

Департамент образования Администрации городского округа Самара  
муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Школа  
№ 87 имени Г.И.Герасименко»  
городского округа Самара

---

---

443076, г. Самара, ул. Партизанская, 208, тел. (факс) 261-87-32, e-mail: school8763@mail.ru

Программа рассмотрена на заседании МО учителей политехнического цикла Протокол № 1 от 30.08.2024г. председатель МО Ю.В.Пугачева	Проверено Зам. директора по УВР Т.Б.Гнатенко 30.08.2024 г.	Утверждаю Директор МБОУ Школы № 87 г.о. Самара Е.С.Береславская Приказ № 263 от 30.08.2024 г.
--	---	---

Рабочая программа по элективному курсу  
«Ядерная физика»

11 класс  
Количество часов 34 ч.

Программа разработана учителем физики Мифтаховой О.Н.

Самара  
2024

## Программа элективного курса «ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА» Пояснительная записка

Элективный курс «Ядерная физика» предназначен учащимся старшей школы, выбравшим естественно-научный, физико-математический профили или проявившим повышенный интерес к изучению физики, химии, биологии, экологии. Данный курс интегрированный, он связан содержательно с курсом физики и математики основной школы. Изучение предлагаемого элективного курса направлено на углубление и обобщение знаний школьников о современной картине мира, основанной на квантовой механике и специальной теории относительности. Именно эти разделы современной физики позволили понять суть структуры материи и использовать эти знания для создания ядерной энергетики, современной квантовой электроники, разработать эффективные методы диагностики и лечения различных заболеваний, сделать много других важных открытий. Несмотря на то что отдельные вопросы квантовой и ядерной физики и специальной теории относительности изучают в школьном курсе физики, представленной в них информации недостаточно для того, чтобы в должной мере оценить и понять суть происходящих процессов. Полная картина возникает только тогда, когда ядерная физика воспринимается как часть Стандартной модели, в которой интегрированно рассматриваются процессы, происходящие на уровне элементарных частиц, отвечающие за электромагнитные, сильные и слабые взаимодействия, и процессы, происходившие на ранних стадиях развития Вселенной и затем в процессах эволюции звёзд.

Ядерная физика — наука экспериментальная. Методы и приборы для фундаментальных исследований в современной ядерной физике основаны на использовании высоких технологий и нестандартных инженерных решений. В значительной степени это относится и к прикладным исследованиям с применением ядерно-физических методов в радиационной биологии, экологии, химии и медицине. Это продемонстрировано в различных разделах элективного курса на примерах моделей самого современного экспериментального оборудования для фундаментальных и прикладных исследований (циклотрон и установка для синтеза сверхтяжёлых элементов, сверхпроводящий ядерный коллайдер и многоцелевой детектор, импульсный реактор нейтронов, глубоководный детектор для изучения физики нейтрино, ускорительный комплекс для протонной терапии).

Общая характеристика курса. Предлагаемый элективный курс посвящён рассмотрению таких тем, как элементы квантовой механики и теории относительности в применении к атомной и ядерной физике, различные виды радиоактивности, в том числе и спонтанное деление ядер, свойства и модели атомных ядер, традиционные ядерные реакции и ядерные реакции при энергиях коллайдеров. Рассмотрено происхождение элементов во Вселенной и синтез новых сверхтяжёлых элементов в лабораториях учёных. Часть разделов посвящена ядерной энергетике и прикладным исследованиям в области радиационной биологии, экологии и применению методов ядерной физики в медицине. Значительная часть элективного курса отведена практическим работам, большая часть которых имеет исследовательский характер.

Цель курса: расширение, углубление и обобщение знаний о физических процессах в области ядерной физики, причинах и механизмах их протекания, развитие познавательных интересов и творческих способностей учащихся через практическую направленность обучения физике и интегрирующую роль физики в системе естественных наук.

Задачи курса:

- развитие естественно-научного мировоззрения учащихся;
- развитие приёмов умственной деятельности, познавательных интересов, склонностей и способностей учащихся;
- развитие мотивации учения, формирование потребности в получении новых знаний и применении их на практике;
- расширение, углубление и обобщение знаний по физике, химии, биологии;
- использование межпредметных связей физики с математикой, биологией, химией, историей, экологией, рассмотрение значения этого курса для успешного освоения смежных дисциплин;
- совершенствование экспериментальных умений и навыков в соответствии с требованиями правил техники безопасности;
- рассмотрение связи ядерной физики с жизнью, с важнейшими сферами деятельности

человека;

— развитие у учащихся умения самостоятельно работать с дополнительной литературой и другими средствами информации;

— формирование у учащихся умений анализировать, сопоставлять, применять теоретические знания на практике;

— формирование умений по решению экспериментальных и теоретических задач.

Основные идеи курса:

— единство материального мира;

— внутри- и межпредметная интеграция;

— взаимосвязь науки и практики;

— взаимосвязь человека и окружающей среды.

