3.Физиология человека. Т. 1,2,3. Пер. с англ. /Под ред. Р Шмидта и Г. Тевса. - М.: Мир, 1996.

Программу составил доктор биологических наук, профессор Кошелев В.Б.

Программы

спецкурсов

кафедры *физики ускорителей высоких энергий*

Москва 2000

Введение

Ускорители заряженных частиц составляют основу экспериментальной базы современной физики элементарных частиц, ядерной физики, прочно вошли в такие научные направления как биология, физика твердого тела, физика трансурановых элементов, используются для решения целого ряда прикладных задач , как например, в медицине, материаловедении, микрорадиоэлектронике и др. Существуют предложения по созданию на базе сильноточных ускорителей безопасных ядерно-энергетических установок. Отсюда возникают самые разнообразные требования к пучкам ускоренных частиц.

С помощью ускорителей заряженных частиц получают мощные потоки электронов (позитронов), протонов (антипротонов)и ядер всех элементов таблицы Менделеева. Физика высоких энергий, которая изучает фундаментальные закономерности на субъядерных расстояниях, ставит задачи повышения энергии и интенсивности пучков ускоренных частиц.

Сегодня умеют получать электроны и протоны с фантастическими энергиями, измеряемыми сотнями и тысячами миллиардами электронвольт. Для этого создаются гигантские ускорительные установки. Длины линейных ускорителей достигают нескольких километров, периметры орбит циклических ускорителей – десятков километров. Стоимости таких монстров становятся соизмеримы с масштабом ассигнований на науку вообще и превышают миллиарды рублей.

При создании таких уникальных наукоемких установок привлекаются большие коллективы творческих и нестандартно мыслящих участников.

Ускорительные установки на высокие энергии созданы и успешно работают во многих научных центрах России, США, Англии, Германии, Швейцарии (ЦЕРН), Италии, Японии, Китае. На ускорителях сделаны выдающиеся открытия современности, которые в настоящее время положены в основу наших представлений о структуре материи.

Открыты принципиально новые особенности микромира, как например, кварковое строение элементарных частиц, новые квантовые числа: странность, очарование, дробный электрический заряд, цветные заряды кварков и глюонов. Исследования взаимодействия цветных зарядов образовали новое направление – квантовую хромодинамику. Открытия последних лет дают основания для построения общей теории, объединяющей сильные, слабые и электромагнитные взаимодействия элементарных частиц.

К числу самых крупных действующих ускорителей можно отнести кольцевые ускорители протонов в США и Швейцарии на энергию около 1 ТэВ (длина орбиты 6,28 км), установку LEP со сталкивающимися электрон-позитронными пучками на энергию 55 ГэВ с длиной орбиты 27 км ,(Швейцария), линейный электронный ускоритель длиной 3 км на энергию 50 ГэВ (США), установку HERA (Гамбург) со сталкивающимися протон-электронными пучками (820 Х 30ГэВ).

В Протвино строится ускорительно-накопительный комплекс (УНК), который позволяет получать встречные пучки протонов с энергиями 3 ТэВ. Периметр кольца УНК 21 км. В США был спроектирован супер-ускоритель со встречными протонными пучками с энергиями 20 ТэВ каждый. Периметр кольца 80 км. Однако по ряду причин строительство его прекращено.

давление и его регуляция. Буферная роль барорефлекса, роль почечного функционального механизма в длительной регуляции артериального давления. Основы патогенеза гипертонической болезни. Патофизиология экстремальных состояний: шок, коллапс, кома. Принципы терапии шоковых состояний, особенности отдельных видов шока. Умирание и оживление организма.

Строение воздухоносных путей и легких, физиология дыхания. Механизм дыхательных движений, роль отрицательного внутриплеврального давления и сурфактанта в функции легких. Транспорт газов кровью, газообмен в альвеолах и в тканях. Современные представления о механизме возникновения первичной ритмики дыхательного центра. Периферические и центральные хеморецепторы, их роль в создании адекватного уровня легочной вентиляции. Обструктивные и рестриктивные нарушения дыхания. Этиология и патогенез бронхиальной астмы и эмфиземы легких. Гипоксия, принципы классификации гипоксических состояний и их регуляторные последствия. Механизмы кальциевой гибели клеток в очаге гипоксии и ишемии.

Почки. Их макро- и микростроение, выделительная функция. Понятие клиренса., Общая характеристика процессов фильтрации, секреции и реабсорбции. Состав первичной мочи. Механизмы реабсорбции глюкозы, аминокислот и других соединений в проксимальных канальцах. Концентрирование мочи с помощью противоточно-поворотно-множительной системы. Гормональная регуляция почечной функции и водно-солевого обмена. Механизмы мочеиспускания. Этиология и патогенез типовых нарушений экскреторной функции почек. Острый и хронический гломерулонефрит, пиелонефриты, почечно-каменная болезнь, острая и хроническая почечная недостаточность. Принципы патогенетической терапии заболеваний почек.

Структурно-функциональная характеристика системы пищеварения. Секреторная функция пищеварительного тракта. Желудочный сок, его состав и ферментативное действие. Пищеварение в двенадцатиперстной кишке, поджелудочная железа и ее ферменты. Этиология и патогенез язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Панкреатиты. Процесс всасывания веществ в пищеварительном тракте. Строение и функции ворсинок. Всасывание воды, солей, продуктов переваривания белков, углеводов, жиров. Пристеночное пищеварение. Макро- и микростроение печени, ее роль в пищеварении. Типовые нарушения функции печени. Желтухи, вирусные гепатиты, цирроз печени, печеночная недостаточность, печеночная кома.

Патофизиология тканевого роста. Биологические особенности опухолевого роста. Отличия злокачественных опухолей от доброкачественных. Этиология и патогенез злокачественных опухолей. Понятие инициации, промоции, прогрессии. Метастазирование. Влияние опухоли на организм. Антибластомная резистентность организма. Иммунология опухолей. Молекулярная генетика рака. Представление о протоонкогенах и их трансформации в онкогены. Рак – это болезнь генов. Физические и химические канцерогенные факторы, злокачественные опухоли вирусной природы. Принципы лечения рака.

Литература:

1. Элементы патологической физиологии и биохимии. /Под ред академика И.П. Ашмарина – М.: МГУ, 1997.

2. Патологическая физиология. /Под ред. Академика Адо Д.А., - М.: Триада Х, 2000.

Медицинские основы лучевой терапии

4 курс,8семестр, 5 курс 9семестр

Структурные компоненты клетки. Мембранные и немембранные органеллы, структура ядра, роль ядерных структур в жизнедеятельности клеток. Воспроизведение клеток, клеточный цикл, динамика митоза. Реакции клеток на внешние воздействия. Патология митоза.

Основы строения, общая и частная физиология нервной системы. Нейроны, нервные волокна и нервные окончания. Понятие о рефлекторной дуге. Реакция нейтронов и волокон на травму. Сравнительный анализ строения соматической и автономной нервной системы. Проводящая и рефлекторные функции спинного мозга. Двигательная система мозга: поддержание позы, позно-тонические рефлексы, перераспределение тонуса мышц. Двигательная система ствола головного мозга, базальных ганглиев и коры больших полушарий. Возбуждающие и тормозные влияния ретикулярной формации ствола мозга. Симпатический, метасимпатический и парасимпатический отделы автономной нервной системы и их роль в поддержании гомеостаза. Медиаторы автономной нервной системы и их рецепторы. Роль продолговатого мозга в регуляции вегетативных функций. Дыхательный и сердечно-сосудистый центры. Гипоталамус как высший центр интеграции вегетативных функций. Функциональная гистология и основы физиологии коры больших полушарий. Принципы распределения функций между двумя полушариями. Электроэнцефалограмма.

Эндокринная система и ее регуляторные физиологические функции. Главные эндокринные железы и их гормоны. Физиологическая организация эндокринных функций: биосинтез и секреция гормонов, их транспорт, механизмы действия на клетки-мишени. Роль эндокринной системы в регуляции процессов роста, развития, размножения, разных форм адаптации и поведения. Основы патофизиологии эндокринной системы

Понятие о системе крови. Состав и физико-химические свойства плазмы крови. Форменные элементы крови. Гемограмма. Лейкоцитарная формула. Кровопотеря и ее последствия. Кровезаменители. Патофизиология гемоглобинозов, анемии. Лейкоцитозы и лейкопении. Лейкозы. Защитные функции крови и лимфатической системы. Современные представления о клеточном и гуморальном иммунитете. Группы крови. Резус-фактор. Патофизиология иммунитета. Врожденные и приобретенные иммунодефицитные состояния . Основные виды аллергических процессов. Аутоиммунные заболевания.

