

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.13.05 ТЕНЗОРНЫЙ АНАЛИЗ

Направление подготовки (специальность) 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Профиль подготовки (специализация)

Форма обучения очная

Год набора 2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили
доцент,к.ф.-м.н. С.Ф.Тегай

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины:

Формирование представлений и навыков работы с математическими объектами тензорного характера, которые составляют основу инвариантного математического аппарата, широко используемого в теоретической физике (теоретической механике, электродинамике, квантовой механике). К вопросам, составляющим основное содержание курса, относятся: скалярные и векторные поля, теоремы Грина, Остроградского - Гаусса, Стокса, градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа, основные операции векторного анализа в криволинейных координатах, потенциальные и соленоидальные поля, полилинейные функции векторного аргумента, преобразование координат тензора при изменении базиса линейного пространства.

1.2 Задачи изучения дисциплины:

Ознакомление с фундаментальными методами тензорного анализа. Тензорный анализ является основой для изучения других математических курсов, дает необходимый математический аппарат для изложения инженерно-физических дисциплин.

Студент должен знать следующие понятия и свойства: скалярные и векторные поля, теоремы Грина, Остроградского, Стокса; градиент, дивергенцию, ротор, оператор Лапласа, основные операции векторного анализа в криволинейных координатах, векторные поля, функции векторного аргумента, тензоры, преобразование координат тензора при изменении базиса линейного пространства. Студент должен понимать основные определения векторного и тензорного анализа, уметь доказывать основные теоремы курса.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы высшего образования:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ОПК-2 Способен применять современный математический аппарат при построении количественных моделей физических явлений, процессов и систем в профессиональной деятельности;	
ОПК-2.1 Демонстрирует знания современных математических методов	знать следующие понятия и свойства: скалярные и векторные поля, теоремы Грина, Остроградского, Стокса; градиент, дивергенцию, ротор, оператор Лапласа, основные операции векторного анализа в криволинейных координатах, тензоры, преобразование компонент тензора при изменении базиса линейного пространства
ОПК-2.2 Применяет методы современного математического аппарата при решении задач теоретического и прикладного характера	уметь применять полученные знания при решении задач теоретического и прикладного характера; владеть навыками работы с математическими объектами тензорного характера

Дисциплина реализуется без применения ЭО и ДОТ

2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		4
Общая трудоемкость дисциплины	2 (72)	2 (72)
Контактная работа с преподавателем:	1 (36)	1 (36)
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
практические занятия	0,5 (18)	0,5 (18)
Самостоятельная работа обучающихся	1 (36)	1 (36)
Вид промежуточной аттестации (Зачет)		Зачёт

3 Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Вид работ	Темы занятия	Объем часов	Семестр /курс	Часы в эл. формате
Раздел 1. Скалярные и векторные поля					
1.	Лек	Вектор-функция скалярного аргумента. Дифференцирование вектора по скалярному аргументу. Формулы дифференцирования. Интегрирование по скалярному аргументу. Скалярное поле. Производная по направлению и градиент. Оператор «набла». Нахождение градиента функции, заданной в зависимости от радиус-вектора. Интегральная формула градиента.	2	4	
2.	Лек	Векторное поле. Векторные линии. Производная вектора по направлению. Градиент одного вектора по другому. Поток. Различные способы вычисления потока. Дивергенция. Определение дивергенции и ее физический смысл. Нахождение дивергенции. Теорема Остроградского в векторной форме. Свойства дивергенции. Дивергенция поля скорости жидкости. Уравнение неразрывности.	2	4	
3.	Лек	Ротор. Векторная формулировка теоремы Стокса. Свойства ротора. Линейный интеграл вектора. Линейный интеграл градиента. Циркуляция. Различные векторные поля. Потенциальное поле. Формулы Грина. Скалярный потенциал. Соленоидальное поле. Векторный потенциал. Лапласово поле. Гармонические функции. Задачи Дирихле и Неймана. Основная теорема векторного анализа. Уравнения Максвелла.	2	4	
4.	Пр	Векторные функции скалярного аргумента. Скалярное поле.	2	4	
5.	Пр	Векторное поле. Векторные линии. Производная вектора по направлению. Градиент одного вектора по другому. Поток. Различные способы вычисления потока. Дивергенция. Определение дивергенции и ее физический смысл. Нахождение дивергенции. Теорема Остроградского в векторной форме. Свойства дивергенции. Дивергенция поля скорости жидкости. Уравнение неразрывности.	2	4	
6.	Пр	Ротор. Векторная формулировка теоремы Стокса. Свойства ротора. Линейный интеграл вектора. Линейный интеграл градиента. Циркуляция. Различные векторные поля. Потенциальное поле. Формулы Грина. Скалярный потенциал. Соленоидальное поле. Векторный потенциал. Лапласово поле. Гармонические функции. Задачи Дирихле и Неймана. Основная теорема векторного анализа. Уравнения Максвелла.	2	4	
7.	Ср	Самостоятельная работа	12	4	
Раздел 2. Аффинные тензоры					
1.	Лек	Тензоры и операции над ними. Закон преобразования компонент. Линейное пространство тензоров. Тензорное произведение. Свёртка. Признак тензора. Транспонирование, симметрирование, альтернирование.	2	4	
2.	Лек	Тензоры в евклидовом пространстве. Метрический тензор. Поднятие и опускание индексов. Дискриминантный тензор. Структурный тензор. Евклидовы тензоры. Векторное произведение. Структурные константы. Двойное векторное произведение. Связь структурного и метрического тензоров. Дискриминантный тензор и векторное произведение. Тензор инерции.	2	4	
3.	Пр	Тензоры и операции над ними. Закон преобразования компонент. Линейное пространство тензоров. Тензорное произведение. Свёртка. Признак тензора. Транспонирование, симметрирование, альтернирование. Тензорная алгебра линейного пространства. Линейное пространство тензоров. Тензорное произведение. Свёртка. Признак тензора. Транспонирование, симметрирование, альтернирование.	2	4	

