

**Государственное автономное образовательное учреждение  
среднего профессионального образования  
Новосибирской области  
«Барабинский медицинский колледж»**

**Цикловая методическая комиссия общих гуманитарных,  
социально-экономических дисциплин**

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА  
комбинированного занятия**

**Дисциплина: Физика**

**Раздел 4 «Квантовая физика и элементы астрофизики»**

**Тема 4.8 «Деление тяжелых атомных ядер. Цепная реакция деления  
ядер»**

**для специальности: «Сестринское дело»  
по программе базовой подготовки**

**курс 1**

**Барабинск, 2013 г**

Рассмотрена на заседании

ЦМК ОГСЭД

Протокол № \_\_\_\_\_

От \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Председатель ЦМК

\_\_\_\_\_  
(Ф. И. О.)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Разработчик: преподаватель физики    Вашурина Т. В.

## Содержание

Методический лист .....	4
Формирование требований ФГОС при изучении темы .....	5
Выписка из тематического плана дисциплины «Физика» .....	6
Схема интегративных связей темы .....	7
Актуальность изучения темы .....	8
Примерная хронокарта занятия .....	9
Блок информации по теме .....	12
План самостоятельной работы студентов .....	18
Приложение №1 .....	19
Приложение №2 .....	20
Приложение №3 .....	23
Приложение №4 .....	24
Домашнее задание .....	25
Перечень оборудования и оснащения .....	25
Перечень литературы .....	26

## Методический лист

### Тема 4.8

«Деление тяжелых атомных ядер. Цепная реакция деления ядер».

**Вид занятия:** комбинированный урок.

**Уровень усвоения информации:** первый (узнавание ранее изученных объектов, свойств) + второй (выполнение деятельности по образцу, инструкции или под руководством).

**Образовательные цели:** Рассмотреть механизм деления ядер урана на примере демонстрационной модели. Ввести понятие цепной ядерной реакции, коэффициента размножения нейтронов. Ознакомить студентов с факторами, влияющими на коэффициент размножения нейтронов. Научить решать задачи разного типа по теме урока. Подчеркнуть реальность данного процесса.

**Воспитательные цели:** развивать коммуникативные способности через организацию работы в малых группах; создавать содержательные и организационные условия для развития самостоятельности в добывании студентами знаний, скорости восприятия и переработки информации, культуры речи, воспитании настойчивости в достижении цели; формировать умение работать в коллективе, команде.

**Развивающие цели:** развивать активность студентов, умения анализировать, сравнивать, делать выводы и обобщать.

## **Формирование требований ФГОС при изучении темы «Деление тяжелых атомных ядер. Цепная реакция деления ядер»**

В результате изучения темы обучающийся **должен знать:**

- смысл понятий: атомное ядро, радиоактивность, дефект массы, энергия связи, ионизирующее излучение, цепная ядерная реакция;
- вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики.

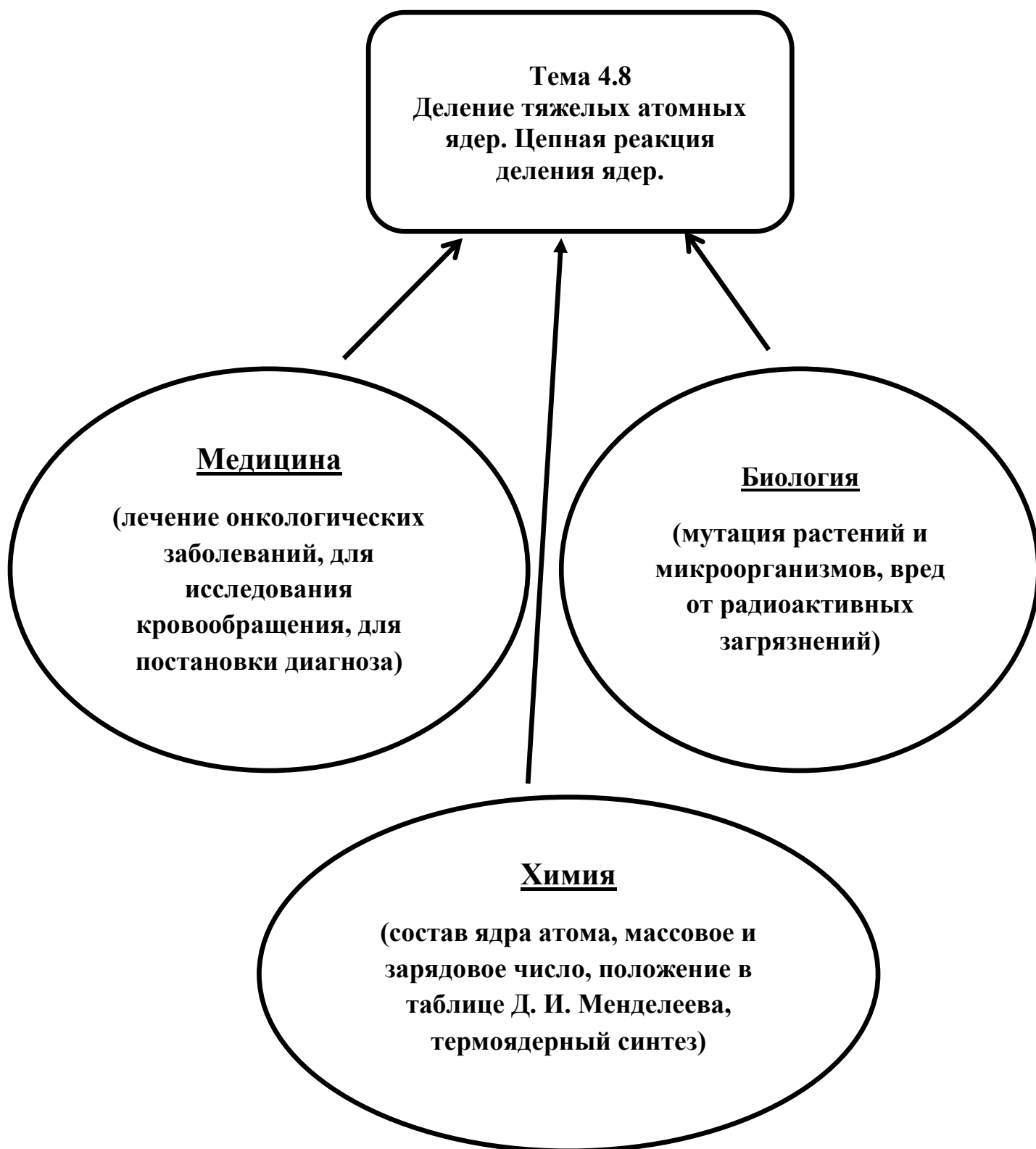
В результате изучения темы обучающийся **должен уметь:**

