

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 29.06.2026 10:21:58
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a878808522523



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
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)
Теоретическая астрофизика**

Направление подготовки (специальность)
03.03.02 Физика

Направленность (профиль)
Физика

Присваиваемая квалификация (степень)
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2026

Челябинск, 2026 г.



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
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. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
 - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
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: Теоретическая астрофизика

Семестр: 8

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Система оценивания: балльно-рейтинговой система.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Теоретическая астрофизика» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	Способен применять специализированные знания, полученные в области физических наук, при проведении научно-исследовательских разработок	ПК-1.1. Обладает знаниями об основных методах проведения научно-исследовательских разработок в области физических наук; о способах планирования и организации исследований; ПК-1.2. Демонстрирует умения: проводить поиск, изучение и обобщение научного опыта в соответствующей области исследований; определять цели и задачи планируемых исследований и разработок; проводить исследование, составлять его описание, формулировать выводы по полученным результатам; ПК-1.3. Имеет практический опыт	<u>Знать</u> : Для достижения ПК-1.1: теоретические основы, основные понятия, законы и модели теоретической астрофизики; <u>Уметь</u> : Для достижения ПК-1.2: применять методы и подходы теоретической астрофизики при проведении научно-исследовательских разработок для своей профессиональной деятельности; <u>Владеть</u> : Для достижения ПК-1.3: методами получения, обработки, анализа и синтеза астрофизических данных, а также другой экспериментальной и теоретической информации, навыками построения теоретических моделей изучаемых



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 4	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

		(навыки) в области физических наук: проведения научных исследований в соответствии с поставленной целью; составления отчетов по теме и по результатам проведенных научно-исследовательских разработок.	объектов
--	--	--	----------

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

Знать:

теоретические основы, основные понятия, законы и модели теоретической астрофизики

Уметь:

пользоваться данными наблюдений, применять основные понятия, законы и модели теоретической астрофизики при анализе данных, характеризующих астрофизические объекты и при построении теоретических моделей изучаемых объектов

Владеть:

методами получения, обработки, анализа и синтеза астрофизических данных, а также другой экспериментальной и теоретической информации, навыками построения теоретических моделей изучаемых объектов

3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1 Структура оценочных средств

№ п/п	Контролируемые темы	Код компетенции	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации
1	Поле излучения и теория переноса излучения	ПК-1	задачи к практическим занятиям; тест; вопросы к экзамену; реферат; контрольная работа;	Задачи к практическим занятиям 1-9; тест (Раздел 1, №1-21), вопросы к экзамену 1-12, реферат 1-4
2	Теория звездных	ПК-1	задачи к	Задачи к



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 5	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

	фотосфер		практическим занятиям; тест; вопросы к экзамену; реферат; контрольная работа;	практическим занятиям 10-17; тест (Раздел 2, №1-9) вопросы к экзамену 13-21; реферат 5-7.
3	Теория звездных атмосфер	ПК-1	тест; вопросы к экзамену; реферат; контрольная работа;	тест (Раздел 3, №1-10); вопросы к экзамену (22-28); реферат 8-11
4	Газовые туманности	ПК-1	тест; вопросы к экзамену; реферат; контрольная работа;	тест (Раздел 4, №1-8); вопросы к экзамену (29-37), реферат 11-16

3.2 Порядок проведения и содержание оценочных средств для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена в рамках балльно-рейтинговой системы по результатам работы студента в семестре. Количество баллов по каждому виду работ зависит от своевременности и качества выполнения задания.

Если студент не набрал необходимое количество баллов, то сдает экзамен.

Оценочные средства представлены базой вопросов для тестирования, задачами к практическим занятиям, вопросами для контрольных работ, темами рефератов и вопросами к экзамену. Вопросы для тестирования предполагают выбор правильного варианта из нескольких предложенных. Заданиями для контрольных работ используются для текущей оценки уровня освоения теоретического материала. Вопросы к экзамену предполагают определение степени усвоения теоретического материала. Ответы на вопросы к экзамену оцениваются преподавателем.

