Санкт-Петербург,
24 сентября 2021 г.

Развитие радиационных технологий в XXI веке

при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина»

Профессор

Черняев Александр Петрович

Ценность радиационных технологий

За пятьдесят лет количество ускорителей, используемых в мировом хозяйстве, возросло более чем в 20 раз. За 30 лет (до середины 1980-х гг.) оно возросло примерно в 10 раз, а за последнее десятилетие — более чем в 2 раза. К 1970 г. более 80% действующих в мире ускорителей работало в промышленности.

Рынок медицинских и промышленных ускорителей составлял около 4.7 млрд долларов на середину 2017 г., и эта сумма увеличивается более чем на 10% ежегодно. Вся цифровая электроника сейчас зависит от пучков частиц для ионной имплантации. Ежегодно с помощью ускорителей создается материалов более чем на 1.5 млрд долларов. Стоимость продуктов, обработанных на ускорителях, ежегодно составляет более чем 500 млрд долларов.

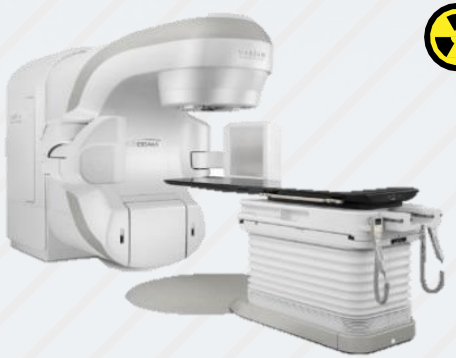
РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МИРЕ

Реакторы

~ 441

Установки для лучевой терапии

~ 20 000



Р/а источники

~ 5-6 млн.ед.

Радиационная диагностика (КТ, ОФЭКТ, гамма-камеры, ПЭТ, МРТ)

~ 94 000

Электронные микроскопы

~ 100 000

Рентгеновские аппараты

~ 4 млн.ед.

всего: более 10 млн. ед.

РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ

Реакторы

~ 128

Ускорители Заряженных частиц

~ 600

Рентгеновская дефектоскопия

~ 8700

Досмотровые комплексы

~ 4000

Хранилища радиоактивных веществ

~ 650

Гамма дефектоскопия

~ 1300

Закрытые радиоизотопные источники

~ 62 000

Приборы радиоизотопные

~ 15 000

Рентгеновские аппараты

~ 52 000

ПРОЧЕЕ: нейтронные генераторы, хранилища отработанного ядерного топлива и др.

~ 10 000

ВСЕГО: ~154 278

Ускорители электронов

- **Национальная экономика**
  ~ 11 500
- **Медицина**
  ~ 12 831
- **Наука**
  ~ 700

ВСЕГО: ~ 25 031

Ускорители протонов и ионов

- **Национальная экономика**
  ~ 15 000
- **Радиационная терапия**
  ~ 110
- **Производство изотопов**
  ~ 1500
- **Наука**
  ~ 500

ВСЕГО: ~ 17 110

УСКОРИТЕЛИ В МИРОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Промышленность

~ 27 000

Наука

~ 1 200

Медицина

~ 14 500

Сельское хозяйство

~ 1 800

ВСЕГО: более 44 200

УСКОРИТЕЛИ В МИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Имплантаторы

~ 11 000

Электронная обработка материалов

~ 7500

Облучение электронным пучком

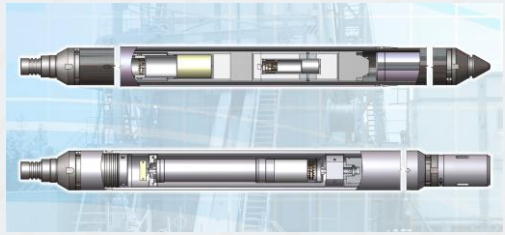
~ 3000

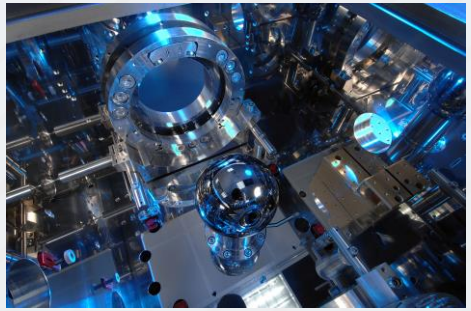
Неразрушающий анализ

~ 2000

Генераторы нейтронов

~ 2000





Производство изотопов

~ 1500

ВСЕГО: ~27 000

ПРИМЕНЕНИЕ УСКОРИТЕЛЕЙ И ИСТОЧНИКОВ КОБАЛЬТА В МИРОВОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ускорителей