- описывать и объяснять результат наблюдений и экспериментов, связанных с механизмом деления тяжелых ядер урана;
- приводить примеры применения управляемой и неуправляемой цепной ядерной реакции;
- применять полученные знания для решения физических задач;
- воспринимать и на основе полученных знаний самостоятельно оценивать информацию, содержащуюся в сообщениях СМИ, научно-популярных статьях;
- использовать новые информационные технологии для поиска, обработки и предъявления информации по физике в компьютерных базах данных и сетях (сети Интернета).

**Выписка из тематического плана дисциплины «Физика»  
специальность «сестринское дело»**

<b>Тема 4.8</b> Деление тяжелых атомных ядер. Цепная реакция деления ядер.	Содержание учебного материала	2
	Понятие цепной ядерной реакции. Коэффициент размножения нейтронов. Отработка навыка решения задач. Выработка умения принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	
	Лабораторная работа	-
	Практическое занятие №7 Решение задач по теме: «Изотопы. Правила смещения. Искусственное превращение атомных ядер»	2
	Контрольная работа	-
Самостоятельная работа обучающихся: - Подготовка мультимедийных презентаций: «Цепная ядерная реакция» - работа с учебником [2, стр. 312 - 316]; - работа с конспектом лекции.	1	

## Схема интегративных связей темы



## **Актуальность изучения темы**

В современной физике есть год, который называют «годом чудес». Это 1932-й год. Одним из таких «чудес» этого года было открытие нейтрона и создание нейтронно-протонной модели атомного ядра. В результате произошло выделение из атомной физики самостоятельного, бурно развивающегося направления - ядерной физики. Прошло еще 3 года, и в США был создан реактор для осуществления управляемой ядерной реакции. Затем в 1945 г. была изготовлена и испытана атомная бомба, а в 1954 г. в нашей стране была пущена в эксплуатацию первая в мире атомная электростанция. Во всех этих случаях использовалась огромная энергия распада атомного ядра.

Еще большее количество энергии выделяется в результате синтеза атомных ядер. В 1953 году в СССР впервые была испытана термоядерная бомба, и человек научился воспроизводить процессы, происходящие на солнце.

Пока использовать для мирных целей ядерный синтез нельзя, но, если это станет возможным, то люди обеспечат себя дешевой энергией на миллиарды лет. Эта проблема - одно из важнейших направлений современной физики на протяжении последних 50 лет.



**Примерная хронокарта занятия по теме «Деление тяжелых атомных ядер. Цепная реакция деления ядер»  
(время занятия 90 минут)**

№	Этапы занятия	Деятельность		Цель этапа занятия	Оснащение этапа	Мин.
		преподавателя	студентов			
1	Орг. момент.	Приветствие. Проверка готовности аудитории.	Дежурный информирует об отсутствующих. Контроль внешнего вида студентов.	Мобилизация внимания, выявление готовности аудитории к занятию.	Журнал группы.	1-2
2	Актуализация опорных знаний.	Проводит фронтальный опрос, раздает варианты тестовых заданий, проводит инструктаж по выполнению работы, определяет временные рамки выполнения задания.	Отвечают устно, выполняют письменное задание в тетрадях для контрольных работ.	Выявление степени подготовки студентов к занятию и степень усвоения материала по предыдущей теме. Развитие грамотной речи обучающихся, самоконтроль своих знаний.	Вопросы для фронтального опроса, тесты для контроля (Приложение №1)	10-15
3	Сообщение темы занятия, постановка цели, обозначение актуальности данной темы, определение интегративных связей.	Сообщает тему занятия, определяет цель, обосновывает значимость изучаемой темы.	Слушают, записывают дату и тему занятия в рабочих тетрадях.	Обозначить цель занятия, заинтересовать обучающихся, сконцентрировать их внимание.	Методическая разработка, мультимедийное оборудование, мультимедийная презентация.	2-3
4	Изучение нового материала по плану.	Излагает новый материал, демонстрирует презентацию, видеоролики	Слушают, конспектируют, зачитывают доклады и презентации (2-3 чел)	Познакомиться с процессом деления тяжелых атомных ядер, рассмотреть различные варианты течения цепной ядерной	Методическая разработка (блок информации), мультимедийное оборудование,	20