3.2.1 Вопросы для тестирования

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Раздел 1 Поле излучения и теория переноса излучения.		
1	Удельной интенсивностью поля излучения называется:	а. Количество энергии, переносимое полем излучения за единицу времени, через единичную площадку, расположенную в некоторой точке пространства, в единичном интервале частот, в пределах единичного телесного угла вокруг направления



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 6

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

		<p>распространения излучения.</p> <p>b. Количество энергии, переносимое полем излучения за единицу времени, через единичную площадку, расположенную в некоторой точке пространства, в единичном интервале частот по всем направлениям распространения излучения.</p> <p>c. Число фотонов в единице объема около некоторой точки пространства, в заданный момент времени, в заданном интервале частот, которые распространяются со скоростью света в пределах единичного телесного угла около направления распространения.</p>
2	Средней интенсивностью поля излучения называется скаляр, определяемый как:	<p>a. Момент нулевого порядка от удельной интенсивности по телесным углам.</p> <p>b. Момент первого порядка от удельной интенсивности по телесным углам.</p> <p>c. Момент второго порядка от удельной интенсивности по телесным углам.</p>
3	Потоком излучения называется вектор, определяемый как:	<p>a. Момент нулевого порядка от удельной интенсивности по телесным углам.</p> <p>b. Момент первого порядка от удельной интенсивности по телесным углам.</p> <p>c. Момент второго порядка от удельной интенсивности по телесным углам.</p>
4	Тензор давления излучения определяется как	<p>a. Момент нулевого порядка от удельной интенсивности по телесным углам.</p> <p>b. Момент первого порядка от удельной интенсивности по телесным углам.</p> <p>c. Момент второго порядка от удельной интенсивности по телесным углам.</p>
5	Эддингтоновский фактор в случае изотропного поля излучения равен	<p>a. 1.</p> <p>b. 1/2</p> <p>c. 1/3.</p>
6	Эддингтоновский фактор в случае, когда поле излучения распространяется в виде плоской волны, равен:	<p>a. 1.</p> <p>b. 1/2</p> <p>c. 1/3.</p>
7	В случае термодинамического равновесия полная	<p>a. σT^4</p> <p>b. aT^4</p>



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 7

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

	(проинтегрированная по частотам) плотность энергии излучения равна:	с. aT^3 .
8	В случае термодинамического равновесия полный (проинтегрированный по частотам) поток энергии излучения равен:	а. σT^4 б. aT^4 с. aT^3 .
9	При наблюдении точечных источников регистрируется:	а. Удельная интенсивность энергии излучения. б. Средняя интенсивность энергии излучения. с. Поток энергии излучения.
10	При наблюдении протяженных источников регистрируется:	а. Удельная интенсивность энергии излучения. б. Средняя интенсивность энергии излучения. с. Поток энергии излучения.
11	Среднее значение давления излучения равно:	а. 1/2 удельной интенсивности энергии поля излучения. б. 1/3 плотности энергии поля излучения. с. 1/3 потока энергии поля излучения.
12	Монохроматический коэффициент ослабления определяет:	а. Количество энергии выводимое единичным объемом вещества из пучка излучения с заданной интенсивностью, распространяющегося в пределах единичного телесного угла, за одну секунду в единичном интервале частот. б. Среднюю интенсивность энергии излучения. с. Поток энергии излучения.
13	К элементарным атомным процессам, вызывающим истинное поглощение, относятся:	а. Релаксация свободного электрона на возбужденный уровень. б. Фотовозбуждение атома в последующей ударной релаксацией. с. Рассеяние на свободном электроном.
14	К элементарным атомным процессам, вызывающим тепловое излучение, относятся:	а. Релаксация свободного электрона на возбужденный уровень. б. Фотовозбуждение атома в последующей ударной релаксацией. с. Рассеяние на свободном электроном.
15	К элементарным атомным процессам, вызывающим рассеяние, относятся:	а. Релаксация свободного электрона на возбужденный уровень. б. Фотовозбуждение атома в последующей



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 8

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

		ударной релаксацией. с. Рассеяние на свободном электроном.
16	Мощность испускаемого рассеянного излучения определяется:	a. Локальными значениями термодинамических параметров вещества. b. Характеристиками рассеиваемого излучения.
17	Монохроматический коэффициент излучения определяет:	a. Количество энергии излучаемой единичным объемом вещества в пределах единичного телесного угла, вокруг заданного направления за одну секунду в единичном интервале частот. b. Среднюю интенсивность энергии излучения. c. Поток энергии излучения.
18	Полное перераспределение по частотам реализуется если:	a. Частота рассеянного излучения полностью определяется частотой падающего излучения. b. Частота рассеянного излучения полностью равна частоте падающего излучения. c. Частота рассеянного излучения не зависит от частоты падающего излучения.
19	Функция источников вычисляется как:	a. Отношение функции Планка к коэффициенту поглощения. b. Отношение коэффициента поглощения к коэффициенту излучения. c. Отношение коэффициента излучения к коэффициенту поглощения.
20	Диффузионное приближение предполагает:	a. Линейную зависимость функции источников от оптической глубины. b. Квадратичную зависимость функции источников от оптической глубины. c. Независимость функции источников от оптической глубины.
21	Уравнение лучистого равновесия справедливо в областях, в которых доминирующим механизмом переноса энергии является:	a. Теплопроводность. b. Конвекция. c. Перенос излучения. d. Ни один из перечисленных.
Раздел 2. Теория звездных фотосфер.		
1	Фотосферой звезды называется слой газа, в котором:	a. Перенос энергии осуществляется преимущественно конвекцией. b. Формируется выходящее из звезды



