

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	3	108	16	32	0	24	0	Э
Итого	3	108	16	32	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

В первой части курса рассматриваются основные понятия гомотопической топологии: понятие гладкого многообразия (на примере сферы, тора, проективного пространства) и (не-)ориентируемости; гомотопические классы непрерывных отображений и гомотопическая эквивалентность многообразий; формулы для степени отображений окружности в окружность и сферы в сферу и ее интерпретация; теоремы о сумме индексов векторных полей и эйлерова характеристика; фундаментальная группа и накрытия; высшие гомотопические группы, расслоения и точная последовательность расслоения.

Во второй части курса рассматриваются наиболее известные применения методов гомотопической топологии в конкретных задачах теоретической физики: дираковское квантование заряда в присутствии магнитного монополя; топологические солитоны в двумерном ферромагнетике; магнитные монополи в неабелевых калибровочных теориях со спонтанно нарушенной симметрией (на примере монополя Полякова-т'Хоофта в модели Джорджи-Глэшоу в приближении Богомольного - Прасада - Сомерфилда) и общий топологический критерий присутствия в теории секторов с нетривиальным магнитным зарядом; инстантоны в теории Янга-Миллса и их физический смысл.

Важной особенностью курса является наличие набора обязательных задач для самостоятельного решения. Итоговая оценка формируется из результатов полусеместровой контрольной работы (решения задач по математической части курса), результатов самостоятельного выполнения домашнего задания (включающего задачи по физической части курса) и результатов устного теоретического зачета/экзамена.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель: ознакомление студентов с основными понятиями и методами гомотопической топологии и некоторыми их типовыми применениями в современной теоретической физике.

Задачи: изучение понятий и свойств гомотопической эквивалентности, степени непрерывных отображений сферы в сферу, эйлеровой характеристики, фундаментальной и высших гомотопических групп многообразий, накрытий и расслоений, а также их применений при построении и описании вихрей, магнитных монополей и инстантонов в калибровочных теориях со спонтанно нарушенными симметриями.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Предлагаемый учебно-методический комплекс предназначен для студентов кафедры «Теоретическая ядерная физика» Института Лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ. Курс односеместровый.

Знания, полученные при изучении данного курса, дополняют сведения, получаемые студентами в рамках курса квантовой теории поля, а также могут быть полезны при изучении специальной литературы, в том числе в рамках работы над магистерской диссертацией.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации, выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты; участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей.	Физические, математические и компьютерные модели явления; компьютерные программы и алгоритмы для научно-исследовательских и прикладных целей.	ПК-1 [1] - Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.022, 29.004	З-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и

			использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.
<p>Проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных теоретических моделей, экспериментальных данных и компьютерных технологий.</p>	<p>Запланированные этапы исследования; результаты наблюдений и измерений.</p>	<p>ПК-20.1 [1] - Способен пользоваться основными теоретическими моделями физики конденсированного состояния вещества, взаимодействия излучения с веществом в конденсированном состоянии, моделями фазовых переходов и физики сверхпроводимости, экспериментальными методами исследования структурных и электронных свойств, современными достижениями физики сверхпроводимости, полупроводников и гетероструктур.</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 26.003</p>	<p>З-ПК-20.1[1] - знать основные теоретические модели физики конденсированного состояния вещества, модели взаимодействия оптического излучения с веществом, классификацию фазовых переходов, основные экспериментальные факты и применения физики сверхпроводимости и криогенной техники, современные достижения физики полупроводников и гетероструктур; У-ПК-20.1[1] - уметь сформулировать теоретическую и математическую модель для изучаемой задачи физики конденсированного состояния вещества, провести необходимые расчеты величин и оценки параметров; В-ПК-20.1[1] - владеть основными теоретическими моделями физики конденсированного состояния вещества, взаимодействия</p>