4.	Пр	Тензоры в евклидовом пространстве. Метрический тензор. Поднятие и опускание индексов. Дискриминантный тензор. Структурный тензор. Евклидовы тензоры. Векторное произведение. Структурные константы. Двойное векторное произведение. Связь структурного и метрического тензоров. Дискриминантный тензор и векторное произведение. Тензор инерции.	2	4	
5.	Ср	Самостоятельная работа	8	4	
Раздел 3. Тензорные поля					
1.	Лек	Тензорные поля. Абсолютная производная тензорного поля. Абсолютное дифференцирование скалярного поля и градиент. Абсолютная производная векторного поля как линейный оператор. Дивергенция и ротор как свертки. Абсолютная производная тензора по тензору.	2	4	
2.	Лек	Криволинейные координаты. Матрица Якоби. Локальный базис. Матрица Грамма локального базиса. Замена криволинейных координат. Связь локальных базисов. Преобразование координат вектора. Преобразование матрицы Грамма. Общее понятие тензорного поля в криволинейных координатах. Выражение основных операций векторного анализа в криволинейных координатах. Длина кривой в криволинейных координатах. Понятие римановой метрики в области евклидова пространства.	2	4	
3.	Лек	Ковариантное дифференцирование. Ковариантное дифференцирование векторного поля. Символы Кристоффеля и их преобразование при замене координат. Ковариантное дифференцирование тензоров произвольного типа.	2	4	
4.	Лек	Тензорные функции тензорных аргументов, их характеристика на языке функциональных уравнений.	2	4	
5.	Пр	Тензорные поля. Абсолютная производная тензорного поля. Абсолютное дифференцирование скалярного поля и градиент. Абсолютная производная векторного поля как линейный оператор. Дивергенция и ротор как свертки. Абсолютная производная тензора по тензору.	2	4	
6.	Пр	Криволинейные координаты. Матрица Якоби. Локальный базис. Матрица Грамма локального базиса. Замена криволинейных координат. Связь локальных базисов. Преобразование координат вектора. Преобразование матрицы Грамма. Общее понятие тензорного поля в криволинейных координатах. Выражение основных операций векторного анализа в криволинейных координатах.	4	4	
7.	Пр	Ковариантное дифференцирование. Ковариантное дифференцирование векторного поля. Символы Кристоффеля и их преобразование при замене координат. Ковариантное дифференцирование тензоров произвольного типа.	2	4	
8.	Ср	Самостоятельная работа	16	4	
9.	Зачёт	Зачет		4	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Белоусов Ю. М., Кузнецов В. П., Смилга В. П. Практическая математика.:руководство для начинающих изучать теоретическую физику. - Долгопрудный: Интеллект, 2009. - 175 с..

2. Горлач Б. А. Тензорная алгебра и тензорный анализ [Электронный ресурс]:. - Москва: Лань", 2015. - – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56160 .

3. Рашевский П. К. Риманова геометрия и тензорный анализ:монография. - Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1967. - 664 с..

