерацыі. Актыўнае пераключэнне стратаў рэзанатара. Пасіўныя затворы. Разгрузка рэзанатара.

9. Тэма: Сінхранізацыя мод. Прынцыпы сінхранізацыі. Актыўная сінхранізацыя мод. Пасіўная сінхранізацыя мод. Кераўская лінза. SESAM-люстэрка.

10. Тэма: Цвёрдацельныя лазеры. Лазер на рубіне. Неадымавы лазер. Ітэrbіевы лазер. Тытан - сапфіравы лазер.

11. Тэма: Газавыя лазеры. He-Ne лазер. Аргонавы лазер. CO₂ лазер. He-Cd лазер. Асаблівасці газападобнай актыўнай асяроддзя. Асноўныя

метады ўзбуджэ-ня: электрычны разрад, хімічнае ўзбуджэнне, фотодысоцыяцыя, аптычэ-ская напампоўка. Найбольш вядомыя газавыя лазеры: гелій-неонавы лазер, іённыя лазеры, лазеры на парах металаў, іённыя лазеры, хімічныя лазеры. Спосабы накачкі (электрычны разрад, іянізавальныя выпраменьвання). Накачка і асаблівасці канструкцыі. Кінетыка плазменных працэсаў і адукацыя інверснай населенасці ў эксімерным лазерам, лазерах на электронных пераходах малекул, лазерах на пераходах атамаў інертных газаў.

12. Тэма: Паўправадніковыя лазеры. Энергетычная структура паўправаднікоў. Р-п пераход і стварэнне інверсіі населенасці. Тыпы паўправадніковых лазераў. Адрэчныя асаблівасці паўправадніковых лазераў. Энергетычныя зоны носбітаў току ў паўправадніках. Метады атрымання інверснай населены-насці. Дыёдныя інжекцыйныя лазеры. Гетэраструктур.

13. Тэма: Іншыя тыпы лазераў. Лазеры на фарбавальніках. Хімічныя і газадынамічныя лазеры. Рэнтгенаўскія лазеры. Новыя даўжыні хваль лазернага выпраменьвання. Бачная вобласць і ВК дыяпазон. Далёкая УФ вобласць і рэнтгенаўская вобласць. Метады нелінейнай аптыкі. Вобласці прымянення лазераў. «Хімічныя» механізмы стварэння інверсіі насельніцтва на пераходах актыўных часціц, тыпы хімічных рэакцый, параметры і рэжымы працы хімічных лазераў. Вобласці ўжывання хімічных лазераў з рознымі параметрамі.

Вучэбна-метадычная карта дысцыпліны

Нумар раздзела, тэмы	Назва раздзела, тэмы	Колькасць аўдыторных гадзін					Колькасць гадзін КСР	Формы кантролю ведаў
		Лекцыі	Практычныя заняткі	Семінарыя заняткі	Лабараторныя заняткі	Іншае		
1	2	3	4	5	6	7		9
1	Уводзіны ў фізіку лазераў	2						Вуснае апытанне
2	Паняцце актыўнага рэчыва і спосабы яго стварэння	2						Вуснае апытанне
3	Аптычнае ўзбуджэнне актыўнага рэчыва.	2						Вуснае апытанне
4	Узмацненне ў асяроддзях з аднародным і неаднародным пашырэннем..	2						Вуснае апытанне
5	Аптычны рэзанатар і моды рэзанатара	2						Вуснае апытанне
6	Модалая структура выпраменьвання He-Ne лазера.				6			Пратакол
7	Стацыянарны рэжым генерацыі лазера.	2						Вуснае апытанне
8	Лазер на алюмаітрыевым гранаце з неадымам. Рэжым свабоднай генерацыі.				6			Пратакол
9	Дынамічныя працэсы ў лазерах	2						Вуснае апытанне
10	Генерацыя гіганцкіх імпульсаў	2						Вуснае апытанне
11	Неадымавым лазер. Генерацыя гіганцкіх імпульсаў. Пасіўныя і актыўныя затворы.				6			Пратакол
12	Сінхранізацыя мод.	2						Вуснае апытанне
13	Цвёрдацельныя лазеры	2						Вуснае апытанне
14	Газавыя лазеры	2						Вуснае апытанне
15	Паўправадніковыя лазеры.	2						Вуснае апытанне
16	Іншыя тыпы лазераў						2	Вуснае апытанне, Праверка кантрольнай работы
	Усяго	24			18		2	Залік

ІНФАРМАЦЫЙНА-МЕТАДЫЧНАЯ ЧАСТКА

Пералік асноўнай літаратуры

1. І.В.Сташкевіч. Фізіка лазераў. Мн. 2006.
2. О. Звелто. Принципы лазеров. М., 1984, 1990
3. Н.В. Карлов. Лекции по квантовой электронике. М., 1980
4. Ф. Качмарек. Введение в физику лазеров. Мир, М. , 1981
5. Л.В. Тарасов. Лазеры и их применение. М., 1983
6. Ю.В. Байбородин. Основы лазерной техники. Второе издание, переработанное и дополненное. — К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988.— 383 с.
7. Толстик А.Л., Агишев И.Н., Мельникова Е.А. Лазерная физика: лабораторный практикум; учебное пособие с грифом МО // Мн.: БГУ, 2006, 91 с.

