



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и космической физики



УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

Н.М. Буднев

2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: **Физика космоса, астрономия**

Научная специальность: **1.3.1 Физика космоса, астрономия**

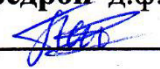
Форма обучения очная

Согласовано с УМК физического факультета
Протокол №38 от «18» апреля 2023 г.

Председатель  Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой:
общей и космической физики

Протокол № 8
от « 15 » марта 2023 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор
 Паперный В.Л.

Иркутск 2023 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля).....	3
2. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):.....	3
3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
4. Содержание дисциплины (модуля)	4
<i>4.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)</i>	<i>4</i>
<i>4.2 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий</i>	<i>5</i>
5. Примерная тематика рефератов (при наличии).....	6
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	7
<i>а) основная литература.....</i>	<i>7</i>
<i>б) дополнительная литература</i>	<i>7</i>
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):	8
8. Образовательные технологии:	8
9. Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	8

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Курс «Физика космоса, астрономия» является важной частью универсальной базы для изучения специальных дисциплин, вооружает аспирантов необходимыми знаниями для решения теоретических и прикладных аспектов научных задач, знакомит с синтезом первоначально не связанных идей и подходов и формированием фундаментального направления физики космоса, астрономии и астрофизики.

Основная **цель** курса – дать аспирантам представления об основных положениях современной астрофизики в приложении к изучению Солнца.

Для достижения данной цели ставятся **задачи**:

- изучить основные понятия астрофизики в приложении к Солнцу
- познакомиться с основными методами исследований, применяемыми в физике космоса, астрономии и астрофизике.

2. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Дисциплина «Физика космоса, астрономия» является профильной для программы аспирантуры по специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия, и изучается аспирантами на четвёртом году обучения аттестацией в форме экзамена.

В результате изучения курса «Физика космоса, астрономия» аспирант должен:

Знать:

- шкалу электромагнитных волн;
- основные понятия астрофизики;
- особенности астрономических наблюдений;
- основные параметры межзвездной среды;
- основные характеристики звезд;
- параметры диаграммы Герцшпрунга-Рессела;
- основные варианты эволюции звезд;
- основные типы ядерных реакций в ядрах звезд;
- сверхновые и остатки сверхновых;
- компактные звезды и их феноменология;
- основные параметры планетных систем.
- ***Уметь:***
 - применять полученные знания для интерпретации физических процессов на звездах;
 - пользоваться основными формулами астрофизики.

Владеть, иметь представление

- о процессах возникновения и эволюции звезд;
- о процессах, происходящих в недрах звезд;

- о наземных и космических методах экспериментальных исследований звезд.

3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Курсы			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	2				2
В том числе:					
Лекции					2
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
Самостоятельная работа (всего)	70				70
В том числе:					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
Решение задач	70				70
Контактная работа во время промежуточной аттестации	4				4
Вид промежуточной аттестации (зачет, <u>экзамен</u>)	32				32
Общая трудоемкость часы	108				108
зачетные единицы	3				

4. Содержание дисциплины (модуля)

4.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

1. *Пространственно-временные масштабы в астрофизике*
 - 1.1. *Расстояния*
 - 1.2. *Характерные времена*
 - 1.3. *Характерные значения масс*
 - 1.4. *Солнечные единицы*
2. *Излучение и поглощение электромагнитных волн в среде*
 - 2.1. *Типы материи во Вселенной*
 - 2.2. *«Температурная» шкала электромагнитных волн*
 - 2.3. *Интенсивность излучения. Поток излучения. Плотность энергии излучения*
 - 2.4. *Понятие спектра*
3. *Излучение абсолютно черного тела*
 - 3.1. *Тепловое излучение*
 - 3.2. *Понятия термодинамического равновесия и локального термодинамического равновесия*
 - 3.3. *Спектр абсолютно черного тела*
4. *Перенос излучения в среде и формирование спектра*