~1500

Кобальтовых установок

~300

ВСЕГО: ~1800

СТЕРИЛИЗАЦИЯ ПРОДУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО И С/Х НАЗНАЧЕНИЯ

УСКОРИТЕЛИ В ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ

Народное хозяйство

~ 200

Медицина

~ 250

Наука

~ 150

ВСЕГО: ~600

УСКОРИТЕЛИ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ

Радиационное производство

~ 49

Производство изотопов

~ 10

Электронно-лучевая сварка

~ 60

Досмотровые комплексы

~ 39

Неразрушающий контроль

~ 30

Радиационная экология

~ 5

Структуры Росатома

~ 10

Сельское хозяйство и стерилизация

~ 18

Имплантация ионов

~ 5

Медицина

УСКОРИТЕЛИ В НАУКЕ И В МИРЕ

ВСЕГО: ~1200

Энергия ≤ 1 ГэВ

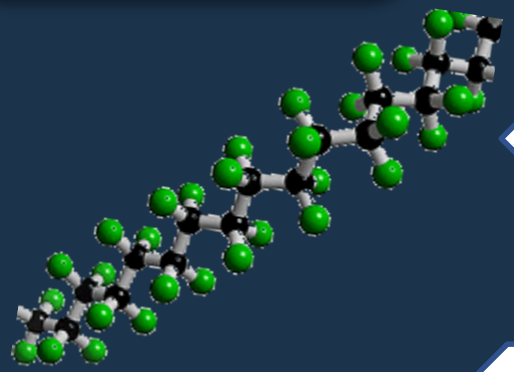
~ 1100

Энергия ≥ 1 ГэВ

~ 100

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УСКОРИТЕЛЕЙ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Стерилизация и обеззараживание медицинских изделий



Модификация полимеров

Безопасность и оборона

Экология

Радиационная обработка в химической промышленности

Обработка полупроводников

Радиационная сшивка изоляции кабелей и проводов

Обработка продуктов питания

Обработка драгоценных камней

и многое другое

РАЗВИТИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ В XXI ВЕКЕ

Радиационные технологии в медицине в мире

Ускорители:

- Кибер-нож
- Томотерапия
- Линейные ускорители
- Протонные ускорители

Лучевая диагностика:

- ПЭТ
- КТ
- МРТ
- Гамма-камера и ОФЭКТ

ВСЕГО: ~115 000

Ускорители для производства мед. изотопов:

- До 20 МэВ ~ 1050
- 20 – 35 МэВ ~ 100
- От 35 МэВ ~ 50

Изотопные установки:

- Брахитерапия
- Гамма-нож
- Кобальтовые установки

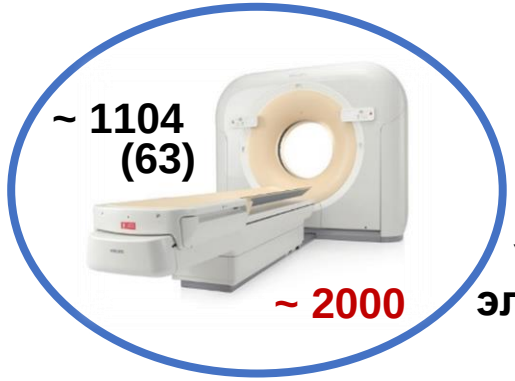
Радиационные технологии в медицине в России

ВСЕГО: ~2613 (5800)

