

Рабочая программа дисциплины

1. Общая астрофизика

2. Лекторы.

2.1. Д.ф.-м.н., проф. Засов Анатолий Владимирович, кафедра астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ, e-mail: zasov@sai.msu.ru, телефон.: +7(495) 939-1660

2.1.1. Д.ф.-м.н., проф. Постнов Константин Александрович, кафедра астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ, e-mail: pk@sai.msu.ru, телефон.: +7(495) 939-5006

3. Аннотация дисциплины.

. В курсе обсуждаются методы получения информации из наблюдательных данных и современные возможности наблюдений. В курсе раскрывается общая картина современных представлений о природе и эволюции звезд, звездных систем, галактик и Вселенной как целого и физических процессах, которые в них протекают.

4. Цели освоения дисциплины.

Знакомство с методами и результатами исследования астрофизических источников. Приобретение профессиональных знаний в области астрофизики в знакомстве с нерешенными проблемами. Иллюстрация применения фундаментальных законов физики для объяснения процессов в астрофизических объектах. Умение производить простейшие численные оценки, связывающие важнейшие параметры этих источников.

5. Задачи дисциплины.

В результате освоения дисциплины «Общая астрофизика» студенты должны приобрести базовые знания о методах и результатах исследования астрофизических объектов и о связи этих исследований с решением смежных проблем астрономии и космологии.

6. Компетенции.

7.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

ОК-1, ОК-6

7.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

ПСК-1.1, ПСК-1.2, ПСК-1.3, ПСК-6.2, ПСК-6.3

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен знать основы генерации теплового и нетеплового электромагнитного излучения в астрофизических объектах, уметь производить простые вычисления, основанные на определенных физических принципах, связывающие различные параметры астрофизических объектов по их наблюдаемым спектральным и временным характеристикам.

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр			Всего
	5	6		
Общая трудоёмкость, акад. часов	108	108		216
Аудиторная работа:	54	51		105
Лекции, акад. часов	36	17		53
Семинары, акад. часов	18	34		52
Лабораторные работы, акад. часов	-	-		-
Самостоятельная работа, акад. часов	54	57		111
Вид итогового контроля (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)	Зачет	Экзамен		

N раздела	Наименование раздела	Трудоёмкость (академических часов) и содержание занятий				Форма текущего контроля
		Аудиторная работа			Самостоятельная работа	
		Лекции	Семинары	Лабораторные работы		
1	6 семестр. Излучение и поглощение электромагнитных волн в космической среде	№1 2 часа <i>Основные понятия. Плотность и интенсивность излучения. Тепловое излучение. Излучение абсолютно черного тела. Формула Планка и ее предельные случаи. Понятие полного и локального термодинамического равновесия</i>		нет	3 ч. Работа с лекционным материалом	ДЗ, КР, Об

		<p>№2. 2 часа. Коэффициент излучения. Коэффициент поглощения и оптическая толщина. Уравнение переноса при наличии излучения и поглощения. Простейшие решения. Образование спектральных линий при ПТР. Астрофизические примеры спектров. Эффективная и яркостная температуры.</p>	<p>№1. 2 часа. Излучение и поглощение электромагнитных волн в космической среде. Уравнение переноса и его решение для плоскопараллельной атмосферы. Эффективная и яркостная температуры.</p>		<p>2 ч. Работа с лекционным материалом</p>	
2	Межзвездная среда	<p>№3. 2 часа. Основные составляющие и проявления МЗС. Пропускание излучения МЗС. Физические особенности разреженной МЗС. Запрещенные линии. Излучение нейтрального водорода 21 см.</p>			<p>2 ч. Работа с лекционным материалом</p>	

