

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

Филиал «Протвино»
Кафедра «Общеобразовательные дисциплины»



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Векторный и тензорный анализ

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, 2019

Преподаватель (преподаватели):

Зюзько Т.Н., доцент, к.т.н., кафедра общеобразовательных дисциплин

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 общеобразовательных дисциплин

(название кафедры)

Протокол заседания № 5 от «27» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой _____ Сытин А.Н.

(Фамилия И.О., подпись)

СОГЛАСОВАНО

И.о. зав. кафедрой

«Техническая физика» _____ Соколов А.А.

(Фамилия И.О., подпись)

Эксперт _____

(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность)

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).....	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.....	7
9. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю).....	7
10. Ресурсное обеспечение.....	Ошибка! Закладка не определена.
11. Язык преподавания	13

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью курса «Векторный и тензорный анализ» является освоение понятий и методов векторного и тензорного исчисления и приобретение студентами навыков создания математических моделей реальных физических явлений с использованием эффективных математических инструментов. В задачи дисциплины входит обучение студентов-физиков навыкам решения задач по теории упругости, гидромеханике, электродинамике с использованием тензорного и векторного анализа.

В ходе достижения цели решаются следующие основные задачи: студенты изучают основные свойства и допустимые алгебраические действия над векторами и тензорами, затем определяют роль этих математических объектов для описания объективных свойств реального пространства—однородности и изотропности, после чего студенты учатся решать задачи по различным разделам физики с применением освоенных математических понятий.

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;
- физическая экспертиза и мониторинг.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.Б.9.5 «Векторный и тензорный анализ» входит в состав обязательных дисциплин базовой части блока дисциплин учебного плана. Изучается в IV семестре II курса.

Приступая к изучению дисциплины, студенты должны иметь твердые знания по предметам «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ». Входящие компетенции: ОПК-2.

Освоение материала дисциплины позволит студенту быть подготовленным к изучению

дисциплин модуля «Теоретическая физика», к защите выпускной квалификационной работы и последующей профессиональной деятельности.

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

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения) (последний – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОПК-2– способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели профессиональных задачи интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</i>	<i>Знать</i> – основные определения и методы векторного и тензорного исчисления <i>Уметь</i> *) – применять основные понятия векторной алгебры и тензорного анализа при анализе непрерывно распределенных в пространстве величин (полей) различной природы, использовать теоретические понятия и практические методы при решении задач,

	возникающих в различных физических курсах – использовать полученные теоретические знания в профессиональной деятельности – определять границы применимости векторной алгебры и тензорного анализа – применять нормативную документацию в соответствующей области знаний; – оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; – применять методы анализа научно-технической информации. <i>Владеть</i> *) – навыками составления математических моделей профессиональных задач с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления -- методами решения задач в разных отраслях естественных наук (в том числе методами вычисления градиентов скалярных полей, дивергенции, ротора, потока через поверхность векторных полей, лапласиана скалярных полей в ортогональных и криволинейных координатах). – оценкой применимости и эффективности составленных моделей физических процессов – сбор, обработка, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; – подготовка предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов;
--	---

*) 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),

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 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых:

51 час составляет контактная работа обучающегося с преподавателем¹:

34 часов – лекционные занятия;

17 часа – практические занятия.

0 часов – мероприятия промежуточной аттестации⁴ (зачет с оценкой),

21 час 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

¹ Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

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 ²								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
IV семестр													
Тема 1. Вектора. Действия над векторами.		2		2					4	3		3	
Тема 2. Скалярные поля.		4		2					6	3		12	
Тема 3. Векторные поля.		4		3					7	3			
Тема 4. Основные операции векторного анализа в ортогональных криволинейных координатах.		6		2					8	3			
Тема 5. Аффинное пространство и тензоры в нем.		6		3					9	3			
Тема 6.Алгебраические операции над тензорами.		6		3					9	3		6	
Тема 7. Евклидовы и псевдоевклидовы пространства.		6		2					8	3			
Промежуточная аттестация -- <u>зачет с оценкой</u> (указывается форма проведения)**	0	X								X			
Итого	72	34		17					51	21		21	

*Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

** Промежуточная аттестация может проходить как в традиционных формах (зачет, экзамен), так и в иных формах: балльно-рейтинговая система, защита портфолио, комплексный экзамен, включающий выполнение практических заданий (возможно наряду с традиционными ответами на вопросы по программе дисциплины (модуля)).

² Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

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.

1. Поверхности и линии уровня скалярного поля.
2. Производная скалярного поля по направлению. Градиент.
3. Определение векторного поля. Векторные линии и трубки.
4. Поток векторного поля через поверхность. Дивергенция.
5. Циркуляция векторного поля. Ротор.
6. Потенциальное поле.
7. Соленоидальное поле.
8. Лапласово поле.
9. Дифференциальные операции второго порядка.
10. Криволинейные ортогональные координаты в трёхмерном евклидовом пространстве.
11. Градиент в ортогональных криволинейных координатах.
12. Дивергенция в ортогональных криволинейных координатах.
13. Ротор в ортогональных криволинейных координатах.
14. Оператор Лапласа в ортогональных криволинейных координатах.
15. Определение аффинных пространств n измерений.

