

**Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования Московской области «Международный
университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)**

**Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра ядерной физики**

УТВЕРЖДАЮ
проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

« _____ » _____ 20 ____ г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Астрофизика

(наименование дисциплины)

по направлению 010700 – физика

(№, наименование направления, специальности)

Форма обучения: дневная

Уровень подготовки: бакалавр

Курс (семестр): 4 (7)

г. Дубна, 2011 г.

Автор программы:

д. ф.-м. н. профессор В. И. Беляев,
профессор кафедры ядерной физики / _____ /

(подпись)

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом по направлению подготовки (специальности)

010700 – физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры “Ядерная физика”
(название кафедры)

Протокол заседания № _____ от “_____” _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой д. ф.-м. н. профессор / _____ / Оганесян Ю.Ц.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета естественных и инженерных наук _____ / А.С. Деникин /
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

“_____” _____ 20____ г.

Рецензент _____

(ученая степень, ученое звание, Ф.И.О., место работы, должность)

Руководитель библиотечной системы / _____ / Черепанова В.Г.

Содержание

Пояснительная записка.....	4
ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
1. Выписка из ГОС ВПО	10
2. Аннотация.....	10
3. Цели и задачи дисциплины.....	11
4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.....	11
5. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	11
6. Разделы (темы) дисциплины.....	12
Содержание разделов дисциплины.....	12
Семинары (практические занятия).....	13
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	13
Основная литература.....	13
Дополнительная литература:.....	13
Периодические издания:.....	14
Справочные ресурсы и материалы в Интернет.....	14
Перечень программного обеспечения.....	14
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	15
9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	15
Тесты.....	15
Вопросы для проведения текущего контроля освоения лекционного материала....	16
Перечень вопросов для подготовки к экзамену.....	17
10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.....	18

1. Выписка из ГОС ВПО

Выписка из государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования. Специальность 010700 Физика. Квалификация – физик. Регистрационный N 176 ен/сп (утв. Минобразованием РФ 17.03.2000г.).

Индекс	Наименование дисциплин и их основные разделы	Всего часов
ДС.05	Астрофизика	
	Звезды и межзвездная среда. Галактики и квазары, классическая космология и очень ранняя Вселенная. Применение физических законов к изучению космических объектов (звезды, космическая плазма) и Вселенной в целом. Источники звездной энергии. Элементарные основы взаимодействия вещества и излучения. Уравнения переноса излучения и их простейшие решения. Физические процессы в источниках астрономического излучения..	

2. Аннотация

Место курса в профессиональной подготовке бакалавров

Дисциплина «Астрофизика» относится к циклу дисциплин специализации (федеральный компонент). До дисциплины «Астрофизика» студенты изучили разделы курса общей физики «Атомная физика» и «Ядерная физика», разделы курса теоретической физики «Квантовая теория» и «Физика конденсированного состояния, термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика», а также некоторые разделы математических дисциплин, включая дифференциальное и интегральное исчисление. В качестве входных знаний студенты должны владеть основными законами механики, молекулярной физики, основными законами электродинамики и волновой оптики. Освоение дисциплины «Астрофизика» необходимо для широкого понимания значения ядерных процессов и процессов с элементарными частицами, изучаемых в дисциплинах специализации таких, как «Теория атомных ядер и ядерные модели», «Спец. семинар по физике ядра и ядерным реакциям».

Методы обучения (в т.ч. инновационные)

Преподавание дисциплины «Астрофизика» предусматривает активное использование следующих методов обучения: мультимедийных презентаций с представлением экспериментальных данных и компьютерных расчетов; в т.ч. инновационных методов: применением образовательных Интернет-ресурсов.

Требования к студентам

В качестве входных знаний студенты должны владеть основными законами механики, молекулярной физики, электродинамики, квантовой физики, знать основные свойства атомных ядер и основные типы ядерных реакций.

Виды контроля и формы работ студентов:

практические (семинарские) занятия, итоговый контроль – экзамен.

Методика формирования результирующей оценки.

