

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 05.09.2025 12:05:42
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a8788b8522525



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Механика сплошных сред»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 1	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации
по дисциплине (модулю)
Механика сплошных сред**

Направление подготовки (специальность)
03.03.02 Физика

Направленность (профиль)
Физика

Присваиваемая квалификация (степень)
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Челябинск, 2025 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Механика сплошных сред»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 2

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
 - 3.1. Виды оценочных средств
 - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
 - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
 - 4.2. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Механика сплошных сред»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 3

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль): Физика

Дисциплина: Механика сплошных сред

Семестр: 5

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках 5-балльной системы.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Механика сплошных сред» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области физико-математических и (или) естественных наук; ОПК-1.2. Демонстрирует умение решать задачи, формулируемые в рамках физико-математических и (или) естественных наук; ОПК-1.3. Имеет навыки использования основных понятий, законов физико-математических и (или) естественных наук для решения задач профессиональной деятельности.	<u>Знать</u> : Для достижения ОПК-1.1: теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики сплошных сред; <u>Уметь</u> : Для достижения ОПК-1.2: пользоваться основными понятиями, законами и моделями механики сплошных сред; решать типовые задачи; <u>Владеть</u> : Для достижения ОПК-1.3: физическими и математическими методами обработки и анализа информации по разделу теоретической физики "Механика сплошных сред"; навыком решения конкретных физических задач



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Механика сплошных сред»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 4

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1.	<p>ОПК-1</p> <p><u>Знать:</u> Для достижения ОПК-1.1: теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики сплошных сред;</p> <p><u>Уметь:</u> Для достижения ОПК-1.2: пользоваться основными понятиями, законами и моделями механики сплошных сред; решать типовые задачи;</p> <p><u>Владеть:</u> Для достижения ОПК-1.3: физическими и математическими методами обработки и анализа информации по разделу теоретической физики "Механика сплошных сред"; навыком решения конкретных физических задач</p>	Математический аппарат механики сплошных сред	задачи к практическим занятиям; контрольная работа	вопросы к экзамену, задача
		Деформация сплошной среды, тензоры деформаций	задачи к практическим занятиям; контрольная работа	вопросы к экзамену, задача
		Система уравнений механики сплошных сред	вопросы к экзамену	вопросы к экзамену
		Идеальная жидкость	задачи к практическим занятиям; контрольная работа	вопросы к экзамену, задача
		Вязкая жидкость	задачи к практическим занятиям; контрольная работа	вопросы к экзамену, задача
		Неустойчивость течения и турбулентность	вопросы к экзамену	вопросы к экзамену
		Ударные волны и волны разрежения	задачи к практическим занятиям; контрольная работа	вопросы к экзамену, задача
		Поверхностные явления	вопросы к экзамену	вопросы к экзамену
		Теплопроводность жидкостей и твердых тел	задачи к практическим занятиям; контрольная работа	вопросы к экзамену, задача



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Механика сплошных сред»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 5

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

3.2 Содержание оценочных средств

Цель практических занятий

Номер ПЗ	Номер раздела или темы	Наименование и краткое содержание занятия	Цель и характер занятия	Кол-во часов
1.	1	Операции с тензорами	Приобрести навыки работы с тензорными величинами, выполнения дифференциальных операций над ними	2
2.	1	Тензор деформаций	Приобрести навыки вычисления тензоров деформаций. Рассчитать тензоры деформаций для заданных деформаций сплошной среды	2
3.	1	Тензор напряжений	Для заданных тензоров напряжений определить инварианты, шаровую и девиаторную части, вычислить поверхностные и объемные силы. Преобразовать тензор деформаций к главным осям.	2
4.	2	Однородные деформации упругой среды	Определить компоненты тензоров напряжений и деформаций упругого тела для случаев всестороннего сжатия, простого растяжения и одноосного сжатия	2
5.	2	Равновесие упругой среды	Определить напряжения и деформации упругого тела, находящегося в равновесии в поле тяжести, под действием заданного перепада давлений	2
6.	4	Течение идеальной жидкости	Рассчитать форму поверхности вращающейся жидкости, рассмотреть гравитационные волны в жидкости конечной глубины	2



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Механика сплошных сред»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 6

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

7.	5	Течение вязкой жидкости по трубам и каналам	Рассчитать течение вязкой жидкости между двух плоскостей (коаксиальных цилиндров), движущихся друг относительно друга, течение вязкой жидкости в каналах и трубах при наличии градиента давления	2
8.	7	Ударные волны и волны разрежения	Определение параметров газа за фронтом ударной волны по ударной адиабате	2
9.	9	Течение и теплопроводность вязкой жидкости	Рассчитать поле температуры в вязкой жидкости с учетом выделения тепла за счет диссипации механической энергии	2

