



**РЕКОМЕНДАЦІЇ УКРАЇНЬСЬКОЇ АСОЦІАЦІЇ МЕДИЧНИХ ФІЗИКІВ
ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ ПРОГРАМИ (або академічної
частини клінічної резидентури) З МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ**

УАМФ Звіт №1

2019

ЗМІСТ

1. ВСТУП.....	3
2. ВСТУПНІ ВИМОГИ.....	4
3. ВИМОГИ ДО ІНФРАСТРУКТУРИ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ.....	4
3.1. Академічна установа	4
3.2. Обладнання, навчальні матеріали.....	5
4. МОДУЛІ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ	6
4.1. Базові модулі.....	6
4.2. Практичні заняття.....	10
4.3. Список Навчальної Літератури та Матеріалів	11
4.4. Додаткові курси	13
5. ОЦІНЮВАННЯ.....	13
ДОДАТОК: ПРИКЛАД МАГІСТЕРСЬКОЇ ПРОГРАМИ З МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ.....	14

1. ВСТУП

Метою даних рекомендацій є нормалізації українських навчальних програм з медичної фізики до світових норм та вимог з підготовки кваліфікованого клінічного медичного фізика (експерта з медичної фізики). Дані рекомендації містять мінімальні вимоги до програми, кожен навчальний заклад вільний додавати додаткові курси та збільшувати кількість годин до основних курсів. Але, щоб магістерська програма була визнана/акредитована компетентними органами, вона повинна відповідати мінімальним вимогам даних рекомендацій. За основу даних рекомендацій було взято документ МАГАТЕ: Postgraduate Medical Physics Academic Programme. Training Course Series 56. IAEA, Vienna, 2013. Також було враховано досвід реалізації МАГАТЕ рекомендацій в програмі Master for Medical Physics, акредитованою International Organization of Medical Physics (IOMP), що спільно проводиться International Centre for Theoretical Physics (ICTP) та University of Trieste, а також CAMPEP (<https://www.campep.org/>) акредитація програм в США і Канаді.

Сучасний стан професії медичної фізики в Україні є таким, що переважна більшість фізиків починає чи починала працювати кваліфікованим медичним фізиком у медичних закладах без відповідних знань та досвіду. І отримували їх в процесі роботи та навчання на місці, при цьому відсутність будь якої перевірки знань та їх контролю як наслідок не гарантує, що працюючі медичні фізики задовольняють вимогам кваліфікованого клінічного медичного фізика. Тому задля підвищення кваліфікації медичних фізиків і статусу професії медичного фізика, УАМФ ініціювала адаптацію міжнародних вимог до Кваліфікованого Клінічного Медичного Фізика (ККМФ) (Експерта з медичної фізики) (рис.1)

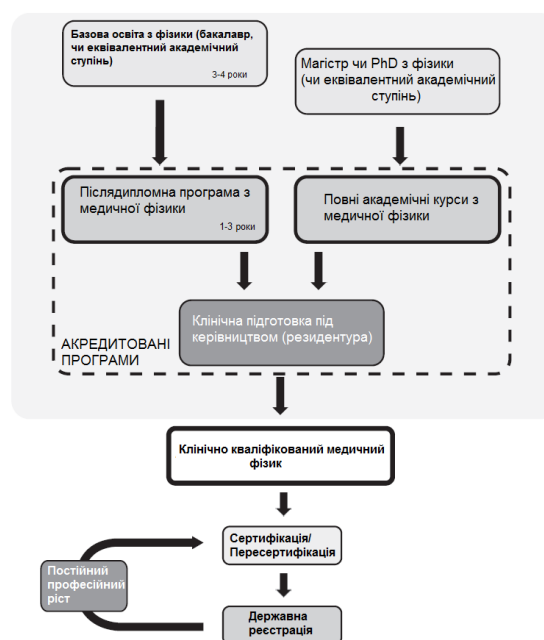


Рис. 1

Одним з етапів підготовки ККМФ є післядипломна програма навчання з медичної фізики (магістерська програма). Як видно з діаграми (Рис.1) є два можливі шляхи початку клінічної резидентури: 1) є закінчення базової освіти з фізики (бакалавр) і подальше навчання в магістратурі за спеціальністю медична фізика, 2) маючи ступінь магістра чи PhD пройти академічні курси з медичної фізики, які повинні відповідати мінімальним вимогам до магістерської програми з медичної фізики. При цьому за 2-им шляхом ці академічні курси можуть бути пройдені в рамках

резидентури, але час відведений на них повинен компенсуватися відповідним продовженням терміну резидентури.