Кровообращение. Электрические и механические процессы в сердце. Динамика сердечного цикла: основные фазы, давление в полостях сердца и аорте, клапанный аппарат, тоны сердца. Автоматия сердца и ее природа, представление об истинном и латентном водителе ритма. Электрокардиографический метод и его роль в медицине. Миогенная, нейрогенная и гуморальная регуляция деятельности сердца. Особенности кровоснабжения сердечной мышцы, коронарогенные инфаркты миокарда и их последствия. Структурно-функциональная организация сосудистого русла: аорта, артерии эластичного и мышечного типов, артериолы, капилляры, венулы и вены. Сопротивление сосудов току крови. Законы Дарси и Пуазейля. Миогенная, нейрогенная и гуморальная регуляция тонуса сосудов. Особенности движения крови в микроциркулятоном русле. Закон Старлинга-Лэндиса, реология крови. Артериальное

Проекты больших ускорителей основаны на принципах открытых еще 50-60 лет тому назад. Однако, применение этих принципов требует решения многочисленных проблем с использованием теории относительности, электродинамики, статистической физики, атомной физики и других разделов современной науки.

По технологии ускорительная наука хорошо продвинулась за последнее время. Внедрена сверхпроводимость, широко используется вычислительная техника для управления ускорителями и для диагностики пучка частиц.

Стратегические перспективы развития ускорителей, по всей вероятности, надо связывать с новыми механизмами ускорения, которые сейчас разрабатываются.

Например, может использоваться лазерное излучение, обращенный Эффект Черенкова, ускорение в кристаллах, получение высоких напряженностей электрического поля с помощью уплотнения энергии поля и др. Пока это только возможности и , чтобы они превратились в реальные установки , необходимо пройти еще трудный путь исследований. Освоение новых принципов позволило бы резко поднять темп набора энергии на единицу длины и сократить тем самым габариты ускорительных установок (экономика).

Сегодняшний прогресс ускорителей связан с решение интересных и сложных проблем по динамике интенсивных пучков частиц в электромагнитных полях и по взаимодействию их с веществом.

В последнее время открыты и внедрены в действующие ускорители физические явления, которые позволили получать качественно новые пучки ускоренных частиц.Например, поляризация электронов синхротронным излучением, стохастическое и электронное охлаждение пучков тяжелых частиц, каналирование высокоэнергетичных частиц кристаллическими решетками и др.

Обучение студентов ведется на базе ускорительного комплекса Института физики высоких энергий в Протвино. Кафедра активно сотрудничает с зарубежными научными центрами.

Выпускники кафедры могут работать по специальности в научных центрах Протвино, Троицка, Дубны, Гатчины , Санкт- Петербурга, Москвы и в других городах России, где развивается ускорительная тематика, а также по смежным направлениям науки техники.

Можно сказать, что тот , кто придет к нам на кафедру, сможет в дальнейшем найти для себя интересную и богатую содержанием работу.

Зав. кафедрой,
профессор Ю.М.Адо.

Основы физики ускорителей

4 курс, 7 семестр, 36 часов

Первые в истории науки опыты с пучками частиц высоких энергий. Работы Резерфорда с пучками а-частиц. Исследования рассеяния а-частиц в фольгах (1911 г.) – планетарное строение атома. Ядерная реакция а-частицы с азотом – трансмутация элементов (1919 г.).

Необходимость перехода от естественных источников быстрых частиц к искусственным. Пучки частиц с узким энергетическим спектром, изменение энергии, фокусировка, интенсивность, управление временной структурой.

Физические обоснования необходимости увеличения энергии частиц для исследования материи. Повышение энергии для исследований на субъядерных расстояниях.

Повышение энергии для рождения новых частиц. Полезная энергия ускоренных частиц при взаимодействии с неподвижными частицами и при создании встречных пучков.

Основные этапы развития ускорителей. Ускорители с постоянным элетрическим полем (Кокрофт, Уолтон, Ван де Грааф); линейный резонансный ускоритель (Изинг, 1924 г.). Создание линейного ускорителя (Видерое, 1928 г.); циклотрон (Лоуренс 1930 г.); бетатрон (Керст, 1940 г.); автофазировка (Векслер, 1944 г., Мак Миллан, 1945 г.); первые электронные синхротроны в России (ФИАН, 1950 г.), в Англии (1948 г.); фазатрон (синхроциклотрон) на энергию 680 МэВ (ОИЯИ, Дубна, 1949 г.); протонный синхротрон (синхрофазотрон) на энергию 10 ГэВ (ОИЯИ, Дубна, 1956 г.); протонный синхротрон (космотрон) на энергию 3 ГэВ (Брукхейвен, США, 1952 г.); сильная фокусировка заряженных частиц (Курант, Ливингстон, Снайдер, Кристофилос, Фурсов, 1952 г.). Первые ускорительные установки и установка со встречными пучками. Динамика роста достижимых энергий по годам.

Применение ускорителей в получении изотопов, биологии, медицине, термоядерном синтезе, ядерной энергетике и т.д.

Источники заряженных частиц: электронов, протонов, отрицательных ионов, дейтронов и ядер тяжелых элементов.

Методы ускорения заряженных частиц. Высоковольтный прямой метод. Предельно возможные энергии при прямом методе ускорения. Невозможность ускорения при многократном прохождении постоянной разности потенциалов. Ускорение вихревым электрическим полем. Резонансный метод ускорения высокочастотным электрическим полем. Ускорение по прямой линии и по кольцу. Автофазировка.

Методы фокусировки частиц и обеспечение устойчивого движения частиц вдоль прямой и по замкнутой траектории. Мягкая и жесткая фокусировка, влияние остаточного газа на динамику частиц, резонансы поперечных колебаний.

Электростатические генераторы и тандемные ускорители.

Циклические и линейные бетатроны. Единственный циклический ускоритель нерезонансного типа. Принцип трансформатора. Максимальные энергии электронов, достижимые в бетатронах.

Циклотроны, фазотроны, изохронные циклотроны. Максимально достижимые энергии.

веществом.

Теория мишени. Принцип попадания. Статистический характер взаимодействия. Одноударные и многоударные процессы. Зависимость «доза–эффект», понятие D_{37}. Радиочувствительность. ОБЭ.

*Прямое действие ионизирующего излучения на белки и нуклеиновые кислоты.*Нарушение ферментативной активности, изменение структуры, однонитевые разрывы ДНК, двухнитевые разрывы.

Инактивация макромолекул в водных растворах. Свободные радикалы, зависимость эффекта от ЛПЭ, гидратированный электрон, радиопротекторы.

Радиобиология клетки. Физиологические реакции клетки на облучение большими дозами. Изменение клеточного цикла. Зависимость радиочувствительности от фазы клеточного цикла. Репарационные системы.

*Летальные реакции клетки.*Репродуктивная гибель. Интерфазная гибель. Апоптоз.

*Специфика действия малых доз ионизирующего излучения.*Теория беспорогового действия. Гормезия. Роль радиоактивного фона.

*Действие радиации на регуляторные системы клетки.*Действие на репарационные системы. Сигнальное действие. Стимуляция мутационного процесса. Нарушение стабильности генома. Отдаленные последствия облучения.

Общая схема действия ионизирующего излучения на клетку. Специфика действия больших, средних, малых доз. Общий адаптационный синдром. Действие на ядро и плазматическую мембрану.

*Факторы, влияющие на эффект ионизирующего излучения.*ЛПЭ, режим облучения, кислородный эффект, гипертермия, гипергликемия, радиопротекторы, радиосенсибилизаторы, модифицированное действие малых доз.

Основные радиобиологические методики. Метод клеточных культур. Кривые роста. Метод Пака. Колонии в селезенке. Радиоизотопные методы. Биохимические методы. Методы оценки выживаемости экспериментальных животных.

*Радиобиологические основы лучевой терапии.*Особенности опухолевой клетки. Динамика роста опухоли. Опухоль как динамическая система. Проблема терапевтического интервала.

*Способы увеличения терапевтического интервала.*Плотноионизированное излучение. Создание адекватных дозных полей. Фракционирование. Гипертермия. Гипергликемия. Кислородный эффект. Малые дозы.

*Радиобиология организма.*Сравнительная радиочувствительность организмов. Острая лучевая болезнь. Радиочувствительность различных тканей и органов.

Модификация лучевого поражения организма. Защита от излучения. .Лечение лучевого поражения. Факторы , усиливающие лучевое поражение.

Литература:

1. *Кудряшов Ю.Б., Бернфельд Б.С.* Основы радиационной биофизики.
2. *Ярмоненко С.П* и др. Радиобиология человека и животных
3. *Ярмоненко С.П.* Клиническая радиобиология
4. *Календо Г.С.* Ранние реакции клеток на ионизирующее излучение и их роль в защите и сенсибилизации

Программу составила преподаватель Ноздрачева А.Н.