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 ³	Используемые инновационные формы проведения учебных занятий	Количество академ. часов
IV семестр	Практические занятия	Разбор и обсуждение студентами математических моделей, описывающих конкретные физические процессы	2
Всего:			2

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.

³ Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

ОПК-2 – способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.

Полная карта компетенции ОПК-2 приведена в документе «Матрица формирования компетенций» по направлению бакалавриата 03.03.02 «Медицинская 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 IV семестре является зачет с оценкой. На зачете студент может набрать максимально **30** баллов.

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

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Работа на практических занятиях	33
2	Подготовка доклада/сообщения (УО2.1)	10
3	Подготовка доклада/сообщения (УО2.2)	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 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 во IV семестре

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
УО2.1		ВЗ						33									
УО2.2									ВЗ						33		

ВЗ – выдача задания

33 – защита задания

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

Компетенция ОПК-2– способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей

код и формулировка компетенции

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) *	Уровень освоения компетенции **	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания (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)					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
		1	2	3	4	5	
31(ОПК-2) Знать: основные определения и методы векторного и тензорного исчисления	I - пороговый	Отсутствие знаний	Не знает основные определения и методы векторного и тензорного исчисления	Удовлетворительно знает основные определения и методы векторного и тензорного исчисления	Хорошо знает основные определения и методы векторного и тензорного исчисления. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Хорошо знает основные определения и методы векторного и тензорного исчисления. Не допускает ошибок.	Устное собеседование
У1 (ОПК-2) Уметь: применять основные понятия векторной алгебры и тензорного анализа при анализе непрерывно распределенных в пространстве величин (полей) различной природы, использовать теоретические понятия и практические методы при	I - пороговый	Отсутствие умений	Демонстрирует частичное умение применять основные понятия векторной алгебры и тензорного анализа при анализе непрерывно распределенных в пространстве величин (полей) различной природы, использовать теоретические понятия и практические	Демонстрирует удовлетворительное умение применять основные понятия векторной алгебры и тензорного анализа при анализе непрерывно распределенных в пространстве величин (полей) различной природы, использовать теоретические понятия и практические	Демонстрирует достаточно устойчивое умение применять основные понятия векторной алгебры и тензорного анализа при анализе непрерывно распределенных в пространстве величин (полей) различной природы, использовать теоретические понятия и практические	Демонстрирует устойчивое умение применять основные понятия векторной алгебры и тензорного анализа при анализе непрерывно распределенных в пространстве величин (полей) различной природы, использовать теоретические понятия и практические	Выполнение практического задания

решении задач, возникающих в различных физических курсах			методы при решении задач, возникающих в различных физических курсах. Допускает множественные грубые ошибки	использовать теоретические понятия и практические методы при решении задач, возникающих в различных физических курсах, но допускает достаточно серьезные ошибки.	практические методы при решении задач, возникающих в различных физических курсах, но допускает отдельные негрубые ошибки	методы при решении задач, возникающих в различных физических курсах, не допускает ошибок.	
В1 (ОПК-2) Владеть: навыками составления математических моделей профессиональных задач с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления	I - пороговый	Отсутствие владения	Не владеет или демонстрирует низкий уровень владения навыками составления математических моделей профессиональных задач с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления	Демонстрирует удовлетворительный уровень владения навыками составления математических моделей профессиональных задач с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления	Демонстрирует хороший уровень владения навыками составления математических моделей профессиональных задач с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления	Демонстрирует высокий уровень владения навыками составления математических моделей профессиональных задач с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления	<i>Выполнение практического задания</i>

- 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.

1. Понятие вектора. Произведения двух векторов. Произведения трех векторов.
2. Поверхности и линии уровня скалярного поля.
3. Производная скалярного поля по направлению. Градиент.
4. Определение векторного поля. Векторные линии и трубки.

5. Поток векторного поля через поверхность. Дивергенция.
6. Циркуляция векторного поля. Ротор.
7. Потенциальное поле.
8. Соленоидальное поле.
9. Лапласово поле.
10. Дифференциальные операции второго порядка.
11. Криволинейные ортогональные координаты в трёхмерном евклидовом пространстве.
12. Градиент в ортогональных криволинейных координатах.
13. Дивергенция в ортогональных криволинейных координатах.
14. Ротор в ортогональных криволинейных координатах.
15. Оператор Лапласа в ортогональных криволинейных координатах.
16. Определение аффинных пространств n измерений.
17. Аффинная система координат. Преобразование аффинного базиса.
18. Определение ковариантного тензора.
19. Определение контравариантного тензора.
20. Общее определение тензора в аффинном пространстве.
21. Алгебраические операции над тензорами.
22. Евклидово и псевдоевклидово пространство.
23. Тензорная алгебра в евклидовых пространствах.
24. Параллельное перенесение тензора.
25. Ковариантное дифференцирование тензора.
26. Уравнения Максвелла в тензорной записи.