				реакции. Изучить устройство и принцип действия ядерного реактора.	мультимедийная презентация, ЭОР, таблица Д. И. Менделеева.	
5	Первичное закрепление знаний	Задаёт вопросы, помогает студентам грамотно сформулировать ответы.	Отвечают на вопросы, задают вопросы.	Первичное закрепление и систематизация материала, ликвидация пробелов в понимании в полученных знаниях.	Методическая разработка (вопросы для первичного закрепления материала). Приложение №2	5
6	Решение расчетных задач на расчет энергетического выхода ядерной реакции.	Разбор задачи, алгоритма ее решения. Контролирует решение задач студентами, указывает на ошибки.	Работают на местах и у доски.	Отработать навык решения задач на расчет дефекта массы и энергию связи; организация собственной деятельности, выбор типовых методов и способов решения задач, оценка их выполнения.	Слайды презентации с текстами заданий. Приложение №3	20
7	Задание на самостоятельную работу.	Раздаёт контролирующий материал, проводит инструктаж по выполнению работы, определяет время самостоятельной работы студентов.	Слушают преподавателя, задают вопросы.	Развитие скорости восприятия и переработки информации, пунктуальности.	Слайд презентации с инструкциями, критериями оценки самостоятельной работы студентов (Приложение №4 инструктаж, критерии)	2
8	С. р. Контроль текущих теоретических и практических знаний, контроль конечного уровня знаний, отчет.	Контролирует ход работы, помогает, указывает на ошибки.	Работают в малых группах, используют текст учебника, решают задачи по образцу.	Закрепление материала, формирование умения делать выводы, обобщать. Формирование умения работать в команде. Контроль усвоения знаний и умений учащихся.	Задания для итогового контроля. Приложение №4	15

9	Итоговый контроль.	Контролирует взаимопроверку, поясняет критерии оценки.	Предоставляют выполненное задание, сопоставляют ответы с эталонами, выставляют оценки.	Закрепление знаний по теме, выявление степени усвоения материала.	Слайд презентации с эталонами ответов и критериями отметки (приложение №4).	3
10	Подведение итогов занятия, выставление оценок.	Оценивает работу группы в целом, индивидуально, обоснование полученных студентами оценок.	Слушают, задают вопросы, участвуют в обсуждении.	Развитие эмоциональной устойчивости, объективности оценки своих действий, умения работать в малых группах, команде.	Журнал группы.	3
11	Домашнее задание	Проводит инструктаж по выполнению домашнего задания.	Слушают, записывают, задают вопросы.	Оптимизация самоподготовки, определение объема самостоятельной внеаудиторной работы.	Слайд презентации с дифференцированным домашним заданием.	2

## Блок информации

### План изложения учебного материала по теме 4.8 «Деление тяжелых атомных ядер. Цепная реакция деления ядер»

1. Ядерные реакции.
2. Деление тяжелых ядер.
3. Ядерный реактор (доклад)
4. Термоядерные реакции.

#### 1. Ядерные реакции

**Ядерная реакция** – это процесс взаимодействия атомного ядра с другим ядром или элементарной частицей, сопровождающийся изменением состава и структуры ядра и выделением вторичных частиц или  $\gamma$ -квантов.

В результате ядерных реакций могут образовываться новые радиоактивные изотопы, которых нет на Земле в естественных условиях.

Первая ядерная реакция была осуществлена Э. Резерфордом в **1919** году в опытах по обнаружению протонов в продуктах распада ядер. Резерфорд бомбардировал атомы азота  $\alpha$ -частицами. При ядерных реакциях выполняется несколько законов сохранения: импульса, энергии, момента импульса, заряда. В дополнение к этим классическим законам при ядерных реакциях выполняется закон сохранения так называемого барионного заряда (т. е. числа нуклонов – протонов и нейтронов). Выполняется также ряд других законов сохранения, специфических для ядерной физики и физики элементарных частиц.

Ядерные реакции могут протекать при бомбардировке атомов быстрыми заряженными частицами (протоны, нейтроны,  $\alpha$ -частицы, ионы). Первая реакция такого рода была осуществлена с помощью протонов большой энергии, полученных на ускорителе, в 1932 году.

Однако наиболее интересными для практического использования являются реакции, протекающие при взаимодействии ядер с нейтронами. Так как нейтроны лишены заряда, они беспрепятственно могут проникать в атомные ядра и вызывать их превращения. Выдающийся итальянский физик Э. Ферми первым начал изучать реакции, вызываемые нейтронами. Он обнаружил, что ядерные превращения вызываются не только быстрыми, но и медленными нейтронами, движущимися с тепловыми скоростями.

Ядерные реакции сопровождаются энергетическими превращениями.

**Энергетическим выходом ядерной реакции называется величина**

$$E = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2 = \Delta M c^2$$

где  $M_A$  и  $M_B$  – массы исходных продуктов,  $M_C$  и  $M_D$  – массы конечных продуктов реакции. Величина  $\Delta M$  называется дефектом масс. Ядерные

реакции могут протекать с выделением ( $Q > 0$ ) или с поглощением энергии ( $Q < 0$ ). Во втором случае первоначальная кинетическая энергия исходных продуктов должна превышать величину  $|Q|$ , которая называется порогом реакции.