Для оценки результатов деятельности студента по изучению дисциплины используется четыре показателя:

- участие в аудиторной работе,
- посещение занятий,
- ответы на вопросы текущих опросов,
- уровень ответов на экзаменационные вопросы.

3. Цели и задачи дисциплины

Цели освоения дисциплины:

- познакомить студентов с физическими процессами, сопровождающими нуклеосинтез элементов в звездах и на дозвездной стадии;
- получение представления об эволюции звезды, начиная от звезд главной последовательности и кончая компактными объектами, такими как белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры.

Задачи освоения дисциплины:

- представлять «работу» ядерных циклов в звездах : горение водорода, горение гелия, образование углерода и т.д. ,
- усвоить особенности протекания ядерных реакций в плазме : окно Гамова, экранирование;
- приобрести навыки использования теории ядерных реакций для объяснения основных этапов нуклеосинтеза и распространенности в природе различных атомных ядер.

4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные экспериментальные свойства и теоретические модели ядерных реакций нуклеосинтеза; основные экспериментальные методы изучения ядерных реакций и других физических процессов в звездах и во Вселенной.

Уметь: объяснять наблюдаемую распространенность атомных ядер на основе теоретических и экспериментальных сведений о ядерных реакциях синтеза.

Иметь навыки расчета сечений резонансных ядерных реакций.

Приобрести опыт деятельности: практической работы по интерпретации астрофизических экспериментальных данных о свойствах звезд различных типов и космического излучения.

5. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
Общая трудоемкость дисциплины	69	69
Аудиторные занятия	54	54
Лекции	36	36
Практические занятия (Семинары)	18	18
Лабораторные работы		
Самостоятельная работа	15	15
Вид итогового контроля (экзамен)		экзамен

6. Разделы (темы) дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины, содержание	Л ¹	ПЗ (С)	ЛР	СР
1	Некоторые свойства Вселенной и распространенность химических элементов.	6	2		1
2	Ядерные реакции в звездах	4	4		2
3	Резонансные ядерные реакции	4	4		2
4	Ядерный синтез в звездах. Горение водорода.	4	4		1
5	Ядерный синтез в звездах. CNO-циклы и дополнительные циклы.	4			2
6	Ядерный синтез в звездах. Горение водорода.	4			2
7	Компактные звездные объекты.	4			2
8	Строение и эволюция Вселенной.	6	4		3
Всего		36	18		15

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Некоторые свойства Вселенной и распространенность химических элементов.

Обзор всего курса. Избранные наблюдаемые. Некоторые наблюдательные свойства вселенной. Распространенность элементов в природе. Диаграмма Гершпрунга-Рассела. Соотношение светимость-температура. Разбегание галактик, закон Хаббла. Расширение вселенной по Хабблу (парадокс Ольмерса). Реликтовое излучение.

Раздел 2. Ядерные реакции в звездах

Определения и общие характеристики ядерных реакций в звездах. Источники ядерной энергии. Выход реакции в звезде. Нерезонансные реакции. Реакции с фотонами.

Реакции с заряженными частицами, «окно» Гамова. Реакции индуцированные заряженными частицами (гамовский пик). Роль экранирования в ядерных реакциях в звездах. Экранирование Дебая-Хюккеля и область его применимости.

Раздел 3. Резонансные ядерные реакции.

Резонансные реакции. Формула Саха и узкие резонансы. Реакции на широких резонансах. Подпороговые резонансы.

Раздел 4. Ядерный синтез в звездах. Горение водорода.

Сечение реакции $p+p=d+e+\nu$, горение дейтерия и ${}^3\text{He}$. Конец цепочки $pp1$. Судьба ${}^7\text{Be}$ в звезде. 3 pp -цепочки. Процессы в звездах с участием слабых взаимодействий.

Раздел 5. Ядерный синтез в звездах. CNO-циклы и дополнительные циклы.

CNO-циклы. Открытие дополнительных циклов. Результаты действия CNO-циклов. Ne-Na цикл, Mg-Al-цикл. Распространенность элементов.

Раздел 6. Ядерный синтез в звездах. Горение гелия.

