

**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:	Геокосмическая физика
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) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Г.С. Голицын, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры термогидромеханики океана 08.06.2020

Аннотация

В курсе лекций рассматриваются теоретические вопросы физических и физико-химических процессов в планетных атмосферах, динамики планетных атмосфер, взаимодействия атмосфер с поверхностью, процессов их образования и эволюции. В курсе дается обзор моделей атмосфер планет, их спутников и комет, приведены основы теории подобия для планетных атмосфер, исследуются атмосферные пограничные слои и особенности турбулентности на различных планетах Солнечной системы. В процессе изучения предмета студенты знакомятся с основными методами исследования атмосфер планет, в частности, теорией подобия для атмосферы и основами теории размерности, а также получают навыки основных методов расчета и моделирования атмосферной динамики; получают представление о механизмах различных атмосферных явлений на планетах солнечной системы, в частности, пылевых бурях на Марсе. Полученные знания могут быть использованы для моделирования атмосферных процессов на различных планетах.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- дать общее понимание процессов в планетных атмосферах включая вопросы теоретических исследований физических и физико-химических процессов в планетных атмосферах, динамики планетных атмосфер, взаимодействия атмосфер с поверхностью, процессов их образования и эволюции.

Задачи дисциплины

- ознакомить студентов с основными процессами формирования планетных атмосфер в различных масштабах, особенностями их проявления для разных планет;
- дать представление об основных методах исследования планетных атмосфер;
- показать применимость теории подобия для исследования динамики планетных атмосфер.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории динамики планетных атмосфер;
- современные проблемы исследования динамики планетных атмосфер;
- основы теории подобия.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач 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 оценить 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	Краткая история исследования движений в атмосферах планет	2	2		2
2	Причины и характер атмосферных движений (на примере земной атмосферы)	3	3		2
3	Методы исследования динамики планетных атмосфер	3	3		2
4	Обзор астрономических и атмосферных параметров планет солнечной системы	5	4		1
5	Теория подобия для общей циркуляции планетных атмосфер	2	4		1
6	Общие гипотезы подобия для крупномасштабных движений планетных атмосфер	3	2		1
7	Подобие циркуляции с учетом вращения	3	3		2
8	Оценки глобальных характеристик циркуляции, основанные на различных гипотезах о природе диссипации	3	3		9
9	Применение теории к различным планетам солнечной системы и к солнечной атмосфере	3	3		9
10	Пограничные слои и турбулентность в атмосферах планет земной группы	3	3		1
Итого часов		30	30		30

Подготовка к экзамену	0 час.
Общая трудоёмкость	90 час., 2 зач.ед.

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

Семестр: 3 (Осенний)

1. Краткая история исследования движений в атмосферах планет

Исторический обзор. Экспериментальные исследования (включая измерения на космических аппаратах и наземные наблюдения при помощи телескопов) химического состава, вертикального строения, аэрозольной компоненты и динамики атмосфер планет, их спутников и комет. Теоретические исследования физических и физико-химических процессов в планетных атмосферах, динамики планетных атмосфер, взаимодействия атмосфер с поверхностью, процессов их образования и эволюции. Разработка моделей атмосфер планет, их спутников и комет.

2. Причины и характер атмосферных движений (на примере земной атмосферы)

Планетарный слой атмосферы. Экмановский пограничный слой. Атмосферный пограничный слой. Основы физики пограничного слоя атмосферы, законы сопротивления и теплопередачи. Вертикальное распределение метеорологических элементов в пограничном слое атмосферы. Классификация моделей пограничного слоя атмосферы; замыкание моделей, граничные условия. Когерентные структуры, мезо- и крупномасштабное влияние потоков плавучести на структуру АПС.

3. Методы исследования динамики планетных атмосфер

Понятие атмосферной турбулентности. Спектры пульсаций метеопараметров. Устойчивость и типы стратификации в приземном слое (число Монина-Обухова). Основы полуэмпирической теории подобия Монина-Обухова. Методы оптической и инфракрасной спектрометрии, фотометрии и инфракрасной радиометрии, масс-спектрометрии, газовой хроматографии, рентгеновской флуоресцентной спектрометрии.

