

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Филиал «Протвино»
Кафедра «Техническая физика»



/Евсиков А.А./
Фамилия И.О.

«28» 06 2020 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Детекторы излучений

наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

код и наименование направления подготовки (специальности)

Уровень высшего образования

бакалавриат

бакалавриат, магистратура, специалитет

Направленность (профиль) программы (специализация)

«Медицинская физика»

Форма обучения

очная

очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2020

Преподаватель (преподаватели):

Соколов А.А., профессор, д.ф.-м.н., снс,

Фамилия И.О., должность, ученая степень, ученое звание, кафедра; подпись

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) высшего образования
03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры технической физики
(название кафедры)

Протокол заседания № 3 от « 26 » июня 2020 г.

И.о. зав. кафедрой _____ Соколов А.А.

Эксперт _____

*(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность;
подпись, заверенная по месту работы)*

Оглавление

Оглавление.....	3
1 Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)	4
2 Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины (модуля).....	4
3 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП	4
4 Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников).....	4
5 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	5
6 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий	5
7 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)	7
8 Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения.....	9
9 Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю).....	10
10 Ресурсное обеспечение	14
11 Язык преподавания	16

1 Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель дисциплины «Детекторы излучений» – изучение основ экспериментальных методов, применяемых при детектировании ионизирующего излучения.

Учебные задачи дисциплины:

- ознакомление с основными физическими процессами взаимодействия излучения с веществом;
- усвоение физических основ функционирования детекторов частиц;
- ознакомление с основными методиками и устройством детекторов;
- оказание консультаций и помощи слушателям при решении практических задач.

2 Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины (модуля)

Объектами профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины (модуля) являются:

- физические системы различного масштаба и уровней организации, процессы их функционирования;
- физические, инженерно-физические, биофизические, химико-физические, медико-физические, природоохранные технологии.

3 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.09 «Детекторы излучений» входит в состав обязательных дисциплин вариативной части блока дисциплин учебного плана. Изучается в VII семестре IV курса.

Дисциплина «Детекторы излучений» опирается на общие курсы «Общая физика», «Теоретическая физика» («Теория поля», «Квантовая теория», «Электродинамика сплошных сред») и специальный курс «Квантовая электродинамика». В нем используются понятия, критерии и методы курсов «Теория вероятностей и математическая статистика», «Численные методы и математическое моделирование». Полученные при изучении данного предмета знания и применяются при выполнении выпускной квалификационной работы. После обучения по программе курса слушатель должен быть подготовлен к чтению оригинальной научной и инженерно-технической литературы по основной специальности. Владение данным предметом необходимо в дальнейшей научно-технической деятельности по направлению «Физика» при планировании и выполнении практических работ, для понимания экспериментальных методик и критической интерпретации результатов их применения.

Освоение материала дисциплины позволит студенту быть подготовленным к подготовке и защите выпускной квалификационной работы и последующей профессиональной деятельности.

4 Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Раздел заполняется в соответствии с картами компетенций.

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения) (последний – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ПК-1 – способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дис-</i>	<i>Знать</i> – основные разделы физики, используемые для разработки новых методов (технологий) создания медицинских приборов

циплин	<p><i>Уметь</i> *)</p> <ul style="list-style-type: none"> – понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики, используемой при создании приборов для медицины <p><i>Владеть</i> *)</p> <ul style="list-style-type: none"> – экспериментальными навыками разработки медицинского оборудования с высокими эксплуатационными характеристиками
--------	--

*) результат обучения сформулирован на основании требований профессиональных стандартов:

- «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» № 32 (приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 4 марта 2014 г. № 121н);
- «Специалист в области рентгенологии», проект профессионального стандарта.

5 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых:

51 час составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

17 часов – лекционные занятия;

17 часов — лабораторные занятия;

17 часов – практические занятия.

27 часов – мероприятия промежуточной аттестации (экзамен).