Для того чтобы ядерная реакция имела положительный энергетический выход, удельная энергия связи нуклонов в ядрах исходных продуктов должна быть меньше удельной энергии связи нуклонов в ядрах конечных продуктов. Это означает, что величина  $\Delta M$  должна быть положительной.

*Возможны два принципиально различных способа освобождения ядерной энергии.*

**2. Деление тяжелых ядер.** В отличие от радиоактивного распада ядер, сопровождающегося испусканием  $\alpha$ - или  $\beta$ -частиц, реакции деления – это процесс, при котором нестабильное ядро делится на два крупных фрагмента сравнимых масс.

В 1939 году немецкими учеными О. Ганом и Ф. Штрассманом было открыто деление ядер урана. Продолжая исследования, начатые Ферми, они установили, что при бомбардировке урана нейтронами возникают элементы средней части периодической системы – радиоактивные изотопы бария ( $Z = 56$ ), криптона ( $Z = 36$ ) и др.

Уран встречается в природе в виде двух изотопов: (99,3 %) и (0,7 %). При бомбардировке нейтронами ядра обоих изотопов могут расщепляться на два осколка. При этом реакция деления наиболее интенсивно идет на медленных (тепловых) нейтронах, в то время как ядра вступают в реакцию деления только с быстрыми нейтронами с энергией порядка 1 МэВ.

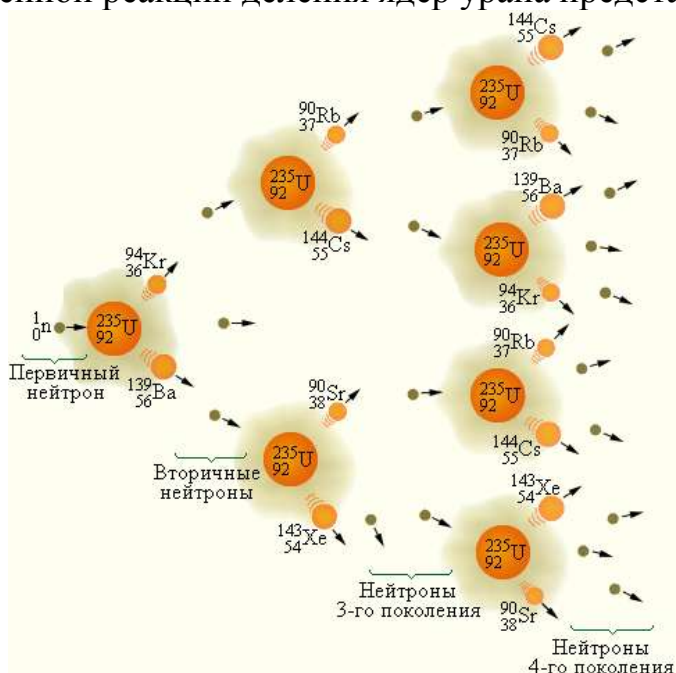
Основной интерес для ядерной энергетики представляет реакция деления ядра. В настоящее время известны около 100 различных изотопов с массовыми числами примерно от 90 до 145, возникающих при делении этого ядра. Две типичные реакции деления этого ядра имеют вид:

Обратите внимание, что в результате деления ядра, инициированного нейтроном, возникают новые нейтроны, способные вызвать реакции деления других ядер. Продуктами деления ядер урана-235 могут быть и другие изотопы бария, ксенона, стронция, рубидия и т. д.

Кинетическая энергия, выделяющаяся при делении одного ядра урана, огромна – порядка 200 МэВ. Оценку выделяющейся при делении ядра энергии можно сделать с помощью понятия удельной энергии связи нуклонов в ядре. Удельная энергия связи нуклонов в ядрах с массовым числом  $A \approx 240$  порядка 7,6 МэВ/нуклон, в то время как в ядрах с массовыми числами  $A = 90-145$  удельная энергия примерно равна 8,5 МэВ/нуклон. Следовательно, при делении ядра урана освобождается энергия порядка 0,9 МэВ/нуклон или приблизительно 210 МэВ на один атом урана. При полном делении всех ядер, содержащихся в 1 г урана, выделяется такая же энергия, как и при сгорании 3 т угля или 2,5 т нефти.

Продукты деления ядра урана нестабильны, так как в них содержится значительное избыточное число нейтронов. Действительно, отношение  $N / Z$  для наиболее тяжелых ядер составляет примерно 1,6 (рис. 6.6.2), для ядер с массовыми числами от 90 до 145 это отношение порядка 1,3–1,4. Поэтому ядра-осколки испытывают серию последовательных  $\beta$ -распадов, в результате которых число протонов в ядре увеличивается, а число нейтронов уменьшается до тех пор, пока не образуется стабильное ядро.

При делении ядра урана-235, которое вызвано столкновением с нейтроном, освобождается 2 или 3 нейтрона. При благоприятных условиях эти нейтроны могут попасть в другие ядра урана и вызвать их деление. На этом этапе появятся уже от 4 до 9 нейтронов, способных вызвать новые распады ядер урана и т. д. Такой лавинообразный процесс называется цепной реакцией. Схема развития цепной реакции деления ядер урана представлена на рис. 1.



