

Министерство образования Российской Федерации

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИРОДЫ, ОБЩЕСТВА И
ЧЕЛОВЕКА «ДУБНА»**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор Ю.С.Сахаров

« _____ » _____ 2008г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НУКЛЕОСИНТЕЗ

(наименование дисциплины)

по направлению, специальностям

510400 — Физика

(Естественнонаучный блок)

Разработана:

Кафедрой Ядерной Физики

(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой

проф., д.ф.-м.н., Оганесян Ю.Ц.

(подпись)

1. а) Требования к уровню необходимых исходных знаний.
- б) Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

Целью курса «Нуклеосинтез» является изучение студентами основных процессов и возможных сценариев образования атомных ядер (т.е. химических элементов), наблюдаемых в видимой части Вселенной, модели звезд и основных направлений лабораторных исследований по синтезу новых элементов и изотопов.

В ходе данного курса студент должен получить представление о современных моделях эволюции Вселенной и звезд, основанных на описании наблюдаемой распространенности элементов в природе. В основе этих моделей лежит гипотеза о «большом взрыве», данные о параметрах расширения вселенной и стандартные сценарии появления и эволюции звезд, как основного источника синтеза тяжелых элементов. В рамках данного курса изучаются результаты лабораторных исследований основных процессов нуклеосинтеза, извлечение ядерных констант, необходимых для понимания сценариев звездной эволюции, а также возможности использования ядерных реакций термоядерного синтеза для получения энергии. При чтении данного курса предполагается, что студенты уже изучили общие курсы «Ядерной физики» и «Квантовой механики», а также спецкурсы по ядерным реакциям с нейтронами, гамма-квантами и заряженными частицами.

2. Объём дисциплины и виды учебной работы (час):

Вид занятий	Всего часов	Семестры	
		9	10
Общая трудоемкость	34		34
Аудиторные занятия:			
Лекции (Л)	34		34
Практические занятия (ПЗ)			
Семинары (С)			
Лабораторные работы (ЛР)			
Самостоятельная работа:			
Курсовой проект (работа)	3		3
Расчетно-графические работы			
Реферат			
Вид итогового контроля (экзамен)	экзамен		экзамен

3. Содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ
1	Введение	4	
2	Основные положения ядерной астрофизики	4	
3	Нуклеосинтез в звездах и солнечная модель	6	
4	Нуклеосинтез в сверхновых	4	
5	Управляемые термоядерные реакции	4	
6	Синтез сверхтяжелых элементов	8	
7	Получение экзотических ядер и реакции с ними	4	

3.2. Содержание разделов дисциплины

1. Введение

- 1.1 Карта ядер, границы стабильности
- 1.2 Распространенность элементов в природе
- 1.3 Модель «большого взрыва»
- 1.4 Возможные реакции нуклеосинтеза и их основные характеристики

2. Основные положения ядерной астрофизики

- 2.1 Расширение Вселенной
- 2.2 Соотношение гелия и водорода и нуклеосинтез «большого взрыва»
- 2.3 Образование звезд и их систематика
- 2.4 Эволюция звезд и взрыв сверхновых
- 2.5 Образование тяжелых элементов
- 2.6 Критическая плотность и темная материя

3. Нуклеосинтез в звездах и солнечная модель

- 3.1 Термоядерные реакции, общие положения
- 3.2 Астрофизический S-фактор
- 3.3 Гамовский пик
- 3.4 Скорость термоядерных реакций, резонансные реакции
- 3.5 Стандартная солнечная модель
- 3.6 Основной процесс сгорания водорода
- 3.7 CNO-цикл сгорания водорода
- 3.8 Солнечные нейтрино, проблемы
- 3.9 Сгорание гелия, углерода и других ядер

4. Нуклеосинтез в сверхновых

- 4.1 Завершение звездного цикла, красные гиганты и сверхновые
- 4.2 Нуклеосинтез в сверхновых
- 4.3 s-процесс
- 4.4 r-процесс и образование тяжелых элементов
- 4.5 rp-процесс
- 4.6 Гамма-процесс