30 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

6 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля) Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе:											
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них								Самостоятельная работа обучающегося, часы, из них			
		Лекционные занятия	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
VIII семестр													
Ионизационные потери. Многократное рассеяние		1		1	1					3			
Тормозное излучение в поле ядра. Рождение электрон-позитронных пар γ -квантом в поле ядра		1		1	1					3			
Электромагнитный каскад. Черенковское излучение		1		1	1					3	15	15	
Поглощение низкоэнергичных γ -квантов веществом. Синхротронное излучение		2		2	2					6			
Газовые детекторы		2		2	2					6			
Сцинтилляционные детекторы (СД)		2		2	2					6			
Полупроводниковые детекторы (ППД)		2		2	2					6	15	15	
Черенковские счетчики		2		2	2					6			
Электромагнитные калориметры		2		2	2					6			
Взаимодействие адронов с веществом. Адронные калориметры		2		2	2					6			
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	27												
Итого		17		17	17					51		30	30

7 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Методические указания к практическим занятиям

Тематика практических задач и задач, предлагаемых для самостоятельного решения:

1. Найти максимально возможную передачу энергии при столкновении релятивистской частицы (масса M , импульс p) с покоящейся частицей массы m . В предположении $M \gg m$ рассмотреть предельные случаи а) $M \ll p \ll M^2/m$; б) $p \gg M^2/m$.
2. Оценить γ -фактор начала плато Ферми из-за эффекта плотности в Ag при н.у.
3. Найти среднее кол.-во δ -электронов с практическим пробегом >1.5 мм в слое 1 см Ag (при н.у.) при его пересечении $m.i.p.$
4. Найти предельную эффективность газового счетчика (Ag при н.у.) толщиной 1 мм при детектировании $m.i.p.$
5. Найти предельное относительное энергетическое разрешение при детектировании электронов с энергией 5.9 кэВ ионизационной камерой (Ag при н.у.). Фактор Фано = 0.25.
6. Найти пороговое давление для черенковского излучения пионом 28 ГэВ в воздухе (преломление в воздухе при н.у. $n_{атм-1} = 290 \cdot 10^{-6}$).
7. При каком импульсе p частиц определенной массы интенсивность черенковского излучения достигает 90% от (асимптотического) максимума, если их пороговый импульс в данном в.-ве $p_{порог}$? Считать частицы ультрарелятивистскими.
8. Исследуется реакция $\pi p \rightarrow \pi^0 p$ при 40 ГэВ в длинной (50 см) жидководородной мишени. Продольная (вдоль пучка) координата точки взаимодействия измеряется по интенсивности черенковского излучения, регистрируемого в полосе 350 – 450 нм. Считая фотоприемник идеальным (100% эффективным), оценить точность измерения. Считать для $LiqH_2O$ $n = 1.112$. N.B. Статистика черенковских фотонов – пуассоновская.
9. Вычислить значение радиационной длины в свинце.
10. Найти граничную энергию гамма-квантов за счет ЛПМ-эффекта для 25-и-ГэВ-ных электронов в свинце.
11. Оценить (в приближении Росси) количество электронов в максимуме ливня от 10-ГэВ-ного гамма-кванта в железе.
12. Вычислить сечение рождения пар в свинце гамма-квантами при 1 ГэВ.
13. Край фотопоглощения К – серии в свинце составляет около 90 кэВ. Вычислить сечение фотоэффекта при энергии 200 кэВ.
14. Найти минимальную энергию гамма-квантов, регистрируемых по черенковскому излучению комптоновских электронов в воде ($n=1.41$).