- 4.1. Коэффициент излучения
- 4.2. Коэффициент поглощения и оптическая толщина
- 4.3. Уравнение переноса при наличии поглощения и излучения
- 4.4. Решение уравнения переноса для простейших случаев
- 4.5. Образование спектральных линий в условиях ЛТР
- 4.6. Астрофизические примеры спектров
5. Особенности астрономических наблюдений
 - 5.1. Основные задачи наблюдательной астрономии
 - 5.2. Пропускание света земной атмосферой
 - 5.3. Точечные и протяженные источники излучения
 - 5.4. Оптические наблюдения
 - 5.5. Радиоастрономические наблюдения
 - 5.6. Рентгеновские детекторы и телескопы
 - 5.7. Поляризационные наблюдения
6. Межзвездная среда
 - 6.1. Основные компоненты межзвездной среды
 - 6.2. Пропускание света межзвездной средой
 - 6.3. Особенности разреженной космической плазмы
 - 6.4. Объемный нагрев и охлаждение межзвездной среды
7. Звезды
 - 7.1. Общие характеристики звезд
 - 7.2. Образование звезд
 - 7.3. Стадии формирования звезды
 - 7.4. Стационарные звезды
 - 7.5. Ядерные реакции в звездах
 - 7.6. Давление излучения в массивных звездах
 - 7.7. Соотношения масса-светимость и масса-радиус для звезд Главной последовательности
 - 7.8. Атмосферы звезд
 - 7.9. Эволюция звезд
8. Планетные системы
 - 8.1. Солнечная система
 - 8.2. Методы обнаружения экзопланет
 - 8.3. Статистические закономерности параметров экзопланет
 - 8.4. Образование планетных систем
9. Сверхновые и остатки сверхновых
 - 9.1. Нейтронизация вещества
 - 9.2. Вспышки сверхновых
10. Компактные звезды и их наблюдательные проявления
 - 10.1. Белые карлики
 - 10.2. Нейтронные звезды
 - 10.3. Свойства пульсаров
 - 10.4. Рентгеновские пульсары
 - 10.5. Черные дыры
 - 10.6. Аккреция на компактные звезды

4.2 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					
			Лекц.	Практ. зан.	Семин	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Пространственно-временные	Пространственно-временные	0,2				4	4,2

	масштабы в астрофизике	масштабы в астрофизике						
2.	Излучение и поглощение электромагнитных волн в среде	Излучение и поглощение электромагнитных волн в среде	0,2				4	4,2
3.	Излучение абсолютно черного тела	Излучение абсолютно черного тела	0,2				6	6,2
4.	Перенос излучения в среде и формирование спектра	Перенос излучения в среде и формирование спектра	0,2				8	8,2
5.	Особенности астрономических наблюдений	Особенности астрономических наблюдений	0,2				8	8,2
6.	Межзвездная среда	Межзвездная среда	0,2				8	8,2
7.	Звезды	Звезды	0,2				8	8,2
8.	Планетные системы	Планетные системы	0,2				8	8,2
9.	Сверхновые и остатки сверхновых	Сверхновые и остатки сверхновых	0,2				8	8,2
10.	Компактные звезды и их наблюдательные проявления	Компактные звезды и их наблюдательные проявления	0,2				8	8,2

5. Примерная тематика рефератов (при наличии)

Рефераты не предусмотрены.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

Программой предусмотрено использование современных образовательных технологий: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедийные, использование документальных видеоматериалов).

