

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_ М.В. Коломина

«8» сентября 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой ПМИ

\_\_\_\_\_ М.В. Коломина

«8» сентября 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Функциональное программирование»**

Составители	<b>Корнеев Г.А., к.т.н., доцент ФИТиП, ИТМО Маврин П.Ю., ассистент ФИТиП, ИТМО</b>
Направление подготовки / специальность	<b>01.03.02 Прикладная математика и информатика</b>
Направленность (профиль) ОПОП	<b>Программирование и искусственный интеллект</b>
Квалификация (степень)	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Год приёма	<b>2023</b>
Курс	<b>2</b>
Семестр(ы)	<b>5</b>

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**1.1. Целями освоения дисциплины «Функциональное программирование»** является изучение и практическое освоение средств функционального программирования для решения научных и прикладных задач.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучение классических способов решения задач с использованием функционального программирования.
- формирование практических навыков разработки архитектурных решений для реализации распределенной высокопроизводительной системы с использованием функционального программирования.
- формирование умения отлаживать распределенные решения, реализованные на функциональном языке программирования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

**2.1. Учебная дисциплина «Функциональное программирование»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений и осваивается в 5 семестре.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки / специальности:

*а) профессиональных (ПК).*

- ПК-11. Разработка и сопровождение программных проектов.
- ПК-14. Способность определять эффективный способ решения прикладных задач с применением информационных технологий и программной инженерии, разрабатывать и внедрять соответствующие программные решения.

**Таблица 1 – Декомпозиция результатов обучения**

Код компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-11 ПК-11.1. Формализация и алгоритмизация поставленных задач ПК-11.2. Проектирование программного обеспечения	ИПК-11.1.1 Классические способы решения задач с использованием функционального программирования.	ИПК-11.2.1 Разрабатывать архитектурные решения для реализации распределенной высокопроизводительной системы с использованием функционального программирования.	ИПК-11.3.1 Навыками отладки распределенных решений, реализованных на функциональном языке программирования.
ПК-14 ПК-14.1. Способность проектировать и реализовывать программные решения с применением методов функционального, автоматного и эволюционного программирования ПК-14.2. Способность проектировать и реализовывать мобильные и web-приложения	ИПК-14.1.1 Представления программ расширенного лямбда-исчисления.	ИПК-14.2.1 Работать со строками на функциональном языке.	ИПК-14.3.1 Навыками применения функций высшего порядка на языке Haskell.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, в том числе 68 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 34 часа – лекции, 34 часа – лабораторные работы) и 40 часов – на самостоятельную работу обучающихся.

**Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела, темы	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самостоят. работа		Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации
			Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
1	Понятие о функциональном программировании	5	6		7		8	Лабораторная работа №1
2	Введение в язык Haskell	5	6		7		8	Лабораторная работа №2
3	Даты, классы, экземпляры	5	7		7		8	Лабораторная работа №3
4	Моноиды	5	8		5		8	Лабораторная работа №4
5	Интерпретация и компиляция функциональных программ	5	9		7		8	Лабораторная работа №5, 6
<b>ИТОГО</b>			<b>34</b>		<b>34</b>		<b>40</b>	<b>Экзамен</b>

**Таблица 3 – Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины и формируемых в них компетенций**

Разделы, Темы дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Компетенции		
		ПК-11	ПК-14	Общее количество компетенций
Раздел 1. Понятие о функциональном программировании	13	+	+	2
Раздел 2. Введение в язык Haskell	13	+	+	2
Раздел 3. Даты, классы, экземпляры	14	+	+	2
Раздел 4. Моноиды	13	+	+	2
Раздел 5. Интерпретация и компиляция функциональных программ	16	+	+	2

#### Краткое содержание каждой темы дисциплины (модуля)

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	Понятие о функциональном программировании	Почему функциональное программирование в Haskell, Приближенное значение
2	Введение в язык Haskell	Строки, Базовый синтаксис
3	Даты, классы, экземпляры	Даты, классы, экземпляры, Строки 2
4	Моноиды	Моноиды, Дерево
5	Интерпретация и компиляция функциональных программ	Лямбда-исчисление, Интерпретация, Граф, Представление функциональных программ

#### 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

###### Лекционные занятия

Основной формой реализации теоретического обучения является лекция, которая представляет собой систематическое, последовательное изложение преподавателем-лектором учебного материала теоретического характера. Цель лекции – организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом учебной дисциплины.