			излучения с веществом, физики фазовых переходов и сверхпроводимости
	инновационный;		
сбор и анализ информационных источников и исходных данных для планирования и разработки исследовательских проектов; подготовка исходных данных для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; участие в разработке и реализации проектов исследовательской и инновационной направленности в команде исполнителей.	научно-технические и организационные решения	ПК-5 [1] - Способен применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.022, 26.003	З-ПК-5[1] - Знать физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования, принципы экспертизы продукции для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий ; У-ПК-5[1] - Уметь применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий; В-ПК-5[1] - Владеть навыками теоретического и экспериментального исследования, математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/16/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1
2	Часть 2	9-16	8/16/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1				50	Э	3-ПК-1,

	Семестр						У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1
--	---------	--	--	--	--	--	--

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	16	32	0
1-8	Часть 1	8	16	0
1 - 2	Гладкие многообразия Предмет топологии. Гладкие многообразия. Примеры: гладкая структура на сфере S^n , торе T^n и проективном пространстве RP^n . Произведение многообразий, ориентируемость и примеры неориентируемых многообразий. Понятие гомеоморфизма.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Теорема о ядре гомоморфизма, точные последовательности гомоморфизмов. Понятие группы. Примеры групп. Параметризация групп $SO(3)$ и $SU(2)$. Гомоморфизмы, подгруппы, смежные классы по подгруппе. Нормальная подгруппа и факторгруппа. Теорема о ядре гомоморфизма, точные последовательности гомоморфизмов.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Гомотопические классы отображений Гомотопные отображения, гомотопические классы	Всего аудиторных часов		
		2	4	0

	отображений, гомотопическая эквивалентность, гомотопический тип. Примеры установления гомотопического типа многообразий.	Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Степень отображений S^1 в S^1 Степень отображений $S^1 \rightarrow S^1$. Свойства степени отображения и ее интегральное представление. Степень отображения замкнутой гиперповерхности в замкнутую гиперповерхность, интегральные представления. Отображения любой степени. Примеры вычисления степени отображений.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Особые точки векторного поля на плоскости и в пространстве Особые точки векторного поля на плоскости и в пространстве. Индексы особых точек. Теорема об особых точках векторных полей. Векторные поля на многообразиях: теорема об особых точках, эйлера характеристика и ее топологическая инвариантность. Примеры.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	8	16	0
8 - 9	Фундаментальная группа и ее гомотопическая инвариантность Фундаментальная группа и ее гомотопическая инвариантность. Связь фундаментальной группы с множеством гомотопических классов отображений окружности в многообразие. Накрытия. Группа монодромии универсального накрытия. Вычисление фундаментальной группы с помощью накрытий. Фундаментальные группы некоторых многообразий. Квантовые статистики в двумерном пространстве. Анионы.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Высшие гомотопические группы и их гомотопическая инвариантность Высшие гомотопические группы и их гомотопическая инвариантность. Понятие расслоения. Точная последовательность расслоения. Гомотопические группы базы накрытия. Расслоение Хопфа. Некоторые гомотопические группы сфер. Топологическая интерпретация квантования магнитного потока в двумерном сверхпроводнике.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Монополь Дирака Монополь Дирака. Квантование электрического заряда в присутствии магнитного монополя. Связь с классификацией векторных расслоений над S^2 . Обобщение на неабелевы калибровочные теории.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Неабелевы калибровочные поля, теория Янга-Миллса Неабелевы калибровочные поля, теория Янга-Миллса. Примеры: $U(1)$, $SU(2)$ и $SO(3)$ теории. Спонтанное нарушение симметрии (механизм Хиггса). Модель Джорджи-Глэшоу	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Магнитные монополи в неабелевых калибровочных теориях Магнитные монополи в неабелевых калибровочных теориях. Монополь Полякова-т'Хоофта в модели	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Джорджи-Глэшоу. Критерий наличия монополей. Отсутствие монополей в теории Вайнберга-Салама. Магнитный заряд как топологический заряд.			
14	Монопольное решение в приближении БПЗ Монопольное решение в приближении БПЗ. Масса и размер монополя, условие применимости приближения. Фермионы в присутствии монополей: дробление заряда и несохранение фермионных квантовых чисел.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Понятие инстантона Понятие инстантона. Физический смысл инстантонных решений. Флуктуации в двухмерном ферромагнетике и инстантоны в 1+1 мерных киральных моделях. Уравнения дуальности, топологический заряд. Антиинстантоны. Общее n-инстантонное решение и его физический смысл.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Инстантоны в SU(2)- теории Янга-Миллса Инстантоны в SU(2)- теории Янга-Миллса. Уравнения дуальности, топологический заряд. 1-инстантонное решение БПШТ. Амплитуды непертурбативных эффектов в неабелевых калибровочных теориях.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В курсе используются традиционные и современные образовательные технологии, включая лекции с разбором задач и примеров и большое домашнее задание, компьютерные презентации.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
-------------	---------------------	-----------------------------------