**Рисунок 1.Схема развития цепной реакции**

Для осуществления цепной реакции необходимо, чтобы так называемый коэффициент размножения нейтронов был больше единицы. Другими словами, в каждом последующем поколении нейтронов должно быть больше, чем в предыдущем. Коэффициент размножения определяется не только числом нейтронов, образующихся в каждом элементарном акте, но и условиями, в которых протекает реакция – часть нейтронов может поглощаться другими ядрами или выходить из зоны реакции. Нейтроны, освобожденные при делении ядер урана-235, способны вызвать деление лишь ядер этого же урана, на долю которого в природном уране приходится всего лишь 0,7 %. Такая концентрация оказывается недостаточной для начала цепной реакции. Изотоп также может поглощать нейтроны, но при этом не возникает цепной реакции.

Цепная реакция в уране с повышенным содержанием урана-235 может развиваться только тогда, когда масса урана превосходит так называемую критическую массу. В небольших кусках урана большинство нейтронов, не попав ни в одно ядро, вылетают наружу. Для чистого урана-235 критическая масса составляет около 50 кг.

Критическую массу урана можно во много раз уменьшить, если использовать так называемые замедлители нейтронов. Дело в том, что нейтроны, рождающиеся при распаде ядер урана, имеют слишком большие скорости, а вероятность захвата медленных нейтронов ядрами урана-235 в сотни раз больше, чем быстрых. Наилучшим замедлителем нейтронов является тяжелая вода D<sub>2</sub>O. Обычная вода при взаимодействии с нейтронами сама превращается в тяжелую воду.

Хорошим замедлителем является также графит, ядра которого не поглощают нейтронов. При упругом взаимодействии с ядрами дейтерия или углерода нейтроны замедляются до тепловых скоростей.

Применение замедлителей нейтронов и специальной оболочки из бериллия, которая отражает нейтроны, позволяет снизить критическую массу до 250 г. В атомных бомбах цепная неуправляемая ядерная реакция возникает при быстром соединении двух кусков урана-235, каждый из которых имеет массу несколько ниже критической.

### 3. Доклад студента с презентацией.

Устройство, в котором поддерживается управляемая реакция деления ядер, называется **ядерным** (или атомным) **реактором**. Схема ядерного реактора на медленных нейтронах приведена на рис. 2.

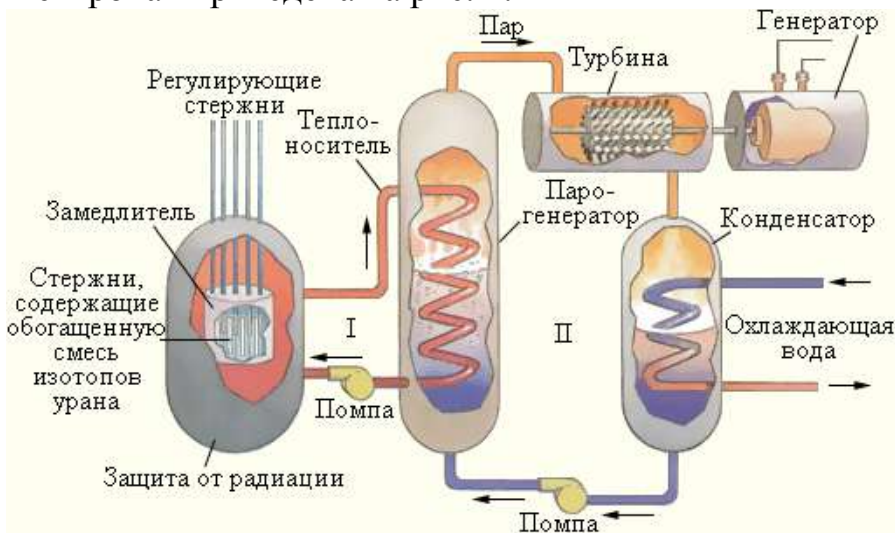


Рисунок 2.Схема устройства ядерного реактора на медленных нейтронах

Ядерная реакция протекает в активной зоне реактора, которая заполнена замедлителем и пронизана стержнями, содержащими обогащенную смесь изотопов урана с повышенным содержанием урана-235 (до 3 %). В активную

зону вводятся регулирующие стержни, содержащие кадмий или бор, которые интенсивно поглощают нейтроны. Введение стержней в активную зону позволяет управлять скоростью цепной реакции.

Однако, главная проблема состоит в обеспечении полной радиационной безопасности людей, работающих на атомных электростанциях, и предотвращении случайных выбросов радиоактивных веществ, которые в большом количестве накапливаются в активной зоне реактора. При разработке ядерных реакторов этой проблеме уделяется большое внимание. Тем не менее, после аварий на некоторых АЭС, в частности на АЭС в Пенсильвании (США, 1979 г.) и на Чернобыльской АЭС (1986 г.), проблема безопасности ядерной энергетики встала с особенной остротой.

Наряду с ядерным реактором, работающим на медленных нейтронах, большой практический интерес представляют реакторы, работающие без замедлителя на быстрых нейтронах. В таких реакторах ядерным горючим является обогащенная смесь, содержащая не менее 15 % изотопа  $^{238}\text{U}$ . Преимущество реакторов на быстрых нейтронах состоит в том, что при их работе ядра урана-238, поглощая нейтроны, посредством двух последовательных  $\beta$ -распадов превращаются в ядра плутония, которые затем можно использовать в качестве ядерного топлива:

Коэффициент воспроизводства таких реакторов достигает 1,5, т. е. на 1 кг урана-235 получается до 1,5 кг плутония. В обычных реакторах также образуется плутоний, но в гораздо меньших количествах.

