

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
по научной специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате»
по физико-математическим наукам

Ставрополь, 2022

Введение

Программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате» по физико-математическим наукам предназначена для определения практической и теоретической подготовленности аспиранта к выполнению профессиональных научно-исследовательских (экспериментальных, теоретических, расчетных) и педагогических задач, а также степени сформированности профессиональных компетенций.

Аспирант подтверждает степень освоения подготовкой и защитой реферата. Без сдачи рефератов аспирант (соискатель) не допускается к кандидатскому экзамену.

Порядок сдачи кандидатского экзамена по Наукам об атмосфере и климате

Порядок организации приема кандидатских экзаменов определяется соответствующими нормативными документами и предусматривает обязательное написание реферата по соответствующей научной специальности.

Цель экзамена – установить глубину профессиональных и научных знаний аспиранта или соискателя ученой степени.

В экзаменационный билет включаются 3 вопроса.

Для подготовки по билету отводится 45 минут. При подготовке к ответу аспиранту или соискателю предоставляется право пользования программой кандидатского экзамена.

Подготовка реферата по научной специальности

Отдельным этапом является подготовка аспирантом или соискателем реферата по научной специальности. Аспирант на базе самостоятельного изучения материала готовит реферат по научной специальности, соответствующей направлению его научного исследования. Проверку подготовленного реферата проводит научный руководитель. При наличии оценки «зачтено» по реферату аспирант или соискатель допускается к сдаче кандидатского экзамена.

Критерии оценивания

Оценка **«отлично»** выставляется аспиранту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал современной литературы, правильно обосновывает принятое решение.

Оценка **«хорошо»** выставляется аспиранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется аспиранту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения в применении теоретических положений на практике.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, не может увязывать теорию с практикой.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Раздел 1. ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ И ГИДРОСФЕРЫ

- 1.1. Основное уравнения динамики атмосферы и океана. Выражение силы градиента давления. Выражение силы Кориолиса. Выражение центробежной силы.
- 1.2. Основные допущения при выводе уравнения неразрывности. Вывод уравнения неразрывности. Различные формы записи уравнения неразрывности.
- 1.3. Определения состояния статики атмосферы. Барометрическая формула. Распределение давления, температуры и плотности.
- 1.4. Анализ геострофического состояния атмосферы. Геострофический ветер. Изменение геострофического ветра с высотой.
- 1.5. Выражение дифференциальных операторов в сферических координатах. Выражение центробежной силы и силы Кориолиса в сферических координатах. Выражение уравнения движения в сферических координатах. Уравнение динамики атмосферы в различном виде: векторном, декартовых и сферических координатах.
- 1.6. Уравнения состояния сухого и влажного воздуха. Первое начало термодинамики. Уравнение адиабаты. Влажноадиабатический градиент температуры.
- 1.7. Вывод уравнения баланса тепла. Решение уравнения теплопроводности методом Фурье. Автомодельное решение уравнения теплопроводности.
- 1.8. Уравнение динамики атмосферы в приближении Экмана. Решение уравнений динамики атмосферы в приближении Экмана. Анализ спирали Экмана.
- 1.9. Основные допущения, принимаемые для описания вихревого состояния атмосферы. Уравнения, описывающие вихревое состояние атмосферы. Решение уравнений вихревого состояния атмосферы. Анализ вихревого состояния атмосферы

Раздел 2. ФИЗИКА АТМОСФЕРНЫХ ВОЛН

- 2.1. Поверхностные волны в невращающейся атмосфере. Основные уравнения и их линеаризация в теории поверхностных волн Лапласа в баротропной атмосфере.
- 2.2. Внутренние волны в невращающейся атмосфере. Основные уравнения и их линеаризация в теории Тейлора – Гольдштейна.
- 2.3. Поверхностные волны во вращающейся атмосфере в приближении f -плоскости. Основные уравнения и их линеаризация в теории Кельвина.
- 2.4. Внутренние волны во вращающейся атмосфере в приближении f -плоскости.
- 2.5. Поверхностные волны во вращающейся атмосфере в приближении β -плоскости.
- 2.6. Внутренние волны во вращающейся атмосфере в приближении β -плоскости.
- 2.7. Волны Россби – Блиновой.
- 2.8. Нелинейные волны в атмосфере. Уравнение Кортевега – де Вриза. Уравнение Кадомцева – Петвиашвили

Раздел 3. ФИЗИКА ТЕПЛОВОЙ КОНВЕКЦИИ

- 3.1. Неустойчивость Кельвина – Гельмгольца.
- 3.2. Капиллярная неустойчивость струи. Теория Рэлея капиллярной неустойчивости струи жидкости.
- 3.3. Конвекция Рэлея – Бенара. Теория Рэлея.
- 3.4. Модель тепловой конвекции Лоренца. Аттрактор Лоренца.
- 3.5. Влияние вращения на устойчивость тепловой конвекции.
- 3.6. Устойчивость параллельных течений идеальной жидкости.
- 3.7. Устойчивость параллельных течений вязкой жидкости.

