

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Физика Солнца
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра термогидромеханики океана
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Ю.В. Писанко, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры термогидромеханики океана 15.06.2020

Аннотация

Курс посвящён изложению основ физики Солнца, физики околоземной плазмы и физики межпланетного и околоземного космического пространства. На занятиях рассматриваются фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики солнечной, межпланетной и околоземной плазмы, современные проблемы и задачи данной области. Студенты обучаются на примерах и задачах строить модели физических процессов на Солнце, в межпланетном и околоземном космическом пространстве, самостоятельно анализировать полученные результаты.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование базовых знаний по физике Солнца, межпланетного и околоземного космического пространства для использования в областях и дисциплинах естественнонаучного профиля, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины

- дать студентам базовые знания в области физики Солнца, межпланетного и околоземного космического пространства;
- научить студентов на примерах и задачах строить модели физических процессов на Солнце, в межпланетном и околоземном космическом пространстве, самостоятельно анализировать полученные результаты.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики солнечной, межпланетной и околоземной плазмы;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики солнечной, межпланетной и околоземной плазмы;
- современные проблемы физики солнечной, межпланетной и околоземной плазмы.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценивать степень их достоверности;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Внутреннее строение Солнца	4	4		6
2	Атмосфера Солнца	4	4		6
3	Солнечный ветер	4	4		6
4	Цикл солнечной активности	4	4		6
5	Элементы солнечной активности	4	4		5
6	Механизмы поддержания цикла солнечной активности	4	2		4
7	Магнитосфера Земли	4	4		6
8	Ионосфера Земли	2	4		6
Итого часов		30	30		45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

1. Внутреннее строение Солнца

Общие представления о Солнце; определение расстояния от Земли до Солнца, радиуса Солнца, массы Солнца, температуры поверхности Солнца; оценка температуры в центре Солнца.

Ядро Солнца. Термоядерные реакции в ядре Солнца; водородный цикл; сценарии образования 4He с участием и без участия Li ; углеродный цикл; оценки и измерения потока солнечных нейтрино.

Перенос излучения в недрах Солнца; связанно-связанные переходы; связанно-свободные переходы; свободно-свободные переходы; томсоновское рассеяние излучения электроном; эффект Комптона; средняя длина свободного пробега фотона.

Конвективная зона Солнца. Ячейки Бенара; число Прандтля; критическое значение числа Рэлея; приближение Буссинеска; адиабатический градиент температуры идеального газа; критерий Шварцшильда; механизм возникновения конвекции на Солнце - нагрев газа за счёт энергии, высвобождающейся при рекомбинации электронов с ядрами; грануляция солнечной поверхности.

2. Атмосфера Солнца

Фотосфера Солнца – область, в которой средняя длина свободного пробега фотона примерно равна шкале высот.

Фраунгоферовы линии поглощения – источник информации о температуре, давлении, динамике, химическом составе и магнитном поле фотосферы. Уширение фраунгоферовых линий поглощения: естественная ширина спектральной линии; доплеровское уширение спектральной линии; штарковское уширение спектральной линии. Эффект Зеемана; определение величины напряжённости и направления фотосферного магнитного поля по картине зеемановского расщепления спектральной линии.

Хромосфера. Образование ударной волны в адиабатическом изэнтропическом газе; физические механизмы нагрева хромосферы.

К-корона; F-корона; E-корона. Температура солнечной короны. Эффективное сечение томсоновского рассеяния на свободном электроном. Солнечное затмение. Модель Чепмена для гидростатической солнечной короны. Солнечная корона как естественный источник ультрафиолетового и рентгеновского излучения. Эффект Ханле и возможности дистанционной диагностики корональных магнитных полей.

Солнечное электромагнитное излучение. Распределение энергии в потоке солнечного излучения. Солнечная постоянная. Вариации спектра электромагнитного излучения.

3. Солнечный ветер

Наблюдения хвостов комет. Одномерное течение идеального газа в трубе переменного сечения. Уравнение Гюгонио. Дозвуковой и сверхзвуковой режимы течения. Сопло Лавала и трансзвуковой режим течения. Модель Паркера для солнечного ветра. Модель Чемберлена для солнечного бриза. Прямые измерения солнечного ветра с борта внемагнитосферных космических аппаратов.

Уравнения одножидкостной магнитной гидродинамики. Сила Ампера: магнитное давление и магнитное натяжение. Обобщённый закон Ома в плазме с магнитным полем. Магнитное число Рейнольдса; диффузия магнитного поля; теорема вмороженности; магнитное пересоединение. Механизмы нагрева солнечной короны: пересоединение; альвеновские волны; ионно-циклотронные волны.

Межпланетное магнитное поле. Модель Паркера для межпланетного магнитного поля. Всплески солнечного радиоизлучения III типа. Секторная структура межпланетного магнитного поля; межпланетный токовый слой; межпланетное электрическое поле.

Гелиосфера. Пояс Койпера; гелиосферная ударная волна; гелиопауза; отошедшая ударная волна; локальная межзвёздная среда; облако Оорта. Движение гелиосферы в межзвёздном пространстве. Граничные условия в магнитной гидродинамике; модель Бирмана для взаимодействия солнечного ветра с нейтральным водородом локальной межзвёздной среды; критическое нагружение солнечного ветра нейтральным водородом. Космические лучи в межпланетном пространстве. Происхождение космических лучей. Аномальные космические лучи. Прямые измерения солнечного ветра в дальней гелиосфере с борта космических аппаратов «Pioneer-10,11» и «Voyager-1,2».