Програма повинна бути реалізована лише на базі навчального закладу який може видавати дипломи Магістра.

2. ВСТУПНІ ВИМОГИ

Студент повинен мати диплом бакалавра з природничих наук з додаток до диплому згідно якого студент повинен мати:

- Як мінімум 2 роки курсів вищої математики, закінчених успішно, включаючи:
 - Лінійна Алгебра та Аналітична Геометрія
 - Математичний Аналіз
 - Комплексне Числення
 - Диференціальні рівняння
 - Числові методи
- Загальні та теоретичні курси з фізики повинні бути закінчені успішно, включаючи:
 - Класична Механіка
 - Квантова Механіка
 - Термодинаміка і Молекулярна фізика / Статистична Фізика
 - Електродинаміка
 - Оптика
 - Атомна і Ядерна Фізика
 - Фізика Твердого Тіла
 - Обробка Сигналів
 - Обчислювальна Фізика / Комп'ютерне Програмування

Вимоги до студентів які мають диплом магістра за іншою спеціальністю, але хочуть пройти академічні курси з медичної фізики (наприклад в рамках резидентури), повинні відповідати вимогам зазначеним вище.

3. ВИМОГИ ДО ІНФРАСТРУКТУРИ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

3.1. Академічна установа

Академічна установа (факультет/кафедра) повинна мати в своєму складі як мінімум одного викладача зі ступенем PhD. Викладання повинно проводитися як викладачами з повною ставкою так і медичними фізиками та іншими спеціалістами, що працюють в сфері охорони здоров'я. Як наслідок, навчальний заклад повинен мати клінічну базу у відділенні медичної фізики в лікарні, або відповідний договір з лікарнею щодо співпраці. Ідеально, щоб необхідна кількість кваліфікованих клінічних медичних фізиків з лікарні повинні мати формальну ставку суміжника на кафедрі, яка проводить дане навчання по програмі з медичної фізики. Радіобіологи, клініцисти і представники регуляторних установ можуть допомагати у викладанні відповідних модулів.

Варто зазначити, що для забезпечення високої кваліфікованості викладання клінічної бази (відділення медичної фізики), що підтримують програму повинні мати мінімальний штат медичних фізиків відповідно до МАГАТЕ рекомендацій, національних вимог та міжнародних посібників.

3.2. Обладнання, навчальні матеріали

Як частина формального зв'язку між академічним закладом (університетом/інститутом) та клінічною установою (лікарнею) повинен бути укладений Меморандум про взаєморозуміння та співпрацю, таким чином надаючи студентам доступ під керівництвом кваліфікованого медичного фізика до клінічного обладнання. Відділення Променевої Онкології (Терапії), Радіології (Променевої Діагностики), Ядерної Медицини що є клінічною базою програми повинні бути обладнанні як мінімум базовими ресурсами необхідними для початку клінічної навчальної програми (або мати змогу доповнити навчання з відсутнього обладнання на іншій клінічній базі, в якій наявність відділення медичної фізики не є обов'язковим):

- Відділення променевої онкології повинні мати:
 - Апарат дистанційної променевої терапії
 - Систему планування лікування
 - Симулятор (традиційний чи комп'ютерний томограф (КТ))
 - Дозиметричне обладнання, включаючи водяний фантом
 - Апарат для Брахітерапії
 - Інтраскопічне обладнання
- Радіологічне відділення
 - Рентгенівський апарат
 - Флюороскопічний рентгенівський апарат
 - Комп'ютерний томограф (КТ)
 - Мамограф
 - Також суттєвою перевагою є доступ до ультразвукового діагностичного (УЗД) апарату, системи термолюмінцентної дозиметрії (ТЛД), Дентального апарату, магнітно-резонансної томографії (МРТ).
- Відділення Ядерної Медицини
 - Гамма камера, одно фотонно-емісійний томограф (ОФЕКТ) чи ОФЕКТ/КТ.
 - Калібратори дози, лічильники
 - Фантоми і калібрувальні джерела
 - Дозиметри (обстежувальні лічильники) і зонди забруднення (contamination probes)
 - Послуги ядерної терапії (іод-терапія)
 - Перевагою також буде мати доступ до позитронно-емісійної томографії (ПЕТ).