а) основная литература

- 1) Язев С.А. Лекции о Солнечной системе [Текст] : учеб. пособие / С. А. Язев ; ред. В. Г. Сурдин. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2011. - 382 с. : ил. ; 20 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 379-381. - ISBN 978-5-8114-1253-2. - (28 экз.)
- 2) Сотникова, Раиса Тимофеевна. Введение в гелиофизику [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. ВПО 011200 - Физика / Р. Т. Сотникова, В. Г. Файнштейн ; рец.: В. Н. Обридко, А. Г. Тлатов ; Иркутский гос. ун-т, СО РАН, Ин-т солн.-земной физики. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 256 с. : ил. ; 20 см. - (Солнечно-земная физика). - Библиогр.: с. 205-208. - ISBN 978-5-9624-0821-7. - (5 экз.)
- 3) Теплицкая, Раиса Бенционовна. Солнечная атмосфера [Текст] : учеб. пособие / Р. Б. Теплицкая ; рец.: В. А. Пархомов, В. Г. Файнштейн ; Иркутский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 128 с. : ил. ; 20 см. - (Солнечно-земная физика). - Библиогр.: с. 128. - ISBN 978-5-9624-0878-1. - (2 экз.)
- 4) Яу, Шинтан. Теория струн и скрытые измерения Вселенной [Текст] : научное издание / Ш. Яу, С. Надис. - СПб. : Питер, 2013. - 399 с. : ил. ; 22 см. - (Династия). - Пер. изд. : The Shape of Inner Space : String Theory and the Geometry of the Universe's Hidden Dimensions / Shing-Tung Yau, Nadis Steve. - New York. - ISBN 978-5-459-00938-5. - (1 экз.)
- 5) Урусов, Вадим Сергеевич. Симметрия - диссимметрия в эволюции мира. От рождения Вселенной до развития жизни на Земле [Текст] : научное издание / В. С. Урусов ; МГУ им. М. В. Ломоносова, Геол. фак. - М. : Либроком, 2013. - 258 с. : [1] вкл. л. цв. ил., ил. ; 21 см. - (Синергетика: от прошлого к будущему ; № 67). - Библиогр.: с. 249-253. - ISBN 978-5-397-03662-7. - (1 экз.)

б) дополнительная литература

- 1) Язев, Сергей Артурович. Феномен комплексов активности на Солнце [Текст] : научное издание / С. А. Язев ; рец.: В. М. Григорьев, В. Н. Обридко, А. Т. Алтынцев ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - 377 с. : ил. ; 20 см. - (Солнечно-земная физика). - Библиогр.: с. 337-364. - ISBN 978-5-9624-1089-0. - (8 экз.)
- 2) Сотникова, Раиса Тимофеевна. Введение в астрофизику : Учеб. пособие / Р. Т. Сотникова ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2008. - 248 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 213-214. - ISBN 978-5-9624-0246-8. - (16 экз.)
- 3) Засов А.В. Общая астрофизика [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Физ. фак., Гос. астроном. ин-т им. П. К. Штернберга. - Фрязино : Век 2, 2006. - 493 с. ; 21 см. - Библиогр.: с. 485-486.- Предм. указ.: с. 487-493. - ISBN 5-85099-169-7. - (2 экз.)
- 4) Кардашев Н.С Астрофизика на рубеже веков [Текст] : тр. Всерос. конф., Пушинская радиоастроном. обсерватория, 17-22 мая 1999 г. / Рос. акад. наук, Науч. Совет по пробл. "Астрономия", Рос. акад. наук, Астрокосмич. центр ФИАН ; ред. Н. С. Кардашев. - М. : Янус-К, 2001. - 569 с. : ил. ; 25 см. - Библиогр. в конце ст. - ISBN 5803700630. - (2 экз.)
- 5) Рэндалл, Лиза. Достучаться до небес: научный взгляд на устройство Вселенной [Текст] : пер. с англ. / Л. Рэндалл. - М. : Альпина нон-фикшн, 2014. - 516 с. : ил. ; 21 см. - Предм. указ.: с. 509-516. - Пер. изд. : Knocking on heaven's door: How physics and scientific thinking illuminate the universe and the modern world / Lisa Randall. - London. - ISBN 978-5-91671-264-3. - (2 экз.)
- 6) Чернин А.Д. Звезды и физика [Текст] : научное издание / А. Д. Чернин. - М. : Наука, 1984. - 159 с. : ил. ; 20 см. - (Библиотечка "Квант" ; вып. 38) . - (1 экз.)

в) *программное обеспечение* пакеты MS Office

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 10 полнотекстовых версий научных журналов по тематике курса
- Информационная система доступа к российским физическим журналам и обзорам ВИНИТИ (<http://www.viniti.ru>)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)
- ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Руконт» <http://rucont.ru>
- ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Методическим оформлением курса является использование современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео, документальные фильмы), дистанционных. Внедрение глобальной компьютерной сети в образовательный процесс позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в области звездной астрономии и гелиофизики.