Первый ядерный реактор был построен в 1942 году в США под руководством Э. Ферми. В нашей стране первый реактор был построен в 1946 году под руководством И. В. Курчатова.

#### **Видеоролик-анимация «Принцип работы ядерного реактора»**

**4. Термоядерные реакции.** Второй путь освобождения ядерной энергии связан с реакциями синтеза. При слиянии легких ядер и образовании нового ядра должно выделяться большое количество энергии. Это видно из кривой зависимости удельной энергии связи от массового числа  $A$  (рис. 6.6.1). Вплоть до ядер с массовым числом около 60 удельная энергия связи нуклонов растет с увеличением  $A$ . Поэтому синтез любого ядра с  $A < 60$  из более легких ядер должен сопровождаться выделением энергии. Общая масса продуктов реакции синтеза будет в этом случае меньше массы первоначальных частиц.

Реакции слияния легких ядер носят название термоядерных реакций, так как они могут протекать только при очень высоких температурах. Чтобы два ядра вступили в реакцию синтеза, они должны сблизиться на расстояние действия ядерных сил порядка  $2 \cdot 10^{-15}$  м, преодолев электрическое



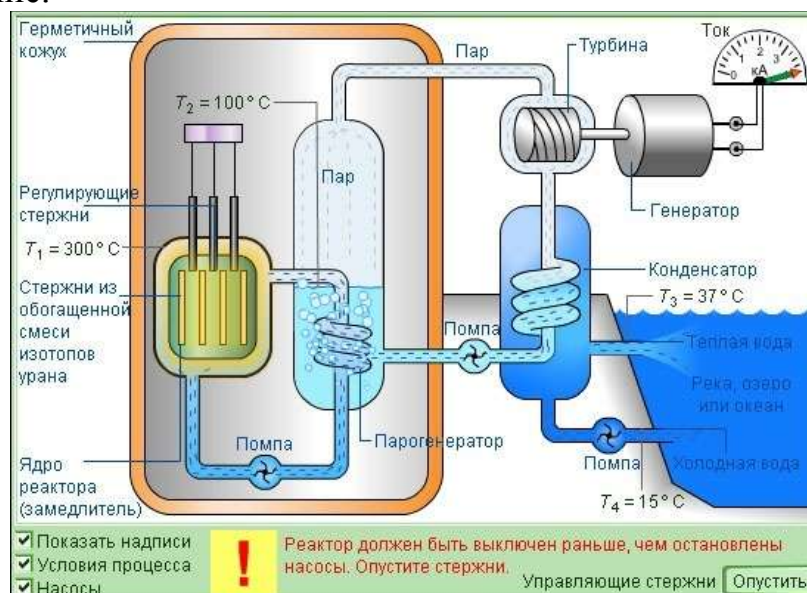
отталкивание их положительных зарядов. Для этого средняя кинетическая энергия теплового движения молекул должна превосходить потенциальную энергию кулоновского взаимодействия. Расчет необходимой для этого температуры  $T$  приводит к величине порядка  $10^8$ – $10^9$  К. Это чрезвычайно высокая температура. При такой температуре вещество находится в полностью ионизированном состоянии, которое называется плазмой.

Энергия, которая выделяется при термоядерных реакциях, в расчете на один нуклон в несколько раз превышает удельную энергию, выделяющуюся в цепных реакциях деления ядер. Так, например, в реакции слияния ядер дейтерия и трития выделяется 3,5 МэВ/нуклон. В целом в этой реакции выделяется 17,6 МэВ. Это одна из наиболее перспективных термоядерных реакций.

Осуществление управляемых термоядерных реакций даст человечеству новый экологически чистый и практически неисчерпаемый источник энергии. Однако получение сверхвысоких температур и удержание плазмы, нагретой до миллиарда градусов, представляет собой труднейшую научно-техническую задачу на пути осуществления управляемого термоядерного синтеза.

На данном этапе развития науки и техники удалось осуществить только неуправляемую реакцию синтеза в водородной бомбе. Высокая температура, необходимая для ядерного синтеза, достигается здесь с помощью взрыва обычной урановой или плутониевой бомбы.

Термоядерные реакции играют чрезвычайно важную роль в эволюции Вселенной. Энергия излучения Солнца и звезд имеет термоядерное происхождение.



Модель. Ядерный реактор

## План самостоятельной работы студентов

### Тема 4.8

#### «Деление тяжелых атомных ядер. Цепная реакция деления ядер»

№	Название этапа	Описание этапа	Цель	Время
1	Актуализация опорных знаний.	Выполнение тестовых заданий исходного уровня знаний. Приложение №1.	Выявление степени усвоения материала по предыдущей теме.	10-15
2	Первичное закрепление знаний.	Самостоятельно отвечают на вопросы, затем вслух формулируют ответы к ним. Приложение №2.	Закрепление полученных знаний, формирование умений анализировать, сравнивать и обобщать.	5
3	Решение расчетных задач.	Самостоятельное решение задачи по образцу.	Отработка навыка решения задач по теме.	10
4	Контроль конечного уровня знаний, отчет.	Выполнение задания для итогового контроля. Приложение №4. Отчет о проделанной работе, взаимопроверка. Приложение №4.	Контроль усвоения знаний и умений учащихся. Выработка умения оценивать конечный результат выполнения заданий. Выявление степени достижения цели занятия.	15

## Приложение №1

(Выявление степени усвоения материала по предыдущей теме)  
*Тест «Энергия связи» получает каждый студент*

### Вариант 1.

1. Сколько протонов содержит изотоп углерода  $^{12}_6\text{C}$ ?