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 9

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

		излучение. с. Вырабатывается энергия, излучаемая звездой.
2	Граничные условия теории «серой» фотосферы предполагают:	a. Постоянство потока излучения в фотосфере. b. Постоянство плотности энергии излучения в фотосфере. с. Постоянство функции источников в фотосфере.
3	Теория «серой» фотосферы предполагает:	a. Независимость коэффициента поглощения от оптической глубины. b. Независимость коэффициента поглощения от частоты. с. Независимость коэффициента излучения от частоты.
4	Интегральное уравнение Милна выводится:	a. на основании предположения о независимости коэффициента поглощения от оптической глубины. b. Путем усреднения удельной интенсивности по углу. с. Из формального решения уравнения переноса излучения.
5	Приближенные методы решения уравнения переноса в теории фотосфер основаны:	a. На вычислении моментов уравнения переноса. b. На вычислении моментов удельной интенсивности. с. На вычислении усредненного по углу потока излучения.
6	Наличие видимого края солнечного диска обусловлено:	a. Наличием перепада плотности газа в атмосфере Солнца. b. Скачком температуры газа во внешних слоях Солнца. с. Зависимостью удельной интенсивности выходящего излучения от угла.
7	Предположение о локальном термодинамическом равновесии справедливо если:	a. Длина свободного пробега атома много меньше масштаба неоднородностей термодинамических параметров вещества. b. Длина свободного пробега фотона много меньше масштаба неоднородностей термодинамических параметров вещества. с. Длина свободного пробега атома много меньше длины свободного пробега



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 10

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

		фотона.
8	Связь температур газа с оптической глубиной можно описать следующим образом:	a. Четвертая степень температуры линейно зависит от оптической глубины. b. Квадрат температуры линейно зависит от оптической глубины. c. Температура пропорциональна квадрату оптической глубины.
9	При определении зависимости температуры и плотности от геометрической глубины предполагалось, что:	a. Фотосфера находится в состоянии гидростатического равновесия. b. Фотосфера находится в состоянии термодинамического равновесия. c. Поверхностная температура сравнима с температурой в глубине фотосферы.
Раздел 3. Теория звездных атмосфер		
1	Атмосферой звезды называется слой, ответственный:	a. За выработку энергии звездой. b. За образование непрерывного спектра. c. За образование линейчатого спектра.
2	Спектральные линии образуются в результате:	a. Связанно-связанных переходов. b. Свободно-связанных переходов. c. Свободно-свободных переходов.
3	Основными факторами расширения спектральных линий для звезд поздних спектральных классов являются:	a. Естественное расширение уровней. b. Тепловое расширение уровней. c. Взаимодействие атомов.
4	Основными предположениями модели Шварцшильда-Шустера являются	a. Чистое рассеяние в линии. b. Когерентное рассеяние в линии. c. Наличие границы между фотосферой и атмосферой. d. Все перечисленные.
5	Основными предположениями модели Эддингтона являются	a. Отсутствие чистого рассеяния в линии. b. Когерентное рассеяние в линии. c. Наличие границы между фотосферой и атмосферой. d. Все перечисленные.
6	Чистое рассеяние предполагает:	a. Полное перераспределение энергии в линии. b. Отсутствие перераспределения энергии по частотам в линии. c. Отсутствие перераспределения энергии между линиями и непрерывным спектром.
7	Когерентное рассеяние предполагает:	a. Отсутствие перераспределения энергии между линиями. b. Отсутствие перераспределения