4. Остыловский А. Н. Аналитическая геометрия [Электронный ресурс]:учебное пособие для студентов вузов по направлению подготовки 010100 Математика. - Красноярск: СФУ, 2011. - 89 с. – Режим доступа: <http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/b22/0233281.pdf> .

5. Векторный и тензорный анализ [Электронный ресурс]:учебное пособие. - Горно-Алтайск: ГАГУ, 2019. - 60 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/159334> .

6. Остыловский А. Н. Тензоры [Электронный ресурс]:учебное пособие для студентов вузов по направлениям и специальностям "Математика", "Прикладная математика и информатика" "Механика". - Красноярск: Информационно-полиграфический комплекс [ИПК] СФУ, 2009. - 92 с. – Режим доступа: <http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/b22/i-130297.pdf> .

7. Проворова О. Г., Компаниец Л. А., Родионов А. А., Степаненко В. А., Остыловский А. Н., Кнауб Л. В., Басканова Т. Ф., Садовский М. Г., Дураков Е. Б., Литвинов П. С., Ультан В. Е., Чешель А. А., Силаева А. Е., Мьльников А. Л., Михалкин Е. Н., Вяткин А. В., Кузоватова Н. В., Двинский А. Л., Захаржевская С. Г., Колпакова Н. А., Анферов П. И., Колмакова Н. Р., Буров А. Е., Киреев И. В. Математика - 3 [Электронный ресурс]:электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины. - Красноярск, 2007. - on-line – Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/ELIB_DC/UMKD/i-308468.zip .

8. Тегай С.Ф. Тензорный анализ [Электронный ресурс]:[учеб-метод. материалы к изучению дисциплины для ...03.03.02.01 Фундаментальная физика, 03.03.02.07 Биохимическая физика, 14.03.02 Ядерные физика и технологии, 16.03.01 Техническая физика, 28.03.01.02 Материалы микро- и наносистемной техники]. - Красноярск: СФУ, 2018. - – Режим доступа: <https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=17665> .

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Adobe Acrobat Reader DC . Программное обеспечение для просмотра и печати файлов PDF.

2. Microsoft Office Professional Plus 2007 Russian Academic. Офисный пакет Microsoft Office.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru>

2. Поисковая машина электронных книг <http://www.poiskknig.ru>

3. Файловый архив для студентов <http://www.studfiles.ru>

4. Электронно-библиотечная система СФУ <http://bik.sfu-kras.ru/>

5 Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория для проведения лекционных, семинарских и практических занятий: Специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

помещение для самостоятельной работы обучающихся: специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, АРМ обучающихся, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

По дисциплине (модулю)/ практике Б1.О.13.05 Тензорный анализ

Направление подготовки/специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Образовательная программа

03.05.02.30 Фундаментальная и прикладная физика

1 Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения, соотнесенных с результатами обучения по дисциплине (модулю), практики и оценочными средствами

Семестр ¹	Код и содержание индикатора компетенции	Результаты обучения ²	Оценочные средства ³
ОПК-2: Способен применять современный математический аппарат при построении количественных моделей физических явлений, процессов и систем в профессиональной деятельности			
4	ОПК-2.1: Демонстрирует знания современных математических методов	знать следующие понятия и свойства: скалярные и векторные поля, теоремы Грина, Остроградского, Стокса; градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа, основные операции векторного анализа в криволинейных координатах, тензоры, преобразование компонент тензора при изменении базиса линейного пространства	Контрольная работа Вопросы к зачету
4	ОПК-2.2: Применяет методы современного математического аппарата при решении задач теоретического и прикладного характера	уметь применять полученные знания при решении задач теоретического и прикладного характера; владеть навыками работы с математическими объектами тензорного характера	Контрольная работа Вопросы к зачету

2. Типовые оценочные средства или иные материалы, с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения

Тема: все темы курса

Контрольная работа

Вариант 1

1. Найти градиент скалярного поля $u = y^2 + 2xz$.
2. Найти градиент скалярного поля $u = (\mathbf{a}, \mathbf{r}) \exp(-\alpha r^2)$, где \mathbf{a} – постоянный вектор и α – константа. Ответ записать в векторной форме.

¹ Семестры указываются по порядку, для каждого индикатора

² Указываются результаты обучения по дисциплине (модулю), практике, соотнесенные с индикатором достижения компетенции.

³ Указываются оценочные средства для каждого индикатора.