Аппаратная функция.

Алгебраические методы вычислительной томографии. Сведение к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Особенности матриц СЛАУ в томографии. Априорная информация. Метод простой итерации.

Алгебраические методы вычислительной томографии: метод скорейшего спуска.

Алгебраические методы вычислительной томографии: метод ART.

Алгебраические методы вычислительной томографии: метод SIRT.

Одновременное определение пространственных распределений источников излучения и коэффициента ослабления излучения: метод CSP.

Понятие о продольной вычислительной томографии: интегрально-кодовые системы измерений.

Понятие о вычислительной томографии рассеивающих сред: уравнение переноса излучения.

Нерешённые задачи вычислительной томографии.

Литература:

1. Терещенко С.А. Вычислительная томография. М.: МИЭТ, 1995.

2. Федоров Г.А., Терещенко С.А. Вычислительная эмиссионная томография. М.: Энергоатомиздат, 1990.

3. Хермен Г. Восстановление изображений по проекциям: Основы реконструктивной томографии.- Пер. с англ. М.: Мир, 1983.

4. Наттерер Ф. Математические аспекты компьютерной томографии.- Пер. с англ. М.: Мир, 1990.

Программу составил кандидат физико-математических наук Терещенко С.А.

Радиобиология

5 курс, 9 семестр,36 часов

Введение. Предмет радиобиологии. История развития радиобиологии.

Открытие биологического действия ионизирующего излучения. Правило Вергонье и Трибондо. Мутационное действие ионизирующего излучения – работы Г.Меллера и Г.А.Надсона. Количественная радиобиология. Работы Н.В.Тимофеева-Ресовского и Д.Э.Ли.

Современное состояние радиобиологии. Отдаленные последствия излучения. Специфика действия малых доз. Радиобиологические проблемы лучевой терапии.

Биомолекулы, их свойства и нарушения. Малые молекулы. Белки. Избирательность. Ферментативная активность. Нуклеиновые кислоты. Комплементарность. Редупликация. Системы ликвидации ошибок. Транскрипция. Генетический код. Трансляция. Нарушение трансляции.

*Структура и возможные последствия нарушения генетического материала.*Ген. Генетические мутации. Репарация. Хромосомы. Хромосомные мутации. Геномные мутации. Генотип и фенотип. Наследование доминантных и рецессивных мутаций.

*Действие ионизирующего излучения на биологические молекулы.*Специфика взаимодействия с веществом различных видов ионизирующего излучения. Основные физические процессы. Ионизация тканей. ЛПЭ. Стадия взаимодействия излучения с

Сильноточные ускорители. Производство пучков мезонов (мезонные фабрики). Примеры действующих установок.

Линейные резонансные ускорители. Ускорители электронов. Ускорители тяжелых частиц, жесткая фокусировка в линейных ускорителях. Получение больших токов тяжелых частиц – мезонные фабрики, генераторы нейтронов. Примеры действующих установок.

Электронные и протонные синхротроны. Достижимые энергии частиц. Синхротронное излучение в электронных синхротронах. Примеры действующих установок.

Установки со встречными пучками частиц. Основные требования к пучкам частиц. Светимость установок. Генерация античастиц (позитронов, антипротонов). Примеры действующих установок.

Литература:

1. *Ливингуд Дж*. Принципы работы циклических ускорителей. – М.: Изд. иностр. Лит., 1963.
2. *Гринберг А.П.* Методы ускорения заряженных частиц. – М.-Л.: Гостехиздат,1960.
3. *Брук Г.* Циклические ускорители заряженных частиц. - М.: Атомиздат, 1970.
4. *Коломенский А.А.* Физические основы методов ускорения заряженных частиц. – М.: Изд. МГУ, 1980.
5. *Лебедев А.Н., Шальнов А.В*. Основы физики и техники ускорителей. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
6. *Лихтенберг А.* Динамика частиц в фазовом пространстве. – М.: Изд. иностр. лит., 1963

Программу составил профессор Адо Ю.М.

Взаимодействие излучения с веществом

4 курс, 7 семестр, 36 часов

Основные понятия и определения.

Виды ионизирующих излучений. Дозиметрические единицы. Экспозиционная и поглощенная дозы.

Дозиметрия пучков. Калориметры, ионизационные камеры, химические и твердотельные дозиметры.

Технические характеристики пучков ускорителей и мишеней. Первичное и вторичное излучения. Транспортировка пучков.

Тормозное, синхротронное излучения. Источники п-мезонов и нейтронов.

Упругое и неупругое рассеяние частиц. Диаграмма упругого и неупругого рассеяния частиц. Формула Резерфорда.

Ионизационные потери тяжелых заряженных частиц. Вывод формулы. Основные закономерности ионизационных потерь.

Потери при упругом рассеянии тяжелых заряженных частиц. Слабое и сильное экранирование.

Формула удельных ионизационных потерь при столкновениях в нерелятивистском и релятивистском случаях.

Рассеяние тяжелых заряженных частиц. Вывод формулы для среднего угла многократного рассеяния.

S-электроны. Пробег тяжелых заряженных частиц. Понятие стрэглинга. Разброс пробегов. Ориентационные эффекты.

Прохождение электронов через вещество. Формула удельных ионизационных потерь в нерелятивистском и релятивистском случаях. Основные закономерности.

Радиационные потери энергии при тормозном, синхротронном, черенковском излучении. Основные закономерности.

Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Фотоэффект. Комптон-эффект. Рождение пар. Обратный комптон-эффект. Ядерный фотоэффект.

Программу составил кандидат физико-математических наук,
доцент Черняев А.П.

Введение в физику ускорителей

3 курс, 6 семестр, 32 часа

Основные этапы развития ускорителей. Создание первых ускорителей: циклотрона, линейного ускорителя, бетатрона. Открытие принципа автофазировки.

Основные характеристики ускорителей и пучков частиц. Общие требования к ускорителям.

Использование ускорителей в прикладных целях.

Детекторы заряженных частиц, нейтронов и гамма - квантов. Характеристики детекторов.

Принципы ускорения: высоковольтный, индукционный и резонансный.

Высоковольтные ускорители. Генератор Ван де Граафа. Ускорители трансформаторного типа. Каскадный и тандемный ускорители.

Бетатрон. Условие равновесной орбиты в бетатроне.

Принцип действия циклотрона. Фазотрон. Изохронный циклотрон.

Линейные ускорители. Ускорители Видероэ и Альвареца. Линейные ускорители электронов и заряженных частиц. Ускоритель на бегущей волне. Сверхпроводящие линейные ускорители. Линейные индукционные ускорители.

Фазовый объем. Фазовая траектория. Теорема Лиувилля. Адиабатическая теорема. Адиабатическое сжатие пучка.

Процесс ускорения на фазовой плоскости. Принцип автофазировки. Сепаратриса.

Принцип сильной фокусировки. Аксептанс и эммитенс. Резонансы. Галстук устойчивости.

Синхротрон. Накопительные кольца. Светимость. Охлаждение пучка.

Программу составил кандидат физико – математических наук,
доцент Черняев А.П.

Technology. An International Handbook, vol. 8 / V.S. Letokhov, C.V. Shank, Y.R. Shen, and H. Walther (editors), Harwood Acad. Publishers, 1989.

Программу составил кандидат физико-математических наук.,
доцент А.В. Приезжев

Вычислительная томография

4 курс 7-8 семестр (64 часа)

Хронология развития томографии. Виды томографии. Ослабление излучения в веществе. Трансмиссионная вычислительная томография (ТВТ).

Круговая геометрия: неподвижная и вращающаяся системы координат. Преобразование Радона.

Многообразие методов обращения преобразования Радона. Метод ро-фильтрации: обратное проецирование, дельта-функция от сложного аргумента.

Теорема о свёртке. Решение интегрального уравнения типа свертки с помощью преобразования Фурье. Фильтрующая функция в Фурье-пространстве. Двумерные аподизирующие функции.

Метод Фурье-синтеза: теорема о сечениях, понятие о быстром преобразовании Фурье (БПФ), интерполяция с полярной сетки на декартову сетку.

Метод фильтрованных обратных проекций, фильтрующая функция в Фурье-пространстве, одномерные аподизирующие функции.

Метод фильтрованных обратных проекций: теорема Котельникова, фильтрующая функция в координатном пространстве (фильтр Рамачандрана и Лакшминараянана).

Метод А.Кормака. Многочлены Чебышёва. Понятие о внешней задаче.

Эмиссионная вычислительная томография (ЭВТ). Излучение точечного источника. Основное уравнение для проекций, отличия от ТВТ. Сравнение геометрического и физического ослабления. Экспоненциальное преобразование Радона.