Порядок подготовки лекционного занятия включает в себя выполнение следующих этапов:

- изучение требований программы дисциплины;
- определение целей и задач лекции;
- разработка плана проведения лекции;
- подбор литературы (ознакомление с методической литературой, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия);
- отбор необходимого и достаточного по содержанию учебного материала;
- определение методов, приемов и средств поддержания интереса, внимания, стимулирования творческого мышления студентов;
- написание конспекта лекции.

Лекция должна включать следующие разделы:

- формулировку темы лекции;
- указание основных изучаемых разделов или вопросов и предполагаемых затрат времени на их изложение;
- изложение вводной части;
- изложение основной части лекции;
- краткие выводы по каждому из вопросов;
- заключение;
- рекомендации литературных источников по излагаемым вопросам.

### **Лабораторные занятия**

Лабораторное занятие – целенаправленная форма организации педагогического процесса, направленная на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения тех или иных учебных действий в данной сфере науки. Они развивают научное мышление и речь, позволяют проверить знания студентов и выступают как средства оперативной обратной связи.

Правильно организованные лабораторные занятия ориентированы на решение следующих задач:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы теоретических знаний по дисциплине (предмету);
- формирование практических умений и навыков, необходимых в будущей профессиональной деятельности, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Состав заданий для лабораторного занятия должен быть спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством учащихся.

Лабораторные занятия должны так быть организованы, чтобы студенты ощущали нарастание сложности выполнения заданий, испытывали бы положительные эмоции от переживания собственного успеха в учении, поисками правильных и точных решений.

### **Самостоятельная работа**

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, которую студент совершает в установленное время и в установленном объеме индивидуально или в группе, без непосредственной помощи преподавателя (но при его контроле), руководствуясь сформированными ранее представлениями о порядке и правильности выполнения действий.

В учебном процессе образовательного учреждения выделяются два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – выполняется на учебных занятиях, под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию (выполнение самостоятельных работ; выполнение контрольных и практических работ; решение задач);

- внеаудиторная – выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия (подготовка к аудиторным занятиям; изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку; выполнение домашних заданий разнообразного характера; выполнение индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы; подготовка к контрольной работе). Внеаудиторные самостоятельные работы представляют собой логическое продолжение аудиторных занятий, проводятся по заданию преподавателя, который инструктирует студентов и устанавливает сроки выполнения задания.

## 5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

### Лекция

- Лекция – основной вид обучения в вузе.
- В лекции излагаются основные положения теории, ее понятия и законы, приводятся факты, показывающие связь теории с практикой.
- Накануне лекции необходимо повторить содержание предыдущей лекции (а также теорию по изучаемой теме в школьных учебниках геометрии, если эта тема была представлена в них), а затем посмотреть тему очередной лекции по программе (по плану лекций).
- Полезно вести записи (конспекты) лекций: для непонятных вопросов оставлять место при работе над темой лекции с учебными пособиями.
- Записи лекций следует вести в отдельной тетради, оставляя место для дополнений во время самостоятельной работы.
- При конспектировании лекций выделяйте главы и разделы, параграфы, подчеркивайте основное.

### Лабораторное занятие

- Лабораторное занятие – наиболее активный вид учебных занятий в вузе. Он предполагает самостоятельную работу над лекциями и учебными пособиями.
- К каждому лабораторному занятию нужно готовиться. Подготовку следует начинать с повторения теории (по записям лекций или по учебному пособию). После этого нужно решать задачи из предложенного домашнего задания.

