

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе
Российской академии наук**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора Института по научной работе

 С.В. Лебедев



« 02 » 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОБЩАЯ АСТРОФИЗИКА**

основной образовательной программы подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлению 03.06.01 Физика и астрономия

Профиль:

01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Принято Ученым советом

Протокол №1 от 20 февраля 2015 г.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ



Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов основных образовательных программ высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, профиль 01.03.02 «Астрофизика и звездная астрономия»

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Рассматриваемая дисциплина является вариативной в ООП подготовки аспирантов, обучающихся по профилю 01.03.02 «Астрофизика и звездная астрономия»

Целями изучения дисциплины является:

- Изучение современных основ астрономии и астрофизики, физической картины окружающего мира;
- Изучение физической природы, происхождения и эволюции небесных тел и образованных ими систем;
- Изучение представлений о строении окружающего нас космического пространства, строении и эволюции Вселенной;

Задачи дисциплины заключаются в изучении:

- фундаментальных понятий, законов и теорий, относящихся к современной астрофизике: видимые движения небесных объектов, методы астрофизических исследований, физика звезд, Галактика, межзвездная и межгалактическая среда, внегалактическая астрономия, строение и эволюция Вселенной;
- современных аналитических и численных методов, необходимых для расчета и моделирования астрофизических объектов и явлений.

Для достижения задач, поставленных при изучении дисциплины, используется набор методических средств: учебная, учебно-методическая литература, информационные ресурсы библиотеки, электронные курсы и др.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

- 2.1. Учебная дисциплина «Общая астрофизика» входит в вариативную часть ООП (обязательные дисциплины).
- 2.2. Данная программа строится на преемственности программ в системе высшего образования и предназначена для аспирантов ФТИ, прошедших обучение по программе подготовки магистров, прослушавших соответствующие курсы и имеющих по ним положительные оценки. Она основывается на положениях, отраженных в учебных программах указанных уровней.
- 2.3. Дисциплина «Общая астрофизика» необходима при подготовке выпускной квалификационной работы аспиранта и подготовке к сдаче кандидатского экзамена.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Общая астрофизика» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки «Физика и астрономия»:

3.1. Универсальные компетенции:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1).

3.2. Общепрофессиональные компетенции:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

3.3. Профессиональные компетенции:

- способность планировать, организовывать работу по проектам, требующим знания астрофизики и звездной астрономии (ПК-1);

- способность к теоретическому расчету необходимых астрофизических и астрономических величин (ПК-2);

- способность к разработке математических моделей, определяющих изучаемые процессы в астрофизике и звездной астрономии (ПК-3);

- способность получать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследования, выбирать и обосновывать методики и средства решения поставленных задач (ПК-4).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Приводимая ниже таблица показывает распределение бюджета учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса согласно учебному плану «Общая астрофизика» 72 часа, 23Е.

Наименование разделов и тем	Трудоёмкость (в ЗЕТ)	Объём работы (в часах)	Всего учебных занятий (в часах)			
			Лекции	Лаб. / практ.	Самостоятельная работа	Контроль
1	2	3	4	5	6	7
Раздел 1. Введение в современную астрофизику						
Тема 1.1. Пространственно-временные масштабы в астрофизике.		3	2		1	
Тема 1.2. Астрономические наблюдения в различных диапазонах.		4	2		2	
Тема 1.3. Излучение, поглощение, распространение ЭМ волн в среде.		4	2		2	

Раздел 2. Звезды						
Тема 2.1. Общие характеристики звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела.		6	3		3	
Тема 2.2. Стационарные звезды.		4	2		2	
Тема 2.3. Ядерные реакции в звездах		4	2		2	
Тема 2.4. Эволюция звезд.		4	2		2	
Тема 2.5. Сверхновые и их остатки.		4	2		2	
Тема 2.6. Компактные звезды.		4	2		2	
Тема 2.7. Двойные звезды.		4	2		2	
Раздел 3. Межзвездная среда						
Тема 3.1. Состав и структура межзвездной среды. Межзвездная пыль. Методы исследования.		7	4		3	
Тема 3.2. Тепловой и ионизационный баланс межзвездного газа. Молекулы.		4	2		2	
Раздел 4. Галактика						
Тема 4.1. Основные характеристики галактик.		6	3		3	
Тема 4.2. Скопления галактик		4	2		2	
Раздел 5. Строение и эволюция Вселенной						
Тема 5.1. Распространенность химических элементов и методы их наблюдения		3	2		1	
Тема 5.2. Реликтовое излучение, его основные с-ва и методы его наблюдения. Крупномасштабная структура Вселенной		7	4		3	
Всего по дисциплине		72	38		34	ЭКЗ АМ ЕН