Методы приближённой коррекции проекционных данных по оппозитным проекциям: коррекция по среднему геометрическому, sinh-коррекция, коррекция по среднему арифметическому, коррекция по интегральному среднему.

Методы приближённой коррекции: метод корректирующей матрицы.

Методы обращения экспоненциального преобразования Радона. Взвешенное обратное проецирование. Понятие о функциях медленного и быстрого роста. Невозможность обобщения метода ро-фильтрации на ЭВТ.

Метод Фурье-синтеза для ЭВТ: основное функциональное уравнение.

Метод Фурье-синтеза для ЭВТ: использование основного функционального уравнения, связь значений периодической комплексной функции для комплексного и вещественного аргументов.

Метод фильтрованных обратных проекций для ЭВТ: фильтрующая функция в Фурье-пространстве.

Метод фильтрованных обратных проекций для ЭВТ: фильтрующая функция в координатном пространстве. Аппаратная функция.

Литература:

1. А.В. Приезжев, В.В. Тучин, Л.П. Шубочкин. «Лазерная диагностика в биологии и медицине» – М.: Наука, 1989.
2. В.В. Тучин. «Лазерная и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях» - Саратов: Изд-во саратовского унив-та, 1998.
3. В.В. Тучин. «Исследование биотканей методами светорассеяния (обзор)» – УФН, том 167, №5, 1997, с.517-539.
4. В.П. Рвачёв. «Методы оптики светорассеивающих сред в физике и биологии» - Минск: Изд-во БГУ, 1978.
5. В.Е. Эскин. «Рассеяние света растворами полимеров и свойства макромолекул» - Ленинград: Наука, 1986.
6. В.Н. Лопатин, Ф.Я. Сидько. «Введение в оптику взвесей клеток» - Новосибирск: Наука, 1988.
7. Г. ван-де-Хюлст. Рассеяние света малыми частицами. – М.: Ин. лит-ра, 1961.
8. К. Борен, Д. Хафмен. «Поглощение и рассеяние света малыми частицами» - М.: Мир, 1986.
9. «Спектроскопия оптического смешения и корреляция фотонов» / Г. Камминс и Э. Пайк (ред.) – М.: Мир, 1978.
10. А.Д. Лебедев, Ю.Н. Левчук, А.В. Ломакин, В.А. Носкин. «Лазерная корреляционная спектроскопия в биологии» - Киев: Наукова думка, 1987.
11. П. Кэри. «Применение спектроскопии КР и РКР в биологии» - М.: Мир, 1985.
12. И.Р. Набиев, Р.Г. Ефремов. «Спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния и ее применение к изучению биологических объектов» - Итоги науки и техники. Сер. Биоорганическая химия, том 15, 1989.
13. «Лазерная пикосекундная спектроскопия и фотохимия» / В.С. Летохов (ред.) – М.: Наука, 1987.
14. Дж. Лакович. «Основы флуоресцентной диагностики» - М.: Мир, 1986.
15. «Современные методы биофизических исследований (Практикум по биофизике)» / А.Б. Рубин (отв. ред.) – М.: Высш. шк., 1988.
16. Ю.А. Владимиров, А.Я. Потапенко. «Физико-химические основы фотобиологических процессов» - М.: Высш. шк., 1989.
17. «Молекулярные механизмы биологического действия оптического излучения» / А.Б. Рубин (отв. ред.) – М.: Наука, 1988.
18. Ю.И. Посудин. «Лазерная фотобиология» - Киев: Вища школа, 1989.
19. Н.Л. Векшин. «Фотоника биологических структур» - Пушино: Изд-во НЦБИ, 1988.
20. М.В. Волькенштейн. «Биофизика» - М.: Наука, 1981.
21. А.Б. Рубин. «Биофизика. Кн.2: Биофизика клеточных процессов» - М.: Высшая школа, 1987.
22. Э. Рис, М. Стернберг. «От клеток к атомам. (Иллюстрированное введение в молекулярную биологию)» – М.: Мир, 1988.
23. «Прикладная лазерная медицина. Учеб. справ. пособие» / Х.-П. Берлиен и Г. Мюллер (ред). М.: Интерэксперт, 1997.
24. «Конспекты лекций международных курсов по лазерной медицине и биомедицинской оптике» - М.: МГУ, 1996.
25. T.I. Karu. “Photobiology of Low-Power Laser Therapy”. Series: Laser Science and

Основы теории кольцевых ускорителей

4 курс, 7 и 8 семестры, 80 часов

Поперечное движение частиц в идеальных машинах, расчет основных структурных характеристик ускорителей. Анализ влияния возмущений магнитного поля ускорителя на характеристики поперечного движения частиц. Влияние ошибок установки заворачивающих магнитов и квадрупольных линз на искажение замкнутой орбиты частиц в ускорителе. Сдвиги частот бетатронных колебаний частиц, обусловленные ошибками в градиенте магнитного поля, а также систематическими нелинейностями магнитного поля. Вопросы, связанные с коррекцией магнитного поля ускорителя. Резонансы бетатронных колебаний частиц. Продольное движение частиц в ускорителях. Критическая энергия. Фазовое движение частиц при наличии возмущений параметров ускорителя.

Ускорение высокоинтенсивных пучков частиц в протонных синхротронах. Обзор основных эффектов пространственного заряда пучка и их воздействия на поперечные и продольные колебания частиц в ускорителях, некогерентный и когерентный кулоновские сдвиги бетатронных частот, их воздействие на динамику частиц, примеры расчета собственного электромагнитного поля пучка для наиболее характерных геометрий вакуумной камеры ускорителя. Дисперсионные интегралы для поперечных и продольных неустойчивостей пучка, методика расчета характеристик неустойчивостей пучка протонов с помощью диаграмм на комплексной плоскости импедансов, пороги инкременты продольных и поперечных неустойчивостей однородного и сгруппированного пучка протонов. Взаимодействие интенсивного пучка протонов с ускоряющей системой. Способы, используемые в ускорителях для ослабления нагрузки резонаторов током пучка.

Литература:

1. *Коломенский А.А., Лебедев А.Н.* Теория циклических ускорителей. – М.: физматгиз,1962.
2. *Ливингуд Дж.* Принципы работы циклических ускорителей. – М.: Издат. иностр. литературы,1963.
3. *Лебедев А.Н., Шальнов А.В.* Основы теории и техники ускорителей заряженных частиц. Введение в теорию. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
4. *Брук Г.* Циклические ускорители заряженных частиц. Введение в теорию. – М.: Атомиздат, 1970.
5. *Пашков П.Т.* Основы теории протонного синхротрона. Учебное пособие для студентов МГУ, Препринт ИФВЭ, Протвино, 1999.

Программу составил кандидат физико-математических наук Пашков П.Т.

Математические методы анализа экспериментальных данных
4 курс, 8 семестр, 32 часа

Основные задачи анализа данных в эксперименте: калибровка, оперативный контроль, точечное и интервальное оценивание, проверка статистических гипотез.

Распределение вероятностей случайных величин и их числовые характеристики, независимость и корреляция: вырождение распределений сильно коррелированных случайных величин, многомерное распределение Гаусса; характеристическая функция и семиинварианты.

Распределения функций случайных величин, перенос ошибок (линейный и нелинейный случаи).

Выборочный метод и выборочные характеристики: вариационный ряд, выборочные моменты , их распределения, нейтральная предельная теорема.

Статистические оценки и общие требования к ним, несмещенные оценки с минимальной дисперсией, критерий оптимальности оценок, основанный на неравенстве Рао-Крамера; информационная матрица; достаточные статистики.

Точечные оценки и методы оценивания: метод максимума правдоподобия, метод моментов, метод наименьших квадратов; учет линейных и нелинейных связей; использование регуляризации.

Интервальные оценки; параметрические гипотезы, критерий Неймана-Пирсона; сложные альтернативы, равномерно наиболее мощные критерии.

Критерии согласия: проверка гипотез о типе распределения, однородности выборок, независимости; критерии Колмогорова, Смирнова, Пирсона; критерий знаков.

Литература:

1. *Идье В., Драйард Д., Джеймс Ф., Рус М., Салупе Б.* Статистические методы в экспериментальной физике. Пер. с англ. Под ред. Тяпкина А.Д. – М.: Атомиздат, 1976.
2. *Рао С.Р.* Линейные статистические методы и их применения. – М.: Наука, 1968.
3. *Худсон Д.* Статистика для физиков. – М.: Мир, 1967.
4. Клепиков Н.П., Соколов С.Н. Анализ и планирование экспериментов методом максимума правдоподобия.
5. *Гришин В.К., Живописцев Ф.А., Иванов В.А.* Математическая обработка и интерпретация физического эксперимента. – М.: Изд. МГУ, 1988.
6. *Ивченко Г.И., Медведев Ю.И.* Математическая статистика. – М.: Высш. Шк., 1984.

