

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

Филиал «Протвино»
Кафедра «Техническая физика»



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Системы ускорителей медицинского назначения

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

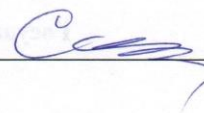
очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2020

Преподаватель (преподаватели):

Соколов А.А., профессор, д.ф.-м.н., снс, кафедра технической физики

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 «Техническая физика»



Соколов А.А.

(Фамилия И.О., (подпись))

Эксперт _____

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

Оглавление

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).....	5
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	6
6 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий	6
7 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)	8
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	18
11 Язык преподавания	20

1 Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Системы ускорителей медицинского назначения» является: ознакомление будущего бакалавра с основами теории физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники, их практического применения; а также развитие у студентов рационального понимания окружающего мира, навыков логического мышления, формирование способности к самостоятельному анализу и техническому творчеству. Все это является необходимой подготовкой студентов к профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины:

- развить представление о том, какие пучки, каких частиц, с какими параметрами необходимы и используются как в фундаментальных исследованиях (физика высоких энергий), так и в прикладных задачах (в медицине – радиационная терапия, электронно-лучевая сварка, имплантация ионов, дефектоскопия, неразрушающий анализ, производство радионуклидов, стерилизация и т.д.);
- изучение существующих и разрабатываемых методов ускорения и фокусировки частиц, способов реализации этих методов и трудностей создания пучков с наперед заданными параметрами;
- показать всю научную широту, требующуюся при создании ускорителей: от теоретической механики, электродинамики, квантовой механики и ядерной физики до “технологических” наук, связанных с материаловедением, созданием сверхпрочных поверхностей и т.д.;
- акцентировать внимание на знании и понимании физических законов, лежащих в основе функционирования различных типов ускорителей;
- познакомить с качественным и количественным анализом нелинейных колебаний;
- научить различным методам анализа устойчивости в нелинейной динамической системе, которую представляет собой частица, движущаяся в ускорителе.

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.ОД.7 «Системы ускорителей медицинского назначения» входит в состав обязательных дисциплин вариативной части блока дисциплин учебного плана. Изучается в VII семестре IV курса.

Курс призван обеспечить общеобразовательную теоретическую подготовку студентов к практической работе в области физики пучков и ускорительной техники. Приступая к изучению дисциплины, студент должен иметь представление об основах теоретической механики, электродинамики, квантовой механики и ядерной физики. Входящие компетенции: ПК-1.

После обучения по программе «Системы ускорителей медицинского назначения» студент должен быть подготовлен к практической и исследовательской работе в научных и медицинских центрах, использующих пучки заряженных частиц.

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.

<p>Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения) (последний – при наличии в карте компетенции)</p>	<p>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций</p>
<p><i>ПК-1 – способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</i></p>	<p><i>Знать</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты; – основной математический аппарат, который используется для освоения профильных физических дисциплин; – свойства и структуру физических процессов, происходящих в различных средах; – основные закономерности формирования законов в области теоретической и экспериментальной физики <p><i>Уметь</i> *)</p> <ul style="list-style-type: none"> – выстраивать взаимосвязи между физическими науками; – решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения; – объяснять причинно- следственные связи физических процессов; – формулировать выводы и приводить примеры; – разбираться в используемых методах; – подбирать математический аппарат для решения конкретной физической задачи; – формулировать задачи для теоретических расчетов процессов в медицинских приборах; – находить необходимые справочные материалы из информационных источников, в том числе, из электронных каталогов; – производить оценочные расчеты эффективности того или иного физического явления; – излагать и критически анализировать базовую общепрофессиональную информацию; – решать прикладные задачи на основе фундаментальных знаний <p><i>Владеть</i> *)</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками самостоятельной работы со специализированной литературой; – навыками решения усложненных задач по основным направлениям теоретической и прикладной физики, физики оптических, атомных и ядерных явлений на основе приобретенных знаний, умений, навыков, полученных при изучении таких модулей, как Общая физика, Высшая математика и Информатика; – приемами обработки информации с помо-

	<p>стью современного программного обеспечения (ПО);</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками применения современного математического инструментария для решения физических задач; – математического аппарата, статистическими методами обработки данных; – методикой построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния и прогноза развития физических процессов и явлений; – навыками проведения научно-исследовательского эксперимента, в том числе для исследования физических процессов, протекающих в живых организмах; – методами моделирования различных физических ситуаций; – навыками публичной речи, ведения дискуссии и полемики
--	---

- *) 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 4 зачетных единицы, всего 144 часов, из которых:

68 час составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

34 часов – лекционные занятия;

34 часа – практические занятия.