4.2. Содержание разделов и тем

Раздел 1. Введение в современную астрофизику

Тема 1.1. Пространственно-временные масштабы в астрофизике.

Лекции (2 часа)

Астрономические расстояния и способы их измерения. Характерные времена. Характерные значения масс. Солнечные единицы. Состояние вещества во Вселенной.

Тема 1.2. Астрономические наблюдения в различных диапазонах.

Лекции (2 часа)

Основные задачи наблюдательной астрономии. Пропускание ЭМ волн земной атмосферой. Точечные и протяженные источники. Оптические наблюдения. Радиоастрономия. Рентгеновская и гамма-астрономия. Нейтринная астрономия.

Тема 1.3. Излучение, поглощение, распространение ЭМ волн в среде.

Лекции (2 часа)

Основные понятия: интенсивность излучения, поток излучения, плотность энергии излучения. Излучение абсолютно черного тела. Перенос излучения в среде и формирование спектра. Образование спектральных линий.

Раздел 2. Звезды

Тема 2.1. Общие характеристики звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

Лекции (3 часа)

Общие характеристики звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела. Образование звезд: гравитационная неустойчивость, влияние вращения, влияние магнитного поля.

Тема 2.2. Стационарные звезды.

Лекции (2 часа)

Стационарные звезды: гидростатическое равновесие. Теорема вириала для звезды. Тепловая устойчивость звезд, отрицательная теплоемкость.

Тема 2.3. Ядерные реакции в звездах.

Лекции (2 часа)

Протон-протонный цикл. Солнечные нейтрино. CNO-цикл. Происхождение химических элементов в ходе звездного нуклеосинтеза.

Тема 2.4. Эволюция звезд.

Лекции (2 часа)

Выгорание водорода. Горение элементов тяжелее водорода. Вырождение вещества, предел Чандрасекара. Конечные стадии эволюции звезд.

Тема 2.5. Сверхновые и их остатки. Эволюция звезд.

Лекции (2 часа)

Вспышки сверхновых. Сверхновые I и II типов. Гиперновые и гамма-всплески. Остатки сверхновых и их взаимодействие с межзвездной средой.

Тема 2.6. Компактные звезды.

Лекции (2 часа)

Белые карлики. Нейтронные звезды. Пульсары. Черные дыры.

Тема 2.7. Двойные звезды.

Лекции (2 часа)

Определение масс двойных звезд. Функция масс. Приближение Роша и полость Роша. Перенос масс. Стадии эволюции двойных звезд.

Раздел 3. Межзвездная среда

Тема 3.1. Состав и структура межзвездной среды. Межзвездная пыль. Методы исследования.

Лекции (4 часа)

Компоненты межзвездной среды и их взаимосвязь. Состав межзвездного газа. Эволюция межзвездного газа. Методы наблюдений.

Тема 3.2. Тепловой и ионизационный баланс межзвездного газа. Молекулы.

Лекции (2 часа)

Уравнения теплового и ионизационного баланса. Основные атомные процессы, определяющие физические условия в межзвездной среде. Области HII. Тепловая неустойчивость межзвездного газа. Взаимодействие космических лучей с межзвездным газом. Межзвездные молекулы.

Раздел 4. Галактика

Тема 4.1. Основные характеристики галактик

Лекции (3 часа)

Основные характеристики и структура галактик. Движение газа и звезд. Кривые вращения галактических дисков. Темное гало.

Тема 4.2. Скопления галактик.