3. Для функции $f = y^2 + 2xz$ найти в точке $M_0(0, 0, 1)$ производную по направлению к точке $M_1(1, 1, 0)$.
4. Найти стационарные точки скалярного поля $u = y^2 + 2xz$.
5. Найти единичный вектор нормали к поверхностям уровня скалярного поля $u = y^2 + 2xz$.
6. Найти дивергенцию векторного поля $\mathbf{A} = 2yx\mathbf{i} - y^2\mathbf{j}$.
7. Найти дивергенцию векторного поля $\mathbf{A} = (\mathbf{a}, [\mathbf{b}, \mathbf{r}])\mathbf{r}$, где \mathbf{a} и \mathbf{b} – постоянные векторы. Ответ записать в векторном виде.
8. Найти поток векторного поля $\mathbf{A} = 2yx\mathbf{i} - y^2\mathbf{j}$ через замкнутую поверхность $S: \{(y-2)^2 = x^2 + z^2, y = 1\}$.
9. Найти ротор векторного поля $\mathbf{A} = y\mathbf{i} - z\mathbf{j} + z\mathbf{k}$.
10. Найти ротор векторного поля $\mathbf{A} = r \exp(-\alpha r)[\mathbf{a}, \mathbf{r}]$, где \mathbf{a} – постоянный вектор, α – константа. Ответ записать в векторном виде.
11. Вычислить циркуляцию векторного поля $\mathbf{A} = y\mathbf{i} - z\mathbf{j} + z\mathbf{k}$ по замкнутому контуру $L: \{y^2 + z^2 = 1, x = -2\}$.
12. Убедиться, что векторное поле $\mathbf{A} = y(4x+z)\mathbf{i} + x(2x+z)\mathbf{j} + xy\mathbf{k}$ потенциально и найти его скалярный потенциал.
13. Убедиться, что векторное поле $\mathbf{F} = xy\mathbf{i} - (yz+x^2)\mathbf{k}$ соленоидально и найти его векторный потенциал.

Вариант 2

1. Найти градиент скалярного поля $u = x^2 + xz$.
2. Найти градиент скалярного поля $u = (\mathbf{b}, [\mathbf{a}, \mathbf{r}])/r^2$, где \mathbf{a} и \mathbf{b} – постоянные векторы. Ответ записать в векторной форме.
3. Для функции $f = x^2 + xz$ найти в точке $M_0(1, 1, 1)$ производную по направлению к точке $M_1(0, 1, 0)$.
4. Найти стационарные точки скалярного поля $u = x^2 + xz$.
5. Найти единичный вектор нормали к поверхностям уровня скалярного поля $u = x^2 + xz$.
6. Найти дивергенцию векторного поля $\mathbf{A} = y^2\mathbf{j} - 2yz\mathbf{k}$.
7. Найти дивергенцию векторного поля $\mathbf{A} = r \exp(-\alpha r)[\mathbf{a}, \mathbf{r}]$, где \mathbf{a} – постоянный вектор, α – константа. Ответ записать в векторном виде.
8. Найти поток векторного поля $\mathbf{A} = y^2\mathbf{j} - 2yz\mathbf{k}$ через замкнутую поверхность $S: \{(y-1)^2 = x^2 + z^2, y = 2\}$.
9. Найти ротор векторного поля $\mathbf{A} = z\mathbf{j} - (y+z)\mathbf{k}$.
10. Найти ротор векторного поля $\mathbf{A} = r^2(\mathbf{a}, \mathbf{r})\mathbf{b}$, где \mathbf{a} и \mathbf{b} – постоянные векторы. Ответ записать в векторном виде.
11. Вычислить циркуляцию векторного поля $\mathbf{A} = z\mathbf{j} - (y+z)\mathbf{k}$ по замкнутому контуру $L: \{y^2 + z^2 = 1, x = 1\}$.

12. Убедиться, что векторное поле $\mathbf{A} = 4xy\mathbf{i} + 2(x^2 - yz)\mathbf{j} - y^2\mathbf{k}$ потенциально и найти его скалярный потенциал.

13. Убедиться, что векторное поле $\mathbf{F} = (y^2 + 3z^2)\mathbf{j} - 2yz\mathbf{k}$ соленоидально и найти его векторный потенциал.

Вариант 3

1. Найти градиент скалярного поля $u = xz - z^2$.

2. Найти градиент скалярного поля $u = (\mathbf{a}, [\mathbf{b}, \mathbf{r}])r$, где \mathbf{a} и \mathbf{b} – постоянные векторы. Ответ записать в векторной форме.

3. Для функции $f = xz - z^2$ найти в точке $M_0(0, 1, 1)$ производную по направлению к точке $M_1(0, 0, 0)$.

4. Найти стационарные точки скалярного поля $u = xz - z^2$.

5. Найти единичный вектор нормали к поверхностям уровня скалярного поля $u = xz - z^2$.