Горение гелия. Особенности образования ${}^{12}\text{C}$. Тройные столкновения альфа-частиц. Двухшаговое резонансное образование углерода ${}^{12}\text{C}$. Свойства реакции ${}^{12}\text{C}+{}^4\text{He}={}^{16}\text{O}+\gamma$. Распространенность элементов. Другие реакции горения гелия.

¹ Виды занятий Л – лекции, ПЗ - практические занятия (С – семинары), ЛР - лабораторные работы, СР - самостоятельная работа студентов.

Раздел 7. Компактные звездные объекты.

Белые карлики. Предел массы белого карлика (предел Чандрасекара). Вырожденный газ и структура белых карликов. Термодинамические характеристики белых карликов. Основные характеристики нейтронных звезд, пульсары, магнетары. Термодинамика черной дыры. Пикноядерные реакции.

Раздел 8. Строение и эволюция Вселенной.

Наблюдаемые в космологии. Антропный принцип. Вселенная. Стандартная космологическая модель и ее трудности. Динамика расширения. Большой взрыв и производство легких элементов. Стандартный и нестандартный нуклеосинтез. Наблюдения реликтовых ядер, сравнение теории с экспериментом.

Семинары (практические занятия)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование семинаров (практических занятий)	Кол-во ч.
C1	1	Распространенность элементов в природе	2
C2	1	Получение формул для положения и ширины гаммовского пика.	2
C3		Получение формулы Дебая-Хюккеля.	2
C4		Реакции $p+p=d+e+\nu$, горение дейтерия и ${}^3\text{He}$	2
C5		CNO-циклы.	2
C6		Горение гелия.	2
C7		Белые карлики.	2
C8		Нейтронные звезды и черные дыры	2
C9		Стандартный и нестандартный нуклеосинтез	2

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 5, Атомная и ядерная физика. М.-ФИЗМАТЛИТ, 2011
2. Фильченков М.Л., Копылов С. В., Евдокимов В. С. Гравитация, астрофизика, космология : Дополнительные главы курса общей физики / - М. : Либроком, 2011. - 104с.
3. Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Н. П. Юдин. Частицы и атомные ядра, М., Издательство ЛКИ, 2007.
4. Гриб А.А. Основные представления современной космологии : Учебное пособие для студентов / Гриб Андрей Анатольевич. - М. : Физматлит, 2008. - 108с. - Список лит.:с.104.
5. Ю.М. Широков и Н.П. Юдин. Ядерная физика. М.: Наука, 1972.

Дополнительная литература:

1. Тейлер Р.Дж. Происхождение химических элементов / Тейлер Р.Дж.; Пер.с англ. Н.Б.Егоровой; Под ред. Г.А.Лейкина. - М.: Мир, 1975. - 232с.
2. Валантэн Л. Субатомная физика: ядра и частицы: В 2 т. Т.1 : Элементарный подход / . - М.: Мир, 1986. - 272с. Т.2 : Дальнейшее развитие / . - М.: Мир, 1986. - 336с.
3. Субатомная физика: Вопросы. Задачи. Факты: Учебное пособие / Под.ред.Б.С.Ишханова. - М.: Издательство Московского университета, 1994. - 224с
4. Нерсесов Э.А. Основные законы атомной и ядерной физики: Учебное пособие / Нерсесов Эдуард Аристаркесович. - М.: Высшая школа, 1988. - 288с.
5. Ядерная энциклопедия / Авт.и гл.ред. А.А.Ярошинская. - М.: Благотворительный фонд Ярошинской, 1996. - 656с.: ил.
6. Зельдович Я.Б. Избранные труды. Частицы, ядра, Вселенная / Зельдович Яков Борисович; Под ред. Ю.Б.Харитона. - М.: Наука, 1985. - 464с.:

7. Вайнберг С. Первые три минуты: современный взгляд на происхождение Вселенной / Вайнберг Стивен; Пер.с англ. А.В.Беркова; Под ред.,с предисл.и доп. Я.Б.Зельдовича. - М.: Энергоиздат, 1981. - 208с.
8. Современное естествознание: Энциклопедия: В 10 т. Т.4 : Физика элементарных частиц. Астрофизика / ISSEP. Междунар.соросовская программа образования в области точных наук; Гл.ред. В.Н.Сойфер; Ред.тома Б.И.Садовников и др. - М.: Магистр-Пресс, 2000. - 280с.:
9. Собонович Э.В. Изотопная космохимия / Собонович Эмлен Владимирович. - М.: Атомиздат, 1974. - 208с.:
10. Барашенков В.С. Кварки, протоны, Вселенная / Барашенков Владилен Сергеевич. - М.: Знание, 1987. - 192с.:
11. Барнс К. Ядерные реакции в астрофизике. // УФН. 1968. Т. 94, вып. 3. с. 547.
12. Чечев В.П., Крамаровский Я.М. Теория ядерного синтеза в звездах: процесс медленного нейтронного захвата. // УФН. 1981. Т. 134, вып. 3. с. 431.
13. Фаулер У.А. Экспериментальная и теоретическая ядерная астрофизика. // УФН. 1985. Т. 145, вып. 3. с. 441.

Периодические издания:

1. Успехи физических наук/ Учредитель: РАН; Гл.ред. Л.В.Келдыш. - М.: Успехи физических наук. - Журнал, выходит 1 раз в месяц. - Основан в 1918 году. - См. электронные версии статей: <http://ufn.ru/ru/articles/>.
2. Ядерная физика / Учредитель: РАН; Гл.ред. Ю.Г. Абов. - М. : Наука. - Журнал, выходит 1 раз в месяц. - Основан в 1965 году.

Справочные ресурсы и материалы в Интернет:

1. <http://nrv.jinr.ru/nrv>
2. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
3. <http://theory.asu.ru/>
4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
5. <http://window.edu.ru/window>
6. Википедия : <http://wiki.web.ru>
7. Полнотекстовая база данных для университета «Дубна». Сайт библиотеки: <http://lib.uni-dubna.ru/biblweb>

Перечень программного обеспечения

База знаний по низкоэнергетическим ядерным реакциям Nuclear Reaction Video /ЛЯР ОИЯИ / (см. рис. 1,2,3), <http://nrv.jinr.ru/nrv/>

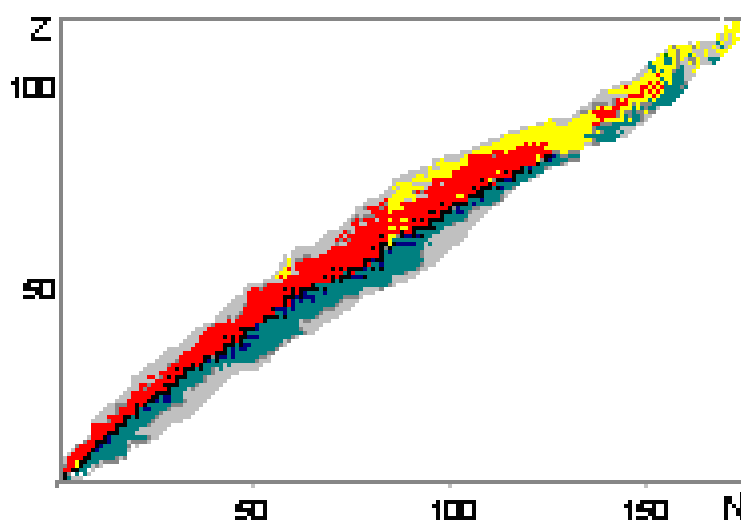


Рис. 1 Карта атомных ядер в базе знаний по низкоэнергетическим ядерным реакциям Nuclear Reaction Video / ЛЯР ОИЯИ /