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 11

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

		энергии по частотам в линии. с. Отсутствие перераспределения энергии между линиями и непрерывным спектром.
7	Причиной флуоресценции является: (указать ошибочный ответ)	a. Перераспределение энергии между линиями. b. Перераспределение энергии внутри линии. с. Перераспределение энергии между линией и непрерывным спектром.
8	При переходе от спектрального класса М к спектральному классу О интенсивность линий гелия	a. Растет. b. Уменьшается. с. В начале растет, а затем уменьшается. d. В начале уменьшается, а затем растет.
9	При переходе от спектрального класса М к спектральному классу О интенсивность линий водорода	a. Растет. b. Уменьшается. с. Вначале растет, а затем уменьшается. d. Вначале уменьшается, а затем растет.
10	При переходе от спектрального класса М к спектральному классу О интенсивность линий лития.	a. Растет. b. Уменьшается. с. В начале растет, а затем уменьшается. d. В начале уменьшается, а затем растет.
Раздел 4 Газовые туманности.		
1	Коэффициент диллюции определяет:	a. Степень ослабления плотности энергии излучения за счет рассеяния. b. Степень ослабления плотности энергии излучения за счет геометрических факторов. с. Степень ослабления плотности энергии излучения за счет поглощения.
2	Теорема Росселанда определяет, что при отсутствии термодинамического равновесия:	a. Процессы дробления энергии квантов идут чаще процессов объединения энергии. b. Процессы объединения энергии квантов идут чаще процессов дробления энергии. с. Процессы объединения энергии квантов полностью компенсируют процессы дробления энергии
3	Эмиссия в линиях водорода в туманности возникает:	a. Из-за возбуждения атомов в результате столкновений с другими атомами. b. Из-за возбуждения атомов электронным ударом. с. Из-за ионизации атомов с последующей каскадной рекомбинацией.



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 12

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

4	Эмиссия в линиях небуля в туманности возникает:	a. Из-за возбуждения атомов в результате столкновений с другими атомами. b. Из-за возбуждения атомов электронным ударом. c. Из-за ионизации атомов с последующей каскадной рекомбинацией.
5	В результате поглощения одного кванта лаймановского континуума в туманности образуется несколько квантов субординатных серий и:	a. Квант L_α и бальмеровский квант. b. Только квант L_α . c. Несколько бальмеровских квантов.
6	В результате поглощения одного кванта лаймановского континуума в туманности образуется несколько квантов субординатных серий и:	a. Квант L_α и бальмеровский квант. b. Только квант L_α . c. Несколько бальмеровских квантов.
7	Свечение туманности в линиях небуля за счет ионизации атомов с последующей каскадной рекомбинацией невозможно потому, что	a. Рекомбинация электронов происходит в основном с ионами водорода. b. Дважды ионизированный кислород имеет слишком высокий потенциал ионизации. c. Свободных электронов в туманности недостаточно, чтобы обеспечить наблюдаемые потоки излучения.
8	Степень ионизации атомов в туманности определяется в основном:	a. Эффективной температурой звезды. b. Светимостью звезды. c. Балансом числа ионизаций и рекомбинаций.

3.2.2 Перечень задач к практическим занятиям

№ п/п	Формулировка задания
1	Подобно тому, как вводится удельная интенсивность I_ν , определить I_λ , где λ - длина волны излучения. Найти размерность I_λ . Установить взаимосвязь I_ν и I_λ . Ответ: $I_\nu d\nu = I_\lambda d\lambda$
2	Температура одной из двух одинаковых по размеру звезд в 2 раза больше, чем другой. Во сколько раз отличаются следующие характеристики их излучения: <ul style="list-style-type: none">• общая светимость;• длина волны, соответствующая максимуму энергии в спектре;• интенсивность излучения, соответствующая максимуму энергии в спектре; Излучение предполагается равновесным. Ответ в 4 раза, в 2 раза, в 8 раз
3	В одномерном случае поле излучения не зависит от азимутального угла. Показать, что в этом случае тензор давления излучения имеет вид:



Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное
 учреждение высшего образования
 «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
 Факультет физический
 Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
 по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 13