4. Цикл солнечной активности

Солнечные пятна; магнитное поле солнечного пятна. Фотоэлектрические методы измерения зеемановского расщепления; фотосферный магнитный ковёр; скрытый магнитный поток фотосферы. Группы пятен, факельные площадки, активные области; маунт-вилсоновская классификация групп пятен. 11-летний цикл солнечной активности; число Вольфа; цюрихская нумерация солнечных циклов; закон Шперера; бабочки Маундера; правило Хейла; правило Гневышева-Оля; провал Гневышева; маундеровский минимум.

5. Элементы солнечной активности

Хромосферные вспышки; шкала оптических баллов вспышек; белые вспышки; импульсные вспышки, компактные вспышки, вспышки большой длительности. Рентгеновские вспышки; классификация рентгеновских вспышек. Гамма вспышки. Корональная петля с электрическим током – основной элемент солнечной короны. Модели солнечных вспышек. Эффект Нойперта. Волокна (солнечные протуберанцы) – физические параметры, структура, распределение по диску в цикле солнечной активности. Тепловая неустойчивость. Сифонный эффект. Модели солнечных волокон; эрупция волокна. Электродинамическое усилие на виток с током. Гидродинамические неустойчивости плазмы с током.

Корональные выбросы массы – физические параметры, структура, изменение частоты появления в цикле солнечной активности. Физика формирования коронального выброса массы. Корональные димминги – предвестники возникновения коронального выброса массы. Связь между солнечными вспышками и корональными выбросами массы. Связь солнечного радиоизлучения II и IV типов с корональными выбросами массы. Оценки проекции на картинную плоскость скорости движения коронального выброса массы по данным внеатмосферных внезатменных наблюдений К-короны; стереоскопические внеатмосферные внезатменные наблюдения К-короны; проект «Stereo».

6. Механизмы поддержания цикла солнечной активности

Дисковые динамо Фарадея и Буллара; дифференциальное вращение Солнца и сценарий поддержания 11-летнего цикла солнечной активности; полоидальное и тороидальное поле. Теорема Каулинга и невозможности аксиально-симметричного динамо. Феноменологическая модель Паркера для связи полоидального и тороидального полей. Усиление и поддержание магнитного поля изотропной турбулентностью. Магнитная плавучесть; тахоклон – область формирования крупномасштабных тороидальных магнитных полей.

7. Магнитосфера Земли

Магнитосфера – область полностью ионизированной околоземной плазмы; формирование и структура магнитосферы; перенос энергии и вещества из солнечного ветра в магнитосферу; токовые системы магнитосферы; плазмосфера; магнитосферная конвекция. Движение заряженных частиц в электромагнитных полях; адиабатические инварианты, радиационные пояса. Собственные колебания магнитосферы; генерация и распространение геомагнитных пульсаций; генерация и распространение ОНЧ-излучений в магнитосфере. Магнитосферные возмущения.

8. Ионосфера Земли

Ионосфера – область частично ионизированной околоземной плазмы; фотоионизация; рекомбинация; образование ионосферных областей D, E, F. Уравнения движения электронов, ионов и нейтралов в ионосфере; диффузия в ионосфере, амбиполярное приближение. Глобальная электрическая цепь. Эффекты солнечных вспышек и магнитосферных возмущений в ионосфере; радиофизические и геофизические проявления ионосферных неоднородностей. Корпускулярная ионизация и образование регулярной высокоширотной ионосферы; ионосферная конвекция; геофизическое районирование высокоширотной ионосферы (субавроральный провал, главный ионосферный провал, ионосфера авроральной зоны, ионосфера полярной шапки). Полярный ветер.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, интерактивная доска).

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Основы космической электродинамики [Текст]/С. Б. Пикельнер, -М., Наука, 1966
2. Спокойное солнце [Текст]/Э. Гибсон , -М., Мир, 1977
3. Солнечная магнитогидродинамика [Текст]/Э. Р. Прист , -М., Мир, 1985
4. Физика магнитосферы [Текст], количественный подход/Л. Лайонс, Д. Уильямс, -М., Мир, 1987
1. Брюнелли В.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы. М. Наука, 1988
2. Плазменная гелиогеофизика (ред. Л.М. Зелёный, И.С. Веселовский). М.: Физматлит, 2008, т.1 гл. 1-4, т.2 гл. 6.

Дополнительная литература

1. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 2 : Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского - М.Физматлит,2014, 2016
2. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 8 : Электродинамика сплошных сред : учеб. пособие для ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц .— М. : Наука, 1992, 2001, 2003, 2005 .— 662 с.
3. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 10 : Физическая кинетика : учеб. пособие для вузов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 2-е изд., испр. — М. : Физматлит, 2001, 2002, 2007 .— 536 с.
4. Магнитная гидродинамика [Текст]/Т. Каулинг , -М., Атомиздат, 1978
5. Космическая электродинамика [Текст], основные принципы/Г. Альвен, К. - Г. Фельтхаммар , -М., Мир, 1967

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), OpenOffice. Программные комплексы (учебные версии) Flow Vision, Solid Works.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение курса требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях;
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам и тестам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра термогидромеханики океана
курс:	<u>2</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен	
Разработчик:	Ю.В. Писанко, д-р физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физика Солнца» обучающийся должен:

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики солнечной, межпланетной и околоземной плазмы;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики солнечной, межпланетной и околоземной плазмы;
- современные проблемы физики солнечной, межпланетной и околоземной плазмы.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценивать степень их достоверности;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена (устного).