Примеры заданий контрольных работ и экзаменационных билетов

1. Используя индексную форму записи доказать тождества:
$$\left[\vec{A}, \left[\vec{B}, \vec{C} \right] \right] = \vec{B}(\vec{A}, \vec{C}) - \vec{C}(\vec{A}, \vec{B}) \text{ и } \Delta \vec{A} = \text{grad}(\text{div}(\vec{A})) - \text{rot}(\text{rot}(\vec{A})).$$

2. Тензор напряжений в точке P имеет вид $\hat{\sigma} = \begin{pmatrix} 7 & 0 & -2 \\ 0 & 5 & 0 \\ -2 & 0 & 4 \end{pmatrix}$ определить

вектор напряжений в точке P на площадке с вектором нормали: $\vec{n} = (2/3; -2/3; 1/3)$. Для найденного вектора напряжений определить: компоненту, перпендикулярную площадке, модуль вектора напряжений и угол между вектором напряжений и \vec{n} . Для тензора напряжений выделить шаровую и девиаторную части.

3. Тензор напряжений в точке P имеет вид $\hat{\sigma} = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 0 \end{pmatrix}$ определить

главные напряжения и главные оси тензора напряжений в этой точке. Вычислить максимальные касательные напряжения и инварианты тензора напряжений $\hat{\sigma}$.

4. Деформация задана полем перемещений: $x_1 = \beta X_1$, $x_2 = X_2$, $x_3 = X_3$ (одноосное сжатие $\beta < 1$ или растяжение $\beta > 1$). Определить: а) вектор



- смещений; б) градиенты деформаций; в) тензоры деформаций Коши и Грина; в) тензоры конечных деформаций Грина и Альманси; г) тензор бесконечно малых деформаций, его шаровую и девиаторную части.
5. Деформация задана полем перемещений: $x_1 = X_1 + \operatorname{tg}(\gamma) \cdot X_2$, $x_2 = X_2$, $x_3 = X_3$ (простой сдвиг). Определить: а) вектор смещений; б) градиенты деформаций; в) тензоры деформаций Коши и Грина; в) тензоры конечных деформаций Грина и Альманси; г) тензор бесконечно малых деформаций, его шаровую и девиаторную части.
6. Задано поле перемещений: $x_3 = X_3$, $x_1 = X_1 \cdot \cos(\alpha) - X_2 \cdot \sin(\alpha)$, $x_2 = X_1 \cdot \sin(\alpha) + X_2 \cdot \cos(\alpha)$ (поворот в плоскости X_1X_2). Определить: а) вектор смещений; б) градиенты деформаций; в) тензоры деформаций Коши и Грина; в) тензоры конечных деформаций Грина и Альманси.
7. Определить компоненты тензора напряжений и тензора малых деформаций в материале стержня при простом растяжении: к концам стержня приложены растягивающие силы, боковые поверхности свободны.
8. Определить компоненты тензора напряжений и тензора малых деформаций при сжатии стержня, боковые поверхности которого закреплены так, что его поперечные размеры не могут меняться (одноосное сжатие).
9. Определить компоненты тензора напряжений и тензора малых деформаций в упругом бруске кубической формы с ребром a при смещении двух противоположных граней друг относительно друга на расстояние h (чистый сдвиг).
10. Определить деформацию длинного стержня (длины l), стоящего вертикально в поле тяжести.
11. Определить деформацию полой цилиндрической трубы (наружный и внутренний радиусы R_1 и R_2), внутри которой действует давление p , давление снаружи отсутствует.
12. Определить деформацию цилиндра, равномерно вращающегося вокруг своей оси.
13. Определить форму поверхности несжимаемой жидкости в поле тяжести в цилиндрическом сосуде, вращающемся вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью Ω .



14. Определить скорость распространения гравитационных волн на неограниченной поверхности несжимаемой жидкости, глубина которой равна h .
15. Определить стационарное течение несжимаемой вязкой жидкости, заключенной между двумя параллельными плоскостями, движущимися друг относительно друга с постоянной скоростью u .
16. Определить стационарное течение несжимаемой вязкой жидкости между двумя параллельными неподвижными плоскостями. В жидкости создан градиент давления вдоль ограничивающих плоскостей.
17. Определить стационарное течение вязкой жидкости по трубе круглого сечения. Вывести формулу Пуазейля.
18. Определить стационарное течение вязкой жидкости по трубе с кольцевым сечением (внутренний и внешний радиусы трубы R_1 и R_2).
19. Цилиндр радиуса R_1 движется со скоростью u внутри коаксиального с ним цилиндра радиуса R_2 параллельно своей оси. Определить течение вязкой жидкости, заполняющей пространство между цилиндрами.
20. Определить распределение температуры в вязкой жидкости, заключенной между двумя параллельными плоскостями, движущимися друг относительно друга с постоянной скоростью u , которые поддерживаются при постоянной температуре T_0 .
21. Определить распределение температуры в вязкой жидкости, текущей под действием градиента давления между двумя параллельными неподвижными плоскостями, которые поддерживаются при постоянной температуре T_0 .
22. Определить распределение температуры в вязкой жидкости, совершающей пуазейлевское течение по трубе кругового сечения, стенки которой поддерживаются при постоянной температуре T_0 .
23. Газ находится в цилиндрической трубе, неограниченной с одной стороны и закрытой поршнем с другой. В начальный момент времени поршень начинает **вдвигаться в** трубу с постоянной скоростью U . Определить возникающее движение газа, считая газ политропным.
24. Газ находится в цилиндрической трубе, неограниченной с одной стороны и закрытой поршнем с другой. В начальный момент времени



поршень начинает **выдвигаться** из трубы с постоянной скоростью U .
Определить возникающее движение газа, считая газ политропным.