### Организация самостоятельной работы

Самостоятельность в учебной работе способствует развитию заинтересованности студента в изучаемом материале, вырабатывает у него умение и потребность самостоятельно получать знания, что весьма важно для специалиста с высшим образованием. Самостоятельная работа студентов представлена в следующих формах:

- работа с учебной литературой и конспектом лекций с целью подготовки к лабораторным занятиям, составление конспектов тем, выносимых на самостоятельную проработку;
- систематическое выполнение домашних работ.

**Таблица 4 – Содержание самостоятельной работы обучающихся**

Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
Раздел 1. Понятие о функциональном программировании	8	Подготовка отчета по лабораторной работе №1.
Раздел 2. Введение в язык Haskell	8	Подготовка отчета по лабораторной работе №2.
Раздел 3. Даты, классы, экземпляры	8	Подготовка отчета по лабораторной работе №3.
Раздел 4. Моноиды	8	Подготовка отчета по лабораторной работе №4.
Раздел 5. Интерпретация и компиляция функциональных программ	8	

## 5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины (модуля), выполняемые обучающимися самостоятельно

Лабораторная работа выполняется в рамках каждого раздела курса с целью усвоения прослушанного студентом теоретического материала.

Объем выполненной работы: каждая лабораторная работа содержит 3-5 задач.

Срок сдачи работы: лабораторные работы должны быть сданы в период прочтения курса. Сдача работы представляет собой предоставление отчёта в свободной форме в письменном или электронном виде и, в случае необходимости, устные ответы на уточняющие вопросы по отдельным задачам.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине «Функциональное программирование» могут использоваться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

### 6.1. Образовательные технологии

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах on-line или off-line в формах.

№	Формы	Описание
1	Лекция-дискуссия	Лекция-дискуссия специально не назначается, а возникает достаточно спонтанно на большинстве лекций. Студенты устно высказывают свое мнение по ходу лекции, дискутируют как с лектором, так и между собой. Также дискуссии иногда возникают при защите лабораторных работ.
2	Исследовательские методы в обучении	Дает возможность учащимся самостоятельно пополнять свои знания, глубоко вникать в изучаемую проблему и предполагать пути ее решения, что важно при формировании мировоззрения.
3	Лабораторные работы	Формирование навыков использования современных компьютерных технологий.
4	Самостоятельная работа	Работа с ресурсами Internet, подготовка к лабораторным работам

### 6.2. Информационные технологии

При реализации различных видов учебной и внеучебной работы используются следующие информационные технологии:

- система управления обучением LMS Moodle;
- использование возможностей Интернета в учебном процессе (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление обучающихся с оценками и т.д.);
- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронные библиотеки, журналы и т.д.) как источник информации;
- использование возможностей электронной почты;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий, применение новых технологий для проведения занятий с использованием презентаций и т.д.);
- использование интерактивных средств взаимодействия участников образовательного процесса (технологии дистанционного или открытого обучения в глобальной сети);
- использование интегрированных образовательных сред, где главной составляющей являются не только применяемые технологии, но и содержательная часть, т.е. информационные ресурсы (доступ к мировым информационным ресурсам, на базе которых строится учебный процесс).

### 6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной

- генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». <https://biblio.asu.edu.ru>
2. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем».
3. <https://library.asu.edu.ru>
4. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
5. Электронная библиотечная система издательства ЮРАЙТ, раздел «Легендарные книги». [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru), <https://urait.ru/>
6. Электронная библиотечная система IPRbooks. [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Функциональное программирование» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

### 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

**Таблица 5 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

**Таблица 6 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

### 7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Типовые контрольные задания, необходимые для оценки достижения запланированных результатов обучения приведены в таблице планирования результатов обучения по дисциплине (БаРС) (Приложение 1)\*.