Варианты устных сообщений (УО2.1)

1. Симметрии скалярного поля. Производная скалярного поля. Градиент.
2. Векторные линии и трубки. Поток векторного поля через поверхность.
3. Аффинная координатная система. Преобразование аффинного базиса.
4. Симметрирование, альтернирование тензоров. Обобщенные символы Кронекера.
5. Евклидовы и псевдоевклидовы пространства.

Варианты устных сообщений (УО2.2)

1. Аффинная система координат. Преобразование аффинного базиса.
 2. Определение ковариантного тензора.
 3. Определение контравариантного тензора.
 4. Общее определение тензора в аффинном пространстве.
 5. Алгебраические операции над тензорами.
 6. Евклидово и псевдоевклидово пространство.
 7. Тензорная алгебра в евклидовых пространствах.
 8. Параллельное перенесение тензора.
 9. Ковариантное дифференцирование тензора.
 10. Уравнения Максвелла в тензорной записи.
- 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. Гордиенко, А.Б. Основы векторного и тензорного анализа [Электронный ресурс] / учебное пособие / А.Б. Гордиенко, М.Л. Золотарев, Н.Г. Кравченко; ГОУ ВПО "Кемеровский госуниверситет". Кемерово, 2009. - 133 с. // ЭБС "Университетская библиотека онлайн". - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=232488&sr=1 (дата обращения: 09.05.2017). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
2. Акивис, М.А. Тензорное исчисление [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.А. Акивис, В.В. Гольдберг. - 3-е изд., перераб. - М. : Физматлит, 2005. - 305 с. - ISBN 5-9221-0424-1. - // ЭБС "Университетская библиотека онлайн". - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67297> (дата обращения: 09.05.2017). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
3. Ильин, В.А. Линейная алгебра [Электронный ресурс]: учебник / В.А. Ильин, Э.Г. Позняк. - 6-е изд., стереотип. - Москва : Физматлит, 2010. - 278 с. - (Курс высшей математики и математической физики. Вып. 4). - ISBN 978-5-9221-0481-4 ; // ЭБС "Университетская библиотека онлайн". - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68974> (дата обращения: 09.05.2017). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

Дополнительная учебная литература

1. Бугров, Я. С. Высшая математика в 3 т. Том 3. В 2 кн. Книга 1. Дифференциальные уравнения. Кратные интегралы [Электронный ресурс]: учебник / Я. С. Бугров, С. М. Никольский. — 7-е изд., стер. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 288 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-8643-3. // ЭБС "Юрайт". - URL: <https://biblio-online.ru/book/513FB4BC-D235-42AF-AE16-CB5C7193455A> (дата обращения: 09.05.2017). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
2. Ильин, В.А. Линейная алгебра и аналитическая геометрия: Учебник./ В.А. Ильин, Ким Г.Д. - 3-е изд, перераб. и доп.- М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. - 395 с.: ил.

• Периодические издания

1. Вестник Московского университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика: научный журнал / Учредитель: Московский государственный университет – М.: Издательство Московского университета – Журнал основан в 1977 году. – Полные электронные версии статей журнала представлены в в базе данных периодических изданий компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/browse/publication/9166/udb/890>
2. Вестник Московского университета. Серия 01. Математика. Механика: научный журнал / Учредитель: Московский государственный университет – М.: Издательство Московского университета гл. ред. В.Н. Чубариков– Журнал основан в 1960 году. – Полные электронные версии статей журнала представлены в базе данных периодических изданий компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/browse/publication/9045/udb/890>
3. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: физика-математика: научный журнал / Учредитель Московский государственный областной университет Гл. ред. А.С. Бугаев. - Журнал основан в 1998 году – Сайт журнала: <http://vestnik-mgou.ru/Series/PhysicsMathematics> 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.пф/>
7. Базы данных российских журналов компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/>

Научные поисковые системы

1. 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/>
2. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>
3. WorldWideScience.org - глобальная научная поисковая система, которая осуществляет поиск информации по национальным и международным научным базам данных и порталам. <http://worldwidescience.org/>
4. Math-Net.Ru - современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности поиска информации о математической жизни в России – <http://www.mathnet.ru/>
5. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.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 программных презентаций по рассматриваемым темам.
- Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определённом порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.
- **Описание материально-технической базы**

Стандартная учебная аудитория с проектором

11. Язык преподавания

Русский