Имеется в настоящее время

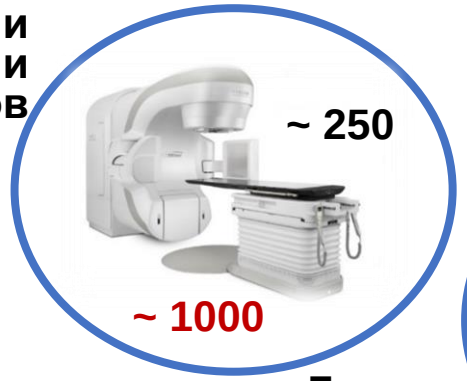
Потребность

Компьютерные томографы

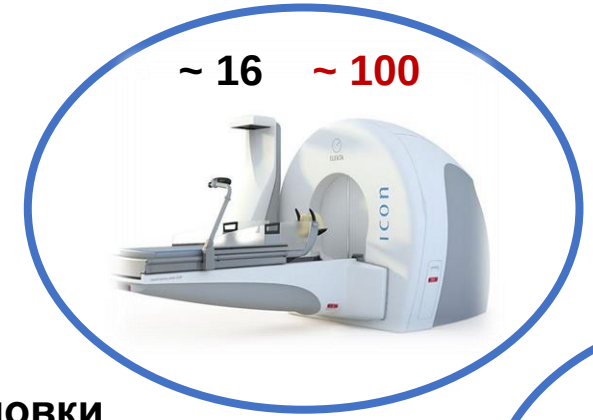


МРТ

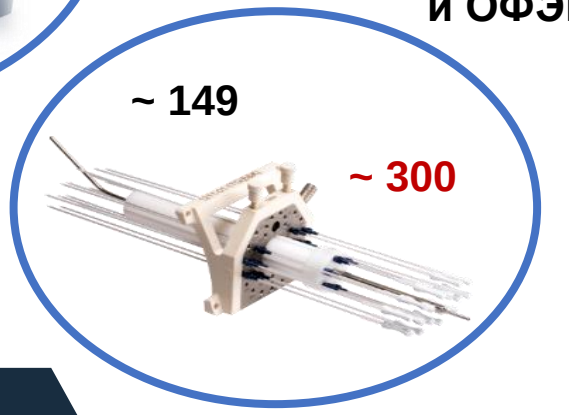
Ускорители электронов и протонов



Установки стереотаксической радиохирургии

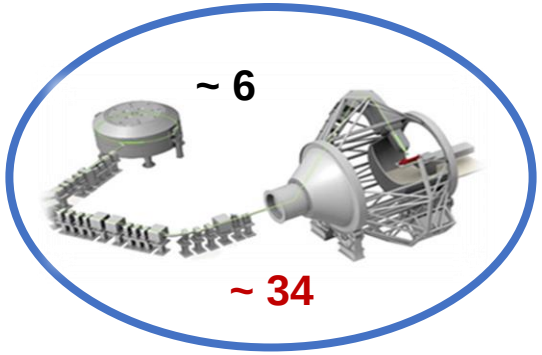


Оборудование для брахитерапии

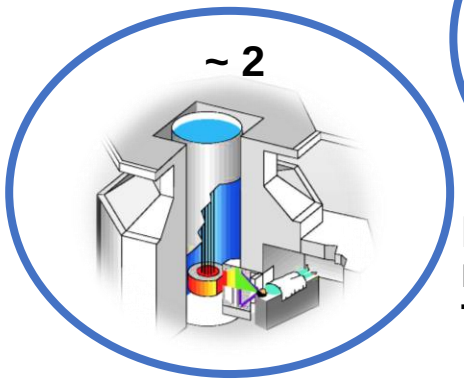


Гамма-камеры и ОФЭКТ

Центры протонной и ионной терапии

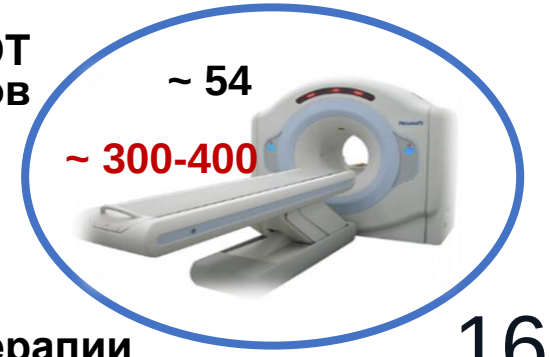


Центры нейтронной терапии



Источники гамма-излучения Co-60

ПЭТ сканеров



Важные фундаментальные исследования XXI века включают в себя:

- Совершенствование ускорительной техники:
  - увеличение темпа ускорения;
  - уменьшение размеров ускорителя;
  - создание ускорителей на «холодных магнитах» и с «холодными ускоряющими структурами»;
- создание источников синхротронного излучения четвертого поколения и лазеров на свободных электронах;
- создание полного цикла производства медицинских радиоизотопов и радиофармпрепаратов;
- разработка технологий получения новых изотопов для медицинских целей, в том числе и на ускорителях электронов.
- интенсификация разработки собственного высокотехнологичное оборудование: ПЭТ, КТ, МРТ, ОФЭКТ, а также комбинированные сканерные системы (такие как ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ, ПЭТ/ОФЭКТ).

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

ПОДГОТОВКА И ПЕРЕПОДГОТОВКА КАДРОВ

В рамках школы (направление: Цифровая медицина)

На кафедре Физика ускорителей и радиационной медицины

ПЕРСОНАЛ В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Необходимое количество физико-технического персонала для лучевой терапии в РФ

НЕОБХОДИМО
физико-технического персонала
~ 3000

Инженеры ~ 1000
Медфизики ~ 2000

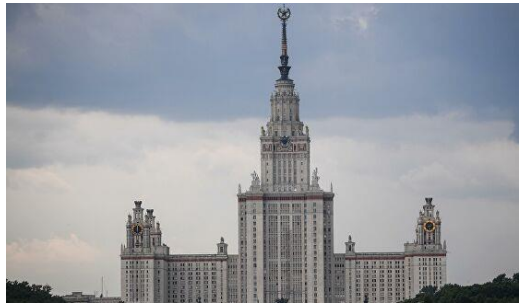
ИМЕЕТСЯ
физико-технического персонала
~ 790

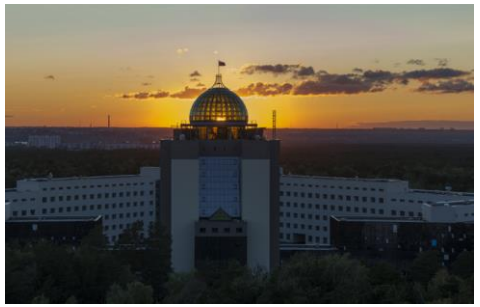
Инженеры ~ 250
Медфизики ~ 640

! Сегодня медицинских физиков в России в 6 раз меньше, чем в Европе и в 14 раз меньше, чем в США

640 3800 9000

КТО ГОТОВИТ МЕДИЦИНСКИХ ФИЗИКОВ И ИНЖЕНЕРОВ В РОССИИ?





Магистерские программы обучения медицинских физиков

МГУ имени М.В.Ломоносова	**20 чел**
НИИЯФ МГУ	**30 чел**
Томский политехнический университет	**20 чел**
Санкт-Петербургский политехнический университет	**20 чел**
Новосибирский государственный университет	**5-10 чел**

ВЫПУСКНИКИ И АСПИРАНТЫ КАФЕДРЫ

Выпущены кафедрой в 2015-2021 годах **182** **студента**

Выпускники кафедры работают медицинскими физиками в ГКБ имени Д.Д. Плетнёва.

Аспиранты кафедры на базе ФТЦ ФИАН и ЗАО Протон участвуют в создании отечественных синхротроны для протонной терапии.

Остались в специальности **93**

ПОДГОТОВКА НАУЧНЫХ КАДРОВ

Онкологические центры, в которых работают выпускники и ведут научную работу аспиранты кафедры по специальности медицинская физика:

- НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина
- МНИОИ имени П.А. Герцена
- ИТЭФ имени А.И. Алиханова
- 57-ая городская больница
- НИИ нейрохирургии им. Н.Бурденко
- Московский областной онкодиспансер
- НМИЦ ДГОИ им. Д.Рогачева
- ФМБЦ имени А.И. Бурназяна

В настоящее время на кафедре занимаются научными исследованиями **18** аспирантов и **2** соискателя.