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### *Лабораторные работы*

Лабораторная работа выполняется в рамках каждого раздела курса с целью усвоения прослушанного студентом теоретического материала.

Объем выполненной работы: каждая лабораторная работа содержит 3-5 задач.

Срок сдачи работы: лабораторные работы должны быть сданы в период прочтения курса. Сдача работы представляет собой предоставление отчёта в свободной форме в письменном или электронном виде и, в случае необходимости, устные ответы на уточняющие вопросы по отдельным задачам.

#### **Лабораторные работы**

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость, часов
1	1	Приближенное значение	8
2	2	Строки	8
3	3	Строки 2	4
4	4	Дерево	4
5	5	Граф	4
6	5	Лямбда-исчисление	4

Примеры заданий к лабораторной работе «Приближенное значение»

1. Студенты должны Написать программу для вычисления приближенного значения числа  $e$  по формуле для разложения  $e^x$  в ряд Тейлора. Предложить программы на языке Паскаль, написанные в традиционном императивном и функциональном стилях.
2. Студенты должны понимать особенности функционального стиля программирования
3. Студенты должны уметь писать программы в функциональном стиле на традиционных языках программирования

Примеры заданий к лабораторной работе «Строки»

1. Написать функцию, определяющую количество строк в списке, содержащих хотя бы одну букву (буквой будем называть символ, для которого функция `isAlpha :: Char -> Bool` выдает значение `True`).
2. Студенты должны знать основные конструкции языка Haskell
3. Студенты должны уметь писать программы на Haskell небольшого размера

Примеры заданий к лабораторной работе «Строки 2»

1. Написать функцию, вычисляющую длину самой длинной строки в заданном списке строк.
2. Студенты должны быть знакомы с функциями высших порядков
3. Студенты должны уметь реализовывать функции, принимающие другие функции в качестве аргумента
4. Студенты должны уметь применять на практике функции высших порядков, такие как `свертка` и `map`

Примеры заданий к лабораторной работе «Дерево»

1. Дерево задано с помощью следующего описания структуры данных. `data Tree a = Node a [Tree a]`



2. то есть дерево представляет собой корневой узел, содержащий некоторое значение произвольного типа  $a$  и список поддеревьев. Написать функцию, вычисляющую высоту дерева.
3. Студенты должны понимать основы лямбда-исчисления
4. Студенты должны уметь строить несложные интерфейсы
5. Студенты должны уметь писать программы, состоящие из нескольких модулей, связанных интерфейсами

**Примеры заданий к лабораторной работе «Граф»**

1. Структура графа задана списками смежности номеров вершин, то есть списком, элементами которого являются пары, состоящие из номера вершины и списка вершин, инцидентных ей.  $\text{type Graph} = [(\text{Int}, [\text{Int}]$
2. Написать функцию, которая проверяет, существует ли в графе путь, соединяющий вершины с двумя заданными номерами.

**Примеры заданий к лабораторной работе «Лямбда-исчисление»**

1. Выполнить редукцию выражения. В нормальном и аппликативном порядке редукций. В обоих случаях найти нормальную форму (НФ) и слабую заголовочную нормальную форму (СЗНФ) выражения.
2. Студенты должны понимать принципы компиляции и интерпретации программ
3. Студенты должны уметь выполнять редукцию лямбда-выражений
4. Студенты должны уметь реализовывать структуры данных на функциональных языках программирования, в рамках которого студенты отвечают на теоретические вопросы, проектируют и реализуют программы с применением навыков и умений, полученных в процессе освоения дисциплины.