Пералік дадатковай літаратуры

1. Г.М. Зверев, Ю.Д. Голяев. Лазеры на кристаллах и их применение. М., 1994.
2. Промышленное применение лазеров. Под ред. Г. Кёбнера, М., 1988
3. Справочник по лазерной технике. М., 1991
4. А. Ярив. Квантовая электроника. М., 1980
5. У. Дьюли. Лазерная технология и анализ материалов. М. 1986
6. Б.Ф. Федоров. Лазеры. Основы устройства и применение. М. 1988
7. Л.В. Тарасов. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. М., 1981

Прыкладны пералік выкарыстаных сродкаў дыягностыкі вынікаў вучэбнай дзейнасці

1. Вусныя апытанні.
2. Пратаколы лабараторных работ.
3. Кантрольныя работы.

Прыкладны пералік заданняў кантрольнай работы

1. Цвёрдацельныя лазеры з дыёдным узбуджэннем.
2. Энэргетычная структура іёнаў у крышталічных матрыцах.
3. Валаконныя лазеры.

Мерапрыемствы для кантролю кіраванай самастойнай працы
Для кантролю КСР выкарыстоўваюцца вусныя апытанні і кантрольная работы.

Прыкладны пералік тэм вусных апытанняў

1. Спонтаныя і вымушаныя пераходы.
2. Узмацненне святла і прынцыпы працы лазера.
3. Уласцівасці лазерных пучкоў.
4. Двух-, трох-і чатырохузроўневыя рэчывы.
5. Аднароднае і неаднароднае пашырэнне спектральных ліній.
6. Аксіяльныя і папярочныя моды рэзанатара.
7. Гаўсавы пучкі і дыяграма стабільнасці рэзанатараў.
8. Стацыянарная генерацыя. Парог генерацыі.
9. Балансныя раўнанні.
10. Генерацыя гіганцкіх імпульсаў.
11. Актыўнае і пасіўнае пераключэнне стратаў.
12. Сінхранізацыя мод. Атрыманне звышкароткіх імпульсаў.

Рэкамендаваныя тэмы лабараторных заняткаў

1. Модавая структура выпраменьвання He-Ne лазера.
2. Лазер на алюмаітрыевым гранаце з неадымам. Рэжым свабоднай генерацыі.
3. Неадымавым лазер. Генерацыя гіганцкіх імпульсаў. Пасіўныя і актыўныя затворы.

Методыка фарміравання выніковай ацэнкі

Выніковая адзнака фармуецца на аснове:

1. Правілаў правядзення атэстацыі студэнтаў, курсантаў, слухачоў пры засваенні зместу адукацыйных праграм вышэйшай адукацыі (пастанова Міністэрства Адукацыі Рэспублікі Беларусь № 53 ад 29 мая 2012 г.);
2. Палажэння аб рэйтынгавай сістэме ацэнкі ведаў студэнтаў па дысцыпліне ў Беларускай дзяржаўнай універсітэце (№ 382-ОД ад 2015/08/18 г.);
3. Крытэрыяў ацэнкі ведаў і кампетэнцый студэнтаў па 10-бальнай шкале.

Для бягучага кантролю якасці засваення ведаў па дысцыпліне рэкамендуецца выкарыстоўваць вусныя апытанні, кантрольныя работы і калоквіум. Вусныя апытанні праводзяцца ў адпаведнасці з вучэбна-метадычнай картай дысцыпліны. У выпадку нез'яўлення па ўважлівай прычыне студэнт мае права па ўзгадненні з выкладчыкам выканаць заданні ў дадатковы час. Для студэнтаў, якія атрымалі незадавальняючыя ацэнкі, альбо

не з'явіліся па няўважлівай прычыне, па ўзгадненні з выкладчыкам і з дазволу загадчыка кафедры мерапрыемства можа быць праведзена паўторна.

Ацэнка кожнага з вусных адказаў, кантрольных работ і калоквіума праводзіцца па дзесяцібальнай шкале. Адзнака бягучай паспяховасці разлічваецца як сярэднеарыфметычнае адзнак за вусныя адказы. Бягучая атэстацыя па вучэбнай дысцыпліне праводзіцца ў форме заліку, да заліку дапускаюцца студэнты, чыя адзнака бягучай паспяховасці не менш за 4 балы.

ПРАТАКОЛ УЗГАДНЕННЯ ВУЧЭБНАЙ ПРАГРАМЫ УВА

Назва дысцыпліны, з якой патрабуецца ўзгадненне	Назва Кафедры	Прапановы аб зменах у змесце вучэбнай праграмы па вучэбнай дысцыпліне	Рашэнне, прынятае кафедрай, распрацаваўшай вучэбную праграму (з указаннем даты і нумара пратакола)
Спектры і страенне малекул	Кафедра лазернай фізікі і спектраскапіі	Пакінуць змест вучэбнай дысцыпліны без зменаў	Рэкамендаваць да зацвярджэння вучэбную праграму ў прадстаўленым варыянце (пратакол № 18 ад 22 чэрвеня 2018 г.)
Нелінейная фізіка	Кафедра камп'ютэрнага мадэлявання	Пакінуць змест вучэбнай дысцыпліны без зменаў	Рэкамендаваць да зацвярджэння вучэбную праграму ў прадстаўленым варыянце (пратакол № 16 ад 20 чэрвеня 2018 г.)

на ____ / ____ вучэбны год

Вучэбная праграма перагледжана і ўхвалена на пасяджэнні кафедры
(пракакол № _____ ад _____ 20__ г.)

_____ А.Л.Толсцік

В.М. Анішчык