Текущий контроль осуществляется в форме контрольных/самостоятельных работ или тестов в письменной форме. Каждое задание в контрольных самостоятельных и тестовых работах оценивается определенным количеством баллов в конце условия каждого задания. По итогам набранных баллов выставляется оценка.

Контрольная работа №1 по темам «Атмосфера Солнца» «Солнечный ветер»

Вариант 1

1. Солнце излучает приблизительно как чёрное тело при температуре 5700 К. Если солнечным светом облучать абсолютно чёрную медную сферу, расположенную на расстоянии 1 а.е. от Солнца, то до какой температуры эта сфера нагреется? (угловой размер Солнца с Земли примерно $0,5^\circ$) (2)
2. Электроны в длинной прямой тонкой проволоке длиной L колеблются с круговой частотой ω и малой амплитудой a в одинаковой фазе вдоль всей проволоки. Найти электрическое поле, создаваемое под углом θ относительно направления проволоки на больших расстояниях R от проволоки ($R \gg L$). (2)
3. Известно, что мгновенная плотность потока энергии электромагнитной волны равна $\epsilon_0 c E^2$ Вт/м².
 - а) найти полную энергию, излучаемую в единицу времени электроном, осциллирующим с амплитудой x_0 и угловой частотой ω
 - б) сравнить энергию, излучаемую за одно колебание, с запасённой энергией $(1/2)m\omega^2 x_0^2$ и найти постоянную затухания (радиационного)
 - в) возбуждённый атом испускает фотоны с определённой длиной волны λ . Рассчитать ожидаемое уширение $\Delta\lambda$ спектральной линии, если оно возникает исключительно из-за радиационного затухания (рассмотреть атом как осциллятор с затуханием) (3)
4. Пучок света проходит через область, содержащую N рассеивающих центров в единице объёма. Сечение рассеяния света на каждом из них равно σ . Покажите, что интенсивность света в зависимости от пройденного расстояния x описывается формулой $I = I_0 \exp(-N\sigma x)$ (2)
5. Возбуждённый атом излучает свою энергию определёнными порциями. Это приводит к эффекту ограничения «времени жизни» возбуждённого состояния и к образованию конечной ширины соответствующей спектральной линии. Показать, что эти эффекты, интерпретируемые как неопределённости в измерении энергии и времени излучения фотона, согласуются с принципом неопределённости. (2)
6. Рассчитать
 - а) температуру T , при которой $kT = 1$ эВ
 - б) величину kT (в эВ) при комнатной температуре

в) длину волны фотона, соответствующей квантовому переходу в разность энергий 1 эв (2)

7. Внутри полости в абсолютно чёрном теле величина интенсивности излучения $I(\omega)\Delta\omega$ в интервале частот от ω до $\omega+\Delta\omega$ на единицу объёма даётся формулой Планка

а) как ведёт себя $I(\omega)$ при малых ω ? При больших ω ?

б) при какой частоте на единичный интервал частот приходится максимальная энергия?

в) при какой длине волны на единичный интервал длин волн приходится максимальная энергия?

г) оценить температуру на поверхности Солнца в предположении, что максимум интенсивности излучения приходится на середину видимого спектра. (2)

8. На электрон, помещённый в центральное электрическое поле, дополнительно воздействует однородное магнитное поле H . Определить стационарное состояние электрона. Спин электрона не учитывать (нормальный эффект Зеемана) (3).

9. Однородная абсолютно гибкая струна линейной плотности σ кг/м растянута с натяжением T . Написать волновое уравнение для поперечного смещения струны y и найти скорость распространения возмущения вдоль струны. (рассмотреть плоские колебания струны в предположении, что $\partial y/\partial x \ll 1$ во всех точках струны в любой момент времени, и считая, что поперечная составляющая натяжения струны равна $T\partial y/\partial x$) (2)

10. Вычислить межпланетное электрическое поле в инерциальной системе координат, связанной с удалёнными «неподвижными» звездами. (2)

Вариант 2

1. Солнечный свет падает перпендикулярно деревенскую площадь в экваториальной Африке. Если считать, что деревенская площадь излучает как абсолютно чёрное тело, то какова температуры этой площади? (солнечная постоянная составляет 1395 Вт/м²) (2)

2. Количество энергии на единицу площади, переносимой электромагнитной волной, пропорционально среднему квадрату напряжённости электрического поля. Найти долю полной энергии, излучаемой колеблющимся зарядом, которая падает на единицу площади, нормальной к радиусу-вектору R , проведённому под углом θ к оси колебаний. (2)

3. К-корона представляет собой солнечный свет, рассеянный свободными электронами. Кажущаяся яркость К-короны на расстоянии одного солнечного радиуса от солнечного диска составляет около 10^{-8} от яркости самого диска (на единицу площади). Вычислить число свободных электронов в 1 см³ вблизи Солнца. (2)

4. В ультрафиолетовой части спектра возбуждения водорода наблюдается серия линий, известных под названием серии Лаймана. Три линии этой серии имеют длины волн 1216 А, 1026 А, 973 А. Рассчитать длины волн, отвечающие трём другим возможным линиям в спектре возбуждения водорода, которые могут быть предсказаны из этих данных на основе комбинационного принципа Ритца. Две из них лежат в видимой области (серия Бальмера), а одна – в инфракрасной (первая линия серии Пашена). (3)

5. Адиабатической называется атмосфера, в которой давление и плотность в зависимости от высоты удовлетворяют соотношению $P\rho^{-\gamma}=\text{const}$.