Вид мероприятий промежуточной аттестации – курсовая работа, зачет с оценкой.

76 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.
VII семестр												
Типы систем ускорителей медицинского назначения		4		4					8			
Системы ускорения частиц: высоковольтные, индукционные, резонансные		4		4				8	2			
Поперечная устойчивость частиц в пучке, фазовый эллипс пучка, расчет магнитной структуры ускорителя		5		5				10				
Дисперсия и хроматические эффекты		4		4				8				
Искажение орбиты, методы и системы ее коррекции		5		5				10	2			
Описание магнитного поля через мультиполи и их индивидуальное действие на поперечные параметры пучка		4		4				8				
Действие пространственного заряда пучка на устойчивость поперечного движения частиц		4		4				8	2			
Вакуумная система ускорителя медицинского назначения		4		4				8				
Промежуточная аттестация <u>зачет с оценкой, курсовая работа</u>												
Итого		34		34				68	6	70		76

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:

Задача 1

Некоторые космические пучки протонов входят в верхние слои атмосферы с энергией протонов 1 дж или больше. Рассчитайте разницу между скоростью света и скоростью протона с энергией 1 дж. Напомню: $eV = 1.602 \times 10^{-19}$ дж.

(Решить без использования компьютера.)

Задача 2

Часто используется связь между относительным изменением частицы по энергии $\Delta E/E$ и соответствующим относительным изменением по импульсу $\Delta p/p$. Покажите, что

$$\frac{\Delta E}{E} = \left(\frac{v}{c}\right)^2 \frac{\Delta p}{p},$$

где v – скорость частицы, c – скорость света.

Задача 3

Магнитное поле Земли около $B \sim 1$ гаусса. При какой скорости протона сила от магнитного поля B равна гравитационной силе. Рассчитайте соответствующую кинетическую энергию протона.

Задача 4

Предположим, что частица движется вдоль проектной орбиты (*reference orbit*) и испытывает угловое отклонение θ (например, из-за рассеяния на ядре атома молекулы остаточного газа) в точке $s = 0$. Покажите, что после этого движение по ζ задается выражением

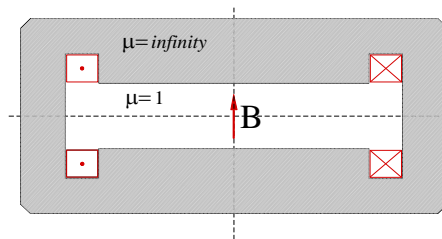
$$\zeta(s \geq 0) = \theta \sqrt{\beta(s)\beta_0} \sin \psi(s),$$

где $\beta_0 = \beta(0)$ – амплитудная функция в точке отклонения и фаза $\psi(s)$ измеряется от точки отклонения, т.е. $\psi(0) = 0$.

Задача 5

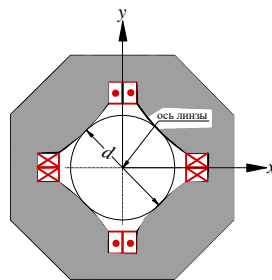
Найти магнитное поле B на оси симметрии простого дипольного магнита при условии

- пренебрегаем продольными краями полями магнита;
- относительная магнитная проницаемость: $\mu_{\text{полюс}} = \infty$ в полюсах, $\mu = 1$ в камере (см. рисунок);
- в верхней и нижней катушках заданы IN ампер-витков;
- $h = 4.8$ см – межполюсное расстояние.