6. Найти дивергенцию векторного поля $\mathbf{A} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} - z\mathbf{k}$.

7. Найти дивергенцию векторного поля $\mathbf{A} = (\mathbf{a}, \mathbf{r})\mathbf{r}/r^2$, где \mathbf{a} – постоянный вектор. Ответ записать в векторном виде.

8. Найти поток векторного поля $\mathbf{A} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} - z\mathbf{k}$ через замкнутую поверхность $S: \{z = x^2 + y^2, z^2 = x^2 + y^2\}$.

9. Найти ротор векторного поля $\mathbf{A} = y\mathbf{i} + (x - z)\mathbf{j} - y\mathbf{k}$.

10. Найти ротор векторного поля $\mathbf{A} = r^4(\mathbf{a}, \mathbf{r})\mathbf{r}$, где \mathbf{a} – постоянный вектор. Ответ записать в векторном виде.

11. Вычислить циркуляцию векторного поля $\mathbf{A} = y\mathbf{i} + (x - z)\mathbf{j} - y\mathbf{k}$ по замкнутому контуру $L: \{x^2 + y^2 + z^2 = 4, z = 0\}$.

12. Убедиться, что векторное поле $\mathbf{A} = y^2\mathbf{i} + (2xy - z^2)\mathbf{j} - 2yz\mathbf{k}$ потенциально и найти его скалярный потенциал.

13. Убедиться, что векторное поле $\mathbf{F} = xy\mathbf{i} + x\mathbf{j} - yz\mathbf{k}$ соленоидально и найти его векторный потенциал.

Методические рекомендации по проведению контрольной работы:

На контрольном занятии каждый студент получает соответствующий вариант задания и самостоятельно решает его в течение 90 минут. По результатам этой работы и процента посещаемости семинарских занятий в конце семестра студенты получают допуск к зачету. В случае отсутствия допуска существует дополнительная возможность его получить, путем самостоятельного решения дополнительных контрольных заданий.

Критерии оценки контрольной работы:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если решены не менее 90% задач контрольного задания, последовательность изложения решения

логически стройная и дополнена комментариями, но при этом могут быть допущены несущественные ошибки.

Оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если решены не менее 75% задач контрольного задания, последовательность изложения решения логически стройная, не допускается существенных неточностей, правильно применяются теоретические положения.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если решены не менее 50% задач контрольного задания, при этом может быть нарушена логическая последовательность изложения решения, допускаются неточности и недостаточно правильные формулировки.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если решены менее 50% задач контрольного задания, допущены существенные ошибки.

Перечень вопросов к зачету:

1. Скалярное поле. Исходные понятия. Производная по направлению. Градиент скалярного поля. Оператор Гамильтона.
2. Векторное поле. Интегральные характеристики.
3. Основные понятия. Векторные линии. Поток векторного поля. Циркуляция вектора.
4. Дифференциальные характеристики векторного поля и основные теоремы теории поля.
5. Дивергенция векторного поля. Вычисление дивергенции поля. Теорема Остроградского-Гаусса.
6. Ротор (вихрь) векторного поля. Вычисление ротора векторного поля. Теорема Стокса.
7. Некоторые свойства градиента, дивергенции, ротора и правила употребления оператора grad .
8. Дифференциальные операции теории поля второго порядка. Формулы Грина.
9. Простейшие векторные поля.
10. Потенциальное векторное поле. Соленоидальное векторное поле. Гармоническое векторное поле.
11. Операции теории поля в ортогональных криволинейных координатах.
12. Криволинейные координаты. Выражение градиента в криволинейных координатах. Выражение ротора в криволинейных координатах. Выражение дивергенции в криволинейных координатах. Выражение лапласиана в криволинейных координатах.
13. Определение тензора. Тензорная алгебра. Симметричные и антисимметричные тензоры. Истинные тензоры и псевдотензоры. Свойства симметричного тензора второго ранга. Свойства антисимметричного тензора второго ранга.
14. Тензор напряжений. Общие уравнения движения сплошной среды. Идеальная жидкость или газ. Закон сохранения импульса. Тензор вязких напряжений. Уравнения Навье-Стокса.

Методические рекомендации

Форма проведения зачета - устный опрос по билетам. В билет включаются два теоретических вопроса из разных разделов программы.

Критерии оценки зачета:

«зачтено» выставляется обучающемуся, если в ответе верно изложено не менее 50% материала и не допущено существенных неточностей;

«не зачтено» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части (более 50 %) программного материала и допускает существенные ошибки.

Разработчик



С.Ф. Тегай