	<p>№4. 2 часа. Магнитные поля в МЗС. Наблюдательные проявления. Вмороженность магнитного поля в МЗС. Синхротронное излучение релятивистских электронов. Методы диагностики плазмы МЗС – мера дисперсии и мера вращения.</p>	<p>№2. 2 часа Межзвездная среда. Длина свободного пробега света в условиях МЗС. Вмороженность магнитного поля в МЗС. Мера дисперсии и мера вращения.</p>	<p>2 ч. Работа с лекционным материалом</p>	
	<p>№5. 2 часа. Механизмы объемного нагрева и охлаждения МЗС. Тепловая неустойчивость МЗС. Ионизованный водород и зоны НП. Горячий (корональный) газ. Молекулярные облака. Зоны звездообразования и космические лазеры .</p>		<p>2 ч. Работа с лекционным материалом</p>	
	<p>№6. 2 часа. Космические лучи. Основные наблюдательные данные и характеристики. Спектр КЛ. Обратное комптоновское рассеяние. Удержание КЛ в Галактике. Проблема происхождения и ускорения КЛ сверхвысоких энергий.</p>	<p>№3. 2 часа Синхротронное излучение. Время синхротронного охлаждения. Космические лучи. Удержание в Галактике. Условие Хиллса для ускорения КЛ в астрофизических источниках.</p>	<p>2 ч. Работа с лекционным материалом</p>	

3	Звезды	<p>№7. 2 часа. Общие характеристики звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела. Образование звезд. Гравитационная неустойчивость. Фрагментация протозвездных облаков. Влияние вращения и магнитного поля на сжатие протозвездных облаков.</p>			2 ч. Работа с лекционным материалом	КР
		<p>№8. 2 часа. Стадии формирования звезд. Стадия свободного сжатия. Появление фотосферы и адиабатическая стадия. Трек Хаяши. Молодые звезды типа T Тау.</p>	<p>№4. 2 часа Гравитационная неустойчивость. Джинсовская длина и джинсовская масса. Время свободного сжатия облака газа.</p>		2 ч. Работа с лекционным материалом	ДК
		<p>№9. 2 часа. Стационарные звезды. Уравнение гидростатического равновесия. Теорема вириала для невырожденных звезд. Отрицательная теплоемкость звезд и её физическая интерпретация. Тепловая устойчивость звёзд.</p>			3 ч. Работа с лекционным материалом 4 ч. Решение задач. Подготовка к контрольной работе	

	<p>№10. 2 часа Ядерные реакции в звёздах. Водородный и CNO-циклы. Энерговыделение в ядерных реакциях. Происхождение химических элементов до железного пика в термоядерных реакциях.</p>	<p>№5. 2 часа Контрольная работа</p>		<p>2 ч. Работа с лекционным материалом</p>	
	<p>№11. 2 часа. Перенос энергии внутри звезд. Лучистая теплопроводность. Конвекция. Уравнения внутреннего строения звезд главной последовательности. Роль давления излучения в ядрах звезд. Эддингтоновский предел светимости. Соотношения масса-светимость и масса-радиус для звезд главной последовательности.</p>	<p>№6. Теорема вириала для звезд. Динамическая шкала времени и время Кельвина-Гельмгольца. Ядерное время. Оценка центральной температуры Солнца по теореме вириала</p>		<p>2 ч. Работа с лекционным материалом</p>	

		№12. 2 часа. Атмосферы звезд. Образование спектральных линий. Спектральная классификация звезд. Формирование непрерывного спектра. Бальмеровский скачек. Особенности спектров звезд различных спектральных классов.	№7. 2 часа Ядерные реакции в звездах. Время выхода фотонов из центра Солнца. Поток солнечных нейтрино. Высота однородной атмосферы на Солнце. Преобразование магнитной энергии в тепловую и кинетическую в солнечных вспышках		2 ч. Работа с лекционным материалом	
4	Солнце	№13 2 часа. Общие характеристики. Масса, радиус, спектральный класс. Физические параметры и особенности фотосферы, хромосферы и короны Солнца. Многоволновые наблюдения.			2 ч. Работа с лекционным материалом	
		№14 2 часа Солнечные пятна. Активность Солнца. Солнечные циклы. Хромосферная активность. Солнечные вспышки и их физическая причина. Магнитное пересоединение. Солнечный ветер. Солнечно-земные связи.			2 ч. Работа с лекционным материалом	КР