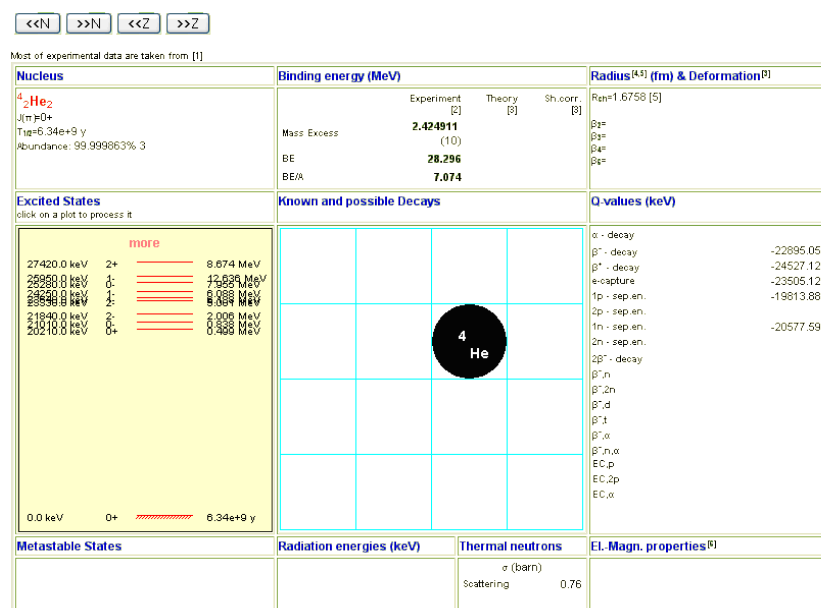


Рис. 2. Пример информации об атомном ядре ⁴He в базе знаний по низкоэнергетическим ядерным реакциям Nuclear Reaction Video / ЛЯР ОИЯИ /

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. мультимедийный проектор;
2. иллюстративный материал в форме компьютерных презентаций и образовательных материалов из Интернет;
3. персональные компьютеры или ноутбуки с доступом в Интернет.

9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Тесты

- Образец теста по теме
 ■ «Нуклеосинтез в астрофизике»
 Вопрос № 1

Синтез ядер химических элементов может происходить...

- 1) на первой стадии расширения Вселенной в ходе Большого взрыва.
- 2) при эволюции стационарных звезд;
- 3) при взрыве сверхновых звезд.

Вопрос № 2

В каждом квантовом состоянии может находиться фермионов:

- 1) один;
- 2) не более одного;
- 3) не более двух;
- 4) любое количество.

Вопрос № 3

В каждом квантовом состоянии может находиться бозонов:

- 1) один;
- 2) не более одного;
- 3) не более двух;
- 4) любое количество.

Вопрос № 4

S-процесс статического нуклеозинтеза заключается в ...

- 1) поглощении ядрами протонов;
- 2) медленным поглощением ядрами нейтронов с последующим бета-распадом;
- 3) быстрым поглощением ядрами нейтронов без последующего бета-распада.

Вопрос № 5

Если уровень Ферми для нейтронов в атомном ядре заметно выше, чем уровень Ферми для протонов, то такое ядро...

- 1) стабильно;
- 2) испытывает бета-распад с испусканием электрона ;
- 3) испытывает бета-распад с испусканием позитрона.
- 4) испытывает альфа-распад
- 5) испускает гамма-излучение.

Вопрос № 6

R-процесс статического нуклеозинтеза заключается в ...

- 1) поглощении ядрами альфа-частиц;
- 2) медленным поглощением ядрами нейтронов с последующим бета-распадом;
- 3) быстрым поглощением ядрами нейтронов без последующего бета-распада.

Вопрос № 7

Расстояние до линии стабильности от граничных нейтронной и протонной линий стабильности...

- 1) одинаковы;
- 2) больше для протонной линии;
- 3) больше для нейтронной линии.

Вопрос № 8

Источниками свободных нейтронов в звездах являются ...

- 1) реакции деления ядер;
- 2) (α, n)-реакции на ядрах от углерода до магния;
- 3) фотонейтронные циклы;

Вопрос № 9

Максимальной энергии связи отвечают:

- 1) наиболее легкие ядра, до гелия-4;
- 2) наиболее тяжелые ядра, после свинца;
- 3) средние ядра, в районе железа.

Вопрос № 10

Для установившегося s-процесса содержания близких по массовым числам ядер должно быть...

- 1) прямо пропорционально сечению захвата нейтронов;
- 2) не зависящим от сечения захвата нейтронов;
- 3) обратно пропорционально сечению захвата нейтронов.