Так як студенти будуть допущені в клінічні умови всі необхідні дозволи та зобов'язання що відносяться до обладнання, охорони здоров'я та праці, радіаційної безпеки і захисту, професійної, дослідницької та освітньої етики, конфіденційності пацієнтів – повинні бути уточнені в Меморандумі про взаєморозуміння та співпрацю.

Доступ студентів до Інтернету та комп'ютерів повинен бути забезпечений в навчальному закладі, разом з тим як і бібліотечний доступ (електронний) до журналів, звітів, книг, основних публікацій міжнародних організацій з медичної фізики (ICRU, ICRP, NCRP, AAPM, IAEA, NCS, IPEM, IOMP, тощо).

4. МОДУЛІ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ

Академічні модулі, що входять до програми з медичної фізики повинні бути спрямовані на підготовку студента до проведення власних наукових досліджень і розвитку критичного та інноваційного мислення. Принаймні маленький дослідницький проект повинен входити до програми.

4.1. Базові модулі

Нижче приводимо базові модулі з планом лекцій:

- **Анатомія і Фізіологія**
 - Анатомічна номенклатура
 - Походження анатомічних імен
 - Префікси і суфікси
 - Термінологія анатомічних зон і частин тіла
 - Структура, Фізіологія, Патологія і Радіографічний вигляд (Рентген, КТ, МРТ, зображення ядерно-медичних методик):
 - Кісток і кісткового мозку
 - Головного мозку, центральної нервової системи і шиї
 - Грудної клітини
 - Черевної порожнини
 - Малої миски
 - Систем дихання, травлення, сечовивідної, репродуктивної, серцево-судинної, лімфатичної, ендокринної
- **Радіобіологія**
 - Класифікація радіації в радіобіології
 - Клітинний цикл і смерть клітини
 - Ефект клітинної радіації, кисневий ефект
 - Типи радіаційних пошкоджень (тканини, органу і всього тіла)
 - Крива виживання клітини
 - Крива Доза-відповідь
 - Ранні та пізні радіаційні ефекти (детерміністичний, стохастичний); ефект на розвиток плоду
 - Моделювання, лінійно-квадратична (LQ) модель, α/β відношення
 - Фракціонування, 2Гр за фракцію еквівалентна доза (EQD_{2Gy})
 - Ефект потужності дози
 - Ймовірність контролю пухлини (Tumour Control Probability – TCP), Ймовірність ускладнення нормальних тканин (Normal Tissue Complication Probability – NTCP), Еквівалентно-однорідна доза (EUD)
 - Толерантність доз і об'ємів, Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC)
 - Терапевтичне відношення нормальних та пухлинних клітин
 - Радіосенсибілізатори, радіопротектори
- **Радіаційна фізика**
 - Огляд сучасної радіаційної фізики

- Історичний огляд
 - Атомна та ядерна структура
 - Радіоактивний розпад
 - Основи квантової механіки
- Взаємодії фотонів з речовиною
- Взаємодії нейтронів з речовиною
- Взаємодія заряджених частинок з речовиною
- Теорії багато-частинкового розсіювання
- Гальмівна здатність
 - Обмежена, необмежена
 - Лінійна передача енергії (LET)
- Рівняння переносу
 - Сповільнення заряджених частинок
 - Наближення неперервного сповільнення (Continuous slowing down approximation -CSDA)
- Вступ до методик Монте-Карло
- Огляд неіонізуючої радіаційної фізики
- **Радіаційний захист**
 - Вступ, історичний розвиток і джерела радіації
 - Радіаційний контроль - детектування і виміри (лічильник Гейгера-Мюллера, пропорційний, сцинтилятори, ТЛД, іонізаційні камери, нейтронні детектори)
 - Експоненційне поглинання, Шар половинного ослаблення (HVL), закон оберненого квадрату, Шар десятикратного послаблення (TVL)
 - Розрахунок захисту
 - Еквівалентна, ефективна доза
 - Нормативно-правова база в сфері дії іонізуючого випромінювання
 - Професійне опромінення, опромінення населення і ліміти доз
 - Радіаційна безпека при поводженні з ДІВ, допуск персоналу до робіт з ДІВ, інструкції аварійна та з РБ, Аварійні плани
 - Принципи радіаційного захисту (ALARA)
 - Поводження з радіоактивним відходами (РАВ)
 - Оцінка ризику і ризик-комунікація
- **Професійний та науковий розвиток**
 - Етика
 - Хельсінська декларація
 - Основи клінічних досліджень
 - Етичні огляд/комісії
 - Професіоналізм
 - Клінічне врядування
 - Управління якістю
 - Норми поведінки
 - Поводження з медичним обладнанням
 - Статистичні методи в дослідженнях
 - Комп'ютерні інструменти та засоби аналізу