Лекции (2 часа)

Крупномасштабная структура Вселенной. Основные характеристики скопления галактик. Газ в скоплениях, рентгеновское излучение. Эффект Сюняева-Зельдовича. Оценка массы богатых скоплений. Особенности эволюции галактик в скоплениях.

Раздел 5. Стрoение и эволюция Вселенной

Тема 5.1. Распространенность химических элементов и методы их наблюдения.

Лекции (2 часа)

Распространенность химических элементов и их эволюция с момента первичного нуклеосинтеза до настоящих дней. Наблюдения относительной распространенности гелия-4 в малометаллических туманностях. Наблюдения дейтерия в суб-ДЛА системах, находящихся на больших красных смещениях. Наблюдения Li-7 в маломассивных звездах, «литиевая» проблема.

Тема 5.2. Реликтовое излучение, его основные свойства и методы его наблюдения. Крупномасштабная структура Вселенной.

Лекции (4 часа)

История открытия и наблюдения реликтового излучения. Основные свойства РИ. Современное значение температуры РИ. Анизотропия РИ. Ключевые космологические параметры, определяемые по результатам анализа анизотропии реликтового излучения

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология процесса обучения по дисциплине «Общая астрофизика» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- б) самостоятельная работа студентов;
- г) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончании;
- д) кандидатский экзамен по окончании изучения дисциплины.

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют чётко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Общая астрофизика» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Цель контроля – получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

6.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний аспирантов организован как выступления на семинарах.

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний и развитие практических умений.

6.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация завершает изучение дисциплины «Общая астрономия». Форма аттестации – кандидатский экзамен по специальности.

Вопросы для кандидатского экзамена

Билет №1

1. Оптические телескопы. Эффективность телескопов, связь с качеством изображения. Методы достижения высокого углового разрешения. Активная и адаптивная оптика.
2. Реликтовое излучение, его характеристики и происхождение. Флуктуации яркости.

Билет №2

1. Основные характеристики Солнца как звезды. Внутреннее строение. Фотосфера. Хромосфера. Корона. Солнечный ветер.
2. Происхождение химических элементов: первичный нуклеосинтез, звездный нуклеосинтез, взрывной нуклеосинтез.

Билет №3.

1. Радиотелескопы. Диаграмма направленности, антенная температура, шумовая температура, полоса пропускания, чувствительность.
2. Двойные и кратные звезды. Затменно-переменные. Функция масс и оценка масс компонент в двойных системах.

Билет №4

1. Элементарные процессы излучения и поглощения электромагнитных квантов. Излучение и распространение радиоволн в теплой плазме. Космические источники теплового и нетеплового излучения в различных областях спектра.
2. Звездные скопления и ассоциации. Интерпретация диаграмм цвет-звездная величина.

Билет №5

1. Принципы спектрального анализа. Спектрографы. Спектральное разрешение и факторы, его определяющие.
2. Классификация галактик. Особенности структуры галактик разных морфологических типов. Содержание газов и звездообразование в галактиках.

Билет №6

1. Шкала звездных величин и показателей цвета. Фотометрические системы. Современные методы фотометрии. Поляризационные наблюдения.
2. Строение Галактики. Звездные населения и подсистемы. Спиральная структура Галактики, наблюдаемые проявления. Ядро Галактики.

Билет №7

1. Спектральная классификация звезд, ее физическая интерпретация. Диаграмма Грешпрунга-Рессела
2. Теория космического радиоизлучения. Тормозное излучение плазмы. Магнитотормозное излучение. Синхротронное излучение релятивистских электронов. Обратный Комптон-эффект.

Билет №8

1. Внеатмосферные наблюдения, решаемые задачи. Инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-обсерватории.
2. Ударные волны в межзвездной среде. Остатки сверхновых и их эволюция.

Билет №9

1. Механизмы переноса энергии. Уравнение переноса. Локальное термодинамическое равновесие. Эддингтоновский предел светимости.
2. Галактики с активными ядрами. Квазары. Представление о механизмах активности.

Билет №10

1. Межзвездная пыль, наблюдаемые проявления. Собственное излучение пыли. Межзвездное поглощение и его учет.
2. Тесные двойные системы и особенности их эволюции. Аккреция на компактные звезды. Рентгеновские источники в двойных системах. Новые звезды. Барстеры.