8. Образовательные технологии:

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих аспирантов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью аспирантов осуществляется на лекционных и занятиях и во время консультаций в виде самостоятельных работ

9. Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства для входного контроля

Для изучения данного курса аспирант должен владеть основами физики и теоретической физики, уметь пользоваться стандартными поисковыми сервисами сети Интернет. Входной контроль умений и знаний не проводится.

План самостоятельной работы

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	Решение задач по данной теме	§§ 1-2 Приложения, все задачи	Основная литература	20
2.	СОЛНЦЕ, КАК ЗВЕЗДА. АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД	Выполнение работы научно-исследовательской направленности	Обработать наблюдения Солнца и звезд в режиме On-line и IT-технологий	Основная литература	20
3.	ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ АСТРОФИЗИКИ	Подготовка научного доклада	Сделать презентацию	Вся литература из программы курса	20
4.	ВСЕ ТЕМЫ	Подготовка к экзамену	Повторить все разделы курса	Основная литература: 1 - 3	10

Методические указания по организации самостоятельной работы

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через практические работы, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа аспирантов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала каждой практической работы, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Границы между разными видами самостоятельных работ достаточно размыты, а сами виды работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа аспирантов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Закрепление всего изученного материала осуществляется на контрольной работе. Также может быть проведено тестирование по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

9.1. Оценочные средства текущего контроля

Текущий контроль успеваемости аспирантов осуществляется по следующим критериям оценивания:

1) Пороговый уровень:

- **(знание)** дает определения основных понятий
 - воспроизводит основные физические факты, идеи
 - распознает физические объекты
 - знает основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике
- **(умение)** умеет работать со справочной литературой
 - использует приборы, указанные в описании лабораторной (или практической) работы
 - умеет представлять результаты своей работы

- **(владение)** владеет терминологией предметной области знания
 - способен корректно представить знания в математической форме

2) Базовый уровень

- **(знание)** понимает связи между различными физическими понятиями
 - имеет представление о физических моделях процессов в плазме
 - аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи
 - графически иллюстрирует задачу
- **(умение)** самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование
 - применяет методы решения задач в незнакомых ситуациях;
 - умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания
- **(владение)** критически осмысливает полученные знания
 - способен корректно представить знания в математической форме
 - компетентен в различных ситуациях (работа в междисциплинарной команде)
 - владеет разными способами представления физической информации

3) Высокий уровень

- **(знание)** фактически и теоретически знает материал курса в пределах области исследования с пониманием границ применимости (знания глубокие, всесторонние)
- **(умение)** творчески подходит к решению физических задач (как теоретических, так и практических)
 - умеет абстрагировать проблемы, с которыми сталкивается при решении различных задач;
- **(владение)** может самостоятельно оценивать результаты своей работы;
 - способен совершенствовать действие работы, исходя из собственной оценки результатов
 - соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения

Пример практического задания к теме «звезды»

Задача 1. Крупнейшему наземному телескопу Кек с 10-метровым зеркалом доступны звёзды 28^m . Во сколько раз они слабее звёзд 6^m , которые видны на пределе зрения?

Решение: В данном случае разность звёздных величин составляет 22. По формуле (1)

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4 \cdot 22 = 8,8. \text{ Поэтому } \frac{E_1}{E_2} = 10^{8,8} = 6,3 \cdot 10^8$$

Задача 2. Где светлее – днём на Плутоне или в полнолуние на Земле?

Решение: В данной задаче требуется не только знание формулы Погсона, но и привлечение недостающих данных, т.е. поисковое мышление. Из астрономического календаря находим, что расстояние Плутона от Солнца в 2013 г. близко к 31,5 а.е. (1 а.е. – это среднее расстояние Земли от Солнца, которое при решении задач можно округлённо принимать за 150000000 км). Поскольку освещённость поверхности обратно пропорциональна квадрату расстояния, то на Плутоне она будет в $31,5^2 = 992,25$ раз меньше, чем на Земле. Из формулы (1) следует, что $m_2 - m_1 = 2,5 \cdot \lg 992 \approx 7,5^m$. На Земле видимая звёздная величина Солнца равна $-26,7^m$, а на Плутоне $-26,7^m + 7,5^m = -19,2^m$. Остаётся сравнить полученное значение с видимой звёздной величиной Луны на небе Земли: $m_3 = -12,7^m$. Ещё раз применяем формулу Погсона: $(m_3 - m_2) \cdot 0,4 = \lg \frac{E_2}{E_3}$. Отсюда $\frac{E_2}{E_3} = 10^{2,6} = 398$. То есть на Плутоне днём почти в 400 раз светлее, нежели в полнолуние на Земле.