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

	$P(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) = \begin{pmatrix} p_R & 0 & 0 \\ 0 & p_R & 0 \\ 0 & 0 & p_R \end{pmatrix} - \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 3p_R - \rho & 0 & 0 \\ 0 & 3p_R - \rho & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ <p>Указание: вычислить компоненты тензора из определения.</p>
4	Показать, что среднее значение давления излучения в одномерном случае равно $\langle P \rangle = \rho/3$. Вычислить среднее арифметическое значение компонент.
5	Показать, что среднее значение $\cos\theta$ по верхней полусфере равно $1/2$, а по нижней полусфере равно $-1/2$.
6	Вычислить среднее значение $\cos^2\theta$ по сфере. Ответ: $1/3$.
7	Вычислить значение эддингтоновского фактора для случая, когда излучение распространяется наружу в виде плоской волны. Ответ: 1.
8	Рассмотрим разложение вида $I(\mu) = I_0 + \sum_n I_n \mu^n$. Показать, что если эта сумма содержит только члены с нечетными n , то эддингтоновский фактор равен $1/3$. Указание: Вычислит эддингтоновский фактор из определения.
9	Определить значение потока излучения, если интенсивность не зависит от φ и θ . Ответ: 0.
10	Определить размерность коэффициента излучения.
11	Найти поток излучения на поверхности звезды. Учсть, что интенсивность падающего извне излучения равна нулю. $H = \int_0^1 I(\mu) d\mu$
12	Получить решение уравнение переноса излучения при нулевом коэффициенте излучения. $I(\tau) = I_0 e^{-\tau}$.
13	Вывести стационарное уравнение переноса излучения в сферической системе координат. $\left(\mu \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1-\mu^2}{r} \frac{\partial}{\partial \mu} \right) I(r, \mu, \nu) = \varepsilon(r, \mu, \nu) - \alpha(r, \mu, \nu) I(r, \mu, \nu)$.
14	Определить нулевой и первый моменты уравнения переноса излучения, записанного в сферической системе координат. Ответ: $\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} (r^2 H) = -\alpha J + \varepsilon$ и $\frac{dK}{dr} + \frac{1}{r} (3K - J) = -\alpha H$
15	Показать, что на внутренней поверхности сферической оболочки (при $r=r_c$) граничное условие имеет вид $I(r_c, +\mu, \nu) = I(r_c, -\mu, \nu)$, если эта оболочка полая. Указание: учесть симметрию задачи.
16	Вывести уравнение лучистого равновесия в приближении серой атмосферы. Ответ: $\mu \frac{dI(\tau, \mu)}{d\tau} = I(\tau, \mu) - S(\tau), \quad d\tau = -\alpha dz$
17	В рамках приближения Эддингтона, определить во сколько раз яркость в центре диска звезды больше, чем на краю. Ответ: в 1,5 раза.
18	Определить относительное распределение энергии в спектре звезды, вычислив



	поток выходящего из звезды излучения в предположении ЛТР. Ответ: $I(0, \mu, \nu) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\mu} \int_0^\infty \frac{\exp(-\frac{\alpha_\nu}{\alpha} \tau / \mu) \frac{\alpha_\nu}{\alpha} d\tau}{e^{\frac{h\nu}{kT_0} (\frac{1}{2} + \frac{3}{4}\tau)} - 1}$
19	В предположении ЛТР, используя приближенное решение Эддингтона, найти оптическую глубину, на которой температура равна эффективной. Ответ: $\tau=2/3$

3.2.3 Пример вариантов контрольных работ (Раздел 1)

Контрольная работа (Раздел 1)

1. Определить понятие удельной интенсивности.
Ответ: Удельная интенсивность излучения $I(\mathbf{r}, \mathbf{n}, \nu, t)$ в точке \mathbf{r} , распространяющегося в направлении, задаваемом вектором \mathbf{n} на частоте ν в момент времени t - это количество энергии, переносимой излучением, в единичном интервале частот через единичный элемент площади, в пределах единичного телесного угла около направления \mathbf{n} за единицу времени.
2. Установить связь между средней интенсивностью и плотностью излучения.
Ответ: $\rho(\mathbf{r}, \nu, t) = \frac{4\pi}{c} J(\mathbf{r}, \nu, t)$
3. Дать определение потока излучения. Ответ: потоком излучения называется вектор $\mathbf{H}(\mathbf{r}, \nu, t)$, такой, что для некоторой площадки $d\mathbf{S}$ скалярное произведение $(\mathbf{H}d\mathbf{S})$, дает количество лучистой энергии протекающей через площадку за единицу времени в единичном интервале частот.
4. Доказать, что среднее давление излучения равно 1/3 средней плотности поля излучения.
5. Вычислить значение второго эддингтоновского момента в предположении изотропности поля излучения. Ответ: $f=1/3$.

Контрольная работа (Раздел 2)

1. Показать, что профиль поглощения за счет рассеяния нормирован на 1. Ответ:
$$\int_{4\pi} \frac{d\omega}{4\pi} \int_0^\infty \varphi(\nu') d\nu' = 1$$
2. Получить выражение для коэффициента излучения за счет рассеяния в случае изотропного рассеяния. Ответ: $\varepsilon^S(\mathbf{r}, \nu) = \sigma(\mathbf{r}, \nu) J(\mathbf{r}, \nu)$
3. Получить выражение для удельной интенсивности выходящего излучения. Ответ:
$$I(0, \mu, \nu) = \frac{1}{\mu} \int_0^\infty S_\nu(t) \exp(-t/\mu) dt$$
4. Получить первый момент уравнения переноса излучения в плоской геометрии.
Ответ: $\frac{dK(z, \nu)}{d\tau_\nu} = H(z, \nu)$



Версия документа - 1	стр. 15	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

5. Показать, что при линейной зависимости функции источника от оптической глубины, угловая зависимость восходящего излучения от μ также линейна. Ответ:
 $I(0, \mu, \nu) = S_{0\nu} + S_{1\nu}\mu = S_{\nu}(\tau_{\nu})$ при $(\tau_{\nu} = \mu)$

Контрольная работа (Раздел 3)

1. Получить распределение яркости по диску звезды в приближении Эддингтона.