**Шаблон отчета по лабораторной работе**

**Отчет по лабораторной работе № \_\_\_\_\_**

«Название лабораторной работы»

1. Цель и задачи лабораторной работы: \_\_\_\_\_
2. Методика проведения исследования: \_\_\_\_\_
3. Анализ погрешностей: \_\_\_\_\_
4. Результаты: \_\_\_\_\_
5. Выводы: \_\_\_\_\_

**Требования к выполнению лабораторной работы**

Отчеты по лабораторным работам должны быть отправлены на электронную почту преподавателя не позднее, чем через две недели после выдачи задания. Полученные выводы и графический материал должны быть информативными и корректными.

**Шкала оценивания и критерии оценки для работ № 1, 2, 3, 4 (на примере одной работы):**

№ п/п	Показатели	Оценка (уровень)		
		высокий	средний	низкий
1	Уровень оформления отчета	3	1,8	0,9
2	Навыки представления результатов работы	3	1,8	0,9
3	Умение применять полученные знания в новом окружении или для новых задач	3	1,8	0,9
4	Умение обосновывать принятые решения, анализировать ограничения их применимости	4	2,4	1,2

**Шкала оценивания и критерии оценки для работ № 5, 6 (на примере одной работы):**

№ п/п	Показатели	Оценка (уровень)		
		высокий	средний	низкий
1	Уровень оформления отчета	3	1,8	0,9
2	Навыки представления результатов работы	3	1,8	0,9
3	Умение применять полученные знания в новом окружении или для новых задач	4	2,4	1,2
4	Умение обосновывать принятые решения, анализировать ограничения их применимости	4	2,4	1,2

**7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)****ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

**Экзамен**

Формат проведения экзамена – устный опрос в формате ответов на вопросы билета. При необходимости экзаменатор имеет возможность задать 2-3 дополнительных вопроса по темам лабораторных работ и лекционному материалу.

Перечень вопросов:

1. Why FP and Haskell
2. Basic Syntax
3. Datas, Classes, Instances
4. Kinda lazy monoidal types
5. Monads, part 1
6. Functors, Applicative Functors
7. Monads, part 2
8. RealWorld
9. Monad Transformers
10. Speeding up Haskell
11. Template Haskell and Lens
12. Parallel and Concurrent Haskell
13. Comonads
14. Enterprise Haskell
15. Advanced type features
16. Idris
17. Укажите преимущества статической типизации (минимум \$4\$).
18. Укажите преимущества чистоты (минимум \$4\$).
19. Укажите преимущества иммутабельности (минимум \$4\$).
20. В чем отличие `\texttt{data}` от `\texttt{newtype}`?
21. Что такое "<Currying (каррирование)>" и функции высшего порядка?
22. Что дает слово "<deriving">? Что это в языке Haskell?
23. Как обновить  $b$  (скажем на  $2$ ) в `\texttt{data A = A { b :: Int }; c = A { b = 1 }}`?
24. Приведите пример типа с kind'ом `\texttt{(* -> Constraint) -> Constraint}`.
25. Укажите kind следующего типа данных: `\texttt{data A f g = B (f g Int)}`.
26. Укажите kind следующего типа данных: `\texttt{data A f g a = B (f g) (g a)}`.
27. Укажите kind следующего типа данных: `\texttt{data A f g = B (f g) (g f)}`.