В 2019 году защищена **1** *кандидатская диссертация*. В 2021-2022 году планируется защита **4** *кандидатских диссертаций*

АККРЕДИТАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ

В России на сегодняшний день отсутствует профессиональный стандарт для медицинских физиков, из-за чего специалистов часто зачисляют на другие, менее престижные должности.

В 2021 году Кафедра разрабатывает и является основным составителем оценочных средств, которые будут использоваться при проведении *первичной специализированной аккредитации* специалистов по должности «Медицинский физик».

Аккредитация будет осуществляться Методическим центром аккредитации специалистов Первого МГМУ имени И.М. Сеченова

Сеченовский Университет

МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР АККРЕДИТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ

1755

ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИЯ И ПЕРЕПОДГОТОВКА «МЕДИЦИНСКИХ ФИЗИКОВ»

В настоящее время в наличии:

1. Программа профессиональной переподготовки по специальности «медицинский физик» на базе МГУ имени М.В. Ломоносова

2. Курсы повышения квалификации в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (совместно с МАГАТЭ)

ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ «Медицинская физика»

Разработчик:
физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Цель:

сформировать необходимые профессиональные компетенции для работы в качестве специалистов отделений лучевой терапии и центров ядерной медицины

Объем программы: 530 часов

Форма обучения: очная

Режим обучения: 30–36 часов в неделю

Срок обучения: 4–5 месяцев

ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ ПРОШЛИ:

в 2017 г. — 18 физиков из Москвы, московской области и Санкт-Петербурга

в 2019 г. — 4 физика из Москвы, Кирова и Рязани, 10 физиков из Узбекистана

в 2021 г. — 10 физиков из Москвы, Новосибирска, Орска, Рязани, Калуги и Архангельска

Декабрь 2021 г. – 7 физиков из Дубны, Чувашии и Новосибирска

ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ «Медицинская физика»

Первый выпуск 2018 г.

Второй выпуск 2019 г.

Третий выпуск 2021 г.

ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ «Медицинская физика»

На основании решения аттестационной комиссии слушателю программы выдается диплом о профессиональной переподготовке по следующему направлению:
– медицинская физика.

Образец диплома о профессиональной переподготовке

Наши партнеры

Медицинская физика

- РОНЦ им. Н.Н. Блохина
- МНИОИ им. П.А. Герцена
- ФМБЦ им. А.И. Бурназяна
- НМИЦ им. Н.Н. Бурденко
- МГМУ им. И.М. Сеченова
- ЦКБ №2 им. Н.А. Семашко
- ГБУЗ «ГКБ им. Братьев Бахрушиных ДЗМ»
- ФГБУ «РНЦР»
- ОИЯИ, г. Дубна
- ИФВЭ, г. Протвино
- НМИЦ им. Д. Рогачева
- ГБУЗ МО «МООД»
- МНОЦ МГУ имени М.В.Ломоносова

ФАБРИКА радиотерапевтической техник

«Фабрика радиотерапевтической техники», входящая в группу компаний «Р-Фарм»

OPASCA

ООО «OPASCA GOS Central Asia»

VARIAN medical systems

Varian Medical Systems

EMC GROUP OF COMPANIES EUROPEAN MEDICAL CENTER

Европейский медицинский центр ЕМС

СОВМЕСТНЫЙ С VARIAN ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ МЕДИЦИНСКИХ ФИЗИКОВ

По инициативе Кафедры физики ускорителей и радиационной медицины на базе МГУ имени М.В. Ломоносова реализуется совместный с индустриальными партнерами проект по обучению медицинских физиков со всей России работе в системе планирования Eclipse для управления линейными ускорителями Varian.