- Експертна оцінка/Журнальний клуб
- Навики доповідача
 - Наукове спілкування
 - Навички викладання
- **Дослідницький проект**
 - Планування дослідження
 - Огляд літератури
 - Отримання даних та їх опрацювання
 - Критичний аналіз
 - Наукове написання
 - Авторство, чесність, плагіат
- **Основи Медичної Інтраскопії**
 - Математичні методи
 - Методики томографічної реконструкції
 - Лінійні системи
 - Вступ до отримання зображень та їх обробки
 - Сприйняття зображень
 - Реєстрація, сегментація та зшивання
 - Оцінки якості зображень, концепції та величини
- **Радіаційна Дозиметрія**
 - Величини та одиниці вимірювання
 - Рівновага заряджених частинок
 - Теорема Фано
 - Теорія порожнини
 - Радіаційні стандарти
 - Відстеження калібровки
 - Калібраційні коефіцієнти, наприклад поглиненої дози в повітрі ($N_{D,air}$) і воді ($N_{D,w}$), тощо
 - Радіаційні дозиметри
 - Протоколи опорної дозиметрії і кодекси практики
 - Дозиметрія малих полів (фундаментальні аспекти, рекомендації)
- **Фізика Променевої Онкології**
 - Огляд основ клінічної променевої терапії та радіобіології
 - Обладнання променевої терапії (прискорювачі, ^{60}Co телетерапія, циклотрони, кіловольтні генератори)
 - Базова фотонна променева терапія
 - Укладка пацієнтів, включаючи позиціонування та імобілізацію
 - Симуляція, віртуальна симуляція, цифрові реконструйовані радіограми (DRR), реєстрація зображень
 - Дозиметричні функції та базове планування лікування
 - Алгоритми розрахунку дози і корекція гетерогенності
 - Припис, запис та звітування згідно зі звітами ICRU 50, 62 і 83
 - Променева терапія електронами, звіт ICRU 71
 - Брахітерапія, включаючи звіт ICRU 38 і AAPM TG 43 формалізм

- High dose rate (HDR) і low dose rate (LDR)
- Обладнання та джерела
- Планування лікування
- Інверсне планування і оптимізація для променевої терапії з модуляцією інтенсивності (IMRT)
- Обладнання та методики променевої терапії малими полями (стереотаксична променева терапії (SRT) і радіохірургія (SRS), екстракраніальна стереотаксична променева терапії (SBRT), IMRT, Tomotherapy™, Cyberknife™, Gammaknife™, VERO™, тощо)
- Відстеження зображеннями та верифікація в променевій терапії (Cone beam CT (CBCT), ультразвук (УЗ), портальні зображення, ін-віво дозиметрія, реєстрація зображень)
- Інформаційні системи променевої терапії
- Приймання обладнання та ввід в експлуатацію
- Принципи управління якістю в променевій онкології, контроль якості обладнання
- **Фізика Ядерної Медицини**
 - Виробництво радіоізотопів та радіофармпрепаратів
 - Детектори та електроніка
 - Неіонізуючі інструменти
 - Калібратори дози, Well counters- колодязь
 - Проби (Probes)
 - Засоби інтроскопії
 - Планарні, всього тіла
 - ОФЕКТ
 - ПЕТ
 - Гібридна інтроскопія
 - Внутрішня дозиметрія (Medical Internal Radiation Dose (MIRD) формалізм, біокінетичне моделювання, відділовий аналіз)
 - Кількісна інтроскопія
 - Радіоізотопна терапія
 - Якість зображень та шуми
 - Приймання обладнання та ввід в експлуатацію
 - Принципи управління якістю в ядерній медицині, контроль якості обладнання
- **Фізика Діагностичної та Інтервенційної Радіології**
 - Генерація рентгенівських променів, їх основні характеристики (спектр, інтенсивність...)
 - Параметри експозиції та їх вплив на якість зображення
 - Рентгенівська інтроскопія
 - Радіографія
 - Мамографія
 - КТ
 - Флюороскопія та інтервенція радіологія
 - ДХА, дентальна і томографія
 - Доза отримувана пацієнтом і система її оптимізації
 - Ультразвукові дослідження (УЗД)