Ответ: $I(0, \mu) = F\left(\frac{3}{4}\mu + \frac{1}{2}\right)$

2. Получить зависимость температуры от оптической глубины в приближении Шварцшильда – Шустера. Ответ: $T^4 = T_e^4\left(\frac{1}{2} + \tau\right)$

3. Перечислить элементарные атомные процессы, которые обуславливают поглощение в непрерывном спектре. Ответ: фотодиссоциация, ионизация, рассеяние на свободных электронах.

4. Получить частотную зависимость удельной интенсивности излучения,

выходящего из звезды. Ответ: $I(0, \mu, \nu) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\mu} \int_0^{\infty} \frac{\exp(-\frac{\alpha_{\nu}}{\bar{\alpha}} \tau/\mu) \frac{\alpha_{\nu}}{\bar{\alpha}} d\tau}{e^{\frac{h\nu}{kT_0} \left(\frac{1}{2} + \frac{3}{4}\tau\right)^{\frac{1}{4}}} - 1}$

5. Записать выражения для планковского и росселандовского средних

коэффициентов поглощения. Ответ: $\bar{\alpha} = \frac{\int_0^{\infty} \alpha_{\nu} B_{\nu}(T) d\nu}{\int_0^{\infty} B_{\nu}(T) d\nu}$ и $\bar{\alpha} = \frac{\int_0^{\infty} \frac{dB_{\nu}(T)}{dT} d\nu}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\alpha_{\nu}} \frac{dB_{\nu}(T)}{dT} d\nu}$

Контрольная работа (Раздел 4)

1. Получить связь коэффициента поглощения в линии с эйнштейновскими

коэффициентами. Ответ: $\int_{-\infty}^{\infty} k_{\nu} \frac{\rho_{\nu}}{h\nu} d\nu = \frac{1}{c} B_{ik} \rho_{ik}$

2. Перечислить основные предположения модели образования линии в приближении Шварцшильда-Шустера. Ответ: чистое рассеяние в линии, когерентное рассеяние в линии, наличие границы между фотосферой и хромосферой.

3. Объяснить механизмы перераспределения энергии между линией и непрерывным спектром. Ответ: поглощение в линии с последующей ионизацией, каскадная рекомбинация.

4. Показать, что коэффициент дилуции равен $W = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{r_*}{r}\right)^2} \right]$. Ответ:

$W = \frac{1}{2}(1 - \cos\theta_0)$ и $\sin\theta_0 = \frac{r_*}{r}$.



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 16

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

5. Вычислить энергию, приобретаемую свободными электронами, в предположении, что все L_c кванты поглощаются в газовой туманности. Ответ:

$$E = 4\pi_*^2 \int_{\nu_0}^{\infty} \frac{\pi I_{\nu}^*}{h\nu} (h\nu - h\nu_0) d\nu.$$

3.2.4. Темы рефератов

1. Удельная интенсивность. Функция распределения фотонов. Моменты поля излучения. Переменный эддингтоновский фактор.
 2. Взаимодействие излучения и вещества.
 3. Уравнение переноса. Удельная интенсивность восходящего и нисходящего излучения.
 4. Моменты уравнения переноса в плоской геометрии. Диффузионное приближение. Уравнение лучистого равновесия.
 5. Основные уравнения теории фотосфер при коэффициенте поглощения не зависящем от частоты. Приближенное решение уравнений. Метод Шварцшильда – Шустера. Метод Эддингтона. Интегральное уравнение Милна. Распределение яркости по диску звезды.
 6. Локальное термодинамическое равновесие. Связь температуры с оптической глубиной. Зависимость температуры и плотности от геометрической глубины.
 7. Зависимость коэффициента поглощения от частоты. Излучение и поглощение в непрерывном спектре. Фотоионизация и свободно-свободные переходы. Поглощение атомом водорода. Средние коэффициенты поглощения. Приближенная теория фотосфер при коэффициенте поглощения, зависящем от частоты.
 8. Коэффициент поглощения в спектральной линии. Коэффициенты Эйнштейна. Связь коэффициента поглощения с эйнштейновскими коэффициентами. Естественное расширение уровней. Тепловое расширение уровней. Эффекты давления. Фойгтовский профиль линии.
 9. Линии поглощения при когерентном рассеянии. Модель Шварцшильда-Шустера. Модель Эддингтона.
 10. Флуоресценция в звездных атмосферах. Физические условия в атмосферах. Зависимость спектра от температуры. Влияние ускорения силы тяжести.
 11. Данные наблюдений. Механизм свечения туманностей. Теорема Росселанда.
 12. Определение температур центральных звезд по линиям водорода и небулия (метод Занстра).
 13. Ионизация атомов. Число рекомбинаций. Степень ионизации в туманности. Ионизация туманности большой оптической толщины.
 14. Возбуждение атомов. Интенсивности эмиссионных линий. Роль столкновений. Массы и плотности туманностей.
 15. Запрещенные линии. Необходимые условия для появления запрещенных линий. Вероятность столкновений. Интенсивность запрещенных линий.
 16. Непрерывный спектр газовой туманности. Диффузия излучения в туманностях.
- Удалены темы

