

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ВІДДІЛЕННЯ ФІЗИКИ ЯДРА
КАФЕДРИ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи

/Студеняк І.П./

2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЯДЕРНА МЕДИЦИНА

Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика і наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика і наноматеріали
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Ужгород 2020

Робоча програма навчальної дисципліни «Ядерна медицина» для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії галузі знань 10 Природничі науки спеціальності 105 Прикладна фізика і наноматеріали освітньої програми Прикладна фізика і наноматеріали.

Розробники: Маслюк В.Т., професор, доктор фізико-математичних наук,
Гайсак І.І., доцент, кандидат фізико-математичних наук

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри прикладної фізики

протокол № 1 від «23» вересня 2020 р.

Завідувач кафедри  Небола І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 1 від «23» вересня 2020 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 7	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 210	2	2
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи аспіранта – 4	1, 2	1, 2
	Лекції:	
	40	16
	Практичні (семінарські):	
	44	8
Вид підсумкового контролю: 1-й семестр – залік 2-й семестр - екзамен	Лабораторні:	
	-	-
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	126	186

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Ядерна медицина**» є формування системи знань та навиків в області ядерно-фізичних методів, які знаходять застосування в медицині.

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення дисципліни «**Ядерна медицина**» сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

– **інтегральна компетентність**: здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

– **загальні компетентності**: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1); навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-2); здатність проведення самостійних досліджень на сучасному рівні (ЗК-3); здатність до пошуку, обробки на аналізі інформації з різних джерел (ЗК-4); здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК-5); здатність комунікації на фахову тематику з нефхівцями (ЗК-10).

– **фахові компетентності**: здатність застосовувати фізичні знання для систематизації різноманітних пов'язаних фактів і явищ (ФК-1); здатність визначати завдання фізичного дослідження (ФК-2); здатність вирізняти із накопичених спостережень відтворювані експериментальні факти (ФК-3); здатність створювати та порівнювати між собою фізичні та математичні моделі фізичних об'єктів, процесів та явищ (ФК-4); здатність оцінювати моделі з точки зору їх відповідності фізичним об'єктам процесам та явищам, для пояснення яких застосовуються дані моделі (ФК-5); вміння здійснювати комп'ютерне моделювання фізичних процесів, у тому числі із застосуванням існуючого програмного забезпечення (ФК-6); володіння експериментальними методиками дослідження наноструктурованих матеріалів (ФК-7); знайомство з інформаційними технологіями та електронікою (ФК-8); володіння теоретичними методами, що застосовуються для дослідження низьковимірних систем і наноматеріалів (ФК-10).

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення навчальної дисципліни «**Ядерна медицина**» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі фізики, прикладної фізики та суміжних галузей знань.	ПРН 1.1.
Знати фундаментальні праці провідних зарубіжних вчених та наукових шкіл у галузі дослідження.	ПРН 1.2.
Вміти формулювати загальну методологічну базу власного наукового дослідження.	ПРН 2.2.
Вміти проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань.	ПРН 2.3.
Вміти формулювати наукову проблему з огляду на стан її наукової розробки та сучасні наукові тенденції.	ПРН 2.5.
Вміти формулювати робочі гіпотези та моделі досліджуваної проблеми.	ПРН 2.6.
Вміти аналізувати наукові праці в галузі прикладної фізики, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання.	ПРН 2.7.

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Ядерна медицина**»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Знати основну термінологію в області ядерно-фізичних методів та медицини.	ПРН 1.1.
Знати фізичну природу іонізуючого випромінювання.	ПРН 1.1
Знати механізми взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною, принципи радіаційної безпеки.	ПРН 1.2
Знати принципи застосування ядерно-фізичних методів в медичній діагностиці та терапії.	ПРН 1.2
Вміти планувати допустимі дози опромінення.	ПРН 2.2
Вміти обирати оптимальні сценарії опромінення.	ПРН 2.3
Володіти методами обробки і аналізу експериментальної фізичної інформації.	ПРН 2.5
Вміти генерувати нові ідеї при вирішенні дослідницьких і практичних задач в області медичної фізики.	ПРН 2.6
Вміти застосовувати сучасні інформаційні технології для оптимального застосування методів ядерної медицини.	ПРН 2.6
Вміти аналізувати наукову літературу по застосуванню ядерно-фізичних методів в медицині .	ПРН 2.7

4. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- модульний контроль,
- підсумковий контроль.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркоче усне опитування;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: виконання модульної контрольної роботи, результати якої оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форми підсумкового семестрового контролю: залік, екзамен. До заліку або екзамену допускаються аспіранти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	70	100
5	10	10	5		

T1, T2, T3, T4 – теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	70	100
10	10	5	5		

T1, T2, T3, T4 – теми

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	11	30	11	30
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)		-		
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні		-		
Письмове тестування при тематичному оцінюванні				
Презентація		-		
Реферат		-		
Есе		-		
Модульна контрольна робота		70		70
Разом	11	100	11	100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота проводиться у письмовій формі шляхом відповідей на питання тестових завдань. Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів. Максимальна кількість балів за кожний модуль становить 100 балів. Мінімальна кількість балів, за якої робота вважається виконаною становить 60 балів.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Ядерна медицина» здійснюється у формі заліку та екзамену.

Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано, „незараховано”.

Підсумкова оцінка " зараховано"/"не зараховано" визначається наступними критеріями:

- " зараховано" - якщо аспірант достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

- "незараховано" - якщо аспірант викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, аспірант не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчаті формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

Екзамен проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати екзамену оцінюються за чотирибальною шкалою: „відмінно”, „добре”, „задовільно”, „незадовільно”.

Оцінка „відмінно” (А; 90-100) виставляється в тому разі, коли аспірант бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, вміння грамотно обробляти результати експериментальних вимірювань з метою отримання заданої точності отриманих даних, кваліфіковано використовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „добре” (В, С; 74-89) виставляється тоді, коли аспірант виявив повне знання і розуміння програмового матеріалу, добре оволодів математичним апаратом курсу, може використовувати набуті знання в практичній діяльності, дав вичерпні відповіді на всі запитання, але під час відповіді допускав окремі нечіткі формулювання і незначні неточності.

Оцінка „задовільно” (D, E; 60-73) виставляється в тому разі, коли аспірант в основному знає і розуміє фактичний матеріал курсу, дав в основному правильні відповіді на запитання, виявив уміння розібратися в усьому матеріалі курсу, вміння використовувати відповідний математичний апарат, але не може ґрунтовно пояснити окремі положення пройденого курсу, допускає неточності при використанні математичного апарату, недостатньо вміє застосовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „незадовільно” (FX, F; 1-59) виставляється тоді, коли аспірант не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння фізичної сутності основних понять та термінів навчальної дисципліни, допускає плутанину, слабо володіє математичним апаратом, не може застосовувати набуті знання для розв'язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням аспіранта результуюча підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90-100	зараховано	A	відмінно
82-89		B	добре
74-81		C	добре
64-73		D	задовільно
60-64		E	задовільно
35-59	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
1-34		F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Аспірант, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» або «незадовільно з обов'язковим повторним навчанням» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік або екзамен.

Результати підсумкового контролю знань вносяться до відомості обліку успішності.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1. Зміст навчальної дисципліни Модуль

1. Основи ядерно-фізичних методів.

Тема 1. Джерела радіаційного випромінювання. Радіоактивність. Види радіоактивного розпаду. Альфа-, бета- і гамма-розпади ядер. Прискорювачі заряджених частинок. Прискорювачі електронів. Гальмівний спектр електронів. Прискорювачі протонів. Пучки від'ємних піонів. Генерація нейтронних пучків.