а) показать, что температура этой атмосферы линейно уменьшается с высотой и найти коэффициент пропорциональности (такой температурный градиент называется адиабатическим)

б) из энергетических соображений показать, что атмосфера с температурным градиентом, меньшим или большим адиабатического, будет соответственно устойчивой или неустойчивой относительно конвекции (2)

6. Закон распределения излучения абсолютно чёрного тела имеет вид:

$$I(\omega)d\omega = \frac{\hbar\omega^3 d\omega}{\pi^2 c^2 (e^{\hbar\omega/kT} - 1)}$$

Перейдя к новой переменной $x = \hbar\omega/kT$ показать, что:

а) проинтегрированная по всем частотам полная интенсивность излучения пропорциональна четвёртой степени абсолютной температуры

б) частота, при которой $I(\omega)$ имеет максимальное значение пропорциональна абсолютной температуре. (2)

7. В плоскости вращается жёсткий ротор с моментом инерции θ и электрическим дипольным моментом P . Исследовать влияние однородного электрического поля E , направленного вдоль оси x , на уровни энергии ротора (эффект Штарка). (3)

8. Что такое фраунгоферовы линии поглощения? Что такое естественная ширина спектральной линии? Рассмотреть доплеровское уширение и доплеровский сдвиг спектральной линии. В чём состоит нормальный эффект Зеемана и как он используется для измерения сильных магнитных полей на Солнце? (2)

9. Масса покоя протона составляет 938 МэВ. В космических лучах встречаются протоны с энергией $\sim 10^{10}$ ГэВ ($1 \text{ ГэВ} = 10^3 \text{ МэВ}$). Если протон с такой энергией пересекает Галактику по диаметру (диаметр равен 10^5 световых лет), то сколько времени он на это затратит в собственной системе отсчёта? (2)

10. Найти распределение электрических токов в межпланетном пространстве в модели Паркера. (2)

Контрольная работа №2 по темам «Внутреннее строение Солнца» «Элементы солнечной активности».

Вариант 1

1. Сравнивая параметры орбитальных движений Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли, определить отношение массы Солнца к массе Земли. (2)

2. Производство электроэнергии в стране за год составляет $2,15 \cdot 10^{12}$ квт ч.

а) какой массе вещества соответствует эта энергия?

б) если считать, что вся эта энергия вырабатывается за счёт превращения дейтерия в гелий (и не учитывать часть разности масс, которая идёт на испускание нейтрино), то

сколько тяжёлой воды нужно расходовать каждую секунду на обеспечение такого производства энергии? ($M_{H2}=2,0147$ а.е.м., $M_{He4}=4,0039$ а.е.м.) (2)

3. Мощность солнечного излучения, поглощаемая в земной атмосфере, составляет $1,4 \text{ кВт/м}^2$. Если вся эта энергия получается на Солнце за счёт превращения обычного водорода в гелий, то сколько тонн водорода сгорает на Солнце в секунду? (потери на испускание нейтрино пренебречь) (2)

4. Что такое томсоновское сечение рассеяния? Чему равен классический радиус электрона? В чём состоит понятие локального термодинамического равновесия? Опишите качественную картину лучистого переноса внутри Солнца. (2)

5. Что такое ячейки Бенара? Сформулируйте приближение Буссинеска. Запишите критерий Шварцшильда. В чём особенность конвекции на Солнце? (2)

6. Требуется вывести космический аппарат на околосолнечную орбиту с перигелием $0,01$ а.е. (1 а.е. = расстояние от Солнца до Земли) и с периодом обращения по орбите 1 год. С какой скоростью и в каком направлении относительно линии Солнце-Земля нужно запустить этот аппарат с Земли? (2)

7. Два плоских витка провода с одинаковой площадью A и током I помещены на расстоянии r друг от друга. Единичные векторы, определяющие направления нормалей к виткам, образуют с линией, соединяющей центры витков, углы α_1 и α_2 и лежат с ней в одной плоскости.

а) предполагая, что радиус каждого витка много меньше расстояния между ними, найдите взаимную индуктивность двух витков

б) используя найденное выражение для индуктивности, найдите величину и направление силы, действующей между витками

в) как изменится эта сила, если направление тока в одном из витков или сразу в обоих поменять на противоположное. (3)

8. Поверхность шара равномерно покрыта слоем радиоактивного вещества, которое испускает α -частицы высокой энергии, которые вылетают наружу с поверхности шара только в радиальном направлении, создавая радиальный электрический ток. Создаёт ли этот ток магнитное поле? (3)

9. Записать уравнения одножидкостной магнитной гидродинамики. В чём состоит физический смысл понятий диффузии и вмороженности магнитного поля? Доказать теорему вмороженности. (2)

10. Что такое эруптивные протуберанцы? (2)

Вариант 2

1. Плотность в центре Солнца равна приблизительно 80 г/см^3 , а температура $\sim 13 \cdot 10^6 \text{ К}$. Найти давление водородной плазмы и радиационное давление в центре Солнца. (2)

2. Брайли открыл в 1728 году aberration света, суть которой состоит в том, что при наблюдении звёзды кажутся смещёнными из-за того, что Земля движется по своей орбите.