15. Найти потерю энергии на излучение протоном 3.5 ТэВ за один оборот в кольце ЛНС (длина окружности 28 км).
16. Синхротрон НИЦ КИ Сибирь-2 с длиной орбиты 124 м ускоряет электроны до 2.5 ГэВ. Найти критическую энергию фотонов СИ а) от основного кольца (паразитное СИ) б) формируемого на поворотном магните с полем 1.7Т (выводной канал СИ).
17. Импульс мюона измеряется по повороту его траектории при прохождении однородно намагниченного (поле 1.5 Т перпендикулярно к направлению падения) железного фильтра толщиной 2 м. С какой точностью будет измеряться импульс в такой установке? Считать, что трековые детекторы перед фильтром и после него имеют неограниченно хорошее угловое и координатное разрешение.
18. Найти групповую скорость электромагнитных волн в среде в «плазменном» приближении диэлектрической проницаемости.
19. Выполнить модельную оценку параметров радиатора переходного излучения на основе фольг из бериллия в области $\gamma = 10^4$.
20. Плоскопараллельный дрейфовый зазор в 1 см под напряжением 1 кВ заполнен CO₂ при н.у. Считая, что газ является «холодным» («тепловой предел», для CO₂ выполняется в широком диапазоне параметров), оценить снизу среднеквадратичный диффузионный разброс электронов, образованных вблизи катода.
21. Оценить световыход типичного пластического сцинтиллятора при регистрации α – частицы с энергией 6 МэВ. Энергетическая эффективность сцинтиллятора к m.i.p. – 3%. Постоянная Биркса – 0.01 г / (МэВ · см²).
22. Найти напряжение смещения в кремниевом p+ n детекторе с концентрацией донорных атомов $3 \cdot 10^{11}$ /см³ для обеднения зоны 300 мкм при T=300 К.
23. Найти максимально достижимую толщину обедненной зоны в кремниевом n⁺ p детекторе с удельным сопротивлением $\rho_p = 10^4$ Ом*см. Пробивное значение поля 20 кВ/см.
24. Найти критическое натяжение анодной проволоки для МПК с параметрами: длина L=1 м, зазор анод-катод l= 4 мм, шаг проволок s=2 мм, их диаметр 2a = 20 мкм. Рабочее напряжение камеры V= 3 кВ.

Методические указания к лабораторным занятиям

Тематика лабораторных работ, выполняемых лабораторных занятиях:

1. Раздел «Источники и приемники оптического излучения на основе полупроводников»
 - а) Лабораторная работа №1 «Исследование основных параметров полупроводникового лазера»
 - б) Лабораторная работа №2 «Полупроводниковые детекторы оптического излучения в устройствах оптоинформатики»
 - в) Лабораторная работа №3 «Оценка расходимости пучка лазерного излучения»

- d) Лабораторная работа №4 «Сравнение быстродействия р-п и р-і-п диодов, используемых в качестве детекторов излучения»
2. Раздел «Передача информации»
- a) Лабораторная работа №5 «Волоконно-оптический световод как среда передачи информации»
- b) Лабораторная работа №6 «Исследование характеристик светового жгута»
3. Раздел «Хранение информации»
- a) Лабораторная работа №7 «Элементы оптической памяти на основе мультиплексных голограмм»
4. Раздел «Обработка информации»
- a) Лабораторная работа №8 «Использование преобразования Фурье в системах оптической обработки информации»
5. Лабораторная работа №9 «Векторно-матричный умножитель – простейший оптический процессор»
6. Раздел «Оптические технологии искусственного интеллекта»
- a) Лабораторная работа №10 «Оптический вентиль нечеткой (многозначной) логики»

Методическое обеспечение инновационных форм учебных занятий

Решение практических задач.

Методические указания для самостоятельной работы обучающихся и прочее

<i>№ п/п</i>	<i>№ раздела дисциплины</i>	<i>Содержание самостоятельной работы</i>	<i>Трудоемкость</i>
1	1-4	Р31. Расчетное задание «Взаимодействие излучения с веществом» (<i>индивидуальное задание для каждого студента</i>)	15
2	5-9	Р32. Расчетное задание «Детекторы частиц» (<i>индивидуальное задание для каждого студента</i>)	15

8 Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения

Перечень обязательных видов учебной работы студента:

- посещение лекционных занятий;
- ответы на теоретические вопросы на практических занятиях;
- решение практических задач и заданий на практических занятиях;
- выполнение устных сообщений

В случае использования инновационных форм проведения учебных занятий приводится перечень инновационных форм проведения учебных занятий (по видам учебных занятий).