5. Управляемые термоядерные реакции

- 5.1 Характеристики основных термоядерных процессов
- 5.2 Горячая плазма и критерий Лоусона
- 5.3 Гравитационный, инерционный, магнитный, пузырьковый и мюонный синтез
- 5.4 Принципиальная схема ТОКАМАКа и основные результаты

6. Синтез сверхтяжелых элементов

- 6.1 Основные исторические этапы лабораторного синтеза тяжелых элементов
- 6.2 Остров стабильности
- 6.3 Постановка эксперимента по синтезу сверхтяжелых элементов
- 6.4 «Холодные» и «горячие» реакции слияния
- 6.5 Сечение выхода испарительных остатков

- 6.6 Конкуренция слияния и квазиделения
- 6.7 Конкуренция деления и испарения легких частиц
- 6.8 Последние экспериментальные результаты по синтезу сверхтяжелых элементов
- 6.9 Дальнейшие перспективы синтеза сверхтяжелых элементов

7. Получение экзотических ядер и реакции с ними

- 7.1 γ -процесс и нейтронно-избыточные ядра, их свойства и получение
- 7.2 $p\gamma$ -процесс и протонно-избыточные ядра, их свойства и получение
- 7.3 Извлечение ядерных астрофизических S -факторов
- 7.4 Получение пучков радиоактивных ядер, сепарация, эксперименты

4. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1. Методические рекомендации преподавателю

Данный курс читается студентам после изучения ими основ космологии и спецкурсов по ядерным реакциям с участием нейтронов, гамма-квантов и заряженных частиц. Предполагается, что студенты знакомы с закономерностями этих реакций при низких и, в частности, подбарьерных энергиях. Основной упор сделан на обсуждении современных моделей развития Вселенной, разрабатываемых именно на основе свойств ядерных реакций нуклеосинтеза. Экспериментальным материалом здесь выступает достаточно хорошо измеренная распространенность элементов в природе и наблюдаемые закономерности эволюции звезд и Солнца. В заключительных разделах курса рассматриваются лабораторные методы исследования астрофизических реакций нуклеосинтеза и подчеркивается экспериментальный (а не созерцательный) характер ядерной астрофизики, в отличие, скажем от космологии.

4.2. Методические указания студентам

Как и прежде, студент должен приучить себя к мысли о необходимости скорейшего освоения англо-язычной ядерной терминологии, поскольку основная литература по данному курсу (как, впрочем, и по другим спецкурсам) и ядерные базы данных написаны именно на английском языке. В рамках данного курса студенту предлагается на деле применить приобретенные знания по ядерным реакциям для объяснения увлекательных космологических явлений, в том числе, происхождения самой Вселенной и горения звезд.

4.3. Рекомендуемая литература

1. Claus E. Rolfs and William S. Rodney, *Cauldrons in the Cosmos*, The University of Chicago Press, Chicago, 1988.
2. Bernard E.J. Pagel, *Nucleosynthesis and Chemical Evolution of Galaxies*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1997.
3. Donald D. Clayton, *Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis*, The University of Chicago Press, Chicago, 1983.
4. T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Vol. I. Astrophysical Processes*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001.
5. T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Vol. II. Stars and Stellar Systems*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001.
6. T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Vol. III. Galaxies and Cosmology*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001.

7. Glenn T. Seaborg and Walter D. Loveland, *The Elements Beyond Uranium*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1990.
8. Yuri Oganessian, Heaviest nuclei from ^{48}Ca -induced reactions, *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics*, 34, R165, 2007.

Программа составлена в соответствии с Государственными требованиями к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы подготовки магистра по направлению 510400 — Физика.

Программу составил:

В.И. Загребаяев, д.ф.-м.н., профессор кафедры Ядерной физики