		№ 15. 2 часа. Современные методы изучения Солнца. Гелиосейсмология и её основные результаты. Внутренне строение и химический состав Солнца по данным гелиосейсмологии. Проблема Солнечных нейтрино и её современное решение.			2 ч. Работа с лекционным материалом	
5	Планеты и планетные системы	№ 16. 2 часа Планеты и малые тела в Солнечной системе. Основные физические характеристики, методы изучения тел Солнечной системы. Модели образования солнечной системы. Экзопланеты. Методы обнаружения и наблюдательные особенности экзопланет.	№8. 2 часа Методы определения масс планет вокруг звезд по функции масс. Микролинзирование.		2 ч. Работа с лекционным материалом 4 ч. Решение задач. Подготовка к контрольной работе	
6	Звездный ветер у звезд главной последовательности.	№ 17. 2 часа. Потеря массы звездами главной последовательности. Звездный ветер у звезд разных спектральных классов. Методы определения физических параметров звездного ветра. Профили спектральных линий типа P Cyg.	№8. 2 часа Контрольная работа		2 ч. Работа с лекционным материалом	06

7	Эволюция звезд.	<p>№ 18. 2 часа .Эволюция звезд после главной последовательности. Горение гелия и образование С-О ядра. Вырождение вещества. Свойства вырожденного электронного газа. Давление вырожденного газа в предельных случаях (нерелятивистский и ультрарелятивистский).</p>			<p>2 ч. Работа с лекционным материалом 20 ч подготовка к зачету</p>	
	7 семестр	<p>№ 19. 2 часа .Эволюция массивных звезд до образования железного ядра. Самые массивные звезды. Предел Хэмфри-Дэвиса. Звезды Вольфа-Райе. Роль нейтрино в эволюции массивных звезд. Пульсации звезд. Цефеиды. Зависимость период-светимость.</p>	<p>Семинар 2-1 Пульсации звезд. Цефеиды. Зависимость период-светимость. Роль цефеид в астрономической шкале расстояний.</p>		<p>2 ч. Работа с лекционным материалом</p>	

		№ 20. 2 часа Физические причины потери устойчивости железных ядер. УРКА-процессы в звездах. Нейтронизация, фотодиссоциация железа, эффекты ОТО. Гравитационный коллапс.. Образование нейтронных звезд	Семинар №2-2 Физика гравитационного коллапса. Захват нейтрино и остановка коллапса. Нейтриносфера. Диффузия нейтрино.		2 ч. Работа с лекционным материалом	
9	Белые карлики	№ 21. 2 часа Эволюция звезд с массой менее 10 масс Солнца. Вырождение в гелиевых и С-О ядрах. Слойные источники. Стадия красных гигантов. Асимптотическая ветвь гигантов. Сброс планетарной туманности. Белые карлики.	Семинар № 2-3 Соотношение масс радиус для белых карликов. Предел Чандрасекара для массы белых карликов. Зависимость от лептонного числа.		2 ч. Работа с лекционным материалом	
10	Сверхновые и остатки сверхновых	№ 22. 2 часа Вспышки сверхновых и их наблюдательная классификация. Сверхновые II типа. Гиперновые и гамма-всплески. Термоядерные сверхновые типа Ia. Ярчайшие сверхновые. Остатки сверхновых и их взаимодействие с межзвездной средой.	Семинар № 2-4 Стадии эволюции остатков СН (свободный разлет, адиабатическая стадия, стадия «снегоочистителя»). Решение Седова-фон Неймана-Теллера.		2 ч. Работа с лекционным материалом	