Задача 3. В верхней кульминации высота светила 60° . Найти его склонение, если географическая широта места наблюдения равна 50° .

Решение: Следует рассмотреть два случая. 1) Если светило кульминирует к югу от зенита, то используем формулу (3): $h_{\text{в}} = 90^\circ - \varphi + \delta$. Отсюда $\delta = h_{\text{в}} - 90^\circ + \varphi = 60^\circ - 90^\circ + 50^\circ = 20^\circ$. 2) Если светило кульминирует к северу от зенита, то применяем формулу (5): $h_{\text{в}} = 90^\circ - \delta + \varphi$. Отсюда $\delta = -h_{\text{в}} + 90^\circ + \varphi = -60^\circ + 90^\circ + 50^\circ = 80^\circ$.

Задача 4. Определить географическую широту места, в котором звезда Альтаир (α Орла) со склонением $\delta = 8^\circ 44'$ проходит через зенит. Найти пояс широт, где эта звезда не восходит и не заходит.

Решение: Вспоминаем, что светило будет в зените, если его склонение равно географической широте места наблюдения. Отсюда сразу находим $\varphi = \delta = 8^\circ 44'$. Из формулы (8) следует, что Альтаир не заходит за горизонт в поясе широт $\varphi \geq (90^\circ - \delta) = 90^\circ - 8^\circ 44' = 81^\circ 16'$. Поэтому $\Delta\varphi = (81^\circ 16' - 90^\circ)$. Это область высоких северных широт. Как следует из формулы (9), Альтаир будет невосходящей звездой при $\varphi \leq -(90^\circ - \delta) = -(90^\circ - 8^\circ 44') = -81^\circ 16'$. Поэтому $\Delta\varphi = (-81^\circ 16' - (-90^\circ))$. Это область низких южных широт.

Задача 5. Вычислить отношение количеств тепла, получаемых от Солнца в полдень в Иркутске ($\varphi = 52^\circ 17'$) в дни летнего и зимнего солнцестояний.

Решение: Очевидно, решение данной задачи основано на применении соотношения (11). Солнце кульминирует к югу от зенита, поэтому его зенитные расстояния в день летнего и зимнего солнцестояний вычисляем по формуле (2)

$$\begin{aligned} z_1 &= \varphi - \varepsilon = 52^\circ 17' - 23^\circ 26' = 28^\circ 51' \\ z_2 &= \varphi + \varepsilon = 52^\circ 17' + 23^\circ 26' = 75^\circ 43' \end{aligned}$$

Искомое отношение количеств тепла

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{E_0 \cos z_1}{E_0 \cos z_2} = \frac{\cos 28^\circ 51'}{\cos 75^\circ 43'} \approx \frac{0,88}{0,24} \approx 3,6$$

Задача 6. Определите изменение блеска планеты от соединения до противостояния Δm , если промежуток времени между двумя событиями $\Delta T = 390$ сут. Считать орбиты планеты и Земли круговыми.

Решение: По условию задачи $\Delta T = \frac{S}{2}$. Из формулы (13) находим сидерический или

звёздный период обращения планеты $\frac{1}{T} = \frac{1}{T_E} - \frac{1}{S}$. Следовательно

$T = \frac{T_E \cdot S}{S - T_E} = \frac{2\Delta T \cdot T_E}{2\Delta T - T_E} = \frac{2 \cdot 390 \cdot 365}{2 \cdot 390 - 365} = 686^d \approx 1,88$ года. Теперь, воспользовавшись третьим законом Кеплера (смотри главу II), можно найти большую полуось орбиты планеты $a = T^{2/3} = 1,52$ а.е. (планета Марс). По формуле Погсона (1) находим изменение блеска планеты

$$\lg \frac{E_c}{E_n} = 0,4 \cdot \Delta m$$

Заметим, что когда планета находится в соединении, то её гелиоцентрическое расстояние равно $a + a_E$, а когда в противостоянии, то $a - a_E$. Учтём, что отношение освещённостей обратно пропорционально отношению квадратов расстояний. Тогда находим $\lg \left(\frac{a - a_E}{a + a_E} \right)^2 = 0,4 \cdot \Delta m$.
 $\Delta m = 5 \cdot \lg \frac{0,52}{2,52} = -3,4$.