- Акустичні властивості біологічних тканин
- Хвиля, рух і поширення, звукова потужність
- Види сканування
- Перетворювачі
- Допплер
- Безпека
- МРТ
 - Фізика МРТ
 - Формування МР зображення
 - Прилади в МР
 - Методики МР
 - МР контраст і якість зображень
 - Безпека
- Клінічне застосування та артефакти
- Двох і багато модальна інтроскопія
- Приймання обладнання та ввід в експлуатацію
- Принципи управління якістю в радіології, контроль якості обладнання

В Додатку, наведено список вищезазначених основних модулів та пропозиція до рекомендованих годин, що покривають кожну тему. Це може допомогти в оцінці людських ресурсів необхідних для підтримки такої програми, що розрахована на не менш ніж 300 академічних годин.

4.2. Практичні заняття

Практичні заняття (лабораторні роботи) є необхідною частиною навчальної програми з медичної фізики. Під час практичних занять здобувачі отримують практичні навички використання знань із різних академічних модулів програми. Приклад лабораторних занять з відповідними академічними модулями наведено нижче:

- Анатомія і Фізіологія для Медичних Фізиків
 - Анатомія при різних модальностях інтроскопії
- Радіаційна Фізика та Радіаційна Дозиметрія
 - Вимірювання з іонізаційною камерою пучків Co-60, рентгенівських установок і прискорювачів.
 - Сканування за допомогою водного фантому.
 - Вимірювання з допомогою твердо тільних дозиметрів (ТЛД, Транзистор метал-діелектрик-напівпровідник (MOSFET), оптично стимульований люмінесцентний дозиметр (OSLD), плівка)
- Радіаційна Фізика
 - Монте Карло розрахунок
- Радіаційний Захист
 - Радіаційна розвідка клінічних побудов (бункерів, захистів, чи потенційних місць забруднення) і розрахунок захисту
- Основний Медичної Інтроскопії

- Практична робота з DICOM
- Експерименти із зоровим сприйняттям
- Радіаційна Дозиметрія
 - Опорно-дозиметрична калібровка клінічних пучків з використання міжнародного протоколу, наприклад IAEA TRS 398
- Фізика Променевої Онкології
 - Базові вправи з планування лікування
- Фізика Ядерної Медицини
 - Калібровка чутливості Гамма камери
 - Спектроскопія гама випромінювання
- Фізика Інтервенційної та Діагностичної Радіології
 - Залежність виходу рентгенівських трубок від HVL, напруги на трубці, струму, часу експозиції, фільтрації пучка і відстані
 - Оцінка якості зображення (контраст, роздільна здатність, Функція передачі модуляції/Частотно-контрастна характеристика (MTF))
- Радіобіологія
 - Вимірювання кривої виживання

4.3.Список Навчальної Літератури та Матеріалів

Нижче наведений список літератури, є прикладом, який може використовуватися в розробці програми, багато іншої літератури є в наявності, при цьому деяка з них доступна в електронному вигляді.

- Anatomy and Physiology as applied to Medical Physics:
 - [1] TORTORA, G.J., DERRICKSON, B.H., Principles of Anatomy and Physiology. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA (2011).
 - [2] WEIR, J., ABRAHAMSON, P.H., SPRATT J.D., SALKOWSKI L.R., Imaging Atlas of Human Anatomy, 4th Edition. Mosby, Maryland, USA (2010).
- Radiobiology:
 - [1] HALL, E.J., AND GIACCIA, A. Radiobiology for the Radiologist, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA (2011).
 - [2] STEEL, G. G., Basic Clinical Radiobiology, Hodder Arnold Publishers, London (2002).
 - [3] LEHNERT, S., Biomolecular Action of Ionizing Radiation (Series in Medical Physics and Biomedical Engineering), Taylor and Francis, USA (2007).
 - [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students, Training Course Series, No. 42, IAEA, Vienna (2010).
 - [5] NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES, Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, BEIR VII PHASE 2, The National Academies Press, Washington, D.C. (2006).
- Radiation Physics:
 - [1] PODGORSK, E. B., Radiation Physics for Medical Physicists (Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering), Springer, New York, USA (2010).
 - [2] CARRON, N.J., An Introduction to the Passage of Energetic Particles through Matter, Taylor and Francis, USA (2006).
 - [3] EVANS, R. D., The Atomic Nucleus. Krieger, Florida, USA (1982).
- Radiation Protection
 - [1] CEMBER, HERMAN, AND JOHNSON, THOMAS, Introduction to Health Physics. McGraw-Hill Medical, New York, USA (2008).

- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards – Interim Edition General Safety Requirements Part 3, IAEA, Vienna (2011).
- [3] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, ICRP, Ottawa (2007).
- Professional and Scientific Development
 - [1] JURAN, J. M and DE FEO, J., Juran's quality handbook: The complete guide to performance excellence, McGraw-Hill, New York (2010)
- Medical Imaging Fundamentals:
 - [1] GONZALEZ, RAFAEL, AND WOODS, RICHARD, Digital Image Processing. Prentice Hall, New Jersey, USA (2007).
 - [2] BUSHBERG, JERROLD T., ET AL, The Essential Physics of Medical Imaging, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia (2011).
- Radiation Dosimetry:
 - [1] ATTIX, FRANK H., Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. Wiley, USA (1986).
 - [2] ROGERS, D.W.O., AND CYGLER, JOANNA, Clinical Dosimetry Measurements in Radiotherapy: AAPM 2009 Summer School, Medical Physics Pub Corp, Madison, USA (2009).
 - [3] KNOLL, GLENN F., Radiation Detection and Measurement. Wiley, USA (2010).
- Physics of Radiation Oncology
 - [1] PODGORSK, ERVIN, Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, IAEA, Vienna (2005).
 - [2] KHAN, FAIZ M., The Physics of Radiation Therapy, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia (2009).
 - [3] MAYLES, P., NAHUM, A., AND ROSENWALD, J.C., Handbook of Radiotherapy Physics, Theory and Practice, Taylor & Francis, USA (2007).
 - [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Applying Radiation Safety Standards in Radiotherapy, Safety Report Series No. 38. IAEA, Vienna (2006).
 - [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities, Safety Report Series No. 47. IAEA, Vienna (2006).
- Physics of Nuclear Medicine:
 - [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students, IAEA, Vienna (2013)
 - [2] BUSHBERG, JERROLD T., ET AL, The Essential Physics of Medical Imaging, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia (2011).
 - [3] CHERRY, S.R., SORENSEN, J.A., AND PHELPS, M.E., Physics in Nuclear Medicine, Saunders, Philadelphia (2003).
 - [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Applying Radiation Safety Standards in Nuclear Medicine, Safety Report Series No. 40, IAEA, Vienna (2005).
 - [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection in Newer Medical Imaging Techniques: PET/CT, Safety Report Series No. 58, IAEA, Vienna (2008).
- Physics of Interventional and Diagnostic Radiology:
 - [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students, IAEA, Vienna (2013)
 - [2] BUSHBERG, JERROLD T., ET AL, The Essential Physics of Medical Imaging, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia (2011).
 - [3] DENDY, P.P., AND HEATON, BRIAN, Physics for Diagnostic Radiology, Third Edition (Series in Medical Physics and Biomedical Engineering), CRC Press, USA (2011).
 - [4] HENDEE, W.R., AND RITENOUR, E.R., Medical Imaging Physics, Wiley-Liss, New York (2002).
 - [5] SPRAWLS, PERRY, Physical Principles of Medical Imaging, Medical Physics Pub Corp, Madison (2009).
 - [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Applying Radiation Safety Standards in Diagnostic Radiology and Interventional Procedures Using X Ray, Safety Report Series No. 39, IAEA, Vienna (2006).