11		<p>№ 23. 2 часа Одиночные нейтронные звезды. Внутреннее строение нейтронных звезд. Методы определения масс, радиусов и напряженностей магнитных полей НЗ.</p>	<p>Семинар № 2-5 Радиопульсары. Торможение вращения замagnetиченной нейтронной звезды. Магнитодипольная формула</p>		<p>2 ч. Работа с лекционным материалом 4 ч. Решение задач. Подготовка к контрольной работе</p>	
12	Эволюция двойных звезд.	<p>№ 24. 2 часа Особенности эволюции звезд в двойных системах. Приближение Роша и полость Роша. Обмен массами в тесных двойных системах. Парадокс Алголя и его разрешение. Наблюдательные проявления эволюции ТДС. Стадии эволюции ТДС.</p>	<p>Семинар № 2-6 Контрольная работа</p>		<p>2 ч. Работа с лекционным материалом</p>	
13	Компактные звезды в ТДС.	<p>№ 25. 2 часа Белые карлики в двойных системах, Катаклизмические переменные и новые звезды. Нейтронные звезды и черные дыры в ТДС. Массивные и маломассивные рентгеновские ТДС. Рентгеновские пульсары. Рентгеновские барстеры. Рентгеновские новые.</p>	<p>Семинар №2-7. Функция масс. Определение масс невидимых компонент в спектрально-двойных системах. Семинар № 2-8. .Аккреция на компактные звезды в ТДС. Квази-сферическая и дисковая аккреция.</p>		<p>2 ч. Работа с лекционным материалом</p>	

14	Физика галактик	<p>№ 26. 2 часа</p> <p>Основные характеристики галактик. Структура галактик. Движение газа и звезд Кривые вращения галактических дисков. Связь распределения масс в галактике с кривой вращения. Проблема темного гало. Физическая природа спиральной структуры. Типы спиральных ветвей</p>	<p>Семинар № 2-9</p> <p>. Столкновение звезд и время релаксации в звездных системах.</p> <p>Гравитационная устойчивость звездных дисков.</p> <p>Семинар № 2-10</p> <p>Межзвездная среда в галактиках: нейтральный и молекулярный газ, области НП, горячий газ, магнитные поля. Звездообразование в галактиках и физические процессы, управляющие звездообразованием.</p>		<p><i>2 ч. Работа с лекционным материалом</i></p>	
----	-----------------	---	--	--	---	--

15	Ядра галактик и скопления галактик	<p>№ 27. 2 часа</p> <p>Общие сведения. Типы активных ядер галактик. Структура активных ядер галактик. Сверх-массивные черные дыры. Методы оценки масс СМЧД. Физические механизмы активности ядер галактик. Скопления галактик. Особенности эволюции галактик в скоплениях Крупномасштабная структура Вселенной.</p>	<p>Семинар № 2-11</p> <p>Газ в скоплениях галактик. Межгалактическая среда. Лайман-альфа лес. Предельно далекие галактики. Вторичная ионизация газа излучением галактик и эффект Ган-Петерсона.</p> <p>Семинар №2-12</p> <p>Пекулярные скорости галактик. Определение расстояний до галактик по красному смещению. Угловое и фотометрическое расстояние. Хаббловские диаграммы.</p>		<p><i>2 ч. Работа с лекционным материалом</i></p>	
----	------------------------------------	---	---	--	---	--