Программу составил ст. преподаватель Брызгалов В.В.

Неионизирующее излучение в биомедицинской диагностике

5 курс, 10 семестр, 32 часа

Часть 1. **Физические основы взаимодействия неионизирующего излучения с биологическими объектами**.

Введение. Цели и задачи курса. Краткий обзор современного состояния и перспектив развития биомедицинской оптики. Фундаментальные и прикладные задачи.

Физические явления, лежащие в основе лазерной биомедицинской диагностики. Источники неионизирующего излучения для биомедицины. Фотовозбуждение атомов и молекул, поглощение, рассеяние, люминесценция, фотохимические реакции, миграция энергии .

Упругое рассеяние излучения биомакромолекулами, клетками и тканями. Однократное и многократное рассеяние. Распространение излучения в тканях. Основы теории переноса излучения и диффузии фотонов в мутных средах. Численное моделирование .

Квазиупругое рассеяние излучения подвижными биологическими структурами. Методы оптического смешения, гетеродинирования, доплеровской анемометрии и спеклометрии. Схемы спектрометров и структура сигнала. Динамические аспекты рассеяния: идеальная диффузия, направленные потоки, полидисперсность, флуктуации числа частиц, межчастичное взаимодействие.

Комбинационное рассеяние (КР) излучения биологическими структурами. Сравнение КР и ИК спектроскопии. Закономерности в положении и интенсивности линий. Поляризационные свойства КР. Методы измерений с высоким временным и пространственным разрешением. Гигантское комбинационное рассеяние .

Флуоресцентный анализ биологических объектов. Проточные флуориметры. Флуоресцентные конфокальные микроскопы. Эндо- и экзогенные зонды и сенсибилизаторы.

Часть 2. Лазерная диагностика биомакромолекул, клеток и тканей. Примеры биомедицинских приложений.

Основы строения и фотобиологии белков. Лазерные измерения молекулярной массы и размеров молекул в растворах. Анализ конформационной подвижности и вторичной структуры .

Основы строения молекул ДНК и РНК. Изучение конформационных превращений. Лазерный секвенционный анализ .

Лазерная диагностика вирусов и живых клеток. Внутренняя структура и форма. Клеточная и внутриклеточная подвижность и ее механизмы. Диагностика структуры и динамики клеток крови в норме и патологии .

Лазерная диагностика тканей. Ткани с сильным рассеянием и прозрачные ткани. Методы оптической медицинской томографии. Флуоресцентная и КР диагностика патологических состояний тканей

Модифицирующее действие неионизирующего излучения. Понятие о лазерной и КВЧ терапии.

Типы установок и медико-технические требования. Система координат. Конструктивные особенности устройств, реализация системы координат на позиционерах. Системы регистрации пространственного положения, управление перемещениями, автоматизация процессов позиционирования. Оборудование для фиксации пациента. Оборудование для центрации мишени.

Понятие гарантии качества в ПЛ . Выполнение задач ПЛТ на различных этапах лучевой терапии. "Дерево" гарантии качества. Топометрическая подготовка больного и оптимизация плана лучевого лечения. Точность центрации мишени на лучевом стенде. Гистограмма доза-объем при конвенциональной и протонной терапии.

*Основы радионуклидной диагностики.*Применение радиоактивных изотопов в биологии и медицине - общий подход. Терминология. Место радионуклидной диагностики в ряду других диагностических методов, ее достоинства и недостатки. Методы получения радиоизотопов медицинского назначения: реакторных циклотронных, генераторных. Синтез меченых соединений. Радиофампрепараты. Методы регистрации распадов, способы обработки и представления данных. Сканер, гамма-камера, томограф.

Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ). Состояние и перспективы развития ПЭТ в мире и России. Разработка отечественного ПЭТ-сканера.

Клинический опыт ПЛТ .Краткий обзор совокупного мирового опыта применения пучков протонов в лечебных целях. Основные области использования в клинической медицине, трудности и перспектива.

Ознакомление с процедурой облучения больных **.**

Литература:

1. В.И.Иванов .Курс дозиметрии. М.Э.1988.
2. Дж.Хайн, Г.Браунелл. Радиационная дозиметрия. М.1958.
3. Б.Росси Частицы больших энергий М.1955
4. Э.Сегре . Экспериментальная ядерная физика. М.1955.
5. Рекомендации МКРЗ 1990. Публикации МКРЗ ч.2.М. Энергоиздат 1994 г.

Дополнительная литература

1. В.И.Иванов, В.Н.Лысцов. Основы микродозиметрии. М.Атомиздат, 1979.
2. В.Штольц, Р.Бернхардт. Дозиметрия ионизирующего излучения. Рига «Зинатне»,1982.
3. Л.Я.Клеппер.Формирование дозных полей радиактивных источников излучения. Э.Атомиздат.1993.
4. В.С.Ремизович, Г.Б.Рогозкин, М.И.Рязанов. Флуктуации пробегов заряженных частиц. Э.Атомиздат 1988.

Программу составил доктор физико – математических наук Хорошков В.С.

Системы ускорителей

Блок-схема линейных и циклических ускорителей. Перечень и назначение основных систем ускорителей.

Ионные пушки. Виды ионных источников. Инжекция пучка в линейный и циклический ускорители.

Вопросы согласования при инжекции и на стыке отдельных ускоряющих структур. Понятие об эммитансе, аксептансе, фазовом объеме и сепаратрисе.

Основные типы линейных ускорителей ионов. Ускоритель Альваренца. Фокусировка пучка высокочастотным полем. Ускоряющие структуры с пространственно-однородной квадрупольной фокусировкой (RFQ). Структуры с пространственно- периодической высокочастотной фокусировкой.

Особенности инжектора в бустер (УРАЛ – 30) – ускорителя, основанного на принципах высокочастотной фокусировки. Электропрочность ускоряющих зазоров. Сравнение новых структур с ускорителем Альваренца.

Резонаторы, ускоряющие станции. Системы высокочастотного питания. Структура ВЧ системы на примере линейного ускорителя.

Магнитные системы кольцевых ускорителей. Системы питания обмоток электромагнитов. Элементы транспортировки пучка. Поворотные и корректирующие магниты. Использование сверхпроводящих магнитов и резонаторов.

Системы вывода пучка из кольцевого ускорителя. Внутренние мишени. Быстрый и медленный вывод пучка.

Измерение параметров пучка: тока, профиля, эмиттанса, энергетического спектра. Автоматизированный контроль параметров пучка и отдельных систем.

Виды излучения, возникающего при работе ускорителей. Использование радиационных мониторов при исследовании и эксплуатации ускорителей. Общие технологические системы ускорителя: электропитание, вакуум, охлаждение отдельных узлов и элементов.

Вопросы, связанные с настройкой надежностью и стабильностью работы ускорительных установок. Некоторые применения линейных и циклических ускорителей.

Программу составил В.А.Зенин

Радиационные проблемы ускорителей

5 курс, 9-10 семестр, 60 часов

Введение в радиационную физику. Непосредственно и косвенно ионизирующие излучения. Излучения в природе. Космическое излучение. Естественный радиационный фон. Техногенный фон. Радионуклиды, распространенные в природе. Облучаемость населения и персонала АЭС США. Международные и национальные рекомендации по предельным дозовым величинам.

Основные понятия и термины радиационной физики. Плотность потока, поглощенная доза, эквивалентная доза, коэффициент качества, керма.

Радионуклидные источники γ -излучения . Радионуклидные источники нейтронов. Активность радионуклида. Цепочки распадов. Закон радиактивного распада.

Заряженное излучение (ρ, π, K, μ). Электромагнитные взаимодействия. Упругое Кулоновское рассеяние. Радиационное торможение. Ионизационные пробеги частиц.

Мюонное излучение. Масса, заряд, спин мюонов. Источник мюонов. «Прямые» и распадные мюоны. Взаимодействия мюонов с веществом. Вероятность распада π, K, μ , длина распада, типы распада. Кинематика распада пиона. Распределение распадных мюонов по импульсам. Проникающая способность мюонов.

Фотонное излучение. Основные процессы взаимодействия фотонов с веществом. Общая характеристика взаимодействий фотонов с веществом. Фотоэффект. Комптоновское рассеяние. Когерентное рассеяние. Образование пар e^+e^- и $\mu^+\mu^-$. Фотоядерные реакции, гигантский резонанс .

Нейтронное излучение. Основные свойства нейтрона. Источники нейтронов. Взаимодействия адронов средних энергий с ядрами. Статистические модели, теория испарения, формула Вайскопфа, экситонная модель, гибридная модель. Модель внутриядерного каскада для адрон-ядерных сечений в области средних энергий.