28. Укажите kind типа `\texttt{type C m a = (Monad m, Show a)}`.
29. Укажите kind типа `\texttt{type C p a = (p [a], Show a)}`.
30. Напишите type class `\texttt{Traversable}`.
31. Реализуйте `\texttt{sequence}` через `\texttt{traverse}`.
32. Реализуйте `\texttt{traverse}` через `\texttt{sequence}`.
33. Напишите реализацию `\texttt{Foldable}` для `\texttt{Maybe}`.
34. Напишите реализацию `\texttt{Foldable}` для списка.
35. Напишите реализацию `\texttt{Traversable}` для `\texttt{Maybe}`.
36. Напишите реализацию `\texttt{Traversable}` для `\texttt{Either}`.
37. Напишите реализацию `\texttt{Traversable}` для списка.
38. Напишите о Language Extensions, приведите примеры.
39. Напишите, что делают эти расширения языка: `\texttt{TypeSynonyms}`, `\texttt{MultiParamTypeClasses}`, `\texttt{ViewPatterns}`, `\texttt{RecordsWildCards}`.
40. Напишите функцию `\texttt{(<$) :: Functor f => a -> f b -> f a}`. Она должна работать следующим образом: `\texttt{5 <$ Just 0 == Just 5, 5 <$ Nothing == Nothing}`.
41. Напишите функцию `\texttt{(\> $) :: Functor f => f a -> b -> f b}`. Она должна работать следующим образом: `\texttt{Just 0 \> 5 == Just 5, Nothing \> 5 == Nothing}`.
42. Напишите законы функтора.
43. Напишите класс типов `\texttt{Bifunctor}` и реализуйте его для `\texttt{Either}`.
44. Напишите класс типов `\texttt{Bifunctor}` и реализуйте его для пары.
45. Реализуйте функцию `\texttt{(<<$>>) :: (Functor f, Functor g) => (a -> b) -> f (g a) -> f (g b)}`.
46. Напишите type class `\texttt{Applicative}` и его реализацию для `\texttt{ZipList}`.
47. Напишите type class `\texttt{Applicative}` и его реализацию для `\texttt{((->) r)}`.
48. Есть функция `\texttt{g :: a -> b}` и объект `\texttt{x :: Applicative f => f a}`. Напишите два разных способа получить объект `\texttt{y :: Applicative f => f b}` из `\$x` с использованием `\$g`.
49. Реализуйте `\texttt{join}` через `\texttt{bind}`.
50. Напишите тип `\texttt{(>=>)}` и смысл этого оператора.
51. Покажите, синтаксическим сахаром для чего является `\texttt{do}`-нотация.
52. Что такое `\texttt{IO}`? Как теоретически это реализовано?
53. Отличие `\texttt{unsafePerformIO}` от `\texttt{unsafeInterleaveIO}`?
54. Напишите тип `\texttt{MaybeT}` и реализуйте его инстанс `\texttt{Monad}`.
55. Нарисуйте табличку отличий обычных типов и их трансформеров для известных вам трансформеров.
56. Напишите тип `\texttt{StateT}` и то, как определён `\texttt{State}` через `\texttt{StateT}`.
57. Укажите, что делает `\texttt{deepseq}` и как.
58. В чём разница между `\texttt{seq}` и `\texttt{deepseq}`?
59. Что такое `irrefutable patterns` и зачем они нужны?
60. Что такое `\texttt{BangPatterns}`? Когда их нужно использовать?
61. В чём разница между `\texttt{seq}` и `\texttt{BangPatterns}`?
62. Что такое `Deforestation`?
63. Что такое `Stream Fusion` и зачем он нужен?
64. Напишите, что значит тип `\texttt{ST}` и напишите основные функции по работе с ним.
65. Что такое `\texttt{STRef}` и в чём отличие от `IORef`?
66. Чем плохо использовать `\texttt{IORef}` и `\texttt{IOArray}`? Зачем нужны `\texttt{STRef}` и `\texttt{STArray}`?
67. В чём разница между `\texttt{[] []}` и `\texttt{\$()}`?
68. Как можно посмотреть AST-дерево для выражения?
69. Что такое `\texttt{Q}` в типах функций `Template Haskell`?
70. Напишите реализацию `\texttt{over}`.
71. Укажите операторные обозначения функций `\texttt{view}`, `\texttt{set}` и `\texttt{over}`. Есть ли отличие в типах функций и их операторных выражений?