17	Элементы современной космологии	<p>№ 28. 2 часа</p> <p>Расширение Вселенной. Закон Хаббла. Распространение света. Физическая интерпретация красного смещения. Изменение поверхностной яркости далеких галактик. Парадокс Ольберса и его разрешение. Ускоренное расширение Вселенной по данным астрономических наблюдений. Космологическая постоянная и темная энергия. Современная космологическая модель и методы её проверки. Действующие и будущие космологические космические проекты (WMAP, PLANCK, SRG и др.).</p>	<p>Семинар № 2-13</p> <p>Однородные и изотропные космологические модели (модели Фридмана). Критическая плотность. Влияние давления на расширение.</p> <p>Семинар № 2-14</p> <p>Контрольная работа</p> <p>Семинар № 2-15</p> <p>Модель горячей Вселенной. Первичный нуклеосинтез и эпоха рекомбинации.</p> <p>Семинар №2-16</p> <p>Реликтовое излучение и его наблюдаемые свойства по данным космических и наземных экспериментов. Эффект Сюняева-Зельдовича</p> <p>Семинар № 2-17.</p> <p>Трудности классической космологии. Модель инфляционной Вселенной. Спектр флуктуаций реликтового излучения. Современные представления о развитии малых возмущений во Вселенной. Образование и эволюция крупномасштабной структуры Вселенной.</p>		<p>2 ч. Работа с лекционным материалом</p> <p>4 ч. Решение задач. Подготовка к контрольной работе</p> <p>21 ч подготовка к экзамену</p>	
----	---------------------------------	--	---	--	---	--

Семинары и лабораторные работы указываются только при их наличии в учебном плане (приложение б). Остальные позиции заполняются в обязательном порядке.

Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости.

- | | | | |
|--|--------------------|----------------------------|------------------------|
| 1. Защита лабораторной работы (ЛР); | 4. Реферат (Р); | 7. Рубежный контроль (РК); | 10. Контрольная работа |
| 2. Расчетно-графическое задание (РГЗ); | 5. Эссе (Э); | 8. Тестирование (Т); | 11. Деловая игра (ДИ) |
| 3. Домашнее задание (ДЗ); | 6. Коллоквиум (К); | 9. Проект (П); | 12. Опрос (Оп); |

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. обязательная дисциплина
2. базовая часть, профессиональный блок, модуль «Астрономия»
3. Курс является основой всех астрономических курсов, поскольку в нем идет речь об основополагающих понятиях астрофизики и рассматриваются вопросы строения и эволюции основных астрофизических объектов – звезд и их систем, а также излагаются основные элементы современной космологии.
 - 3.1 Курс «Общей астрономии», «Галактической астрономии», основные общефизические курсы («Общая физика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Атомная физика»
 - 3.2 Остальные курсы из модуля «Астрономия»

10. Образовательные технологии

Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Занятия в принципе могут проходить на русском или английском языках.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится на 6 и 14 неделе в форме контрольной работы с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.
Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях.

ПРИМЕРЫ задач контрольных работ

Контрольная работа 1.

Вариант 1.

1-1 Найдите отношение размеров газовых облаков 1 и 2, если по плотности они отличаются вдесятеро ($n_1 > n_2$), а по интенсивности излучения – в 100 раз ($I_1 < I_2$). Оптическая толщина облаков мала.

1-2 Из-за присутствия тонкого слоя пыли в плоскости симметрии звездного диска галактики, наблюдаемой плашмя, ее яркость понижена на 0.5 зв. величины. Найдите оптическую толщину пылевого слоя.

Вариант 2.

2-1 Две расположенные на равном расстоянии от нас области НШ одинакового размера имеют одинаковую температуру и массу ионизованного газа, но в одной газ распределен однородно, а в другой заключен в волокнах, занимающих $1/100$ объема. Во сколько раз отличаются потоки излучения от этих двух туманностей?

2-2 Оптическая толщина тонкого пылевого слоя в плоскости симметрии звездного диска галактики, наблюдаемой плашмя, равна 1. Во сколько раз его присутствие понижает яркость галактики?

Контрольная работа 2

Вариант 1.

1. Протон обладает энергией, в 1000 раз превышающей энергию покоя (1800 эВ). На сколько м/с его скорость отличается от скорости света?
2. До какого размера может сжаться однородное твердотельно вращающееся облако, если при массе 10 масс Солнца и размере 0.1 парсека скорость вращения его внешних частей составляла 10 м/с?
4. Дисперсия скоростей звезд шарового скопления - 10 км/с, радиус - 10 пс. Оцените примерное значение массы скопления.

Вариант 2.