Вопросы для проведения текущего контроля освоения лекционного материала

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля по итогам освоения отдельных разделов дисциплины и самостоятельной работы обучающегося с помощью коллоквиумов.

Образец: КОЛЛОКВИУМ К1.
“ Ядерные реакции в звездах ”

1. Определения и общие характеристики ядерных реакций в звездах. Источники ядерной энергии.
2. Выход реакции в звезде. Нерезонансные реакции.

3. Реакции с фотонами.
4. Реакции с заряженными частицами, «окно» Гамова. Реакции индуцированные заряженными частицами (гамовский пик).
5. Роль экранирования в ядерных реакциях в звездах
6. Резонансные реакции.
7. Формула Саха и узкие резонансы.
8. Реакции на широких резонансах.
9. Подпороговые резонансы.
10. Горение водорода. Сечение реакции $p+p=d+e+\nu$,
11. Горение дейтерия и ${}^3\text{He}$. Конец цепочки pp1.
12. Судьба ${}^7\text{Be}$ в звезде. 3 pp-цепочки.
13. Процессы в звездах с участием слабых взаимодействий.
14. CNO-циклы. Открытие дополнительных циклов. Результаты действия CNO-циклов.
15. Ne-Na цикл и Mg-Al-цикл.
16. Распространенность элементов.
17. Горение гелия. Особенности образования ${}^{12}\text{C}$. Тройные столкновения альфа-частиц. Двухшаговое резонансное образование углерода ${}^{12}\text{C}$.
18. Свойства реакции ${}^{12}\text{C}+{}^4\text{He}={}^{16}\text{O}+\gamma$. Распространенность элементов.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Избранные наблюдаемые. Некоторые наблюдательные свойства вселенной.
2. Распространенность элементов в природе.
3. Диаграмма Гершпрунга-Рассела.
4. Соотношение светимость-температура.
5. Разбегание галактик, закон Хаббла. Расширение вселенной по Хабблу (парадокс Ольмерса).
6. Реликтовое излучение.
7. Определения и общие характеристики ядерных реакций в звездах. Источники ядерной энергии.
8. Выход реакции в звезде. Нерезонансные реакции. Реакции с фотонами.
9. Реакции с заряженными частицами, «окно» Гамова. Реакции индуцированные заряженными частицами (гамовский пик).
10. Роль экранирования в ядерных реакциях в звездах. Экранирование Дебая–Хюккеля и область его применимости.
11. Резонансные реакции.
12. Формула Саха и узкие резонансы.
13. Реакции на широких резонансах.
14. Подпороговые резонансы.
15. Горение водорода. Сечение реакции $p+p=d+e+\nu$,
16. Горение дейтерия и ${}^3\text{He}$. Конец цепочки pp1.
17. Судьба ${}^7\text{Be}$ в звезде. 3 pp-цепочки.
18. Процессы в звездах с участием слабых взаимодействий.
19. CNO-циклы. Открытие дополнительных циклов. Результаты действия CNO-циклов.
20. Ne-Na цикл, Mg-Al-цикл.
21. Распространенность элементов.
22. Горение гелия. Особенности образования ${}^{12}\text{C}$. Тройные столкновения альфа-частиц. Двухшаговое резонансное образование углерода ${}^{12}\text{C}$.
23. Свойства реакции ${}^{12}\text{C}+{}^4\text{He}={}^{16}\text{O}+\gamma$. Распространенность элементов.
24. Другие реакции горения гелия.

25. Компактные звездные объекты.
26. Белые карлики. Предел массы белого карлика (предел Чандрасекара).
27. Вырожденный газ и структура белых карликов (б.к.). Термодинамические характеристики б.к.
28. Основные характеристики нейтронных звезд, пульсары, магнетары.
29. Термодинамика черной дыры
30. Пикноядерные реакции.
31. Наблюдаемые в космологии. Антропный принцип.
32. Вселенная. Стандартная космологическая модель и ее трудности.
33. Динамика расширения.
34. Большой взрыв и производство легких элементов.
35. Стандартный и нестандартный нуклеосинтез.
36. Наблюдения реликтовых ядер, сравнение теории с экспериментом.