- 3.8. Двумерная модель конвекции сухого воздуха.
3.9. Двумерная модель конвекции влажного воздуха.

Вопросы для подготовки к кандидатскому экзамену

1. Основные уравнения динамики атмосферы и океана.
2. Различные формы записи уравнения неразрывности
3. Определения состояния статики атмосферы. Барометрическая формула. Распределение давления, температуры и плотности.
4. Геоострофический ветер. Изменение геоострофического ветра с высотой.
5. Уравнения состояния сухого и влажного воздуха.
6. Первое начало термодинамики. Уравнение адиабаты.
7. Влажноадиабатический градиент температуры.
8. Солнечный спектр. Солнечная постоянная. Солнечная активность. Парниковый эффект.
9. Фундаментальные свойства завихренности.
10. Поверхностные волны в невращающейся атмосфере. Основные уравнения и их линеаризация в теории поверхностных волн Лапласа в баротропной атмосфере.
11. Внутренние волны в невращающейся атмосфере. Основные уравнения и их линеаризация в теории Тейлора – Гольдштейна.
12. Поверхностные волны во вращающейся атмосфере в приближении f -плоскости.
13. Внутренние волны во вращающейся атмосфере в приближении f -плоскости.
14. Поверхностные волны во вращающейся атмосфере в приближении β -плоскости.
15. Внутренние волны во вращающейся атмосфере в приближении β -плоскости.
16. Нелинейные волны в атмосфере. Уравнение Кортевега – де Вриза.
17. Конвекция Рэлея – Бенара. Теория Рэлея.
18. Модель тепловой конвекции Лоренца. Аттрактор Лоренца.
19. Двумерная модель конвекции сухого воздуха.
20. Двумерная модель конвекции влажного воздуха.
21. Уравнение переноса вихря.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература

Основная:

1. Шакина Н. П. Лекции по динамической метеорологии. – М.: ТРИАДА ЛТД, 2013, 160 с.
2. Закинян Р.Г., Закинян А.Р. Динамическая метеорология. Волны в атмосфере. Учебное пособие. Ставрополь, ООО «Мир данных», 2015, 93 с.
3. Holton J.R. An Introduction to Dynamic Meteorology. Forth edition. Elsevier, 2004, p. 540.
4. Lindzen R. Dynamics in Atmospheric Physics. Cambridge: Cambridge University Press, 2005, 320 p.
5. Zdunkowski W., Bott A. Dynamics of the Atmosphere. Cambridge University Press, 2003, p. 719.

Дополнительная:

1. Wells N.C. The Atmosphere and Ocean: A Physical Introduction. Wiley-Blackwell. 2012. 424 p. ISBN: 978-0-470-69468-8.

2. Барашкова Н.К., Кижнер Л.И., Кужевская И.В. Атмосферные процессы: динамика, численный анализ, моделирование: учебное пособие / под ред. Г.О. Задде. – Томск: Томский государственный университет, 2012. – 312 с.
3. Cushman-Roisin B., Beckers J-M. Introduction to Geophysical Fluid Dynamics. Second edition. International geophysics series, vol. 101. Elsevier, 2011, p. 828.
4. Andrews D.G. An Introduction to Atmospheric Physics. Second edition. Cambridge University Press, 2010, p. 237.
5. Satoh M. Atmospheric Circulation Dynamics and General Circulation Models. Springer Germany: Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK, 2004, 547 p.
6. Marshall J., Plumb R.A. Atmosphere, Ocean, and Climate Dynamics. International geophysics series, vol. 93. Elsevier, 2008, p. 324.
7. Pedlosky J. Waves in the Ocean and Atmosphere. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003, p. 260.
8. Drazin P. G. Introduction to Hydrodynamic Stability. – Cambridge: University Press, 2002. – 258 p.
9. Nappo C.J. An Introduction to Atmospheric Gravity Waves. International geophysics series, vol. 85. Elsevier, 2002, p. 279.

Интернет-ресурсы:

1. [http:// biblioclub.ru/](http://biblioclub.ru/) Университетская библиотека онлайн
2. <http://www.rsl.ru> – Российская государственная библиотека.
3. <http://e.lanbook.com/> – электронно-библиотечная система издательства «Лань»
4. <http://meteovlab.meteorf.ru/> – сайт дистанционного обучения по спутниковой гидрометеорологии
5. Dynamics of Atmospheres and Oceans
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03770265>)