Взаимодействия адронов средних энергий с ядрами. Статистические модели, теория испарения, формула Вайскопфа, экситонная модель, гибридная модель. Модель внутриядерного каскада для адрон-ядерных взаимодействий в области средних энергий, обоснование и приближения модели, параметры модели. Пик квазисвободного рассеяния. Общая характеристика дифференциальных адрон-ядерных сечений в области средних энергий.

Взаимодействия адронов высоких энергий с ядрами. Множественные процессы в области высоких энергий. Основные понятия, кинематические переменные и инварианты. Понятие эксклюзивных и инклюзивных реакций. Общие свойства одночастичных плотностей распределений, область фрагментации мишени, фрагментации частицы, центральная область. Предельная фрагментация, скейлинг.

Основные экспериментальные данные по множественным процессам, средняя множественность,распределения по продольным импульсам, распрелделения вторичных адронов по поперечным импульсам, адрон-ядерные процессы множественной генерации. Основные теоретические модели множественных процессов, статистическая гидродинамическая модель, мультипериферическая реджиевская модель, кварк-партонная модель.

Феноменологическое описание дважды дифференциальных сечений адрон-ядерных взаимодействий. Общие принципы построения феноменологических формул, формула Ле Кутера для испарительных частиц, аппроксимации каскадных частиц, формулы для ливневых частиц. Библиотеки сечений адрон-ядерных взаимодействий.

Методы расчета Больцмана, вывод уравнения, граничные условия, стационарное уравнение, интегральное уравнение Пайерлса, интеграл столкновений, энергетический оператор для заряженных частиц, приближение Фокура-Планка для описания угловых отклонениию

Методы решения кинетического уравнения. Диффузно-возрастное приближение. Многогрупповое приближение. Случай изотропного рассеяния. Метод сферических

Современный этап ПЛТ, госпитальные центры ПЛТ. Перспектива.

*Принципы построения современных центров ПЛТ и выбор медицинских ускорителей.*Медицинские требования к энергии пучков протонов, дискретности изменения энергии пучков протонов, размерам формируемых дозных полей, мощности дозы. Понятие эмиттанса и аксептанса. Типы ускорителей, применяемых для комплекса ПЛТ. Ускоритель отрицательных ионов водорода - генератор пучков с малым эмиттансом. Аппаратура, применяемая для активных и пассивных методов формирования дозных полей. Преимущества применения для целей ПЛТ пучков, обладающих малым эмиттансом. Известные схемы построения гантри. Параметры гантри, определяющие габариты и вес.

Техника и методы клинической дозиметрии . История зарождения ядерной электроники. Современное состояние дозиметрической техники. Ионизационные, тепловые, акустические проявления ионизирующего излучения. Физические основы построения основных приборов клинической дозиметрии. Кривая Брэгга и модифицированное глубинное дозное распределение. Оперативные методы дозиметрии.

Мониторирование пучка протонов. Полупроводниковые дозиметры. Калориметр (водяной, графитовый). Мониторные ядерные реакции.

*Методы формирования дозных распределений медицинских протонных пучков и системы дозно-анатомического планирования. П*онятие пространственно-энергетического спектра частиц. Связь пространственно-знергетического спектра с дозой. Методы и средства пассивного формирования: тормозители, коллиматоры, гребенчатые фильтры, болюсы. Примеры практической реализации.

Методы активного формирования дозных распределений, их разновидности и реализация. Сравнение с пассивными методами.

Понятие системы дозно-анатомического планирования. Прямая и обратная задачи планирования. Критерии, используемые при составлении плана облучения. Информация, используемая при составлении дозно-анатомического плана.

Радиобиологические аспекты ПЛТ с точки зрения микродозиметрии . Место дозиметрии и микродозиметрии в радиационной физике. Генетическая и соматическая лучевая нагрузка, радиационная безопасность. Понятия мишени Ви критического органа. Очаговая доза излучения. Генерация нейтронов и других излучений протонами, равновесие вторичных частиц.

Функции распределения микродозиметрических величин. Структура трека и радиационные эффекты. Зависимость ОБЭ от ЛПЭ. ОБЭ протонов. Влияние качества излучения на зависимость доза-эффект. Дельта- электронная теория. Теория дуального действия излучения.

Развитие идей теории мишени в микродозиметрии. LQ-модель зависимости доза-эффект. Формирование терапевтического эффекта в макроскопической мишени. Пространственно- временные факторы облучения, модель Блэра-Дэвидсона-Корогодина.

Радиоэлектронное обеспечение ПЛТ .Принципы построения радиоэлектронных систем для обеспечения процессов ПЛТ. Современные возможности построения модульных, многопроцессорных систем контроля и управления сеансами ПЛТ. Ознакомление с устройством радиоэлектронного обеспечения действующих центров ПЛТ.

Лучевые установки (позиционеры), применяемые в протонно-лучевой терапии .

планирования облучения. Приспособления. Клинические проблемы топометрии.

Системы компьютерного обеспечения и компьютерные технологии в лучевой терапии. Компьютерное архивирование и документирование. Локальные сети. Интернет. Программное обеспечение.

Гарантия качества лучевой терапии. Аппаратура и приспособления. Тест-объекты, фантомы, фиксирующие устройства и т.д. Вопросы радиационной безопасности пациента и персонала. Аварийные ситуации и их ликвидация.

Систематика лучевой терапии. Целевые функции, виды и методы лучевой терапии. Способы облучения. терминология.

Актуальные проблемы радиационной онкологии. Техническое оснащение. Выбор энергии излучения. Клинические проблемы. Фракционирование. Радиомодификаторы. Электронакцепторные препараты. Гипертермия. Радиопротекторы. Клинические аспекты.

Проблемы проектирования , функционирования и развития радиотерапевтических комплексов. Анализ ситуации, выбор концепции и разработка программ развития. Лучевая терапия и медицинская физика. Структура подразделений и кадровое обеспечение. Проблемы технического оснащения, маркетинг и менеджмент в лучевой терапии. Характерные ошибки (на конкретных примерах).

Литература:

1. *Ярмоненко С.П., Вайнберг А.А., Календо Г.С., Рампан Ю.И.* Биологические основы лучевой терапии опухолей. – М.: Медицина,1976.
2. *Линденбратен Л.Д., Лясс Ф.М.* Медицинская радиология. – М.: Медицина, 1979.
3. Р*атнер Т.Г., Фадеева М.А.* Техническое и дозиметрическое обеспечение дистанционной гамма-терапии. – М.: Медицина,1982.
4. *Голдобенко Г.В., Костылев В.А.* Актуальные проблемы радиационной онкологии и пути их решения, ОНЦ РАМН – АМФР. – М.,1994.
5. *Клеппер Л.Я.* Формирование дозовых полей радиоактивными препаратами и аппликаторами.-.М.: Энергоатомиздат,1983.
6. *Кронгауз А.Н., Ляпидевский В.К., Фролова А.В.* Физические основы клинической дозиметрии. – М.: Медицина,1969.
7. *Клеппер Л.Я.* Формирование дозовых полей дистанционными источниками излучения. – М.: Энергоатомиздат,1986.

Программу составил доктор физико-математических наук Костылев В.А.

Физические основы и техника протонной лучевой терапии

4 курс, 7 семестр, 36 часов

Физические основы и техника ПЛТ **.** Лучевая терапия, краткий исторический очерк, роль лучевой терапии в радиационной онкологии. Феномен радиационного воздействия на клетку. Поглощенная доза, биологическая доза, единицы измерения, ОБЭ, КЭ. Предмет дозиметрии и микродозиметрии. Сравнение различных источников излучения. Особенности взаимодействия протонов с биологической тканью. История развития ПЛТ.

гармоник. Основы метода дискретных ординат. D_N, S_N и DS_N методы. Известные 1D и 2D коды, реализующие метод дискретных ординат.

Метод Монте-Карло. Общая суть метода случайных испытаний для решения математических задач. Теоретическое обоснование метода Монте-Карло. Основные случайные величины в методе Монте-Карло. Выработка случайных величин с заданным распределением, метод обратных функций. Моделирование многомерных случайных величин. Оценки метематических ожиданий. Оценка погрешностей результатов.

Основы алгоритма моделирования траектории частицы. Подготоква констант. Выборка характеристик частицы истосника, розыгрыш пробега частицы (нейтральной, заряженной), методы проверки пересечения частицей границ геометрических зон, розыгрыш типа взаимодействия, розыгрыш характеристик рассеянной частицы. Оценки функционалов, оценка по пересечениям, оценка по столкновениям, оценка по пробегам, локульные оценки.