Поэтому в опытах, когда рассматриваются звёзды, находящиеся вблизи полюса эклиптики, оптическую ось телескопа следует отклонить вперёд (в направлении движения Земли) на $20,5''$. При скорости света равной $3 \cdot 10^8$ м/сек, рассчитать по результатам этого опыта величину радиуса земной орбиты. (2)

3. Комптон-эффект состоит в том, что фотон, налетая на покоящийся электрон, рассеивается на нём, как частица на частице. Выразить энергию рассеянного фотона через энергию падающего фотона и угол отклонения его направления распространения от первоначального. (2)

4. Рассмотрите водородный и углеродный циклы превращения водорода в гелий. (2)

5. Сформулируйте проблему солнечных нейтрино. (2)

6. Внутри сверхпроводника магнитное и электрическое поля отсутствуют.

а) граничным условием для электрического поля на поверхности сверхпроводника является равенство нулю его тангенциальных компонент. Как выглядят граничные условия для магнитного поля?

б) маленькая рамка с током (диполь) помещена на расстоянии d от поверхности сверхпроводника, занимающего полупространство. Магнитный момент рамки образует угол θ с нормалью к поверхности. Опишите метод, с помощью которого можно найти магнитное поле в любой точке пространства, предполагая поле диполя известным.

в) найдите зависимость от угла θ вращающего момента, приложенного к диполю. Найдите углы, соответствующие равновесию диполя. Какие из них отвечают устойчивому равновесию, а какие – неустойчивому?

г) найдите зависимость от угла θ силы, притягивающей диполь к сверхпроводнику или отталкивающей диполь от сверхпроводника. (3)

7. Рассмотрим два витка провода радиусом a , находящиеся на расстоянии d друг от друга ($d \gg a$). Центры витков лежат на одной прямой, перпендикулярной плоскости обоих витков. Через один из витков пропускается ток $I = k_0 t^2$ (t – время). Сопротивление другого витка равно R ,

а) если пренебречь самоиндукцией витков, то чему равен момент сил, действующих на второй виток?

б) показать, что если пренебречь самоиндукцией, то сила, действующая на второй виток, равна

$$\frac{24\pi^4 a^8 k_0^2 t^3}{(4\pi\epsilon_0 c^2)^2 d^7 R}; \text{ в какую сторону направлена эта сила?}$$

в) выяснить, как изменится ответ к пунктам а) и б), если второй виток повернуть на 90° вокруг оси, перпендикулярной общей оси витков. (3)

8. Какой должна была бы быть масса протона, чтобы сила гравитационного притяжения между двумя покоящимися протонами по величине совпадала с силой их электрического отталкивания? Каково отношение этой массы к обычной массе протона? (2)

9. Расскажите всё, что Вам известно о солнечных вспышках. Рассмотрите ускорение заряженных частиц во вспышках и особенности их распространения таких заряженных частиц в короне и в межпланетном пространстве. (2)

10. Нарисуйте качественную картину формирования коронального выброса массы и его распространения в межпланетном пространстве. (2)

Тест № 1 по теме «Цикл солнечной активности»

1. Что называют факельной площадкой (1)
 - а) Совокупность мелких ярких точек (размером в сотни километров), образующих цепочки и ажурную сетку
 - б) Совокупность мелких ярких точек (размером порядка километра), образующих цепочки и ажурную сетку
 - в) Совокупность мелких ярких точек (размером в десятки тысяч километров), образующих цепочки и ажурную сетку
2. Ведущим пятном группы пятен называется? (1)
 - а) восточное пятно группы
 - б) западное пятно группы
 - в) северное пятно группы.
3. По какой формуле рассчитывается число Вольфа (1)
 - а) $W=k(f+10g)$, W-число Вольфа, f-общее число пятен, g-число групп пятен. k-поправочный коэффициент
 - б) $W=f+10g$, W-число Вольфа, f-общее число пятен, g-число групп пятен
 - в) $W=f$, W-число Вольфа, f-общее число пятен
4. С какого года начинается ряд чисел Вольфа? (1)
 - а) 1855
 - б) 1760
 - в) 1749.
5. Связь между какими параметрами сформулирована законом Шперера? (1)
 - а) между гелиоширотой зоны солнечных пятен и временем
 - б) между гелиодолготой зоны солнечных пятен и временем
 - в) между гелиоширотой зоны солнечных пятен и гелиодолготой зоны солнечных пятен
6. Что регулируется правилом полярности Хейла? (1)
 - а) полярность ведущего пятна группы
 - б) полярность ведомого пятна группы
 - в) полярность общего магнитного поля Солнца
7. Согласно правилу Гневашева-Оля (1)
 - а) количество пятен нечётного цикла меньше количества пятен чётного цикла
 - б) количество пятен нечётного цикла больше количества пятен чётного цикла
 - в) количество пятен нечётного цикла равно количеству пятен чётного цикла
8. Флоккул – это (1)
 - а) проявление солнечной активности, наблюдаемое в короне в виде структур пониженной яркости и по расположению на Солнце совпадающее с факелами.
 - б) проявление солнечной активности, наблюдаемой в хромосфере в виде более ярких структур и по расположению на Солнце совпадающее с факелами.

в) проявление солнечной активности, наблюдаемое в короне в виде структур пониженной яркости и по расположению на Солнце совпадающее с униполярной областью

9. Что такое маундеровский минимум (1)

а) длительный период отсутствия пятен на Солнце, продолжавшийся с 1645 года по 1715 годы

б) длительный период отсутствия вспышек на Солнце, продолжавшийся с 1790 по 1820 годы

в) длительный период понижения потока галактических космических лучей, продолжавшийся с 1861 по 1902 годы

Самостоятельная работа № 1 по теме «Механизмы поддержания цикла солнечной активности».