Задача 6

Поперечное сечение квадрупольного магнита показано на следующем рисунке.



На каждом полюсе размещается катушка, состоящая из N витков и током I . Полагаем что магнитное поле не имеет s -компоненты, т.е. магнит бесконечно длинный. Если расстояние между полюсами $d = 2R$ и если в железе предполагается $\mu = \infty$, покажите что “градиент” B' магнитного поля вдоль горизонтальной x оси и вертикальной y оси даются выражением:

$$B' = \frac{2\mu_0 NI}{R^2},$$

где μ_0 – магнитная постоянная.

Методическое обеспечение инновационных форм учебных занятий

Решение практических задач.

Методические указания для самостоятельной работы обучающихся и прочее

№ п/п	№ раздела дисциплины	Содержание самостоятельной работы	Трудоемкость
1	2-7	Выполнение текущих домашних заданий	6
2	2-7	КР1. Курсовая работа по теме разделов 2-7	70

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

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 - способность 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 зачет с оценкой. Во время сдачи зачета студент может набрать максимально **30** баллов.

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

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Работа на практических занятиях	28
2	Сдача курсовой работы (КР1)	25
3	Аудиторные занятия (посещение)	17
Итого:		70

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

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 зачет.

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

Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок

Общая сумма баллов за семестр	Итоговая оценка
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
51-70	Допуск к зачету
в том числе: 61-70	Возможность получения автоматической оценки «удовлетворительно»
51-60	Только допуск к зачету
0-50	Неудовлетворительно (студент не допущен к зачету)

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

График выполнения самостоятельных работ студентами в VII семестре

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
КР1		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 обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности

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: воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты; основной математический аппарат, который используется для освоения профильных физических дисциплин	I - пороговый	Отсутствие знаний	Не знает понятий, идей и методов фундаментальной и экспериментальной физики; методологию построения математических алгоритмов и моделей; не понимает смысла основных законов физики и математики; не раскрывает учебный материал	Слабо знает учебный материал и математический аппарат, используемый при решении профильных задач; плохо знает специализированную литературу и эффективные методы решения профильных задач	Достаточно полно знает понятия, идеи и методы, связанные с дисциплинами профиля «Медицинская физика»; знает, как систематизировать методы фундаментальной математики для построения математических моделей в элементарных прикладных задачах	В совершенстве знает понятия, идеи и методы, связанными с дисциплинами профиля «Медицинская физика»; свободно ориентируется в эффективных методах решения задач; знает классические методы, применяемые для решения этих задач, а также необходимые и достаточные условия их реализации	Устное собеседование
32 (ПК-1) Знать: свойства и структуру физических		Отсутствие знаний	Не имеет представления о физических процессах, происходящих	Знает основные методы решения типовых задач и умеет их	Знает методы корректного использования математического моделирования	Самостоятельно выбирает и оценивает физический (математический)	Устное собеседование

<p>процессов, происходящих в различных средах; основные закономерности формирования законов в области теоретической и экспериментальной физики</p>			<p>щих в различных средах; не знает основные закономерности формирования законов и методов теоретической и экспериментальной физики</p>	<p>применять на практике; путает характеристики физических процессов, протекающих в различных средах; делает ошибки в основной терминологии и законах фундаментальной и экспериментальной физики</p>	<p>ния при решении теоретических и прикладных задач; четко формулирует основные законы теоретической и экспериментальной физики; хорошо знает профессиональную терминологию; понимает связи между различными физическими понятиями</p>	<p>метод анализа физического процесса; четко формулирует основные закономерности теоретической и экспериментальной физики</p>	
<p><i>У1 (ПК-1)</i> Уметь: выстраивать взаимосвязи между физическими науками; решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения; объяснять причинно-следственные связи физических процессов; формулировать выводы и приводить примеры; разбираться в используемых методах; подбирать математический аппарат для решения</p>	<p>I - пороговый</p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Не умеет использовать физическую терминологию; не видит связи между физическими науками; не умеет анализировать, делать выводы и приводить примеры; не разбирается в используемых методах, не в состоянии найти нужную информацию и сформулировать цели и задачи исследований; не способен оценить эффективность требуемого метода</p>	<p>Делает ошибки в используемой терминологии; не всегда видит связь между физическими науками; умеет решать только типичные задачи; поверхностно анализирует; способен интерпретировать только типичные явления; слабо разбирается в используемых методах</p>	<p>Умеет выстраивать взаимосвязи между физическими науками; хорошо умеет решать типичные задачи; объяснять причинно-следственные связи физических процессов; анализировать, делать выводы и приводить примеры; хорошо разбирается в используемых методах; умеет самостоятельно находить необходимую информацию; умеет формулировать цели и задачи исследований</p>	<p>Самостоятельно умеет выстраивать взаимосвязи между физическими науками; умеет уверенно объяснять причинно-следственные связи физических процессов; умеет самостоятельно анализировать, делать выводы и приводить нетривиальные примеры; отлично разбирается в используемых методах; умеет самостоятельно находить необходимую информацию; формулировать цели и задачи исследований и производить оценочные расчеты эффективности того или иного физиче-</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>