3.2.5 Вопросы к экзамену

Вопросы к экзамену

© ФГБОУ ВО «ЧелГУ»



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 17

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

1. Основные характеристики поля излучения. *
2. Удельная интенсивность. Функция распределения фотонов. *
3. Постоянство интенсивности вдоль луча.
4. Моменты поля излучения: средняя интенсивность и плотность излучения, равновесное значение; поток излучения, астрономический смысл. *
5. Тензор давления излучения и переменный эддингтоновский фактор. *
6. Перенос излучения. Взаимодействие излучения и вещества.
7. Коэффициент ослабления. Коэффициент излучения. Рассеяние излучения веществом. *
8. Уравнение переноса. Граничные условия. *
9. Формальное решение уравнения переноса.
10. Моменты уравнения переноса. *
11. Диффузионное приближение. *
12. Уравнение лучистого равновесия.
13. Основные уравнения теории фотосфер при коэффициенте поглощения не зависящем от частоты. *
14. Приближенное решение уравнений. Метод Шварцшильда – Шустера. *
15. Метод Эддингтона. *
16. Интегральное уравнение Милна.
17. Распределение яркости по диску звезды.
18. Локальное термодинамическое равновесие. Связь температуры с оптической глубиной. *
19. Зависимость температуры и плотности от глубины.
20. Зависимость коэффициента поглощения от частоты. Излучение и поглощение в непрерывном спектре. *
21. Приближенная теория фотосфер при коэффициенте поглощения, зависящем от частоты. Средние коэффициенты поглощения. *
22. Коэффициент поглощения в спектральной линии. Коэффициенты Эйнштейна.
23. Связь коэффициента поглощения с эйнштейновскими коэффициентами. *
24. Естественное расширение уровней. Тепловое расширение уровней. Эффекты давления.
25. Фойгтовский профиль линии. *
26. Линии поглощения при когерентном рассеянии. Модель Шварцшильда-Шустера. *
27. Модель Эддингтона. *
28. Флуоресценция в звездных атмосферах. *
29. Интерпретация спектральной последовательности. Влияние ускорения силы тяжести.
30. Физические процессы в газовых туманностях. Данные наблюдений.
31. Механизм свечения туманностей. Теорема Росселанда. *
32. Определение температур центральных звезд по линиям водорода и небулия (метод Занстра). *
33. Ионизация атомов. Число рекомбинаций. *
34. Степень ионизации в туманности. Ионизация туманности большой оптической толщины. *
35. Возбуждение атомов. Интенсивности эмиссионных линий, роль столкновений. *



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 18

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

36. Массы и плотности туманностей. Запрещенные линии. Необходимые условия для появления запрещенных линий.

37. Вероятность столкновений. Интенсивность запрещенных линий. *

Примечание: * отмечены вопросы, входящие в список вопросов «теоретического минимума».

4. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

При итоговом контроле знаний семестре экзаменационная оценка ставится по результатам работы в семестре на основе использования балльно-рейтинговой системы оценки деятельности студентов.

4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств.

Учитываются следующие факторы:

Степень освоения теоретического материала, которая определяется по результатам выполнения студентами **контрольных работ**. Предусматривается проведение 4 контрольных работы с общей максимальной оценкой 32 балла.

Критерии оценивания контрольной работы:

Характеристики ответа	Баллы	Уровень освоения проверяемых компетенций
Правильно даны все пять ответов	8	высокий
Правильно даны четыре ответа	6-7	средний
Правильно даны три ответа	4-5	
Правильно даны два ответа	3	базовый
Правильно дан один ответ	2	
Нет правильных ответов	0	недостаточный

Достигнутый уровень практических навыков, определяемый по результатам **самостоятельного решения задач по каждой теме практических занятий** с общей максимальной оценкой 17 баллов. Каждая правильно решенная задача оценивается в 1 балл.