(сведения о наличии по дисциплине (модулю) инновационных форм проведения учебных занятий, о количестве часов по видам учебных занятий отражаются в учебном плане по образовательной программе)

Инновационные формы проведения учебных занятий

Семестр	Вид учебных занятий	Используемые инновационные формы проведения учебных занятий	Количество академ. часов
VII семестр	Практические занятия	Решение практических задач	7
Всего:			7

9 Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

ПК-1 - способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.

Полная карта компетенции ПК-1 приведена в документе «Матрица формирования компетенций» по направлению бакалавриата 03.03.02 «Физика».

- Описание шкал оценивания.

При балльно-рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения.

По итогам работы в семестре студент может получить максимально **70** баллов. Итоговой формой контроля в VII семестре является экзамен. На экзамене студент может набрать максимально **30** баллов.

В течение VIII семестра студент может заработать баллы за следующие виды работ:

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Работа на практических занятиях	33
2	Сдача расчетного задания (Р31)	10
3	Сдача расчетного задания (Р32)	10
4	Аудиторные занятия (посещение)	17
Итого:		70

Если к моменту окончания семестра студент набирает от **51** до **70** баллов, то он получает допуск к экзамену.

Если студент к моменту окончания семестра набирает от **61** до **70** баллов, то он может получить автоматическую оценку «удовлетворительно». При желании повысить свою оценку, студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать экзамен.

Если студент не набрал минимального числа баллов (**51** балл), то он не получает допуск к экзамену.

Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок

Общая сумма баллов за семестр	Итоговая оценка
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
51-70	Допуск к экзамену

в том числе: 61-70	Возможность получения автоматической оценки «удовлетворительно»
51-60	Только допуск к экзамену
0-50	Неудовлетворительно (студент не допущен к экзамену)

Текущий контроль успеваемости осуществляется в процессе выполнения практических и самостоятельных работ в соответствии с ниже приведенным графиком.

График выполнения самостоятельных работ студентами во VIII семестре

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Р31		ВЗ							33								
Р32										ВЗ					33		

ВЗ – выдача задания

33 – защита задания

- Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Компетенция ПК-1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

код и формулировка компетенции

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) *	Уровень освоения компетенции **	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания <i>(критерии берутся из соответствующих карт компетенций, шкала оценивания (4 или более шагов) устанавливается в зависимости от того, какая система оценивания (традиционная или балльно-рейтинговая) применяется)</i>					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
		1	2	3	4	5	
31 (ПК-1) Знать: основные разделы физики, используемые для разработки новых методов (технологий) создания медицинских приборов		Отсутствие знаний	Фрагментарные знания основных разделов физики, используемых для разработки новых методов (технологий) создания медицинских приборов	Неполные представления об основных разделах физики, используемых для разработки и новых методов (технологий) создания медицинских приборов	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы в знаниях основных разделов физики, используемых для разработки новых методов (технологий) создания медицинских приборов	Знает основные разделы физики, используемых для разработки новых методов (технологий) создания медицинских приборов	<i>Устное собеседование</i>
У2 (ПК-1) Уметь: понимать, излагать и критически анализиро-		Отсутствие умений	Частично освоенное умение понимать, излагать и критически анализировать фи-	В целом успешно сформированное, но не системное содержа-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение понимать, изла-	Полностью сформированное умение понимать, излагать и критически анали-	<i>Выполнение практического задания</i>

<p>вать физическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики, используемой при создании приборов для медицины</p>			<p>зическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики, используемой при создании приборов для медицины</p>	<p>щие существительные проблемы) умение понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики, используемой при создании приборов для медицины</p>	<p>гать и критически анализировать физическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики, используемой при создании приборов для медицины</p>	<p>зировать физическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики, используемой при создании приборов для медицины</p>	
<p><i>B2 (ПК-1) Владеть:</i> экспериментальными навыками разработки медицинского оборудования с высокими эксплуатационными характеристиками</p>		<p>Отсутствие владения</p>	<p>Фрагментарное применение экспериментальных навыков разработки медицинского оборудования с высокими эксплуатационными характеристиками</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение экспериментальных навыков разработки медицинского оборудования с высокими эксплуатационными характеристиками</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение экспериментальных навыков разработки медицинского оборудования с высокими эксплуатационными характеристиками</p>	<p>Успешное и систематическое применение экспериментальных навыков разработки медицинского оборудования с высокими эксплуатационными характеристиками</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>

- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Список вопросов к экзамену

1. Модель Ферми для ионизационных потерь энергии заряженной частицей.