4.4. Додаткові курси

Наступні модулі є рекомендованими до використання в програмі при наявності відповідних спеціалістів та ресурсів:

- Оцінка Технології Здоров'я
- Інформаційні та Комунікаційні Технології
- Адронна Терапія чи Особлива Техніка
- Вимоги точності та невизначеності в радіаційній медицині
- Електроніка
- Оптична Інтроскопія
- Мікродозиметрія
- Біологічні моделі в плануванні лікування
- Технічні засоби Монте Карло в плануванні лікування
- Таргетна Терапія
- Принципи Управління

5. ОЦІНЮВАННЯ

Кожен модуль повинен бути формально оцінений, механізми оцінювання кожен заклад може обирати на власний розсуд, згідно з чинним законодавство України і може включати як письмові іспити так і усні, дослідницькі звіти, лабораторні звіти, презентації тощо.

ДОДАТОК: ПРИКЛАД МАГІСТЕРСЬКОЇ ПРОГРАМИ З МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ

Нижче наведено приклад двох програм: Перша програма базових курсів рекомендована МАГАТЕ (Таб.1) з кількістю годин та вагою до кінцевої оцінки. Лекційні години не включають самостійне навчання студента. Лабораторні години представлені як практичні заняття, які часто відбуваються в клінічних умовах (в клінічних відділеннях)

Таблиця 1 Приклад МАГАТЕ рекомендованої академічної програми з Медичної Фізики

Модуль	Вага	Лекційні години	Лабораторні години
Анатомія і Фізіологія	5%	30 год.	
Радіаційна Фізика; Радіаційна Дозиметрія	10%	40 год.	10 год.
Радіаційний Захист; Радіобіологія	15%	50 год.	
Професійний та Науковий Розвиток	10%	40 год.	
Основи Медичної Інтроскопії; Фізика Ядерної Медицини; Фізика Діагностичної та Інтервенційної Радіології	20%	80 год.	40 год.
Фізика Променевої Онкології	15%	60 год.	40 год.
Додаткові курси (Передові Технології)	5%	20 год.	10 год.
Дослідницька робота (дипломна)	20%		
Всього:	100%	320 год.	100 год.

Другий приклад програми є програмою реалізованою на базі МАГАТЕ рекомендацій та акредитованою International Organization of Medical Physics (IOMP), що спільно проводиться International Centre for Theoretical Physics (ICTP) та University of Trieste. Академічна частина програми зведена до одного року навчання. При цьому в рамках цієї програми другий (і при можливості третій) рік навчання є резидентурою в лікарні з дипломною роботою.

Таблиця 2 Приклад ICTP & University of Trieste Joint Programme Master for Medical Physics (акредитованої IOMP)

Назва курсу чи практичного заняття	К-сть лекційних годин чи лабораторних занять	Вид заняття	Тип іспиту
Анатомія і Фізіологія	30	лекції	Усний
Радіобіологія	8	лекції	Усний
Радіаційна Фізика	32	лекції	Усний
Радіаційна Дозиметрія	32	лекції	Усний
Основи Медичної Інтроскопії	24	лекції	Усний
Фізика Детекторів Зображень	8	лекції	Усний
Фізика Ядерної Медицини	24	лекції	Усний
Фізика Діагностичної та Інтервенційної Радіології 1	16	лекції	Усний
Фізика Діагностичної та Інтервенційної Радіології 2	16	лекції	Усний
Фізика Діагностичної Радіології: УЗД і МРТ	32	лекції	Усний
Фізика Променевої Онкології 1	32	лекції	Усний
Фізика Променевої Онкології 2	32	лекції	Усний
Радіаційний Захист	24	лекції	Усний
Інформаційні Технології в Медичній Фізиці	16	лекції	Усний
Практичні заняття (228 год.):			
В лікарні, у відділеннях радіології, ядерної медицини, променевої терапії та медичної фізики	36	лабораторні	письмовий
Радіологія	36	лабораторні	письмовий
Ядерна Медицина	24	лабораторні	письмовий
Променева Онкологія	96	лабораторні	письмовий
Інформаційні технології та програмні засоби: задачі в ImageJ	12	лабораторні	письмовий
Медична статистика	12	лабораторні	письмовий
Методи Монте Карло симуляції	12	лабораторні	письмовий
Дослідницька робота (дипломна)			
ЗАГАЛЬНА КІЛЬКІСТЬ ГОДИН	556		

Автори, які працювали над рекомендаціями, та допомагали в їх
редагуванні

Лучковський С.М.

Клініка Спіженко

Чигрин О.О.

Медична клініка «Інновація»

Нагірняк В.М.

Буковинський державний медичний університет

Зелінський Р.М.

Клініка Спіженко