Задача 7. Определите суммарную звёздную величину двойной звезды, состоящей из двух компонент $2^m, 4^m$.

Решение: Формула Погсона для двух компонент даёт $\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4 \cdot (m_2 - m_1) = 0,8$.

Отсюда $\frac{E_1}{E_2} = 6,31$. Для двойной звезды $\lg \frac{E_1 + E_2}{E_2} = \lg \left(\frac{E_1}{E_2} + 1 \right) = 0,4 \cdot (m_2 - m) = 0,86$.

Отсюда найдём $m = 1,84^m$.

Задачи для самостоятельного решения

1. Переменная звезда омикрон Кита в максимуме имеет блеск $2,5^m$, а в минимуме $9,2^m$. Во сколько раз изменяется её блеск в визуальном спектре?
 (500)

2. Двойная звезда имеет компоненты 2^m и 3^m . Чему равна её суммарная звёздная величина? (указание: звёздные величины нельзя складывать непосредственно, ибо они задаются в логарифмической шкале). (1,64)

3. Звёздная величина одной из планет солнечной системы в противостоянии на $3,43^m$ меньше, чем в соединении. Какая это планета? (Марс)

4. С какого расстояния в парсеках Солнце ещё будет видно с Земли невооружённым глазом? Принять абсолютную визуальную звёздную величину Солнца $M_V = +4,8^m$ (указание: применить формулу связи видимой и абсолютной звёздной величин, понимая под последней звёздную величину объекта на стандартном расстоянии 10 пк.). (17 пк)

5. Чему равна полуденная высота Солнца в Иркутске в день летнего солнцестояния? ($61^{\circ}09'$)

6. Какова максимальная высота Солнца над горизонтом 10 апреля в пункте, расположенном на широте $\varphi = 20^{\circ}$? ($77^{\circ}30'$)

7. Незаходящая звезда находится на высоте 20° в нижней кульминации и 50° в верхней. Определите склонение звезды и широту места наблюдения, считая, что её верхняя кульминация происходит к югу от зенита. ($\delta = 35^{\circ}, \varphi = 75^{\circ}$).

8. Восходит ли в Архангельске ($\varphi = 64^{\circ}35'$) звезда Фомальгаут (α Южной Рыбы), если её склонение $\delta = -30^{\circ}05'$? (не восходит)

9. Через 12 часов после прохождения зенита звезда находилась на высоте $76^{\circ}34'$. Какова широта места наблюдения? ($83^{\circ}17'$)

10. Каковы наименьший и наибольший углы, образуемые эклиптической с горизонтом в Москве? Для Москвы $\varphi = 55^{\circ}45'$. ($57^{\circ}41'$ и $10^{\circ}49'$)

11. Сколько раз в году Солнце на экваторе бывает в зените? (два – в истинные полдни дней осеннего и весеннего равноденствий)

12. В звёздном скоплении 250 одинаковых звёзд; каждая имеет блеск 10^m . Каков суммарный блеск скопления? (4^m)

13. Абсолютная звёздная величина примерно равна 5^m . Могли бы современные астрономы, фиксирующие звёзды до 30^m , обнаружить аналогичную звезду на другом конце Галактики? Диаметр Галактики принять равным 24 кпк. Учесть, что Солнце располагается на расстоянии 8 кпк. от центра Галактики. (Да, при звёздной величине 22^m)

14. Определите абсолютную звёздную величину Антареса, зная, что его параллакс $\pi = 0,019''$, а видимая звёздная величина $m = +0,91^m$. ($-2,7^m$)

15. Сколько времени прошло от соединения до противостояния планеты, если её блеск за это время увеличился на $0,85^m$? Орбиту планеты считать круговой и лежащей в плоскости эклиптики. (200 дней)

Пример тестовых заданий по курсу

1. Звезда какого класса обладает наиболее высокой температурой?