Вопросы к экзамену

1. Модель сплошной среды. Переменные Лагранжа и Эйлера, переход между ними. Смещение точек среды.
2. Тензоры деформации. Тензоры конечных деформаций, тензор малых деформаций.
3. Геометрический смысл компонент тензора малых деформаций.
4. Инварианты тензора деформаций. Тензор скоростей деформаций.
5. Тензор напряжений. Давление и девиаторы напряжений.
6. Уравнение непрерывности. Закон сохранения массы в интегральной и дифференциальной формах. Поток массы.
7. Уравнение движения. Закон сохранения импульса в интегральной и дифференциальной формах. Поток импульса.
8. Уравнение для внутренней энергии. Закон сохранения энергии в интегральной и дифференциальной формах. Поток энергии.
9. Система уравнений механики сплошных сред. Определяющие уравнения. Модели сплошных сред.
10. Упругие среды. Работа деформирования. Загон Гука.
11. Уравнения движения и равновесия упругой среды. Однородные деформации.
12. Звуковые волны в упругой среде.
13. Пластическая деформация. Критерии пластического течения.
14. Идеальная жидкость. Уравнение Эйлера. Уравнение Бернулли. Гидростатика.
15. Несжимаемая жидкость. Условия применимости приближения несжимаемой жидкости.
16. Вихревые течения. Циркуляция скорости. Теорема о сохранении вихря. Уравнение Гельмгольца.
17. Потенциальное течение. Гравитационные волны.
18. Плоские течения, функция тока и линии тока. Комплексный потенциал.
19. Вязкая жидкость. Вязкие напряжения. Уравнение Навье-Стокса.
20. Скорость диссипации энергии в вязкой жидкости.
21. Примеры течений вязкой жидкости.
22. Подобные течения. Число Рейнольдса.
23. Течение вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Механика сплошных сред»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 10

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

24. Устойчивость течения, метод малых возмущений. Неустойчивость Рэля-Тейлора.
25. Устойчивость течения, метод малых возмущений. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца.
26. Турбулентное течение. Развитая турбулентность.
27. Пограничный слой. Ламинарный пограничный слой. Движение вблизи линии отрыва.
28. Хорошо обтекаемые тела. Индуктивное сопротивление. Подъемная сила тонкого крыла.
29. Звуковые волны в жидкости. Затухание звуковых волн в вязкой жидкости.
30. Геометрическая акустика. Распространение звука в движущейся среде.
31. Классификация разрывов. Ударные волны. Ударная адиабата.
32. Слабые ударные волны. Ударные волны в идеальном газе.
33. Волны разрежения. Инварианты Римана.
34. Теплопроводность в несжимаемой жидкости. Свободная конвекция. Конвективная неустойчивость.
35. Гидродинамика горения. Медленное горение. Детонация.
36. Поверхностное натяжение. Формула Лапласа. Капиллярные волны.

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и задачу.

Время подготовки к ответу на вопросы билета – 60 минут.

4.2. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Критерии оценивания экзаменационных вопросов:



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Механика сплошных сред»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 11	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

Характеристики ответа	Оценка	Уровень освоения проверяемых компетенций
Ответил на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, задача полностью решена, студент правильно обосновывает принятые решения. Возможны несущественные ошибки.	отлично	высокий
Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул и решении задачи или отсутствие некоторых элементов вывода.	хорошо	средний
Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопрос базового уровня и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и физический смысл величин по другим вопросам билета.	удовлетворительно	базовый
Не может ответить на вопрос базового уровня	неудовлетворительно	недостаточный

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке отлично: предполагает формирование компетенций на высоком уровне: студент свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела теоретической физики «Механика сплошных сред», что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины; полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и уверенно владеть навыком их решения;
2. Средний уровень соответствует оценке хорошо: предполагает формирование компетенций на среднем уровне: студент хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела теоретической физики «Механика сплошных сред»; сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и владеть навыками решения базовых задач по теоретической физике;
3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно:



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Механика сплошных сред»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 12	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает «теоретический минимум» и недостаточно владеет методами решения базовых задач по теоретической физике;

4. Низкий уровень соответствует оценке неудовлетворительно:
студент не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела теоретической физики «Механика сплошных сред»; не владеет навыками решения базовых задач по теоретической физике.