Закономерности формирования полей излучения за радиационной защитой ускорителя. Компоненты излучения, генерируемые в нуклон-мезонном каскаде. Спектральные распределения всех компонентов за железной и бетонной радиационной защитой. Адронная и мюонная защита. Радиационная защита ускорителя ИФВЭ.

Формирование дозы высокоэнергетических адронов в биологической ткани. Концепция ЛПЭ. Спектры ЛПЭ. Пространственное распределение поглощенной дозы протонов, пионов, нейтронов в тканеэквивалентном фантоме как функция энергии частиц, пространственное распределение эквивалентной дозы. Эффективная доза.

Литература

1. Гусев Н.Г. и др. «Защита от ионизирующих излучений», М.,Энергоатомиздат, 1989
2. Калиновский А.Н.,Мохов Н.В.,Никитин Ю.П. «Прохождение частиц высоких энергий через вещество», М.,Энергоатомиздат,1985
3. БарашенковВ.С.,Тонеев В.Д. №Взаимодействие высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами» - М.Атомиздат,1972.

Ведущие ускорительные научные центры

Часть 1, 5 курс., 9 семестр , 64 часа

Институт физики высоких энергий (ИФВЭ, Протвино): протонный синхротрон на энергию 70 ГэВ; проект ускорительно-накопительного комплекса (УНК) на энергию 3000 ГэВ.

Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ, Дубна): протонный синхротрон

протонный синхротрон на энергию 10 ГэВ; фазотрон (синхроциклотрон) на энергию 680 МэВ; ускоритель тяжелых ионов (нуклотрон на магнитах со сверхпроводящими обмотками. Институт ядерных исследований (ИЯИ, Новосибирск): ускорительные установки со встречными электрон-электронными и электрон-позитронными пучками с

энергиями до 6 ГэВ. Европейский центр ядерных исследований (ЦЕРН, Женева) : протонный синхротрон (CPS) на энергию 28 ГэВ; протонный синхротрон (SPS) на энергию 450 ГэВ, включая антипротонную программу; большой электрон-позитронный коллайдер (LEP) на энергию 55 ГэВ; проект большого адронного коллайдера (LHC) на энергию 8 ТэВ.

Часть 2, 5 курс.,10 семестр , 64 часа

Немецкий центр ядерных исследований (DESY Гамбург):ускорительно-накопительный комплекс с адрон-электронным коллайдером на энергию 26 x 820 ГэВ. Японская национальная лаборатория по физике высоких энергий (КЕК): электрон-позитронный коллайдер TRISTAN на энергию 30 ГэВ; фабрика синхротронного излучения с электрон-позитронным накопителем на энергию 3 ГэВ. Национальная ускорительная лаборатория им.Ферми (FNAL,США): протонный синхротрон на сверхпроводящих магнитах на энергию до 1 ТэВ (Tevatron); программа встречных протон-антипротонных пучков с энергиями 150 ГэВ. Стенфордский цент линейного ускорителя SLAC (США): линейный ускоритель электронов на энергию 50 ГэВ; стенфордский электрон-позитронный линейный коллайдер (SLC) ; на энергию 46 ГэВ. Лос-Аламосская национальная лаборатория (США): сильноточный линейный ускоритель протонов и отрицательных ионов водорода на энергию 800 МЭВ (мезонная фабрика). Брукхейвенская национальная лаборатория (США): протонный синхротрон AGS на энергию 33 ГэВ; программа ускорения поляризованных протонов.

Литература:

1. Труды Всесоюзных совещаний по ускорителям заряженных частиц. (Проводятся через каждые 2 года).
2. Труды Международных конференций по ускорителям высоких энергий (International Conference on High Energy Accelerators).(Проводятся через каждые 2 года).
3. Адо Ю.М., «Ускорители заряженных частиц высоких энергий», УФН,т.145 в.1,1985г.

Программу составил зав.кафедрой физики ускорителей высоких энергий профессор Адо Ю.М.

анализ результатов радионуклидных диагностических исследований. Математическое моделирование. Вопросы безопасности в лучевой диагностике и терапии.

Физико-технические основы использования неионизирующих излучений в лучевой диагностики и терапии. Гипертермия. Магнитотерапия. Ультразвук. лазеры.

Некоторые вопросы физики человека. Физические основы гемодинамики. Физика дыхания. Физика наружного, среднего и внутреннего уха. Биофизика зрения.

Литература:

1. *Ярмоненко С.П., Вайнберг А.А., Календо Г.С.Рампан ,ЮИ.*Биологические основы лучевой терапии опухолей. – М.: Медицина,1976.
2. *Линденбратен Л.Д. Лясс Ф.М.* Медицинская радиология. – М.: Медицина, 1979.
3. *Ремизов А.*Н. Медицинская и биологическая физика. – М.: Высшая школа, 1996.
4. Физика визуализации изображений в медицине, Т. 1,2. Под ред. С.Уэбба, пер. с англ.- М.: Мир, 1991.
5. *Костылев В.А. и др.* Эмиссионная гамма-топография. – М.: энергоатомиздат, 1988

Программу составил доктор физико-математических наук Костылев В.А.

Физические основы лучевой терапии

5 курс, 9 семест р, 36 часов

Радиобиологические основы лучевой терапии злокачественных опухолей. Основные положения и задачи клинической радиобиологии. Природа лучевого поражения. Радиочувствительность. Управление лучевыми реакциями. Качество ионизирующих излучений и лучевая терапия опухолей.

Физико-техническое обеспечение дистанционной лучевой терапии. Типы, конструкция и комплектация облучателей. Рентгенотерапевтические аппараты, гамма-аппараты, линейные ускорители электронов, циклотроны, бетатроны, ускорители тяжелых заряженных частиц, нейтронные генераторы, реакторы. Устройства формирования поля облучения: блоки, клинья, решетки. Мультилифколлиматор.

Аппараты и методики клинической дозиметрии. Конструкция и комплектация приборов клинической дозиметрии. Детекторы, электрометры и другие элементы измерительной техники. Анализаторы дозного поля. Компьютерная обработка, программное обеспечение.

Дозиметрическое планирование лучевой терапии. Расчет дозных характеристик. Алгоритмы расчетов. Компьютерные системы дозиметрического планирования для дистанционного и контактного облучения. Оптимизация дозиметрического планирования. Программное обеспечение систем планирования.

Брахитерапия. Аппаратура и методики. Конструкция и комплектация аппаратов. Источники. Особенности дозиметрии и планирования. Клинические аспеты.

Технология и аппаратура предлучевой подготовки. Топометрия. Моделирование ситуации облучения. рентгеновский стимулятор. Компьютерный томограф для

*Рефрактометрия***.** Законы отражения и преломления света. Зависимость показателя преломления раствора от концентрации вещества.

Эндоскопия. Полное внутреннее отражение света от границы раздела двух сред. Эндоскоп. Получение изображения внутренних органов с помощью эндоскопа.

Литература:

1. *Рубин А.Б .* Биофизика. Т.1, 2. – М.: Высшая школа,1987, 2000.
2. *Антонов В.Ф., Черныш А.М., Вознесенский С.А. Пасечник В.И., Козлова Е.К.* Биофизика. - М.: Владос, 2000.
3. Физиология человека. Т. 1,2,3. Пер. с англ. /Под ред. Р Шмидта и Г. Тевса. - М.: Мир, 1996.
4. Principles of physiology/ Ed. by Robert M. Berne, Matthew N.Levy. – Mosby – Year Book, Inc.,1996.
5. *Кудряшов Ю.Б., Беренфельд Б.С.*Основы радиационной биофизики. – М.: МГУ, 1982.
6. *Ремизов А.Н.* Медицинская и биологическая физика. – М.: Высшая школа,1996.

Программу составила кандидат физико-математических наук, доцент Козлова Е.К.

Введение в медицинскую физику

36 часов

Медицинская физика – общие сведения. Роль, ответственность и статус клинического медицинского физика. Организация клинического медико-физического обслуживания. Физические основы, клинические задачи и перспективы лучевой терапии и лучевой диагностики. Медико-физические задачи.

Медицинская физика и менеджмент. Вопросы создания, оснащения и организации радиологических корпусов. Медицинская и медико-физическая деонтология.

Радиобиологические основы лучевой терапии. Фракционирование и математическое моделирование.

Техника лучевой терапии. Облучатели: гамма- аппараты, ускорители, аппараты для контактной лучевой терапии. Планирующие системы, топометрическая техника, дозиметрическая аппаратура, аксессуары.

Дозиметрическое планирование лучевой терапии. Клиническая дозиметрия.

Компьютерные системы и технологии в лучевой терапии.

Протонная терапия. Нейтронная терапия. Нейтронозахватная терапия. Физико-технические и клинические проблемы.