ПК-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-20.1	З-ПК-20.1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-20.1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-20.1	Э, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ L75 Programming for Computations - MATLAB/Octave : A Gentle Introduction to Numerical Simulations with MATLAB/Octave, Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ А 46 Введение в теорию множеств и общую топологию : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. ЭИ М 71 Краткий курс дифференциальной геометрии и топологии : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2004
4. ЭИ М 71 Курс дифференциальной геометрии и топологии : учебник, Москва: Лань, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 514 Д79 Современная геометрия Т.2 Геометрия и топология многообразий, , Москва: Эдиториал УРСС, 2001
2. 514 Д79 Современная геометрия Т.3 Теория гомологий, , Москва: Эдиториал УРСС, 2001
3. 514 Д79 Современная геометрия: методы и приложения Т.1 Геометрия поверхностей, групп преобразований и полей, , Москва: Эдиториал УРСС, 2001
4. 515 X25 Алгебраическая топология : , А. Хатчер, Москва: МЦНМО, 2011
5. 512 П56 Непрерывные группы : , Л. С. Понтрягин, Москва: Едиториал УРСС, 2009
6. 515 Ф34 Топологические методы в теории поля : учебное пособие для вузов, Федотов А.М., Москва: МИФИ, 2001

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Методические рекомендации по освоению теоретического материала.

Для успешного изучения курса необходимо придерживаться определенной методики занятий. Основное условие успеха — систематические занятия.

Для успешного освоения теоретической части курса необходимо регулярно посещать лекции и вести конспект. После каждой лекции следует внимательно разбирать лекционный материал, причём при необходимости следует проделывать некоторые дополнительные выкладки, если такие были оставлены лектором для самостоятельной работы. Перед началом каждой лекции имеет смысл просмотреть конспект, чтобы усвоение нового материала проходило лучше, так как в большинстве случаев изложение опирается на материал, прочитанный на предыдущих занятиях.

Для полного освоения курса недостаточно изучать лишь лекционный материал. В ходе освоения курса следует читать книги, предложенные в списке литературы по курсу. Настоятельно рекомендуется также использовать литературу, обозначенную как «дополнительная», а также самостоятельно или с помощью преподавателя искать и другие источники. При работе с литературой почти бесполезно только читать предложенный материал. Следует проделывать все или хотя бы основные выкладки. Важно осознавать, что только самостоятельно проделанные выкладки приводят к пониманию материала. Все, что осталось непонятым, следует спросить у преподавателя на ближайшем занятии. Если даже целый раздел остался неясным, это не показатель ваших способностей; скорее всего вы еще не начали задавать вопросы себе и другим. А изучить теоретическую физику без вопросов: зачем?, почему?, откуда? — невозможно. То же касается и разбора лекционного материала.

Методические рекомендации для подготовки к семинарским занятиям и решению задач.