- А. 6.                      Б. 12.                      В. 18.

2. Каково соотношение между массой атомного ядра и суммой масс свободных протонов и свободных нейтронов, входящих в состав ядра?

- А.  $m_{\text{я}} > Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{n}}$   
Б.  $m_{\text{я}} = Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{n}}$   
В.  $m_{\text{я}} < Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{n}}$

3. Каков дефект массы ядра кислорода  $^{16}_8\text{O}$ ?

4. Альфа-распад – спонтанное превращение радиоактивного ядра в новое ядро с испусканием ....

- А. ядер атомов гелия.      Б. электрона.              В. гамма-кванта.

5. Полное превращение элементов впервые наблюдалось при бомбардировке  $^7\text{Li}_3$  протонами, в результате которой появилось два одинаковых атома. Что это за атомы?

### Вариант 2.

1. Сколько протонов содержит изотоп натрия  $^{23}_{11}\text{Na}$ ?

- А. 34.                      Б. 11.                      В. 23.

2. Каково соотношение между энергией атомного ядра и суммой энергий свободных протонов и свободных нейтронов, входящих в состав ядра?

- А.  $E_{\text{я}} > E_{\text{p}} + E_{\text{n}}$   
Б.  $E_{\text{я}} = E_{\text{p}} + E_{\text{n}}$

В.  $E_{\text{я}} < E_{\text{p}} + E_{\text{n}}$

3. Какова энергия связи ядра алюминия  ${}^{27}_{13}\text{Al}$ ?

4. Элемент  ${}^A_Z\text{X}$  испытал бета-распад. Какой заряд и массовое число будут у нового элемента Y ?

А).  ${}^A_{Z+1}\text{Y}$ .    Б).  ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ .    В).  ${}^{A-2}_{Z-4}\text{Y}$ .    Г).  ${}^{A-2}_{Z-2}\text{Y}$ .

5. Во что превращается  ${}^{238}_{92}\text{U}$  после одного альфа-распада и 2х бета-распадов?

### Эталоны ответов

№	1	2	3	4	5
1 в. Ответ	А	В	0,137 а.е.м	А	${}^4\text{He}_2$
2 в. Ответ	Б	В	227 МэВ	А	${}^{234}\text{U}_{92}$

### Критерии оценки

3 правильных ответа – 3 балла

4 правильных ответа – 4 балла

5 правильных ответов – 5 баллов

**Вопросы для первичного закрепления материала по теме  
«Деление тяжелых атомных ядер. Цепная реакция деления  
ядер»**

1. Из курса химии, вы знаете, что реакции могут происходить как с поглощением энергии, так и выделением. Что мы скажем о протекании реакции деления ядер урана?

(Ответ: Реакция деления ядер урана идет с выделением энергии в окружающую среду)

2. Энергия, заключенная в ядрах атомов, колоссальна. Например, при полном делении всех ядер, имеющихся в 1г урана, выделилось бы столько же энергии, сколько выделяется при сгорании 2,5т нефти. Выяснили, что произойдет с осколками, а как поведут себя нейтроны?

(Ответ: нейтроны на своем пути могут встретить ядра урана и вызвать деление. Такая реакция называется цепной)

3. Итак, каково условие возникновения цепной реакции?

(Ответ: Цепная реакция возможна благодаря тому, что при делении каждого ядра образуется 2-3 нейтрона, которые могут принять участие в делении других ядер)

4. Мы видим, что общее число свободных нейтронов в куске урана лавинообразно увеличивается со временем. К чему это может привести?

(Ответ: К взрыву)

5. Возможен вариант, при котором число свободных нейтронов уменьшается со временем, не встретил нейтрон на своем пути ядро. В этом случае что произойдет с цепной реакцией?

(Ответ: Прекратится)

6. Можно ли использовать в мирных целях энергию подобных реакций?

(Ответ:Нет)

7. А как должна протекать реакция?

(Ответ:Реакция должна протекать так, чтобы число нейтронов со временем оставалось постоянным)

8. Как же добиться того, чтобы число нейтронов все время оставалось постоянным?

(Для решения этой проблемы нужно знать, какие факторы влияют на увеличение и на уменьшение общего числа свободны нейтронов в куске урана, в котором протекает цепная реакция)

9. Почему при увеличении массы цепная реакция становится возможной?

(Ответ:Чем больше масса куска, тем больше вероятность встречи нейтронов с ядрами. Соответственно увеличивается число делений ядер и число излучаемых нейтронов)

10. Как будет протекать реакция если масса урана больше критической?

(Ответ:В результате резкого увеличения числа свободных нейтронов цепная реакция приводит к взрыву)

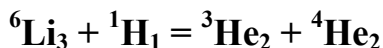
11. А если меньше критической?