Партнеры:

- **Фабрика Радиотерапевтической Техники (группа «Р-Фарм»)**
- **Varian Medical Systems**

С момента запуска обучение прошли 4 группы медицинских физиков (более 40 человек)

ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ «Радиационная обработка пищевых продуктов и испытаний пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку»

Разработчик:
физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Цель:

кадровое обеспечение организаций и предприятий, работающих в области испытаний пищевых продуктов, прошедших обработку ионизирующим излучением, а также в области разработки рекомендательных методик по обработке ионизирующим излучением для разных видов пищевой продукции.

Объем программы: **300 часов**

Форма обучения: **очно-дистанционная**

Режим обучения: **30–36 часов в неделю**

Срок обучения: **2–3 месяца**

ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММЕ ПРОШЛИ:
в 2020 г. — 15 специалистов из Москвы

МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «Радиационная медицинская физика»

Разработана в 2021 году в рамках школы «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» следующими подразделениями:

физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

факультет фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова

МНОЦ МГУ имени М.В. Ломоносова

Цель:

Подготовка специалистов теоретического и экспериментального профиля в области радиационной медицинской физики.

Программа складывается из трех составляющих: фундаментальных знаний в области физики, медико-биологических основ и научно-исследовательских практических занятий в лабораториях или лечебных учреждениях.

Объем программы:

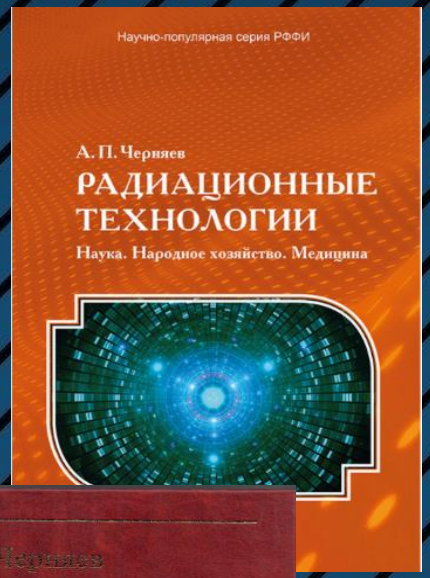
1 год обучения - 2160 часов, 2 год обучения - 2160 часов.

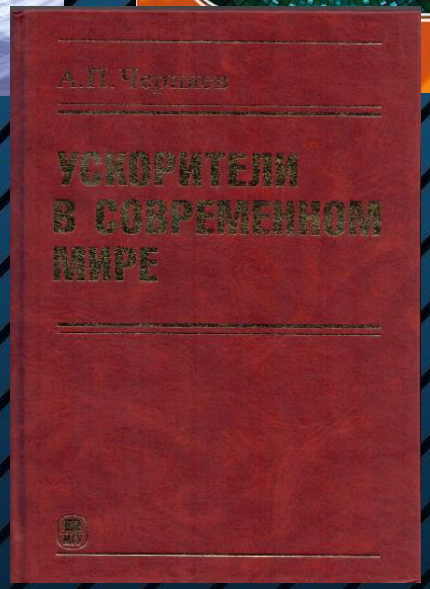
Всего: 4320 часов.