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 19

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

Критерии оценивания отчета по темам практических занятий:

Оценка	Зачтено	Зачтено	Зачтено	Не зачтено
Характеристики ответа	Решено > 80% задач	Решено >60% задач	Решено >40% задач	Решено <40% задач
Баллы	15-19 баллов	11-14 баллов	7-10 баллов	меньше 7 баллов
Уровень освоения проверяемых компетенций	высокий	средний	базовый	недостаточный

Умение самостоятельно работать с литературой и справочными системами. Предусматривается подготовка студентами рефератов и докладов по тематике реферата. Максимальная оценка за доклад составляет 20 баллов. Всего необходимо подготовить 2 реферата и выступить с двумя докладами. Общая максимальная оценка составляет 40 баллов.

Критерии оценивания реферата и доклада

зачтено 20 баллов	зачтено 16 баллов	зачтено 12 баллов	не зачтено 0 балла
Высокий уровень освоения проверяемых компетенций	Средний уровень освоения проверяемых компетенций	Базовый уровень освоения проверяемых компетенций	Недостаточный уровень освоения проверяемых компетенций
Обучающийся отлично знает материал, воспроизведет соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, правильно обосновывает принятые решения. Возможны несущественные ошибки.	Обучающийся 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.	Обучающийся знаком с материалом, но допускает грубые фактические ошибки, не оперирует основной терминологией и понятийным аппаратом по теме.	Доклад не представлен, либо, обучающийся не знает основных положений вопроса, не ориентируется в основных понятиях, излагает материал с трудом, с грубыми фактическими ошибками, либо отказывается от ответов на вопросы.

Критерии оценивания теста

Вместо контрольных работ может проводиться тестирование. При выполнении тестирования студент отвечает на 16 вопросов, выбирая один из нескольких вариантов ответа. Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл. Максимальный балл за тест – 16 баллов. Тестирование проводится дважды с общей максимальной оценкой 32 балла.



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 20

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

Оценка	Отлично/ зачтено	Хорошо/ зачтено	Удовлетворитель но/зачтено	Неудовлетворительно/ не зачтено
Баллы	13 -16 баллов	10-12 баллов	6-9 баллов	0-5 баллов
Уровень освоения проверяемых компетенций	высокий	средний	базовый	недостаточный

4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Балльно-рейтинговая система базируется на учете следующих основных критериев:

- Степень освоения теоретического материала, которая определяется по результатам выполнения студентами контрольных работ. Предусматривается проведение 4 контрольных работ или 2 тестов с общей максимальной оценкой 32 балла.
- Достигнутый уровень практических навыков, определяемый по результатам решения задач по каждой теме практических занятий с общей максимальной оценкой 19 баллов.
- Посещаемость лекционных и практических занятий с общей максимальной оценкой 9 баллов.
- Умение самостоятельно работать с литературой и справочными системами. Предусматривается подготовка студентами рефератов по теоретическому материалу курса и докладов по темам рефератов. Максимальная оценка за один реферат составляет 20 баллов. Всего предусмотрена подготовка 2 рефератов.

Максимальная оценка, которую может получить студент при выполнении всех заданий, составляет 100 баллов.

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 «Теоретическая астрофизика», что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины, знает теоретические основы, основные понятия, законы и модели, применяемые в теоретической астрофизике; умеет пользоваться данными наблюдений; полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных астрофизических задач и уверенно владеет навыком их решения. При использовании балльно-рейтинговой системы отличная оценка ставится при наборе более 91 балла.
2. Средний уровень соответствует оценке «ХОРОШО»:
предполагает формирование компетенций на среднем уровне: студент хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела теоретической



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет физический
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая астрофизика»
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 21	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

физики «Теоретическая астрофизика»; сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных астрофизических задач. При использовании балльно-рейтинговой системы хорошая оценка ставится при наборе от 74 до 90 баллов.

3. Базовый уровень соответствует оценке «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»:
предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает «теоретический минимум», однако, недостаточно владеет методами решения базовых задач теоретической астрофизики. При использовании балльно-рейтинговой системы удовлетворительная оценка ставится при наборе от 51 до 73 баллов.
4. Низкий уровень соответствует оценке «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»:
студент не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела теоретической физики «Теоретическая астрофизика»; не владеет навыками решения базовых астрофизических задач. При использовании балльно-рейтинговой системы неудовлетворительная оценка ставится при наборе менее 51 балла. При получении неудовлетворительной оценки студент сдает экзамен в обычном порядке. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и задачу. При успешной сдаче экзамена студент может получить дополнительно до 20 баллов.