- а) А
- б) М
- в) F
- г) О

2. Чьим именем названа диаграмма «спектр-светимость»?

- а) Ньютона
- б) Галилея
- в) Хаббла
- г) Герцшпрунга-Рессела

3. Звезды какого класса эволюционируют наиболее долго?

- а) сверхгиганты
- б) звезды главной последовательности
- в) субкарлики
- г) субгиганты

4. Что станет с Солнцем в конце его эволюции?

- а) произойдет взрыв сверхновой
- б) произойдет вспышка новой
- в) Солнце станет белым карликом
- г) Солнце станет черной дырой

5. Каков источник излучения звезд?

- а) в недрах звезд идут термоядерные реакции
- б) энергия выделяется за счет гравитационного сжатия
- в) в электропроводящей плазме в недрах звезды текут токи, нагревающие звезду
- г) энергия деления радиоактивных атомов

6. В чем причина переменности цефеид?

- а) это двойные затменные системы
- б) на их поверхности периодически происходят термоядерные взрывы
- в) это ядра скоплений звезд, на которые падают другие звезды
- г) они пульсируют, изменяя свои размеры

7. Что образуется после взрыва сверхновой звезды?
 - а) нейтронная звезда
 - б) белый карлик
 - в) черная дыра
 - г) нейтронная звезда
8. Укажите основное свойство звездных скоплений
 - а) звезды в них образовались одновременно
 - б) все звезды в них одинаковые
 - в) скопление расширяется (звезды разлетаются)
 - г) звезды в скоплениях регулярно сталкиваются
9. Какие данные о звезде можно получить с помощью астроспектроскопии?
 - а) точная масса звезды
 - б) расстояние до звезды
 - в) диаметр звезды
 - г) химический состав атмосферы звезды
10. Каково типичное расстояние между соседними галактиками?
 - а) сотни кпк
 - б) десятки кпк
 - в) тысячи кпк
 - г) десятки тысяч кпк
11. В каких единицах принято измерять энергию электромагнитного излучения?
 - а) электрон-вольт
 - б) джоуль
 - в) калория
 - г) эрг
12. Какая закономерность описывает спектр абсолютно черного тела в приближении $h\nu \ll kT$?
 - а) закон смещения Вина
 - б) закон Стефана-Больцмана
 - в) закон Рэлея-Джинса
 - г) функция Планка
13. Что такое эффективная температура тела?
 - а) температура абсолютно черного тела, излучающего в единицу времени с единицы площади во всем диапазоне частот ту же энергию, что данное тело
 - б) средняя температура поверхности тела
 - в) температура такого абсолютно черного тела, интенсивность излучения которого равна излучению данного тела на данной частоте
 - г) температура, при которой в теле запускаются термоядерные реакции
14. Что такое спектр излучения?
 - а) распределение интенсивности излучения по частотам или длинам волн
 - б) диапазон длин волн или частот, в котором наблюдается излучение
 - в) набор отдельных частот, на которых регистрируется излучения
 - г) суммарная интенсивность излучения по всем длинам волн или частот за единицу времени
15. Какие из перечисленных спектров относятся к разряду нетепловых?
 - а) спектры радиопульсаров
 - б) спектры межзвездной пыли
 - в) спектры звезд типа Солнца и более холодных в видимой области
 - г) спектр реликтового излучения
16. Что такое окна прозрачности?
 - а) участки Млечного Пути без пылегазовых облаков, позволяющие видеть далекие звезды
 - б) узкие диапазоны длин волн, в которых космогенные излучения проникают до поверхности Земли