Тема 2. Взаємодія іонізаційного випромінювання (ІВ) з речовиною. Іонізаційні втрати важких заряджених частинок. Пік Брега. Взаємодія електронів з речовиною. Радіаційні втрати. Взаємодія гамма квантів з речовиною. Фотоефект, комптон ефект, утворення електрон-позитронних пар. Взаємодія нейтронів з речовиною. Детектори ІВ.

Тема 3. Дозиметрія ІВ та радіаційна безпека. Експозиційна і поглинута дози. Експериментальне вимірювання експозиційної дози. Розрахунки поглинутої дози. Еквівалентна доза і вагові коефіцієнти випромінювання. Ефективна доза і вагові коефіцієнти тканини. Біологічна дія ІВ. Індивідуальна дозиметрія. Клінічна дозиметрія. Дозиметричні прилади. Допустимі дози опромінення. Норми радіаційної безпеки. Природний фон ІВ.

Тема 4. Виробництво радіонуклідів. Ядерні реакції. Інтенсивність пучка. Імовірність реакції, вихід реакції та ефективний переріз ядерної реакції. Поріг ядерної реакції. Енергія зв'язку нейтрона. Фотоядерні реакції. Реакції під дією протонів та іонів. Нейтронні реакції. Радіохімія і виділення радіоактивних нуклідів. Ізотопи іроду (I-123, I-124 I-125, I-131). Виробництво ізотопів: технецій-99, індій-111, талій-201, рубідій-82, вуглець-11, азот-13, кисень-15, фтор-18, стронцій-89, паладій-103, ірідій-192.

Модуль 2. Застосування ядерно-фізичних методів в діагностиці і терапії.

Тема 1. Комп'ютерна томографія (КТ). Проективна томографія. Рентгенівська трубка. Спектр випромінювання. Детектори рентгенівського випромінювання. Принципи побудови зображення в КТ. Основні поняття і принципи цифрової обробки зображень. Просторова роздільна здатність КТ. Психофізичні властивості зору. Методи покращення зображення Системи розпізнавання образів. Фільтрація зображень.

Тема 2. Позитрон емісійна (ПЕТ) і однофотонна (ОФТ) томографія. Гамма розпад і однофотонна томографія. Просторова роздільна здатність ОФТ. Сцинтиляційні детектори гамма квантів. Принцип роботи позитрон-емісійного томографа. Позитронні джерела (C-11, F- 18). Сцинтилятори для ядерної медицини. Просторова роздільна здатність ПЕТ.

Тема 3. Ядерна магнітно-резонансна томографія (ЯМРТ). Явище ядерного магнітного резонансу. Час сканування, просторова роздільна здатність та контраст в ЯМРТ. Чутливість до вмісту кисню в крові (діамагнетизм і парамагнетизм).

Тема 4. Терапія іонізуючим випромінюванням. Опромінення ракових утворень. Гамма пушка. Медична терапія в національних прискорювальних центрах. Гадронна терапія і пік Брега. Терапія пі-мінус пучками. Нейтронна терапія.

5.2. Структура навчальної дисципліни

Денна форма навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
Лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
1-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Джерела радіаційного випромінювання.	24	4	4			16
Тема 2. Взаємодія ІВ з речовиною.	24	4	6			14
Тема 3. Дозиметрія ІВ та радіаційна безпека.	26	6	6			14
Тема 4. Виробництво радіонуклідів.	26	6	6			14
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	100	20	22			58
2-й семестр						
Модуль 2						
Тема 1. Компютерна томографія.	26	4	4			18
Тема 2 ПЕТ і однофотонна томографія.	28	4	6			18
Тема 3. Ядерна магнітно-резонансна томографія.	28	6	6			16
Тема 4. Терапія іонізуючим випромінюванням.	28	6	6			16
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	110	20	22			68
Разом за семестр	210	40	44			126

Заочна форма навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин	
	Форма навчання: заочна	
	у тому числі	