<p>конкретной физической задачи; формулировать задачи для теоретических расчетов процессов в медицинских приборах; находить необходимые справочные материалы из информационных источников, в том числе, из электронных каталогов; производить оценочные расчеты эффективности того или иного физического явления</p>						<p>ского явления</p>	
<p><i>У2 (ПК-1)</i> Уметь: излагать и критически анализировать базовую общепрофессиональную информацию; решать прикладные задачи на основе фундаментальных знаний</p>		<p>Отсутствие умений</p>	<p>Не умеет применять теоретические знания к конкретному фактическому материалу; не использует профессиональную терминологию при изложении материала; не умеет решать прикладные задачи; не в состоянии анализировать информацию, получен-</p>	<p>Умеет применять только типичные, наиболее часто встречающиеся приемы по решению конкретной физической задачи; плохо оперирует профессиональной информацией; поверхностно излагает информацию; недостаточно использует</p>	<p>Умеет корректно применять профессиональный понятийный аппарат при изложении общепрофессиональной информации; выражать и аргументировано обосновывать положения предметной области знания; вести корректную дискуссию в процессе изложения материала; использовать</p>	<p>Умеет уверенно применять различные методы решения задач в незнакомых ситуациях; умеет квалифицированно применять математический аппарат для поиска решения прикладных задач; умеет корректно выражать и аргументировано обосновывать положения предметной области знания; умеет</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>

			ную в результате исследования; не умеет адекватно применять известные естественнонаучные и математические знания в учебной и профессиональной деятельности	математический аппарат при решении задач; путается в основных понятиях фундаментальной и экспериментальной физики; делает ошибки при решении физических задач	методы математического моделирования при решении теоретических и прикладных задач; применять компьютерные математические программы при решении задач	аргументировано доказывать оптимальность выбранного алгоритма или метода решения и объяснять его задачи и функции; умеет устанавливать связи между физическими идеями, теориями, дисциплинами и т.д.	
<i>В1 (ПК-1)</i> <i>Владеть:</i> навыками самостоятельной работы со специализированной литературой; навыками решения усложненных задач по основным направлениям теоретической и прикладной физики, физики оптических, атомных и ядерных явлений на основе приобретенных знаний, умений, навыков, полученных при изучении таких модулей, как <i>Общая физика, Выс-</i>	I - пороговый	Отсутствие владения	Не владеет понятийным аппаратом физики; навыками самостоятельной работы со специализированной литературой; навыками решения усложненных задач по основным направлениям теоретической и прикладной физики, физики оптических, атомных и ядерных явлений на основе приобретенных знаний, умений, навыков, полученных при изучении таких модулей, как <i>Общая физика, Высшая математика и Информатика; приемами</i>	Недостаточно владеет методами математического аппарата, статистическими методами обработки данных; приемами обработки информации с помощью современного ПО; не владеет техникой решения усложненных задач; плохо владеет методами анализа математических моделей для оценки состояния и прогноза развития физических процессов и явлений; плохо ориентируется в специализированной литературе; не достаточно владеет навыками биб-	Хорошо владеет навыками применения современного математического инструментария для решения как тривиальных, так и усложненных физических задач; методикой построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния и прогноза развития физических процессов и явлений, используя современную ПО, ориентируется в специализированной литературе	Свободно владеет математическим аппаратом и статистическими методами обработки данных с применением современного ПО; уверено владеет техникой решения усложненных задач; легко ориентируется в специализированной литературе	<i>Выполнение практического задания</i>