- в) элементы конструкции коронографов
 - г) специальные иллюминаторы на борту орбитальных станций для астрономических наблюдений
17. Что такое разрешающая способность телескопа?
- а) увеличение его оптической системы
 - б) угловой размер изображения точечного источника, создаваемого телескопом
 - в) минимальный диаметр небесного объекта, который можно различить при наблюдениях в данный телескоп
 - г) величина, обратная фокусному расстоянию телескопа
18. Как называется телескоп-рефлектор с параболическим главным и эллиптическим вторичным зеркалами?
- а) система Грегори
 - б) система Кассегрена
 - в) система Ньютона
 - г) система Ричи-Кретьена
19. Укажите крупнейший оптический телескоп в мире
- а) телескоп Гран Телескопио Канариас
 - б) телескоп Хобби-Эберли
 - в) телескоп Кека
 - г) телескоп VLT
20. Назовите неверный механизм нагрева газа в межзвездной среде
- а) ультрафиолетовое излучение звезд (фотоионизация)
 - б) нагрев ударными волнами от сброса оболочек звезд, взрывов сверхновых, столкновениях газовых облаков
 - в) радиоимпульсы пульсаров
 - г) нагрев за счет столкновения с частицами высоких энергий
21. Каков состав молекулярных облаков в Галактике?
- а) молекулы азота и кислорода
 - б) молекулы оксида титана
 - в) молекулы водорода
 - г) молекулы водорода и небольшие добавки еще 100 типов различных молекул
22. Что такое космические лучи?
- а) излучение космических мазеров
 - б) коллимированное излучение пульсаров
 - в) заряженные частицы высоких энергий (более 10^8 эВ)
 - г) свечение полярных сияний
23. Что такое звезды?
- а) тела с массой более 13 масс Юпитера
 - б) тела, которые излучают больше энергии, чем получают из окружающей среды
 - в) тела, излучающие не менее 10^{33} эрг/с
 - г) плазменные шары в равновесном состоянии, чей источник тепловой энергии – термоядерные реакции в настоящем или прошлом
24. К какому типу звездного населения относится Солнце?
- а) I типа
 - б) II типа
 - в) III типа
 - г) Солнце является исключением из существующей классификации
25. К какому спектральному классу относится Солнце?
- а) B
 - б) F
 - в) G
 - г) M

9.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Критерии оценок знаний итогового контроля аспирантов

Оценка степени сформированности компетенций аспиранта по данному курсу основывается конкретностью и полнотой его ответов при выполнении заданий и упражнений итогового контроля знаний. Дополнительные вопросы и их число определяется необходимостью объективной оценкой уровня освоения аспирантом изучаемой дисциплины.

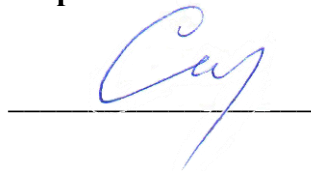
Оценка "ОТЛИЧНО" выставляется аспиранту, который глубоко усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно и логически его излагает, тесно увязывает теорию с практикой. При этом не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами в практических работах, показывает осведомленность в знании основной и дополнительной литературы, нормативных документов, грамотно обосновывает принятые решения.

Оценка "ХОРОШО" выставляется аспиранту, который твердо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допуская существенных неточностей в ответах на вопросы, умело применяет теоретические положения при решении практических вопросов и заданий, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка "УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО" выставляется аспиранту, который освоил ключевые разделы основного материала, в пределах конспекта лекций, но не усвоил остальные разделы программы дисциплины, недостаточно ознакомился с основной и нормативной литературой по дисциплине, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала и ощущает затруднения в выполнении практических работ.

Оценка "НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО" выставляется аспиранту, который не может ответить на ключевые вопросы программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями и ошибками выполняет практические задания.

Разработчики:



профессор, д.ф.-м.н.
(занимаемая должность)

С.А., Язев
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
« 15 » марта 2023 __ г.

Протокол № 8, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

**Лист согласования, дополнений и изменений
на 2025/2026 учебный год**

К рабочей программе дисциплины «Физика космоса, астрономия» по научной специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия

1. В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:
Нет дополнений

2. В рабочую программу дисциплины вносятся следующие изменения:
Нет изменений

Изменения одобрены УМК факультета/института, протокол № 50 от 22 апреля 2025 г.

Зав. кафедрой _____



В.Л. Паперный