4. Обзор астрономических и атмосферных параметров планет солнечной системы

Вертикальная структура планетных атмосфер. Тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера. Гомосфера и гетеросфера. Экзосфера. Сравнительный анализ строения атмосфер Венеры, Земли, Марса и Юпитера. Общая циркуляция планетных атмосфер. Уравнения гидродинамики на вращающейся сфере. Два режима общей циркуляции. Ячейки Хэдли и струйные течения. Термический ветер. Планетарный пограничный слой. Понятие о гидродинамических моделях планетных атмосфер. Волны в атмосфере планеты. Баротропные и бароклинные моды. Внутренние гравитационные волны. Гравитационные и термические приливы. Волны Россби.

5. Теория подобия для общей циркуляции планетных атмосфер

Оценки некоторых характеристик общей циркуляции на основе энергетических и термодинамических соображений. Уравнения гидротермодинамики для общей циркуляции атмосферы. Критерии подобия. Турбулентное движение в атмосферах. Колмогоровский спектр. Конвективная и сдвиговая неустойчивость. Число Ричардсона. Турбулентный пограничный слой. Турбулентные коэффициенты обмена.

6. Общие гипотезы подобия для крупномасштабных движений планетных атмосфер

Полная кинетическая энергия циркуляции, время ее жизни, типичная; разность температур, вызывающая циркуляцию. Методы теории подобия и размерности и термодинамических рассуждений. Гипотезы об автомодельности некоторых характеристик общей циркуляции относительно ряда определяющих параметров.

7. Подобие циркуляции с учетом вращения

Исследования циркуляции в атмосферах планет и в атмосфере Солнца, методом анализа размерностей и теории подобия. Медленно вращающиеся планеты с плотной атмосферой. Медленно вращающиеся планеты с разреженной атмосферой. Набор определяющих параметров, которые могут характеризовать вращение и магнитные поля звезд.

8. Оценки глобальных характеристик циркуляции, основанные на различных гипотезах о природе диссипации

Иерархия моделей. Понятие о диссипации энергии. Различные гипотезы о природе диссипации.

9. Применение теории к различным планетам солнечной системы и к солнечной атмосфере

Основные закономерности динамики атмосфер Марса, Венеры, планет-гигантов. Теория Большого Красного Пятна на Юпитере.

10. Пограничные слои и турбулентность в атмосферах планет земной группы

Пограничные слои на Марсе и Венере. Турбулентность в свободной атмосфере. Пыльные бури на Марсе.

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

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Физика планетных колец. Небесная механика сплошной среды [Текст], [монография]/Н. Н. Горькавый, А. М. Фридман, -М., Наука, 1994
2. Атмосферы [Текст]/Р. Гуди, Дж. Уолкнер, -М., Мир, 1975
3. Теория планетных атмосфер : Введение в их физику и химию [Текст]/Дж. Чемберлен, -М., Мир, 1981
1. Витязев А.В., Печерников Г.В., Сафронов В.С., Планеты земной группы, М., Наука, 1990.
2. Голицын Г.С. Введение в динамику планетных атмосфер. Л., Гидрометеоиздат, 1973.
3. Мюррей К., Дермотт С. Динамика Солнечной системы, Москва, Физматлит, 2009.
4. Соболев В.В. Перенос излучения в атмосферах звезд и планет. М., ГТТИ, 1956.
5. Encyclopedia of the Solar system (second edition), edited by McFadden L.-A., Weissman P.R., Johnson T.V., Elsevier, 966, 2007.
6. Irwin P. Giant planets of our Solar system. Atmospheres, composition and structure. Springer, 403c., 2009 (2006 – first edition).
7. Imke de Pater, Jack J. Lissauer, Planetary sciences, Cambridge University press, 528 c., 2004
8. Sanchez-Lavega A., An Introduction to Planetary Atmospheres, CRC press: Taylor & Francis, 629 c., 2010.
9. Taylor F.W. Planetary atmospheres Oxford University Press, 261 c., 2010

Дополнительная литература

1. Планета Венера [Текст]/Л. В. Ксанфомалити, -М., Наука, 1985
2. Планеты Солнечной системы [Текст]/М. Я. Маров, -М., Наука, 1981