Лучевая диагностика. Физико-технические и клинические проблемы. Рентгенодиагностические технологии и аппараты. Томография. Ультразвуковая томография. Рентгеновская компьютерная томография. Однофотонная эмиссионная радионуклидная томография. Позитронная эмиссионная томография.

Технологии и аппаратура радионуклидной диагностики. Измерения, обработка и

Биофизические основы физиологических процессов

4 курс, 7 и 8 семестры, 68 часов

Часть 1. Биофизические процессы

Введение. Биофизика, объекты исследования, основные задачи. Молекулярная биофизика, биофизика клетки, биофизика сложных систем. Понятие о системе. Клетка**.** Неоднородность по структуре, составу и по функциональному назначению ее основных элементов. Биологические мембраны**.** Строение, физико-химические свойства и процессы, основные функции. Современные методы исследования биологических структур.

Транспорт веществ через биологические мембраны. Электрохимический потенциал. Биофизический механизм транспорта веществ через биологические мембраны: пассивный и активный транспорт.

Пассивный транспорт, уравнение Теорелла, электродиффузионное уравнение Нернста-Планка, закон Фика. Диффузия через полупроницаемую мембрану: через липидный бислой , через ионный канал; коэффициент проницаемости. Облегченная диффузия (диффузия с переносчиком). Осмос. Фильтрация.

Активный транспорт веществ через биологические мембраны. Опыт Уссинга. Электрогенные ионные насосы: их виды, функции, плотность распределения.

Ионные каналы: структура, энергетический профиль, основные свойства.

*Электрогенез в клетках: биоэлектрические потенциалы, ионные токи через мембрану***.** Мембранный потенциал. Регистрация биопотенциалов. Электрохимическое равновесие. Равновесный потенциал, его физическая природа, роль градиента концентрации и градиента электрического потенциала при формировании равновесного потенциала . Формула Нернста. Уравнение Гольдмана. Потенциал покоя. Потенциал действия; механизм возникновения нервного импульса. Потенциал действия кардиомиоцита. Ионные токи через ионные каналы. Графики потенциала действия и соответствующих ионных токов. Уравнения Ходжкина-Хаксли. Статистический подход к установлению взаимосвязи между дискретным изменением тока через одиночные каналы с непрерывным изменением тока через мембрану в целом.

Распространение потенциала действия по нервному волокну. Передача информации в организме посредством электрического возбуждения. Локальные токи. Факторы, определяющие скорость проведения возбуждения. Сальтаторное рапространение нервного импульса в миелинизированных волокнах. Действие местных анестетиков. Особенности распространения нервного импульса в разных участках сердца.

Автоволновые процессы в активных средах.. Активные среды. Автоволны. Нервное волокно как пример активной среды. Распространение автоволны в однородных активных средах, тау-модель. Трансформация ритма возбуждения в неоднородной по рефрактерности активной среде. Реверберaторы. Фибрилляция левого желудочка сердца.

*Электрическая активность органов***.** Внешние электрические поля тканей и органов. Электрография, ее прямая и обратная задачи, принцип эквивалентного генератора.

Электрокардиография , генез ЭКГ по теории Эйнтховена. Электроэнцефалография. Спектральный анализ ЭЭГ, применение теоремы Фурье.

Мышечное сокращение. Структура мышцы. Модель скользящих нитей. Электромеханическое сопряжение в мышцах. Роль Ca^{2+} насосов. Биомеханика сокращения. Изометрический, изотонический режимы сокращения, уравнение Хилла.

Биофизика системы кровообращения. Вязкость жидкости, формула Ньютона. Ньютоновская и неньютоновская жидкости. Реологические свойства крови. Гемодинамические параметры: давление, объемная и линейная скорости кровотока. Ламинарное и турбулентное течения. Закон Пуазейля, уравнение неразрывности струи. Гемодинамические параметры в различных участках сосудистого русла.

Функциональная организация сердечно-сосудистой системы. Работа сердца. Пульсовая волна, ее характеристики. Моделирование кинетики кровотока в крупных сосудах (модель Франка).

Изменение гемодинамики при некоторых патологиях (локальное изменение просвета сосуда, изменение вязкости крови). Резистивная модель.

Динамика движения крови в капиллярах. Математическая модель кровотока при фильтрационно – реабсорбционных процессах в капиллярах. Механизмы тканевого отека при нарушении фильтрационно – реабсорбционного равновесия.

*Моделирование биофизических процессов***.** Основные этапы моделирования. Виды моделей, адекватность. Математические модели изменения численности популяции: модель естественного роста, модель с учетом внутривидовой борьбы, модель “хищник-жертва”.

Фармакокинетическая модель: изменение концентрации лекарственного препарата при различных способах его введения в организм (инъекция, инфузия, их сочетание)

*Термодинамика биологических систем***.** Живой организм как открытая термодинамическая система. Потоки и обобщенные силы в биологических системах. Уравнение Пригожина. Изменение энтропии системы при пассивном и активном транспортах. Стационарное состояние системы, переход из одного стационарного состояния в другое. Адаптация биологических объектов.

*Биологическая кибернетика***.** Биологическая кибернетическая система. Иерархия. Автоматическое регулирование: по возмущению и отклонению. Регуляция в живых системах, гомеостаз. Информационные потоки в живых системах.

*Биосфера и физические поля***.** Человек и физические поля окружающего мира. Естественные источники электромагнитных излучений, радиоактивных излучений. Естественный радиоактивный фон Земли. Электромагнитные и радиоактивные излучения в медицине.

Собственные физические поля организма человека. Виды физических полей тела человека, их источники, характеристики. Методы регистрации и картирования полей.

*Биофизические последствия радиационного воздействия***.** Радиолиз воды, липидов, физико-химическое повреждение белков, нуклеиновых кислот, повреждение ядер. Повреждение биологической мембраны. Нарушение вязкостных свойств, образование дефектов структуры, увеличение пассивной проницаемости для ионов, изменение электрических процессов (уменьшение амплитуды и скорости проведения нервного импульса). Нарушение регулирования транспорта веществ, клеточный и тканевый отеки.

Факторы, влияющие на биологические эффекты действия радиации: физические, химические, биологические, синергизм. Особенности действия радиации на

биологические системы: многостадийность радиационного поражения, временная шкала процессов; пространственная неоднородность первичного радиационного воздействия и биохимических последствий. Структурно – метаболический подход в радиобиологии.

Часть 2. Биофизические основы диагностики, терапии, хирургии

Звуковые измерения в клинике. Природа звука. Физические и физиологические характеристики звука, связь между ними. Уровень интенсивности звуковой волны, уровень громкости. Закон Вебера=Фехнера. Кривые равной громкости. Аудиометрия, метод построения аудиограммы.

*Применение ультразвука***.** Источники и приемники ультразвука. Свойства распространения ультразвука в средах: отражение, поглощение. Действие ультразвука на вещество. Принцип эхолокации. Физические основы получения изображения внутренних структур с помощью УЗ. Эффект Доплера в УЗ исследованиях. Физические основы использования УЗ в терапии и хирургии.

Рентгеновское излучение в клинических исследованиях.. Механизмы возникновения характеристического и тормозного рентгеновского излучений. Спектры излучения. Рентгеновский аппарат. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, закон Бугера, ослабление рентгеновского излучения в различных структурах организма. Рентгенодиагностика.

*Рентгеновская компьютерная томография***.** Проблемы рентгеновской диагностики: наличие теней, низкая контрастность изображения. Физические основы рентгеновской компьютерной томографии: послойность изображения, восстановление изображения объекта по многим проекциям. Прямая и обратная задачи. Устройство рентгеновского томографа. Методы представления информации. Отличия рентгеновской томограммы от рентгеновского снимка.

Электрография. Электрическая стимуляция органов.

Электроды для регистрации электрической активности органов. Датчики физиологической информации. Основные характеристики импульсных сигналов. Блок-схема электрического стимулятора. Характеристики амплитудно-модулированных синусоидальных сигналов.

Кардиостимуляторы, их особенности. Стационарные и имплантируемые кардиостимуляторы, проблемы контроля их функционирования.

*Применение в медицине электромагнитных волн в различных диапазонах***.** Механизмы возбуждения ЭМ волны в различных диапазонах, их свойства. Использование в медицине различных ЭМ волн в различных диапазонах (радиоволны, ИК, видимое, рентгеновское, γ-излучение).

*Действие переменного электрического поля на биологические объекты***.** Поляризация диэлектриков, виды поляризации, времена релаксации. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Механизмы нагревания различных тканей при УВЧ и СВЧ терапии.

Поляриметрия. Поляризация света, закон Малюса. Вращение плоскости поляризации в оптически активных веществах. Определение концентрации вещества с помощью поляриметрии.

Спектротофотометрия. Поглощение света в растворах. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Спектр поглощения вещества. Спектрофотометрия биофизике и медицине.