72. Реализуйте `\texttt{over}` через `\texttt{view}` и `\texttt{set}`.
73. Реализуйте `\texttt{set}` через `\texttt{over}`.
74. Напишите функцию `\texttt{lens}`, которая принимает геттер и сеттер и возвращает линзу.
75. Чем линзы отличаются от призм?
76. Что такое изоморфизм (`\texttt{ISO}`)?
77. Напишите тип `\texttt{Iso}`.
78. Напишите тип функции `\texttt{iso}`.
79. Напишите тип функции `\texttt{from}` для `\texttt{Iso}`.
80. Что такое `\texttt{Strategy}`? Перечислите несколько стратегий и реализуйте некоторые. Зачем они нужны?
81. Что делает `\texttt{forkIO}`? Чем он отличается от `\texttt{forkFinally}`?
82. Опишите, что такое `\texttt{MVar}`, зачем он может быть нужен и несколько функций по работе с этим объектом.
83. Как в Haskell обстоят дела с DeadLock'ами?
84. Что такое `\texttt{STM}` (коротко), что позволяет делать и какие есть функции по работе с ним?
85. В чём отличие Haskell потоков от, например, потоков в Java?
86. Что такое RTS?
87. Укажите несколько полезных опций RTS.
88. Напишите ранг следующих функций и их запись типа с `\texttt{forall: String -> Maybe Int, Either a b -> Either c d, [a] -> (forall b . [b] -> b)}`.
89. Напишите, как иметь список объектов разных функторов, внутри каждого из которых значения одинакового типа, чтобы иметь возможность применить функции из этого значения в другое.
90. Зачем нужно расширение `\texttt{ExistentialQuantification}`?
91. В чём разница между `\texttt{-XRank2Types}` и `\texttt{-XRankNTypes}`. Зачем нужны оба?
92. Зачем нужно расширение языка `\texttt{-XExplicitForall}`?
93. Зачем нужно расширение языка `\texttt{-XScopedTypeVariables}` и как оно взаимодействует с `\texttt{forall}`?
94. Зачем нужно расширение языка `\texttt{-XTypeApplications}`?
95. Что такое typed holes и зачем они нужны?
96. Для чего нужно расширение языка `\texttt{-XPartialSignatures}`?
97. Можно ли создать следующий тип данных в Haskell: `\texttt{data a :~> b = (a -> b) :~> (b -> a)}`.
98. Что такое Functional Dependencies? Назовите какой-нибудь известный вам type class, в котором присутствуют функциональные зависимости.
99. Реализуйте `\texttt{instance Comonad}` для обычного `\texttt{Zipper}`.
100. `\texttt{IO}` использует абстракцию монад, какой аналог есть в мире комонад?
101. Как можно было бы сделать `\texttt{codo}` нотацию для комонад? И что бы происходило в этом синтаксическом сахаре?
102. Напишите, какие комонады двойственны монадам `\texttt{Reader}`, `\texttt{Writer}`, `\texttt{State}`.
103. Напишите, какие монады двойственны комонадам `\texttt{Traced}`, `\texttt{Store}`, `\texttt{Env}`.
104. Напишите комонаду `\texttt{Traced}` и инстанс `\texttt{Comonad}` для неё.
105. Напишите комонаду `\texttt{Env}` и инстанс `\texttt{Comonad}` для неё.
106. Напишите комонаду `\texttt{Store}` и инстанс `\texttt{Comonad}` для неё.
107. Напишите комонаду `\texttt{Stream}` и инстанс `\texttt{Comonad}` для неё.
108. Напишите класс `\texttt{ComonadTrans}`.
109. Что такое "`\texttt{__-eliminator}`"? Зачем это надо?
110. Что такое "<totalность>" и какие преимущества она даёт?
111. Что такое !-идиома в Idris?

112. Что такое `[] []`-идиома в Idris?

113. Реализуйте функцию `take` для вектора на Idris.

114. Напишите тип "`<зависимая пара>`" на Idris.

115. Реализуйте функцию `filter` для вектора на Idris.

116. Реализуйте функцию `head` для списка на Idris, которая компилируется только с гарантированно непустыми списками.