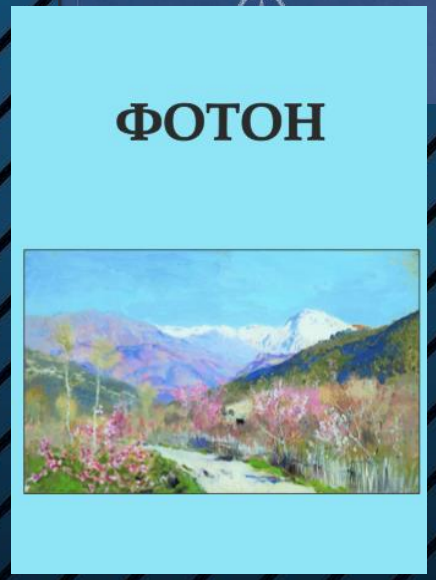
Форма обучения: очная

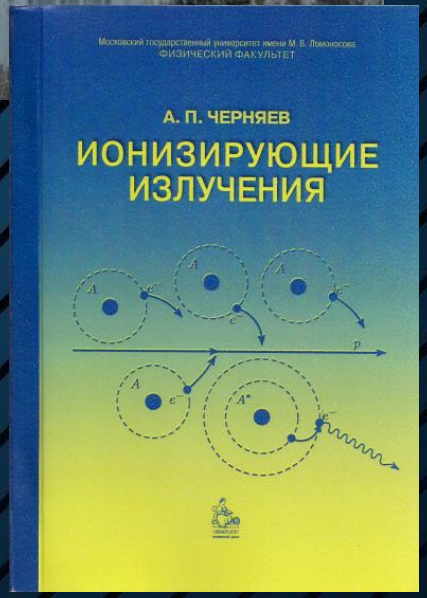
Срок обучения: 2 года

УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЫ «Радиационная медицинская физика»









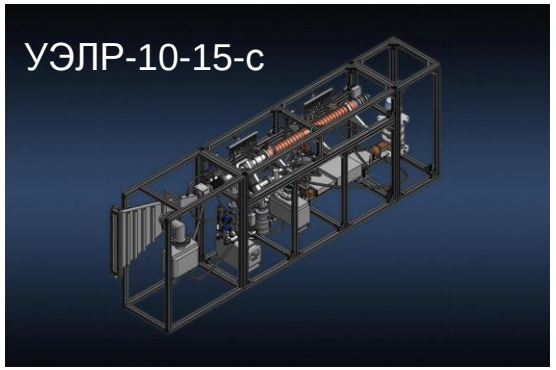
БИБЛИОТЕКА МЕДИЦИНСКОГО ФИЗИКА

Партнеры кафедры

«Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»

Международная межправительственная научно-исследовательская организация ОИЯИ в наукограде Дубна Московской области

Прикладные радиационные технологии



ООО «ЛЭУ МГУ», НИИЯФ МГУ – разработчики и производители ускорителей электронов для промышленных радиационных технологий

Испытательный центр «Certification Group»

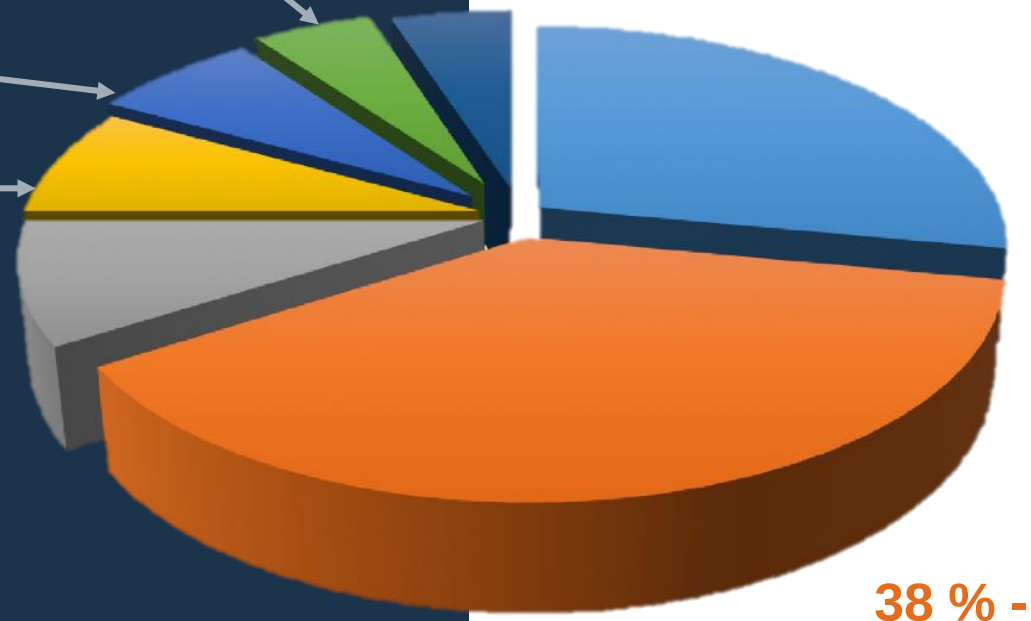
Научно-исследовательская организация ФГБНУ ВИЛАР в области лекарственного растениеводства и разработки новых лечебных препаратов из лекарственного сырья