Курс составлен на основе «Сборника примерных рабочих программ. Элективные курсы для профильной школы» (учеб. пособие для общеобразоват. организаций / [Н. В. Антипова и др.]. — М. : Просвещение, 2019).

На занятиях по данному курсу учащиеся углубляют свои знания о ядерной физике, современной картине мира, приборах и методах фундаментальных и прикладных исследований в области ядерной физики. В результате изучения курса расширяется мировоззрение учащихся, развивается их познавательный интерес, интеллектуальные и творческие способности, формируются предметные, общеучебные и специфические умения и навыки школьников. По желанию учителя некоторые практические работы можно перевести в разряд исследовательских. Использование в учебном процессе практических работ способствует мотивации для обобщения учебного материала, расширяет возможности индивидуального и дифференцированного подходов к обучению, повышает творческую активность учащихся, расширяет их кругозор. Элективный курс допускает использование (по усмотрению учителя) любых современных образовательных технологий, различных организационных форм обучения: лекций, семинаров, бесед, практических и лабораторных работ, исследовательских работ, конференций. В качестве основной организационной формы проведения занятий предлагаются лекционно-семинарские занятия, на которых даётся объяснение теоретического материала и решаются задачи по данной теме. Для повышения интереса к теоретическим вопросам и закрепления изученного материала предусмотрены демонстрационные опыты и лабораторный практикум. Формами контроля за усвоением материала могут служить отчёты по практическим работам, самостоятельные творческие работы, тесты, итоговые учебно-исследовательские проекты. Итоговое занятие проходит в виде научно-практической конференции или круглого стола, на котором заслушиваются доклады учащихся по выбранной теме исследования, которые могут быть представлены в форме реферата или отчёта по исследовательской работе.

## Содержание курса

### Введение (1 ч)

Излучение абсолютно чёрного тела и квантовая гипотеза Планка, открытие Дж. Дж. Томсоном электрона. Открытие рентгеновского излучения. Открытие А. А. Беккерелем радиоактивности. Опыты Пьера и Марии Кюри. Создание А. Эйнштейном специальной теории относительности. Взаимосвязь между массой и энергией. Главная формула XX в.:  $E_0 = mc^2$ . Эксперимент Э. Резерфорда по открытию «планетарной» модели атомного ядра. Квантование энергии и модель Н. Бора. Последствия этих открытий для создания квантовой механики и ядерной физики как основы технического прогресса человечества в XX и XXI вв., создания картины микро- и макрокосмоса на основе Стандартной модели.

### Тема 1. Квантовый мир атомов и молекул (3 ч)

Модель атома Бора и линейчатые спектры. Квантование энергии. Волны материи Л. де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов на кристаллах. Фотоэффект и эффект Комптона. Принцип неопределённости Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Волновая функция и её вероятностная интерпретация. Квантовый эффект туннелирования. Квантование углового момента. Спин электрона. Принцип запрета Паули. Электронные оболочки атомов и Периодический закон Менделеева. Молекулы. Спектры атомов и молекул.

## **Тема 2. Масса и энергия в релятивистской теории (2 ч)**

Основные постулаты специальной теории относительности. Преобразования Галилея и Лоренца. Инвариантность интервала. Масса в классической механике и теории относительности. Преобразования Лоренца для импульса и энергии. Масса — релятивистский инвариант. Связь энергии и массы покоя  $E_0 = mc^2$ . Примеры перехода массы в энергию и энергии в массу. Дефект массы и энергия связи ядер. Массы и энергия составных систем. Релятивистская кинематика и законы сохранения энергии и импульса.

## **Тема 3. Атомные ядра и радиоактивность (3 ч)**

Основные свойства атомных ядер: состав, размер, форма, заряд, масса ядра, энергия связи. Изотопы. Границы стабильности атомных ядер. Спин протона и нейтрона. Угловой момент ядра. Ядерные силы. Классическая протон-нейтронная модель ядра. Ядерные модели: ферми-газ, капельная, оболочечная и обобщённая модель ядра. Короткодействующие нуклонные корреляции в ядрах и кумулятивный ядерный эффект. Радиоактивность. Виды радиоактивности:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -распад, спонтанное деление. Границы стабильности атомных ядер. Закон радиоактивного распада. Период полураспада. Активность радиоактивного источника. Качественные и расчётные задачи. Математический практикум «Статистический характер радиоактивного распада».

## **Тема 4. Ядерные реакции (2 ч)**

Ядерные превращения в экспериментах Резерфорда. Открытие протона и нейтрона. Реакции деления ядер. Цепная ядерная реакция. Термоядерные реакции. Подпороговые реакции. Рождение антипротонов. Изучение структуры протонов и ядер в пучках электронов. Качественные и расчётные задачи.

## **Тема 5. Происхождение элементов во Вселенной (2 ч)**

Фундаментальные взаимодействия. Стандартная модель. Большой взрыв. Атомы водорода и легчайших элементов. Синтез элементов в звёздах. Взрывы сверхновых звёзд и нейтронные звёзды.