<p>шая математика и Информатика; приемами обработки информации с помощью современного программного обеспечения (ПО); навыками применения современного математического инструментария для решения физических задач; методами математического аппарата, статистическими методами обработки данных; методикой построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния и прогноза развития физических процессов и явлений</p>			<p>обработки информации с помощью современного программного обеспечения (ПО); навыками применения современного математического инструментария для решения физических задач; методами математического аппарата, статистическими методами обработки данных; методикой построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния и прогноза развития физических процессов и явлений</p>	<p>лиографического поиска</p>			
<p><i>B2 (ПК-1)</i> <i>Владеть:</i> навыками проведения научно-исследовательского экспери-</p>		<p>Отсутствие владения</p>	<p>Не владеет учебным материалом и специализированными знаниями в области физики; не владеет</p>	<p>Не всегда в состоянии продемонстрировать оптимальность выбранного метода исследования</p>	<p>В состоянии проводить экспериментальные исследования под руководством опытного преподавателя;</p>	<p>Свободно ориентируется в способах воздействия на аудиторию; уверенно владеет навыком прогнозирования</p>	<p><i>Выполнение практического задания</i></p>

мента, в том числе для исследования физических процессов, протекающих в живых организмах; методами моделирования различных физических ситуаций; навыками публичной речи, ведения дискуссии и полемики			навыками проведения научно-исследовательского эксперимента; не обладает способностью вести корректную дискуссию в процессе представления результатов собственной теоретической работы или эксперимента	и объяснить его задачи и функции; не использует профессиональную терминологию при презентации построенных моделей; слабо владеет правилами и приемами ведения дискуссии в процессе представления математической модели и результатов эксперимента	хорошо владеет навыками синтеза различных методов математического аппарата и программирования для их эффективного использования в профессиональной деятельности; в состоянии продемонстрировать, объяснить и защитить построенную математическую или физическую модель	результатов применения различных математических и программных методов при решении физических задач; самостоятельно проводит научно-исследовательский эксперимент	
---	--	--	--	---	--	--	--

- 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 зачету с оценкой

1. Примеры применения ускорителей в науке и технике.
2. Высоковольтные ускорители прямого действия.
3. Линейные индукционные ускорители.
4. Циклические ускорители с постоянной орбитой.
5. Циклические ускорители с переменной орбитой.
6. В чем принцип резонансного ускорения.
7. Синхротроны с совмещенными и разделенными функциями магнитной структуры.
8. Проектная орбита (reference orbit) и подвижная система координат на этой орбите.
9. Коэффициент расширения орбиты.
10. Автофазировка в синхротроне, синхронная энергия и синхронная фаза.
11. Уравнения синхротронных колебаний.
12. Частота синхротронных колебаний.
13. Сепаратриса в продольном фазовом пространстве, продольный эмиттанс пучка и аксептанс.
14. Теорема Лиувилля в фазовом пространстве синхротронных колебаний.
15. Адиабатическое изменение параметров синхротронных колебаний.
16. Уравнения поперечного движения в синхротроне.
17. Уравнение Хилла, период магнитной структуры.
18. Слабая и сильная фокусировка.
19. Основные типы электромагнитов в синхротроне
20. Матричный метод решения уравнения Хилла.
21. Критерий устойчивости поперечного движения.
22. Описание бетатронных колебаний посредством непрерывных бета и фазовых функций.
23. Параметры Куранта-Снайдера, матрица Твисса.
24. Частота бетатронных колебаний, фазовый эллипс.