СПАСИБО

Контактные данные:
Черняев Александр Петрович – зав. кафедры ФФ МГУ
E-mail: a.p.chernyaev@yandex.ru
Тел: +7(495) 939-13-44

РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ

Рентгеновское оборудование в России

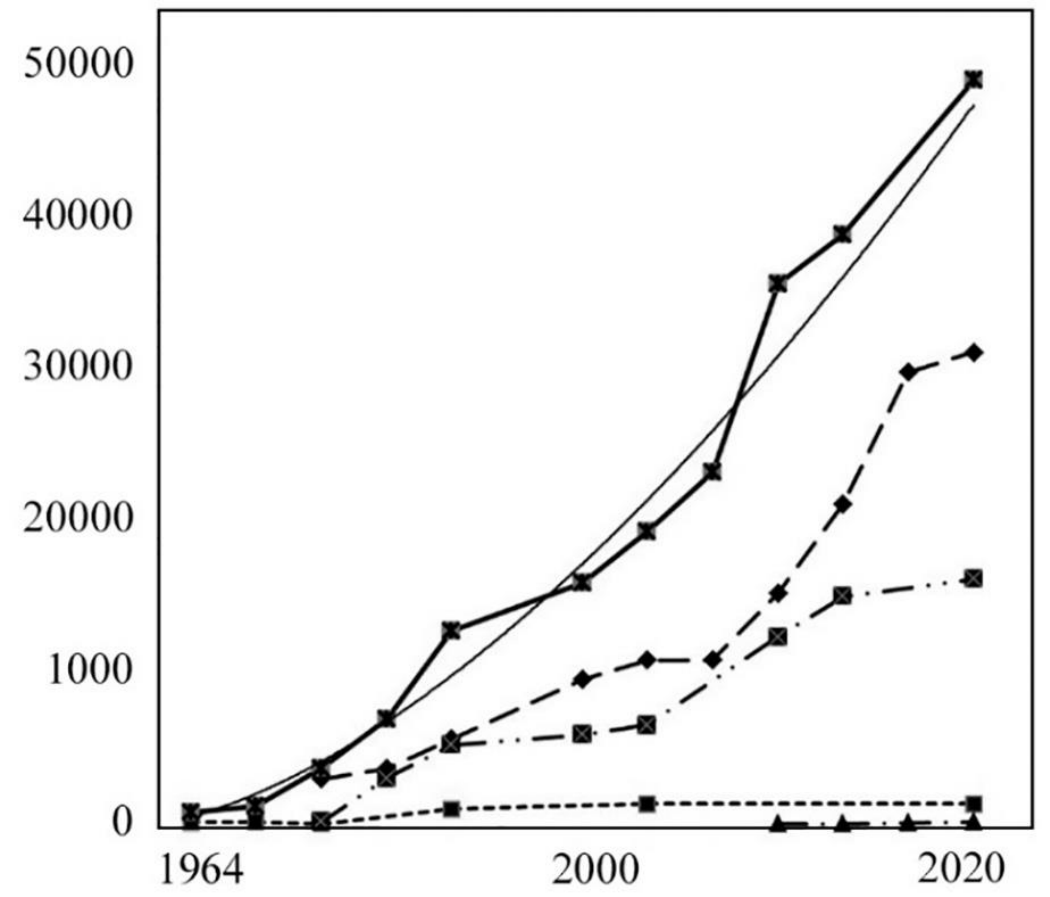


Красный цвет: производится только за границей.
Оранжевый цвет: производится в России и мире.
Зеленый цвет: производится в нашей стране

Ускорители заряженных частиц в мире

Динамика роста количества ускорителей в мире:

— суммарное количество;
– – промышленность;
-·-·- медицина;
- - фундаментальные исследования;
-·- сельское хозяйство.



Всего ~ 43 000 (в мире) / ~ 600 (в России)		
Медицина ~ 14 500 (в мире) / ~ 250 (в России)	Наука ~ 1 500 (в мире) / ~ 150 (в России)	Промышленность ~ 27 000 (в мире) / ~ 200 (в России)