Вариант 1

1. Рассмотрите дисковое динамо Фарадея (1)
2. Что такое дифференциальное вращение Солнца? (1)
3. Рассмотрите взаимодействие полоидального и тороидального магнитных полей внутри Солнца. (1)
4. Что такое магнитная плавучесть? Рассмотрите усиление и поддержание магнитного поля изотропной турбулентностью (2)

Вариант 2

1. Рассмотрите дисковое динамо Булларда. (1)
2. Что такое тахоклон? (1)
3. Запишите уравнения феноменологической модели Паркера для солнечного цикла. (1)
4. Сформулируйте и докажите теорему Каулинга о невозможности аксиально-симметричного динамо. (2)

Контрольная работа №3 по темам «Магнитосфера Земли» «Ионосфера Земли»

Вариант 1

1. В верхних слоях атмосферы рождается μ -мезон, который движется со скоростью $0,99c$. До распада он успевает пролететь 5 км.
 - а) чему равно время жизни μ -мезона в лабораторной системе отсчёта и в собственной системе отсчёта μ -мезона?
 - б) чему равна толщина слоя атмосферы, пройденная μ -мезоном, в собственной системе отсчёта μ -мезона? (3)
2. Заряженная частица движется в плоскости, перпендикулярной магнитному полю. Покажите, что это движение совершается по круговой орбите, и найдите радиус орбиты. (2)
3. Строится циклотрон, ускоряющий протоны до энергии 150 МэВ. Напряжённость магнитного поля в нём составляет $1,00 \cdot 10^4$ Гс.

- а) чему должен быть равен радиус магнита?
- Б) какова должна быть частота сигнала, подаваемого на ускоряющие электроды?
- В) на сколько процентов должна меняться эта частота в процессе ускорения данной частицы из-за наличия релятивистских эффектов? (2)
4. Показатель преломления ионосферы для радиоволн с частотой 100 мксек^{-1} равен $n=0,9$. Определите плотность электронов в 1 см^3 ионосферы. (2)
5. Выразите в мегатоннах (Мт) энергию магнитного поля Земли, заключённую во всём пространстве, внешнем по отношению к Земле (1 Мт – энергия, освобождаемая при взрыве 1 млн. тонн тринитротолуола т.е. $4,2 \cdot 10^{15}$ дж). Предположите, что магнитное поле Земли – это поле диполя с напряжённостью на экваторе примерно $0,66 \text{ Гс}$ ($0,66 \cdot 10^{-4}$ вебер/ м^2). Как вы считаете, может ли водородная бомба в 1 Мт, взорванная высоко над поверхностью Земли, существенно исказить магнитное поле Земли? (3)
6. Опишите токовые системы магнитосферы, плазмосферу и магнитосферную конвекцию. (2)
7. Рассмотрите собственные колебания магнитосферы, генерацию и распространение геомагнитных пульсаций. (2)
8. Классифицируйте магнитосферные возмущения и опишите их основные особенности. (2)
9. Рассмотрите диффузию в ионосфере; что такое амбиполярное приближение? (2)
10. Рассмотрите ионосферную конвекцию; что такое субавроральный провал, главный ионосферный провал, ионосфера авроральной зоны, ионосфера полярной шапки; какие физические процессы в полярной шапке формируют полярный ветер. (2)

Вариант 2

1. Если бы Земля несла нескомпенсированный электрический заряд в 1 кулон, то чему был бы равен её потенциал? (3)
2. Изучается движение заряженной частицы в магнитном поле. Если q измеряется в зарядах электрона, p – в МэВ, а B – в Гс, то как связаны между собой величины p , B , и циклотронный радиус R ? Обозначьте $q=Ze$. (2)
3. Частица с массой m и зарядом q движется в электромагнитном поле, у которого от нуля отличны только компоненты E_y и B_z .
- а) напишите уравнение движения частицы
- б) примените преобразование Галилея к координатам частицы: $x'=x-(E_y/B_z)t$, $y'=y$, $z'=z$
- и) какое заключение после этого можно сделать о движении частицы во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях? (2)
4. На частоте примерно 6 МГц ионосфера становится прозрачной. В рамках модели свободных электронов оцените плотность электронов в ионосфере. (2)

5. Спутник Земли массой 10 кг с поперечным сечением $0,5 \text{ м}^2$ движется по круговой орбите на высоте 200 км, где плотность воздуха составляет $1,6 \cdot 10^{-10} \text{ кг/м}^3$, а средний пробег молекул измеряется метрами. Считая, что молекулы отскакивают от спутника с пренебрежимо малыми скоростями, вычислить тормозящую силу, действующую на спутник за счёт трения о воздух (учесть зависимость орбитальной скорости спутника от высоты круговой орбиты). (3)
6. Опишите механизм формирования и структуру магнитосферы, а также процессы переноса энергии и вещества из солнечного ветра в магнитосферу. (2)
7. Опираясь на физику движение заряженных частиц в электромагнитных полях, укажите адиабатические инварианты такого движения; опишите структуру радиационных поясов. (2)
8. Рассмотрите генерацию и распространение ОНЧ-излучений в магнитосфере. (2)
9. Опишите процессы фотоионизации, рекомбинации и образования ионосферных областей D, E, F. (2)
10. Рассмотрите эффекты солнечных вспышек и магнитосферных возмущений в ионосфере. (2)

Примеры экзаменационных билетов:

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

- 1. Внутреннее строение Солнца:** Ядро Солнца. Термоядерные реакции в ядре Солнца; водородный цикл.
- 2. Солнечный ветер:** Одномерное течение идеального газа в трубе переменного сечения. Уравнение Гюгонио. Сопло Лаваля и трансзвуковой режим течения. Модель Паркера для солнечного ветра.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

- 1. Внутреннее строение Солнца:** Ядро Солнца. Термоядерные реакции в ядре Солнца; углеродный цикл.
- 2. Солнечный ветер:** Модель Чемберлена для солнечного бриза.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

- 1. Внутреннее строение Солнца:** Перенос излучения в недрах Солнца; связанно-связанные переходы; связанно-свободные переходы; свободно-свободные переходы; томсоновское рассеяние излучения электроном.
- 2. Солнечный ветер:** Уравнения одножидкостной магнитной гидродинамики. Сила Ампера: магнитное давление и магнитное натяжение. Обобщённый закон Ома в плазме с магнитным полем.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

- 1. Внутреннее строение Солнца:** Перенос излучения в недрах Солнца; эффект Комптона; средняя длина свободного пробега фотона.
- 2. Солнечный ветер:** Магнитное число Рейнольдса; диффузия магнитного поля; теорема вмороженности; магнитное пересоединение.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

- 1. Внутреннее строение Солнца:** Конвективная зона Солнца. Ячейки Бенара; число Прандтля; критическое значение числа Рейнольдса; приближение Буссинеска;
- 2. Солнечный ветер:** Межпланетное магнитное поле. Модель Паркера для межпланетного магнитного поля. Всплески солнечного радиоизлучения III типа.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

- 1. Внутреннее строение Солнца:** адиабатический градиент температуры идеального газа; критерий Шварцшильда; механизм возникновения конвекции на Солнце.
- 2. Солнечный ветер:** Секторная структура межпланетного магнитного поля; межпланетный токовый слой; межпланетное электрическое поле.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

- 1. Атмосфера Солнца:** Уширение фраунгоферовых линий поглощения: естественная ширина спектральной линии; доплеровское уширение спектральной линии; штарковское уширение спектральной линии.
- 2. Солнечный ветер:** Пояс Койпера; гелиосферная ударная волна; гелиопауза; отошедшая ударная волна; локальная межзвёздная среда; облако Оорта. Движение гелиосферы в межзвёздном пространстве.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

- 1. Атмосфера Солнца:** Эффект Зеемана; определение величины напряжённости и направления фотосферного магнитного поля по картине зеемановского расщепления спектральной линии.
- 2. Солнечный ветер:** модель Бирмана для взаимодействия солнечного ветра с нейтральным водородом локальной межзвёздной среды; критическое нагружение солнечного ветра нейтральным водородом.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9

- 1. Атмосфера Солнца:** Хромосфера. Образование ударной волны в адиабатическом изэнтропическом газе; физические механизмы нагрева хромосферы.
- 2. Солнечный ветер:** Космические лучи в межпланетном пространстве. Происхождение космических лучей. Аномальные космические лучи.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

- 1. Атмосфера Солнца:** К-корона; F-корона; E-корона. Температура солнечной короны. Эффективное сечение томсоновского рассеяния на свободном электроны.
- 2. Цикл солнечной активности:** Группы пятен, факельные площадки, активные области; маунт-вилсоновская классификация групп пятен. 11-летний цикл солнечной активности; число Вольфа; цюрихская нумерация солнечных циклов; маундеровский минимум.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11

- 1. Атмосфера Солнца:** Солнечная корона как естественный источник ультрафиолетового и рентгеновского излучения.
- 2. Магнитосфера Земли:** формирование и структура магнитосферы; перенос энергии и вещества из солнечного ветра в магнитосферу; токовые системы магнитосферы

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

1. Элементы солнечной активности: Хромосферные вспышки; шкала оптических баллов вспышек; белые вспышки; импульсные вспышки, компактные вспышки, вспышки большой длительности. Рентгеновские вспышки; классификация рентгеновских вспышек. Гамма вспышки.

2. Магнитосфера Земли: плазмосфера; магнитосферная конвекция.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13

1. Элементы солнечной активности: Корональная петля с электрическим током – основной элемент солнечной короны. Модели солнечных вспышек. Эффект Нойперта.

2. Магнитосфера Земли: Движение заряженных частиц в электромагнитных полях; адиабатические инварианты, радиационные пояса.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14

1. Элементы солнечной активности: Волокна (солнечные протуберанцы) – физические параметры, структура, распределение по диску в цикле солнечной активности. Тепловая неустойчивость. Сифонный эффект.

2. Магнитосфера Земли: Собственные колебания магнитосферы; генерация и распространение геомагнитных пульсаций;

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15

1. Элементы солнечной активности: Модели солнечных волокон; эрупция волокна. Электродинамическое усилие на виток с током. Гидродинамические неустойчивости плазмы с током.

2. Магнитосфера Земли: генерация и распространение ОНЧ-излучений в магнитосфере.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16

1. Элементы солнечной активности: Корональные выбросы массы – физические параметры, структура, изменение частоты появления в цикле солнечной активности. Физика формирования коронального выброса массы.

2. Магнитосфера Земли: Магнитосферные возмущения.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17

1. Элементы солнечной активности: Корональные димминги – предвестники возникновения коронального выброса массы.