1. Электрон обладает скоростью, отличающейся от скорости света на 1 см/с. Выразите его энергию в эВ.
2. Найти джинсовскую массу газа НI в формирующемся диске галактики с плотностью газа 10^{-23} см³ и температурой 10^4 К. Вращением пренебречь.
3. Образовалась не-вращающаяся звездная система с радиусом R и начальной дисперсией скоростей звезд, близкой к нулю. Каким будет радиус, когда система придет в равновесное состояние? Систему считать изолированной.

ВОПРОСЫ к зачету по первой части курса ОБЩАЯ АСТРОФИЗИКА

1. Перечислите элементарные процессы, ответственные за излучение и поглощение света в газе.
2. Дайте определение интенсивности. Как перейти от I_ν к I_λ ?
3. Дайте определение потока. Как он связан с интенсивностью и в каких единицах измеряется?

4. Как связаны поток и интенсивность излучения однородно излучающей плоскости?
5. Что такое оптическая толща и как она выражается через коэффициент поглощения?
6. Как выглядит уравнение переноса для плоско-параллельных слоев и каков его физический смысл?
7. **Функция Планка, размерности по осям, коротковолновая и длинноволновая асимптоты.**
8. **Как интенсивность излучения зависит от оптической толщи для оптически тонкой и оптически толстой плазмы?**
9. Дайте определение локального термодинамического равновесия. Где его можно считать выполняющимся?
10. **Объясните механизм образования линий поглощения в спектрах звезд.**
11. Что такое запрещенные линии и где они наблюдаются?
12. Объясните происхождение бальмеровского и лаймановского скачков в спектрах звезд.
13. Каковы наблюдаемые характеристики мазерных источников и чем они необычны?
14. Дайте определение эффективной температуры и яркостной температуры.
15. Какие процессы определяют степень прозрачности межзвездной среды? Насколько она прозрачна?
16. **Что такое томсоновское рассеяние? В каких космических процессах с ним приходится встречаться?**
17. Каковы основные механизмы нагрева и охлаждения межзвездного газа?
18. **Что такое функция охлаждения? Как оценить характерное время охлаждения газа по функции охлаждения?**
19. Каковы наблюдаемые проявления холодного газа и пыли в межзвездной среде?
20. От каких параметров и как зависит радиус зоны ионизованного водорода вокруг звезды?
21. Как записывается выражение для гравитационной энергии однородного шара?
22. **Теорема вириала. Как связаны масса и температура гравитирующего тела (звезды) через вириальное соотношение?**
23. Как выражается джинсовская масса через температуру и плотность среды?
24. Какие факторы препятствуют сжатию газа и формированию звезды в холодном плотном облаке?
25. Как рассчитать время свободного сжатия (свободного падения)?
26. Какие этапы проходит сжимающаяся протозвезда до образования стационарной звезды?
27. Какие наблюдаемые свойства молодых звезд, приближающихся к Главной последовательности или находящихся на ней?
28. **Почему теплоемкость нормальной звезды отрицательна, и какие следствия из этого вытекают?**
29. При каких условиях происходит выделение термоядерной энергии в звездах Главной последовательности и какие этапы реакции H-He требуют наибольшего времени?
30. Чем углеродно-азотный цикл отличается от протон-протонной реакции и в каких звездах он преобладает?
31. Каковы пределы звездных масс и чем они обусловлены?
32. Каково соотношение масса-светимость для звезд?
33. Какова продолжительность жизни звезд на главной последовательности?
34. **Что такое эддингтоновский предел светимости и чем он обусловлен?**
35. Уравнение гидростатического равновесия звезды
36. Уравнение энергетического баланса звезды (переноса излучения).
37. Какие механизмы ответственны за излучение звезд различных спектральных классов в непрерывном спектре?
38. **Какие линии наиболее сильные в звездах различных спектральных классов?**

БИЛЕТЫ к экзамену по второй части курса Общая астрофизика

1. Эволюция звезд типа Солнца после главной последовательности. Эволюционные треки на диаграмме Герцшпрунга-Рессела.
2. Звездные скопления и их наблюдаемые свойства.