2. Формула Бете-Блоха. Понятие $m.i.p.$ Релятивистский рост потерь. Ограниченные потери. Эффект плотности. Плато Ферми.
3. Спектр δ - электронов. Флуктуации ионизационных потерь. Распределение Ландау.
4. Первичная и вторичная ионизация. Распределение по числу электрон-ионных пар. Фактор Фано.
5. Многократное рассеяние. Среднеквадратичный угол и распределение. Радиационная длина.
6. Черенковское излучение. Кинематическая интерпретация ЧИ. ЧИ как часть ионизационных потерь. Спектр ЧИ. Конечность разрешения из-за дисперсии.
7. Тормозное излучение в поле ядра. Параметр экранировки. Характеристики. Бете-Гайтлеровский спектр ТИ, графическое представление.
8. Длина формирования тормозного излучения. Эффект Ландау-Померанчука-Мигдала.
9. Рождение электрон-позитронных пар γ -квантом. Характеристики. Бете-Гайтлеровское дифференциальное сечение, графическое представление.
10. Электромагнитный каскад (ливень). Модель (приближение) Росси. Критическая энергия. Радиус Мольер.
11. Поглощение низкоэнергичных γ -квантов веществом. Комптоновское рассеяние. Фотоэффект.
12. Синхротронное излучение.
13. Физические процессы в газе детектора.
14. Ионизационная камера. Индукционный эффект.
15. Цилиндрический пропорциональный счетчик.
16. Трековые детекторы : МПК, ДК, ДТ.
17. Виды сцинтилляторов и механизмы сцинтилляции.
18. Свойства сцинтилляторов. Эффект Биркса.
19. Процессы в ФЭУ и его характеристики.
20. Зонная структура полупроводника и физические процессы.
21. П/п – детектор, его характеристики.
22. Черенковский счетчик.
23. Электромагнитный калориметр.
24. Адронный калориметр.

Варианты расчетных заданий (Р31)

1. Ионизационные потери.
2. Многократное рассеяние.
3. Тормозное излучение в поле ядра.
4. Рождение электрон-позитронных пар γ -квантом в поле ядра.
5. Электромагнитный каскад.
6. Черенковское излучение.
7. Поглощение низкоэнергичных γ -квантов веществом.
8. Синхротронное излучение.

Варианты расчетных заданий (Р32)

1. Газовые детекторы.
2. Сцинтилляционные детекторы.
3. Полупроводниковые детекторы.
4. Черенковские счетчики.
5. Электромагнитные калориметры.
6. Взаимодействие адронов с веществом. Адронные калориметры.

- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с «Положением балльно-рейтинговой системы оценки и текущем контроле успеваемости студентов», а также «Положением о промежуточной аттестации» университета «Дубна».

10 Ресурсное обеспечение

• Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная учебная литература

1. Болоздыня А.И. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения : Учебное пособие / А. И. Болоздыня, И. М. Ободовский. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 208с. : ил. - ISBN 978-5-91559-105-8.
2. Кузнецов, С. И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики : учеб. пособие / С.И. Кузнецов, А.М. Лидер. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2019. — 212 с. - ISBN 978-5-16-100426-5. - Текст : электронный. // ЭБС "Znanium.com".- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002478> (дата обращения: 09.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
3. Мелешко, Е.А. Быстродействующая импульсная электроника / Е.А. Мелешко. – Москва : Физматлит, 2007. – 316 с.– ISBN 978-5-9221-0850-8. – Текст : электронный. // ЭБС "Университетская библиотека онлайн". – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68418> (дата обращения: 16.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