2. Ионосфера Земли: фотоионизация; рекомбинация; образование ионосферных областей D, E, F.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18

1. Элементы солнечной активности: Оценки проекции на картинную плоскость скорости движения коронального выброса массы по данным внеатмосферных внеатмосферных наблюдений К-короны; стереоскопические внеатмосферные внеатмосферные наблюдения К-короны; проект «Stereo».

2. Ионосфера Земли: Уравнения движения электронов, ионов и нейтралов в ионосфере; диффузия в ионосфере, амбиполярное приближение.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19

1. Механизмы поддержания цикла солнечной активности: Дисковые динамо Фарадея и Булларда

2. Ионосфера Земли: Глобальная электрическая цепь.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20

1. Механизмы поддержания цикла солнечной активности: дифференциальное вращение Солнца и сценарий поддержания 11-летнего цикла солнечной активности; полоидальное и тороидальное поле.

2. Ионосфера Земли: Эффекты солнечных вспышек и магнитосферных возмущений в ионосфере; радиофизические и геофизические проявления ионосферных неоднородностей.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21

1. Механизмы поддержания цикла солнечной активности: Феноменологическая модель Паркера для связи полоидального и тороидального полей.

2. Ионосфера Земли: Корпускулярная ионизация и образование регулярной высокоширотной ионосферы; ионосферная конвекция

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 22

1. Механизмы поддержания цикла солнечной активности: Теорема Каулинга о невозможности аксиально-симметричного динамо.

2. Ионосфера Земли: геофизическое районирование высокоширотной ионосферы (субавроральный провал, главный ионосферный провал, ионосфера авроральной зоны, ионосфера полярной шапки)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 23

1. Механизмы поддержания цикла солнечной активности: Усиление и поддержание магнитного поля изотропной турбулентностью.

2. Ионосфера Земли: Полярный ветер.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 24

1. Механизмы поддержания цикла солнечной активности: Магнитная плавучесть; тахоклон – область формирования крупномасштабных тороидальных магнитных полей.

2. Атмосфера Солнца: Солнечное электромагнитное излучение. Распределение энергии в потоке солнечного излучения. Солнечная постоянная. Вариации спектра электромагнитного излучения.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 25

1. Элементы солнечной активности: Связь между солнечными вспышками и корональными выбросами массы. Связь солнечного радиоизлучения II и IV типов с корональными выбросами массы.

2. Цикл солнечной активности: закон Шперера; бабочки Маундера; правило Хейла; правило Гневывшева-Оля; провал Гневывшева.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 26

1. Атмосфера Солнца: Солнечное затмение. Модель Чепмена для гидростатической солнечной короны.

2. Внутреннее строение Солнца: Оценки и измерения потока солнечных нейтрино.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 27

1. Солнечный ветер: Механизмы нагрева солнечной короны: пересоединение; альфвеновские волны; ионно-циклотронные волны.

2. Внутреннее строение Солнца: сценарии образования ${}^4\text{He}$ в водородном цикле с участием и без участия Li .

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 28

1. Атмосфера Солнца: Эффект Ханле и возможности дистанционной диагностики корональных магнитных полей.

2. Солнечный ветер: Прямые измерения солнечного ветра с борта немагнитосферных космических аппаратов.

4. Критерии оценивания

Контрольная работа №1 по темам «Атмосфера Солнца» «Солнечный ветер»

Оценка	Набранные баллы
отлично (10)	22
отлично (9)	19
отлично (8)	16
хорошо (7)	14
хорошо (6)	12
хорошо (5)	10
удовлетворительно (4)	8
удовлетворительно (3)	6
неудовлетворительно (2)	4
неудовлетворительно (1)	2

Контрольная работа №2 по теме «Внутреннее строение Солнца» «Элементы солнечной активности»

Оценка	Набранные баллы
отлично (10)	22
отлично (9)	19
отлично (8)	16
хорошо (7)	14
хорошо (6)	12
хорошо (5)	10
удовлетворительно (4)	8
удовлетворительно (3)	6
неудовлетворительно (2)	4
неудовлетворительно (1)	2

Тест № 1 по теме «Цикл солнечной активности»

Оценка	Набранные баллы
отлично (10)	9
отлично (9)	8

отлично (8)	7
хорошо (7)	6
хорошо (6)	5
хорошо (5)	4
удовлетворительно (4)	3
удовлетворительно (3)	2
неудовлетворительно (2)	1
неудовлетворительно (1)	0

Контрольная работа №3 по теме «Магнитосфера Земли» «Ионосфера Земли»

Оценка	Набранные баллы
отлично (10)	22
отлично (9)	19
отлично (8)	16
хорошо (7)	14
хорошо (6)	12
хорошо (5)	10
удовлетворительно (4)	8
удовлетворительно (3)	6
неудовлетворительно (2)	4
неудовлетворительно (1)	2

Самостоятельная работа № 1 по теме «Механизмы поддержания цикла солнечной активности».

Оценка	Набранные баллы
отлично (10)	5
отлично (9)	5
отлично (8)	5
хорошо (7)	3
хорошо (6)	2
хорошо (5)	2
удовлетворительно (4)	1
удовлетворительно (3)	1
неудовлетворительно (2)	0
неудовлетворительно (1)	0

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и

ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Порядок проведения контрольных работ/тестов:

Во время проведения контрольных работ/тестов обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, калькуляторами.

Порядок проведения устного экзамена:

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов на билеты обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, семинаров и любой другой литературой.

Во время проведения экзамена при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины, он не может пользоваться конспектами лекций и семинаров и любой другой литературой.