## **Тема 6. Синтез новых сверхтяжёлых элементов (1 ч)**

Трансурановые и трансфермиевые элементы. «Остров стабильности» и синтез новых сверхтяжёлых элементов. Лаборатория ядерных реакций имени академика Г. Н. Флёрова. Модель циклотрона и детектора для регистрации сверхтяжёлых элементов. Как регистрируют сверхтяжёлые элементы.

## **Тема 7. Ускорители и коллайдеры (2 ч)**

Принципы работы линейных и циклических ускорителей. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном поле. В. И. Векслер: принцип автофазировки. А. М. Будкер: идея электронного охлаждения и первые встречные кольца. Большой адронный коллайдер (LHC) в Европе и коллайдер релятивистских ядер (RHIC). Модель ускорительного комплекса НИКА — российского коллайдера тяжёлых ионов.

## **Тема 8. Исследование столкновений релятивистских ядер (1 ч)**

Что происходит при столкновениях релятивистских ядер. Детекторы для регистрации продуктов ядерных реакций. Основные характеристики реакций. Триггер для отбора событий. Время-проекционная камера. Электромагнитный калориметр, кремниевые детекторы для определения вершины взаимодействия.

## **Тема 9. Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества (1 ч)**

Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества. Ядерные реакторы. Природные ядерные реакторы. Решение качественных и расчётных задач. Интерактивная модель ядерного реактора.

## **Тема 10. Ядерная физика и медицина (1 ч)**

Ядерная физика и медицина. Модель ускорительного комплекса для протонной радиотерапии.

## **Тема 11. Ядерная физика с нейтронами (1 ч)**

Ядерные исследования с нейтронами. Свойства нейтронных пучков. Модель исследовательского импульсного реактора на быстрых нейтронах ИБР-2. Применение нейтронного активационного анализа в экологии. Ядерная планетология. Поиск воды на Марсе при помощи источника нейтронов.

**Тема 12. Радиобиология (1 ч)**

Что изучает радиобиология. Состав космического излучения и его воздействие на живые организмы. Пилотируемые полёты в космос и радиационные риски. Астробиология. Моделирование радиационных повреждений клеток в среде GEANT.

**Тема 13. Взаимодействие излучения с веществом (1 ч)**

Взаимодействие заряженных частиц, фотонов и электронов с веществом.

**Тема 14. Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов (1 ч)**

Различные типы детекторов: газовый, фотоэмульсии, пузырьковая камера, сцинтилляционный, полупроводниковый, детектор на основе микроканальных пластин. Съём сигнала с детектора. Энергетические и время-пролётные спектры. Современные методы съёма и оцифровки информации.

**Тема 15. Виртуальная лаборатория «Основы измерения сигналов с детекторов» (2 ч)**

**Тема 16. Виртуальная лаборатория «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей» (2 ч)**

**Тема 17. Виртуальная лаборатория гамма-спектроскопии (2 ч)****Тема 18. Виртуальная лаборатория спонтанного деления ядер (2 ч)**

**Тема 19. Математический практикум по обработке результатов измерений в среде ROOT (2 ч)**

**Тема 20. Математический практикум по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT (1 ч)**

## Тематическое планирование

№	Тема	Количество часов
1	Великие открытия конца XIX — начала XX в.	1
2	Основные принципы квантовой механики	1
3	Уравнение Шредингера. Понятие волновой функции. Квантовое тунеллирование	1
4	Квантование углового момента. Спин электрона. Принцип Паули	1
5	Основные постулаты специальной теории относительности	1
6	Масса, энергия, импульс в релятивистской физике	1
7	Основные свойства атомных ядер	1
8	Ядерные модели	1
9	Радиоактивность. Виды радиоактивности	1
10	Ядерные реакции	1
11	Примеры ядерных реакций	1
12	От большого взрыва до атома водорода	1
13	Синтез элементов в звёздах	1
14	Синтез новых сверхтяжёлых элементов	1
15	Ускорители, принципы их работы	1
16	Современные коллайдеры протонов и ядер	1
17	Столкновения ядер при высоких энергиях и их регистрация	1
18	Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества	1
19	Ядерная физика и медицина	1
20	Ядерная физика с нейтронами	1
21	Радиобиология	1
22	Взаимодействие заряженных частиц с веществом	1
23	Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов	1
24-25	Проведение виртуальной лабораторной работы «Основы измерения сигналов с детекторов»	2
26-27	Проведение виртуальной лабораторной работы «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей»	2
28-29	Проведение виртуальной лабораторной работы «Гамма-спектроскопия»	2
30-31	Проведение виртуальной лабораторной работы «Спонтанное деление ядер»	2

32-33	Проведение математического практикума по обработке результатов измерений в среде ROOT	2
34	Математический практикум по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT	1