	Усього	Лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
1-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Джерела радіаційного випромінювання.	24	2				22
Тема 2. Взаємодія ІВ з речовиною.	26	2	2			22
Тема 3. Дозиметрія ІВ та радіаційна безпека.	26	2	2			22
Тема 4. Виробництво радіонуклідів.	24	2				22
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	100	8	4			88
2-й семестр						
Модуль 2						
Тема 1. Компютерна томографія.	28	2	2			24
Тема 2 ПЕТ і однофотонна томографія.	28	2	2			24
Тема 3. Ядерна магнітно-резонансна томографія.	28	2				26
Тема 4. Терапія іонізуючим випромінюванням.	26	2				24
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	110	8	4			98
Разом за семестр	210	16	8			186

5.3. Теми практичних (семінарських, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Структура і принцип роботи рентгенівської трубки.	2	
2.	Моделювання гальмівного спектру. Характеристичні лінії.	2	
3.	Фотоэффект і комптонівське розсіяння.	2	
4.	Нейтронні реакції.	4	2
5.	Детектори гамма квантів.	4	2
6.	Дозиметрія нейтронів.	2	
7.	Поріг ядерної реакції. Енергія зв'язку ядра. Енергія відділення нуклона.	2	
8.	Інтегральні перетворення. Перетворення Радона.	2	
9.	Кінематика анігіляції позитрона.	4	2
10.	Просторова роздільна здатність томографа.	2	
11.	Ядерно магнітний резонанс.	4	2
12.	Парамагнітний резонанс.	4	
13.	Просторова роздільна здатність ПЕТ.	4	
14.	Розрахунок поглинутої дози.	4	
15.	Нейтронна терапія.	2	
Разом		44	8

5.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
-------	------------	-----------------

		денна	заочна
1.	Закон радіоактивного розпаду.	8	10
2.	Бета розпад. Форма спектру електронів.	8	12
3.	Лінійні і циклічні прискорювачі електронів.	8	12
4.	Формування пучків вторинних частинок (піонів і нейтронів) на прискорювальних комплексах.	8	12
5.	Ядерна медицина на національних і міжнародних ядерних центрах.	8	12
6.	Експериментальне вимірювання експозиційної дози.	8	12
7.	Розрахунки поглинутої дози.	8	14
8.	Розрахунок швидкості ядерної реакції.	8	12
9.	Фотоядерні реакції.	8	12
10.	Детектори нейтронів.	8	14
11.	Принципи побудови зображення в КТ.	8	12
12.	Сцинтилятори для ядерної медицини.	8	14
13.	Побудова зображення в ЯМРТ.	10	12
14.	Застосування вторинних нейтронів в терапії.	10	14
15.	Променева терапія головного мозку.	10	12
	Разом	126	186

6. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби: Мультимедійний проєктор.

Обладнання: персональні ком'ютери, ноутбуки.

Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Power Point.

7. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. М.Я. Марусина Современные виды томографии. Учебное пособие. –СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. -132с.
2. Г.А. Федоров Однофотонная вычислительная томография. Учебное пособие. -М.: МИФИ, 2008. -204с.
3. В.Г. Лещенко, Г.К. Ильич Медицинская и биологическая физика. Учебное пособие. –Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. -552с.
4. В.А Календер Компьютерная томография. Пер. с англ. М.: Техносфера. 2006.
5. М. Прокоп, М. Галански Спиральная и многослойная компьютерная томография. Т. 1-2. Пер. с англ. М.: МЕДпрессинформ, 2006.
6. Джозеф П. Хорнак Основы МРТ. Пер. с англ. М.: РГМУ, 2007.
<http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/inside-r.htm>

Допоміжна література

1. А.С. Kak, М. Slaney Computerized Tomographic Imaging. New York: IEEE Press, 1999.
2. Л.М. Сороко Интроскопия. М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. С.А. Терещенко Методы вычислительной томографии. М.: Физматлит, 2004.
4. Paul Lecoq Medical Physics Fundamental. Geneva: CERN, 2010.
<https://events.lal.in2p3.fr/TESchool10/Profs-Presentations/Medica-Phys-1.pdf>