Билет №11

1. Гравитационная неустойчивость газовой среды и конденсация газа. Протозвезды и молодые звезды. Околос звездные диски.
2. Шкала расстояний, закон Хаббла. Крупномасштабное распределение галактик.

Билет №12

1. Сверхновые звезды, типы сверхновых, наблюдаемые особенности. Процессы, приводящие к взрыву. Роль сверхновых в обогащении межзвездной среды тяжелыми элементами.
2. Размеры, светимость, скорость вращения и масса галактик, принципы их оценок. Проблема существования темного гало. Карликовые галактики, наблюдаемые особенности.

Билет №13

1. Принципы интерферометрии. Радиointерферометры. Метод апертурного синтеза. Радиотелескопы с незаполненной апертурой. Интерферометрия со сверхдлинными базами. Угловое разрешение интерферометров.
2. Фридмановские модели расширяющейся Вселенной, понятие критической плотности и космологической постоянной. Постоянная Хаббла и «возраст» Вселенной.

Билет №14

1. Модели звездных атмосфер. Механизмы образования линий поглощения. Понятие эквивалентной ширины линий. Профили линий, механизмы уширения линий. Кривая роста. Химический состав звездных атмосфер.
2. Радиоизлучение галактик и их ядер. Радиогалактики: мощность радиоизлучения, радиоструктура. Радиоджеты.

Билет №15

1. Звездная динамика. Фазовая плотность и уравнение Больцмана для звездных систем. Интегралы движения. Теорема вириала и ее применение. Регулярные и иррегулярные силы. Время релаксации. Интеграл столкновений.
2. Физическое состояние межзвездного газа. Молекулярные облака, области HI и HII, корональный газ, мазерные конденсации.

Билет №16

1. Конечные стадии звездной эволюции. Вырожденные звезды: белые карлики, нейтронные звезды. Черные дыры, их физические свойства и наблюдаемые проявления.

2. Оптическое излучение межзвездного газа. Запрещенные линии. Газовые туманности различных типов. Радиолинии. Мазерные источники.

Билет №17

1. Переменные и нестационарные звезды. Пульсирующие переменные (цефеиды, долгопериодические переменные, переменные типа КК Лиры). Звезды с оболочками (Ве, МК). Звезды типа Т Тельца. Объекты Ae/Be Хербига. Катаклизмические переменные.
2. Группы и скопления галактик. Взаимодействующие галактики. Межгалактический газ в системах галактик.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. А.В. Засов, К.А. Постнов. Общая астрофизика. Фрязино. 2006.
2. Н.Г. Бочкарев. Основы физики межзвездной среды. URSS, Москва. 2010
3. Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков. Введение в теорию ранней Вселенной. I том. Москва, УРСС, 2008.

7.2. Дополнительная литература

1. А.В. Засов, Э.В. Кононович. Астрономия. Физматлит, Москва. 2008.
2. Небо и телескоп. Ред. В.Г. Сурдин. Физматлит, Москва. 2009.
3. С. Вайнберг. Космология. Москва, УРСС, 2012.

7.3. Интернет-ресурсы

Отечественные журналы:

1. Астрономический вестник (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7665; доступ с 2007 по текущий год)
2. Астрономический журнал (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7666; доступ с 2007 по текущий год)
3. Письма в астрономический журнал (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=79414; доступ с 2007 по текущий год)
4. Геомагнетизм и аэрономия (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7765; доступ с 2007 по текущий год)
5. Исследование Земли из космоса (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7842; доступ с 2007 по текущий год)
6. Космические исследования (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7859; доступ с 2007 по текущий год)
7. Вестник МГУ. Часть 3. Физика, астрономия (<http://vnu.phys.msu.ru/toc/list>; доступ с 1985 по 2014)
8. Проблемы передачи информации (http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=ppi&wshow=details&option_lang=rus; доступ с 1965 по 2012)
9. Земля и Вселенная (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7808; доступ с 1965 по 2012)

Отечественные журналы в переводе:

1. Astronomy Reports (<http://link.springer.com/journal/11444>; доступ с 2000 по текущий год,

2. Astronomy Letters (<http://www.springerlink.com/content/119837/>; доступ с 2000 по текущий год)
3. Bulletin of the Crimean Astrophysical Observatory (<http://link.springer.com/journal/11989>; доступ с 2007 по текущий год)
4. Cosmic Research (<http://link.springer.com/journal/10604>; доступ с 2000 по текущий год)
5. Earth and Space Science (<http://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/agu/journal/10.1002/%28ISSN%292333-5084/>; доступ с 2014 по текущий год)
6. Geomagnetism and Aeronomy (<http://link.springer.com/journal/11478>; доступ с 2006 по текущий год)
7. Problems of Information Transmission (<http://link.springer.com/journal/11122>; доступ с 2001 по текущий год)
8. Solar System Research (<http://link.springer.com/journal/11208>; доступ с 2000 по текущий год)
9. Radiophysics and Quantum Electronics (<http://www.springer.com/astronomy/journal/11141>; доступ с 1965 по текущий год)

Международные журналы:

Gravitation and Cosmology (<http://link.springer.com/journal/12267>; доступ с 2008 по текущий год)

Иностранные журналы:

1. Astronomy and Astrophysics (<http://www.aanda.org/>; частичный свободный доступ к отдельным номерам журнала с 2001 по текущий год)
2. Astronomy and Astrophysics Review (<http://link.springer.com/journal/159>; доступ с 1989 по текущий год)
3. Astronomy & Geophysics (<http://astrogeo.oxfordjournals.org/>; доступ с 1997 по текущий год)
4. Astroparticle Physics (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09276505/23/1>; доступ с 2006 по текущий год)
5. Astrophysics (<http://link.springer.com/journal/10511>; доступ с 1965 по текущий год)
6. Astrophysics and Space Science (<http://link.springer.com/journal/10509>; доступ с 1968 по текущий год)
7. Classical and Quantum Gravity (<http://iopscience.iop.org/0264-9381/>; доступ с 1984 по текущий год)
8. Computational Astrophysics and Cosmology (<http://link.springer.com/journal/40668>; доступ с 2014 по текущий год)
9. Experimental Astronomy (<http://link.springer.com/journal/10686>; доступ с 1989 по текущий год)
10. Journal of Astrophysics and Astronomy (<http://link.springer.com/journal/12036>; доступ с 1980 по текущий год)
11. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics (<http://iopscience.iop.org/1475-7516/>; доступ с 2003 по текущий год)
12. Microgravity Science and Technology (<http://link.springer.com/journal/12217>; доступ с 2001 по текущий год)
13. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (<http://mnras.oxfordjournals.org/>; доступ с 1827 по текущий год); (<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%291365-2966>; доступ с 1998 по 2012);
14. Monthly Notices Letters of the Royal Astronomical Society (<http://mnrasl.oxfordjournals.org/>; доступ с 2005 по текущий год)
15. Nature (<http://www.nature.com/nature/index.html>; доступ с 1940 по текущий год)
16. Planetary Science (<http://link.springer.com/journal/13535>; доступ с 2012 по текущий год)

17. Research in Astronomy and Astrophysics (<http://iopscience.iop.org/1674-4527/>; доступ с 2001 по текущий год)
18. Space Science Reviews (<http://link.springer.com/journal/11214>; доступ с 1962 по текущий год)
19. Space Weather (<http://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/agu/journal/10.1002/%28ISSN%291542-7390/>; доступ с 2003 по текущий год)
20. Solar Physics (<http://link.springer.com/journal/11207>; (доступ с 1967 по текущий год)
21. The Astronomical Journal (<http://iopscience.iop.org/1538-3881>; доступ с 1849 по текущий год)
22. The Astrophysical Journal (<http://iopscience.iop.org/0004-637X>; доступ с 1996 по текущий год)
23. The Astrophysical Journal Letters (<http://iopscience.iop.org/2041-8205>; доступ с 1995 по текущий год)
24. The Astrophysical Journal. Supplement series (<http://iopscience.iop.org/0067-0049>; доступ с 1996 по текущий год)

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория
2. Мультимедийный проектор
3. Персональный компьютер