(Ответ:Реакция не протекает из-за недостатка свободных нейтронов)

## Приложение №3

**Решение расчетных задач на вычисление энергетического выхода ядерной реакции.**

Вычислите энергетический выход ядерной реакции:



Решение:

Для вычисления энергетического выхода ядерной реакции необходимо найти разность масс частиц, вступающих в реакцию, и частиц – продуктов реакции. В реакции участвуют атомные ядра, но в справочных таблицах обычно даются сведения лишь о массах атомов. Можно найти массу каждого атомного ядра вычитанием массы электронов оболочки из массы атома. Можно поступить иначе. Если в уравнении ядерной реакции слева и справа пользоваться только массами атомов (т.е. массой атома водорода, а не массой протона слева, и массой атома гелия, а не массой альфа-частицы справа), то из-за одинаковости числа электронов в атомах, вступающих в реакцию, и в продуктах реакции их вычитание осуществляется автоматически при нахождении разности масс. Таким образом, для решения задачи можно воспользоваться сведениями из справочника о массах атомов.

$$M({}^6\text{Li}_3) = 6,01512 \text{ а.е.м}$$

$$M({}^1\text{H}_1) = 1,00782 \text{ а.е.м.}$$

$$M({}^3\text{He}_2) = 3,01605 \text{ а.е.м.}$$

$$M({}^4\text{He}_2) = 4,00260 \text{ а.е.м.}$$

$$\text{Дефект масс} = M_1 + M_2 - M_3 - M_4 = 0,00429 \text{ а.е.м.}$$

$$\text{Энергетический выход} = 0,00429 \text{ а.е.м.} * 931 \text{ МэВ} = 4 \text{ МэВ.}$$

---

Ответ: 4,0 МэВ.

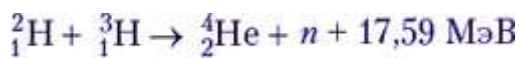
**Задание для самостоятельной работы (итогового контроля)**

1. Определите, выделяется или поглощается энергия при ядерной реакции  $N+He \rightarrow H+O$ . Массы ядер, участвующих в реакции:  $m = 2,3253 \cdot 10^{-26}$  кг,  $m = 6,6467 \cdot 10^{-27}$  кг,  $m = 1,6736 \cdot 10^{-27}$  кг,  $m = 2,8229 \cdot 10^{-27}$  кг.

**Ответ:**

**$Q = -1,63$  МэВ, энергия поглощается**

2. Произвести расчет на энерговыделение в следующей ядерной реакции



Решение:

$$\Delta m = m_{{}^2_1\text{H}} + m_{{}^3_1\text{H}} - (m_{{}^4_2\text{He}} + m_n) = 2,01410 \text{ а.е.м.} + 3,01605 \text{ а.е.м.} - (4,00260 + 1,00866) \text{ а.е.м.} = 0,01889 \text{ а.е.м.} = 0,013136 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

$$E = \Delta mc^2 = 0,28221 \cdot 10^{-11} \text{ Дж} \approx 17,6 \text{ МэВ.}$$

**Ответ: 17, 6 МэВ.**

3. Задача 2. Определите энергию реакции  ${}^7_3\text{Li} + p \rightarrow 2{}^4_2\text{He}$ , если известно, что энергии связи на один нуклон в ядрах  ${}^7_3\text{Li}$  и  ${}^4_2\text{He}$  равны соответственно 5,60 и 7,06 МэВ.

Решение.

Под действием протона ядро лития разрушается, на что затрачивается энергия связи, но при этом возникают два ядра гелия и выделяется энергия  $E = 2(4 \cdot 7,06 \text{ МэВ/нуклон}) - 7 \cdot 5,60 \text{ МэВ/нуклон} = 17,28 \text{ МэВ.}$

**Ответ: 17,28 МэВ**

**Критерии оценки:** решена 1 задача – «3» балла

2 задачи – «4» балла

3 задачи – «5» баллов



## Домашнее задание

**Цель:** Определить объем информации для самостоятельной работы, обратить внимание на значимые моменты.

**На оценку «3»:** Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Соцкий, Физика. 11 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений (с приложением на электронном носителе). Базовый и профильный уровни - М.: Просвещение, 2011 г., стр. 312-319 &107, 108, 109 читать, конспект учить.

**На оценку «4»:** Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Соцкий, Физика. 11 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений (с приложением на электронном носителе). Базовый и профильный уровни - М.: Просвещение, 2011 г., стр. 312-319, &107, 108, 109 читать, пересказ, конспект учить, упр. 14 (6)

**На оценку «5»:** Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Соцкий, Физика. 10 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений (с приложением на электронном носителе). Базовый и профильный уровни - М.: Просвещение, 2011 г., стр. 312-319, &107, 108, 109 пересказ, конспект учить, упр. 14 (5, 6), мультимедийные презентации по темам: «Первые ядерные реакторы», «Термоядерные реакции», «Ядерное оружие» (по желанию студентов).

### Перечень оборудования и оснащения

1. Доска
2. Демонстрационная таблица Д. И. Менделеева
3. Наборы демонстрационные по теме: «Радиоактивность»
4. Компьютерное и мультимедийное оборудование
5. Электронное учебное пособие (приложение к учебнику «Физика – 11»)
6. Мультимедийная презентация
7. Тестовые задания на каждого студента

## Литература

### **Основные источники:**

1. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Соцкий, Физика. 11 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений (с приложением на электронном носителе). Базовый и профильный уровни - М.: Просвещение, 2011 г.
2. Рымкевич А. П. Сборник задач по физике - М.: Просвещение, 2003.
3. Г.И. Степанова. Сборник задач по физике 9-11 класс – М.: Просвещение, 2007г.

### **Дополнительные источники:**

Электронное учебное пособие (приложение к учебнику Г.Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Соцкий, Физика. 11 класс)