Дополнительная учебная литература

1. Подлесный, С. А. Устройства приема и обработки сигналов : учеб. пособие / С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 352 с. - ISBN 978-5-7638-2263-2. - Текст : электронный. // ЭБС "Znanium.com". - URL: <https://znanium.com/catalog/product/441113> (дата обращения: 16.04.2020) . Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
2. Кондратенко, С.Г. Физические основы измерений характеристик ионизирующих излучений : конспект лекций / С.Г. Кондратенко. – 3-е изд., перераб. – Москва : Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2011. – 41 с. – ISBN 978-5-93088-088-5. – Текст : электронный. // ЭБС "Университетская библиотека онлайн".– URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138890> (дата обращения: 16.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
3. Датчики: Справочное пособие / В.М. Шарапов, Е.С. Полищук, Н.Д. Кошевой и др. ; ред. В. Шарапов, Е. Полищук. – Москва : РИЦ Техносфера, 2012. – 624 с. – ISBN 978-5-94836-316-5. – Текст : электронный. // ЭБС "Университетская библиотека онлайн". – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=214292> (дата обращения: 16.06.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

• Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики: / Учредитель: РАН, Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН; гл. ред. акад. Андреев А.Ф. - М.: ФГБУ «Российская академия наук». – Журнал выходит 1 раз в мес. - Основан в 1931 году. - ISSN 0044-4510. – Текст : электронный. Полные тексты статей журнала доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=8682
2. Медицинская физика: научно-техническое издание / Учредитель: Ассоциация медицинских физиков России; гл. ред. Наркевич Б.Я, д.т.н., проф., в.н.с. – М.: Ассоциация меди-

цинских физиков России. – журнал выходит 2 раза в полуг. - Основан в 1995 году. – ISSN: 1810-200X. – Текст : электронный. – Полные электронные версии статей журнала доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=42372751>

3. Ядерная физика: научный журнал / Учредитель: Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ "Курчатовский институт"; гл. ред.: Далькаров О.Д. – М.: ООО «ИКЦ «Академкнига». – Журнал выходит 6 раз в год. - Журнал основан в 1965 году. - ISSN 0044-0027. – Текст : электронный. Полные электронные версии статей журнала доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8304
4. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: физика-математика: научный журнал / Учредитель: Московский государственный областной университет; гл. ред. Бугаев А.С. – М.:МГОУ. – Журнал выходит 6 раз в год. - Основан в 1998 году - ISSN 2310-7251. – Текст : электронный. – Полные электронные версии статей журнала доступны на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=25657

• Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронно-библиотечные системы и базы данных

1. ЭБС «Znanium.com»: <http://znanium.com/>
2. ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/>
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru/>
5. Научная электронная библиотека (РУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru>
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ): <http://нэб.рф/>
7. Базы данных российских журналов компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/>

Научные поисковые системы

1. Math-Net.Ru - современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности поиска информации о математической жизни в России – <http://www.mathnet.ru/>
2. Google Scholar - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций <https://scholar.google.ru/>
3. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>
4. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.org/>
5. WorldWideScience.org - глобальная научная поисковая система, которая осуществляет поиск информации по национальным и международным научным базам данных и порталам. <http://worldwidescience.org/>

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

1. Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>
2. Образовательный математический сайт EXponenta.ru: <http://exponenta.ru/default.asp>
3. Математический сайт Math.ru: <http://math.ru/lib/>
4. Сайт РАН Институт Вычислительной математики: <http://www.inm.ras.ru/>

- Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы

Проведение лекционных занятий предполагает использование комплектов слайдов и программных презентаций по рассматриваемым темам.

Проведение практических занятий по дисциплине предполагается использование специализированных аудиторий, оснащенных персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть и имеющих доступ к ресурсам глобальной сети Интернет.

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определенном порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы Open office, свободная лицензия, код доступа не требуется).

- **Описание материально-технической базы**

Компьютерный класс (18 ПК): ул. Победа, д.2, к. 412 (собственность)

11 Язык преподавания

Русский