25. Согласованные и не согласованные пучки.
26. Эмиттанс пучка и аксептанс вакуумной камеры.
27. Инвариантный (нормализованный) эмиттанс пучка.
28. Естественная хроматичность ускорителя.
29. Хроматический разброс бетатронных частот в пучке.
30. Принцип коррекции хроматичности.
31. Коррекция искажений орбиты.
32. Создание бампов орбиты.
33. Скалярный потенциал плоского магнитного поля.
34. Нормальные и косые мультиполи.
35. Суммовые и разностные бетатронные резонансы.
36. Сдвиг бетатронных частот.
37. Ширина резонанса. Биения размеров пучка. Параметрический резонанс.
38. Косой квадруполь и линейный резонанс связи.
39. Использование секступольного резонанса для медленного вывода пучка из синхротрона.
40. Зависимость сдвигов частот от амплитуд колебаний.
41. Разброс частот в пучке и системы его коррекции.
42. Некогерентный кулоновский сдвиг бетатронных частот.
43. Нелинейный кулоновский разброс бетатронных частот.
44. Диффузионные процессы: кулоновское и ядерное рассеяние на остаточном газе. Требование к вакууму в протонных синхротронах.

- 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 системе оценки и текущем контроле успеваемости студентов», а также «Положением о промежуточной аттестации» университета «Дубна».

Темы курсовых работ (КР1)

1. Типы линейных ускорителей: прямого действия и резонансные Циклические ускорители с постоянной орбитой и с переменной орбитой.
2. Резонансный принцип ускорения.
3. Проектная орбита и коэффициент её расширения.
4. Принцип автофазировки и синхротронные колебания.
5. Уравнения поперечного движения в синхротроне. Матричный метод решения уравнения Хилла. Описание бетатронных колебаний с помощью бета и фазовых функции.
6. Параметры Куранта-Снайдера и их вычисление. Матрица Твисса, частота бетатронных колебаний и фазовый эллипс.
7. Дисперсионная функция в замкнутой магнитной структуре и её расчет. Естественная хроматичность ускорителя и принцип её коррекции.
8. Нормальные и косые мультиполи в диполях и квадрупольях ускорителя, их представление и измерение.
9. Краевая фокусировка в диполях.
10. Нелинейные уравнения бетатронного движения в канонических переменных. Суммовые и разностные бетатронные резонансы.
11. Ширина резонанса. Биения поперечных размеров пучка.
12. Использование секступольного резонанса для медленного вывода пучка из синхротрона.
13. Зависимость сдвигов частот от амплитуд колебаний. Разброс частот в пучке и системы его коррекции.

14. Диффузионные процессы: кулоновское и ядерное рассеяние на остаточном газе. Требования к вакууму в синхротронах.

- 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 системе 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. Кузнецов, С. И. Ускорители заряженных частиц. Курс физики с примерами решения задач : учебное пособие / С. И. Кузнецов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 45 с. - Текст : электронный. // ЭБС "Znanium.com".URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=158010> (дата обращения: 08.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
2. Иванов, А. В. Динамика заряженных частиц и интенсивных пучков в стационарных полях/Иванов А.В. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 211 с.: ISBN 978-5-7782-1635-8. - Текст : электронный. // ЭБС "Znanium.com".- URL: <https://znanium.com/catalog/product/546733> (дата обращения: 16.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
3. Винтизенко, И.И. Линейные индукционные ускорители : научное издание / И.И. Винтизенко. – Москва : Издательство Физматлит, 2015. – 303 с. – ISBN 978-5-9221-1637-4. - // ЭБС "Университетская библиотека онлайн". – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467578> (дата обращения: 13.04.2020). – Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

Дополнительная учебная литература

1. Канн, К. Б. Курс общей физики: Учебное пособие / К.Б. Канн. - Москва : КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 360 с. - ISBN 978-5-16-100593-4. - Текст : электронный. // ЭБС "Znanium.com". - URL: <http://znanium.com/catalog/product/956758> (дата обращения: 09.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
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

- **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 медицинских 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 (ПУНЭБ) «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 (при необходимости)**

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

11 Язык преподавания

Русский