Программа курса и семестровый календарный план составлены так, что темы семинарских занятий следуют за темами лекций. И программа курса, и семестровый календарный план доступны каждому студенту на сайте учебного управления университета. Подготовиться к очередному семинарскому занятию - это, прежде всего, проработать лекционный материал, согласно методическим рекомендациям, данным выше. Все невыясненные вопросы теории можно (и нужно) задать преподавателю в начале семинарского занятия. На семинаре, как правило, разбираются вопросы и качественные задачи, дающие возможность более глубоко постичь изучаемый раздел курса. Кроме того, на семинаре учат правильно ставить и решать задачи, анализировать решение задач. По пройденной на семинаре теме даются задачи для самостоятельного (домашнего) решения. Усвоение курса во многом зависит от осмысленного выполнения домашнего задания, вдумчивого решения большого количества задач.

При решении задач целесообразно руководствоваться следующими правилами.

Прежде всего нужно хорошо вникнуть в условие задачи, записать кратко ее условие.

Следует прикинуть, какие основные законы и уравнения и в каких приближениях следует использовать и записать их, после чего попытаться решить.

Задача должна быть сначала решена в максимально общем виде.

Получив решение в общем виде, нужно проверить, правильную ли оно имеет размерность.

Если это возможно, исследовать поведение решения в предельных случаях и изобразить характер изучаемой зависимости графически.

Если возможно, при получении того или иного результата, следует указать границы его применимости.

Решение задач принесет наибольшую пользу только в том случае, если вы решаете задачи самостоятельно. Решить задачу без помощи, без подсказки часто бывает нелегко и не всегда удается. Но даже не увенчавшиеся успехом попытки найти решение, если они предпринимались достаточно настойчиво, приносят ощутимую пользу, так как развивают мышление и укрепляют волю. Не следует бояться непривычно длинных математических выкладок, т.к. подобные «длинные» задачи приближены к реальным задачам, с которыми вы можете столкнуться в будущем в научной или другой работе.

Методические рекомендации для подготовки к контрольным и проверочным работам.

Контрольные работы проводятся для проверки качества усвоения материала и выполнения домашних заданий студентами. Они основываются строго на пройденном материале и не выходят за рамки излагаемого курса. Своевременное изучение лекционных материалов и выполнение домашних заданий гарантирует успешное выполнение контрольных и проверочных работ. При подготовке следует руководствоваться общепринятыми установками, т.е. повторить изученный материал, запомнить основные идеи, принципы и результаты курса. Не следует пытаться «вызубрить» материал, достаточно понять и запомнить логику вывода тех или иных результатов и решения задач и осознать их физический и математический смысл. При выполнении контрольной или проверочной работы необходимо записывать все основные шаги при решении задачи, не «перескакивая» к какому-то промежуточному или окончательному результату без каких-либо на то физических или математических обоснований.

Никаких особых требований к оформлению работ нет. Работа должна быть записана так, чтобы была понятна логика решения задач. Окончательный ответ необходимо выделить каким-либо способом так, чтобы проверяющему было понятно, что это и есть ответ к задаче.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Проведение практических занятий и выполнение самостоятельных работ

Студенты должны, используя прослушанный на лекциях материал, научиться решать задачи по курсу. Следует использовать различные приемы вовлечения студентов в творческий процесс освоения учебного материала: опрос студентов по содержанию прочитанных лекций, вызов студентов к доске для решения текущих задач, самостоятельное решение задачи со сверкой промежуточных и конечного результатов решения, показ преподавателем на доске решения типовых задач, самостоятельные работы.

Организация контроля

Контроль знаний осуществляется и путем проведения контрольных или самостоятельных работ с последующей проверкой.

На основании этих результатов выставляется внутрисеместровый зачет/экзамен.

Проведение зачетов и экзаменов

Для допуска к аттестации необходимо иметь положительные оценки по каждой теме. Во время аттестации студент получает индивидуальный билет и готовит ответы на вопросы по курсу.

Автор(ы):

Федотов Александр Михайлович, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

С.В. Попруженко