1. Потеря вещества (звездный ветер, сброс оболочек) при эволюции звезд различных масс.
 2. Расширение Вселенной. Закон Хаббла и масштабный фактор.
1. Конечные стадии эволюции звезд с начальной массой >10 масс Солнца.
 2. Динамическое взаимодействие звезд в скоплениях и галактиках. Время релаксации.
1. Коллапсы ядер массивных звезд и вспышки сверхновых II типа. Представление о механизмах взрывов.
 2. Реликтовое излучение, его происхождение и спектр.
1. Сверхновые типа Ia. Представление о механизмах взрывов.
 2. Основные космологические параметры и методы их определения.
1. Особенности эволюции звезд в ТДС. Полость Роша.
 2. Критерии гравитационной устойчивости самогравитирующих вращающихся дисков галактик.
1. Перетекание вещества в ТДС. Аккреционные диски.
 2. Физический смысл космологического красного смещения.
1. Радиопульсары: наблюдаемые свойства, физические характеристики.
 2. Свидетельства существования скрытых форм материи (энергии) во Вселенной.
1. Рентгеновские источники в ТДС. Аккреционные диски.
 2. Межгалактическая среда и ее наблюдательные проявления (Лайман-альфа лес, эффект Гана-Петерсона и т.д.)
1. Функция масс и определение масс невидимых компонент в рентгеновских ТДС.
 2. Квазары, их наблюдаемые свойства, предполагаемые источники энергии.
1. Взрывные (катаклизмические) переменные, особенности их эволюции.
 2. Эпоха рекомбинации и реликтовое излучение.
1. Рентгеновские пульсары. Рентгеновские и гамма-барстеры.
 2. Понятие о вырождении вещества. Условия вырождения электронного газа.
1. Черные дыры в рентгеновских ТДС и их наблюдательные признаки.
 2. Белые карлики: наблюдаемые свойства, соотношение масса-радиус.
1. Предельная масса для вырожденных звезд. Предел Чандрасекара. Предел Оппенгеймера-Волкова.
 2. Выделение энергии при аккреции вещества на компактные объекты.
1. Нейтронизация вещества. Образование нейтронных звезд
 2. Эволюция нормальных звезд. Эволюционные треки на диаграмме центральная плотность-температура и диаграмме цвет-светимость.

1. Горячая Вселенная. Первичный нуклеосинтез.
2. Коллапсы ядер массивных звезд и их физические причины. Вспышки сверхновых II типа.

1. Методы наблюдательной проверки наличия скрытой массы во Вселенной.
2. Потеря массы звездами различных спектральных классов. Асимптотическая ветвь гигантов.

1. Эволюция звезд солнечной массы. Эволюционный трек на диаграмме Герцшпрунга-Рессела.
2. Газ в спиральных и эллиптических галактиках. Особенности звездообразования в галактиках различных морфологических типов.

1. Космологические модели и современные методы их проверки по SN Ia и флуктуациям реликтового излучения.
2. Особенности эволюции звезд в ТДС. Полость Роша.

1. Методы оценки масс звезд в двойных системах.
2. Постоянная Хаббла, ее физический смысл и методы определения

1. Сверхновые типа I и II, наблюдательные проявления и механизмы образования.
2. Представление о скрытой массе в галактиках и их системах,

1. Реликтовое излучение. Флуктуации яркости реликтового излучения.
2. Выделение энергии при аккреции вещества на компактные объекты.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

А.В.Засов, К.А.Постнов. Общая астрофизика, М., Век-2, 2-е издание, 2011.

Интернет-ресурсы

<http://www.astronet.ru/db/msg/1170612>

Методические указания к лабораторным занятиям -

Методические указания к практическим занятиям -

13. Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Астрономия».

Аудитория 48 или 26 ГАИШ МГУ. Проектор.