### **Порядок формирования экзаменационного билета:**

Билеты состоят из 4-х вопросов:

1 вопрос – с 1 по 29 вопрос из перечня вопросов к экзамену;

2 вопрос – с 30 по 58 вопрос из перечня вопросов к экзамену;

3 вопрос – с 59 по 87 вопрос из перечня вопросов к экзамену;

4 вопрос – с 88 по 116 вопрос из перечня вопросов к экзамену.

Пример экзаменационного билета № 1

1. Вопрос «Basic Syntax»

2. Вопрос «Напишите тип `StateT` и то, как определён `State` через `StateT`»

3. Вопрос «Что такое RTS?»

4. Вопрос «Реализуйте функцию `head` для списка на Idris, которая компилируется только с гарантированно непустыми списками.»

### **Шкала оценивания и критерии оценки:**

<b>Критерии оценки</b>	<b>Минимальное количество баллов</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>
Уровень усвоения материала, предусмотренного программой	3	4
Умение выполнять задания, предусмотренные программой	1.5	2
Уровень знакомства с основной литературой, предусмотренной программой	1.5	2
Уровень знакомства с дополнительной литературой	1	2
Уровень раскрытия причинно-следственных связей	1	2
Уровень раскрытия междисциплинарных связей	1	2
Качество ответа (его общая композиция, логичность, убежденность, общая эрудиция)	1	2
Ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, умение использовать ответы на вопросы для более полного раскрытия содержания вопроса	1	2
Деловые и волевые качества докладчика: ответственное отношение к работе, стремление к достижению высоких результатов, готовность к дискуссии, контактность	1	2
<b>Итого баллов</b>	<b>12</b>	<b>20</b>

<b>Оценка</b>	<b>Минимальное количество баллов</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>
Отлично	90	100
Хорошо	74	90
Удовлетворительно	60	74
Неудовлетворительно	36	60

Знания, умения и навыки обучающихся при промежуточной аттестации **в форме экзамена** определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

«Отлично» – обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

«Хорошо» – обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

«Удовлетворительно» – обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

«Неудовлетворительно» – обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **8.1. Основная литература**

1. Hopcroft J. E., Motwani R., Ullman J. D. Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation (3rd Edition). — Addison-Wesley, Boston, MA, USA, 2006. — 750 с.
2. Шень А. Программирование: теоремы и задачи. — М.: МЦНМО, 2014. — 296 с.
3. Шень А., Верещагин Н. Языки и исчисления. — М.: МЦНМО, 2012. — 240 с.
4. Верещагин, Н. К. Колмогоровская сложность и алгоритмическая случайность [Электронный ресурс] / Н. К. Верещагин, В. А. Успенский, А. Шень. — Электрон. дан. — СПб: Лань, 2013. — 575 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56395> — Загл. с экрана.

### **8.2. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся:**

1. Кривцова, И. Е. Основы дискретной математики. Часть 1. Учебное пособие [Электронный ресурс] / И. Е. Кривцова, И. С. Лебедев, А. В. Настека. — Электрон. дан. — СПб: ИТМО, 2016. — 92 с. — Режим доступа: [http://books.ifmo.ru/book/1869/osnovy\\_diskretnoy\\_matematiki\\_chast\\_1\\_uchebnoe\\_posobie.htm](http://books.ifmo.ru/book/1869/osnovy_diskretnoy_matematiki_chast_1_uchebnoe_posobie.htm) — Загл. с экрана.

### **8.3. Дополнительная литература**

1. Вики-конспекты. — [http://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Заглавная\\_страница](http://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Заглавная_страница)

### **8.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети “Интернет”, необходимый для освоения дисциплины**

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем»: <https://library.asu.edu.ru>
2. Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС): <http://mars.arbicon.ru>
3. Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Для проведения лекционных занятий используется аудитория, оборудованная современной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Для выполнения лабораторных работ используются компьютерные классы с установленным в них необходимым программным обеспечением.

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для обучения с применением дистанционных образовательных технологий. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).