3. Физика планеты Марс [Текст]/В. И. Мороз, -М., Наука, 1978
4. Юпитер [Текст]/под ред. Т. Герелса, -М., Мир, 1978
1. Александров Ю.В. Введение в физику планет. Киев, Вища школа, 1982.
2. Барсуков В.Л. (ред) Планета Венера. М., Наука, 1989.
3. Ксанфомалити И.Т.В. Парад планет. М., Наука, 1997.
4. Монин А.С. и Шишков Ю.А. История климата. Л., Гидрометеиздат, 1979.
5. Планеты и спутники. Сб. под ред. Дж. Койпера и Б. Мидлхерста, М., Мир, 1963.
6. Солнечная система. Пер. под ред. В.И. Мороза. М., Мир, 1978.
7. Сурков Ю.А. Космические исследования планет и спутников. М., Наука, 1985.
8. Houghton J., The physics of atmosphere (3 Ed.), Cambridge University press, 320 c., 2005

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)

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

Успешное освоение курса «Геокосмическая физика» 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) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	Г.С. Голицын, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Геокосмическая физика» обучающийся должен:

знать:

фундаментальные понятия, законы, теории динамики планетных атмосфер;
современные проблемы исследования динамики планетных атмосфер;
основы теории подобия.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач 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 оценить 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

Текущий контроль представляет собой проверку самостоятельной работы, контрольных работ. Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, индивидуальных консультаций.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Экспериментальные исследования (включая измерения на космических аппаратах и наземные наблюдения при помощи телескопов) химического состава, вертикального строения, аэрозольной компоненты и динамики атмосфер планет, их спутников и комет.
2. Классификация моделей пограничного слоя атмосферы; замыкание моделей, граничные условия.
3. Теоретические исследования физических и физико-химических процессов в планетных атмосферах, динамики планетных атмосфер, взаимодействия атмосфер с поверхностью, процессов их образования и эволюции.
4. Основы физики пограничного слоя атмосферы, законы сопротивления и теплопередачи.
5. Понятие атмосферной турбулентности; Спектры пульсаций метеопараметров.
6. Критерии теории подобия.
7. Методы оптической и инфракрасной спектрометрии, фотометрии и инфракрасной радиометрии, масс-спектрометрии, газовой хроматографии, рентгеновской флюоресцентной спектрометрии.
8. Вертикальная структура планетных атмосфер. Тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера. Гомосфера и гетеросфера. Экзосфера.
9. Сравнительный анализ строения атмосфер Венеры, Земли, Марса и Юпитера.
10. Уравнения гидротермодинамики для общей циркуляции атмосферы.
11. Турбулентное движение в атмосферах. Колмогоровский спектр.
12. Методы теории подобия и размерности и термодинамических рассмотрений.
13. Гипотезы об автомодельности некоторых характеристик общей циркуляции относительно ряда определяющих параметров.
14. Общая циркуляция планетных атмосфер. Уравнения гидродинамики на вращающейся сфере.
15. Два режима общей циркуляции. Ячейки Хэдли и струйные течения. Термический ветер.
16. Конвективная и сдвиговая неустойчивость. Число Ричардсона. Турбулентный пограничный слой. Турбулентные коэффициенты обмена.
17. Полная кинетическая энергия циркуляции, время ее жизни, типичная; разность температур, вызывающая циркуляцию.
18. Иерархия моделей. Понятие о диссипации энергии. Различные гипотезы о природе диссипации.
19. Когерентные структуры, мезо- и крупномасштабное влияние потоков плавучести на структуру Атмосферного пограничного слоя.
20. Влияние взволнованной водной поверхности на микровзаимодействие, волновое сопротивление водной поверхности.
21. Основные закономерности динамики атмосфер Марса, Венеры, планет-гигантов.
22. Исследования циркуляции в атмосферах планет и в атмосфере Солнца, методом анализа размерностей и теории подобия.
23. Медленно вращающиеся планеты с плотной атмосферой.
24. Пограничные слои на Марсе и Венере.
25. Медленно вращающиеся планеты с разреженной атмосферой.
26. Турбулентность в свободной атмосфере.
27. Набор определяющих параметров, которые могут характеризовать вращение и магнитные поля звезд.
28. Пыльные бури на Марсе.
29. Методы теории подобия и размерности и термодинамических рассмотрений.
30. Теория Большого Красного Пятна на Юпитере.

Критерии оценивания

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

При проведении устного дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачёте не должен превышать двух астрономических часов.

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

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