

**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Министерство образования и молодежной политики Свердловской области  
Управление образования Администрации Североуральского городского округа

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
средняя общеобразовательная школа № 1

ОБСУЖДЕНО  
педагогическим советом  
МАОУ СОШ № 1  
Протокол № 11  
от 14 июня 2024 г



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

элективного курса

**Ядерная физика**

среднее общее образование

Североуральск, 2024

## Структура рабочей программы

1. Планируемые результаты освоения учебного курса.
2. Содержание учебного курса.
3. Тематическое планирование с указанием количества часов, отводимых на освоение каждой темы.

### 1. Планируемые результаты освоения курса

В результате изучения элективного курса на уровне среднего общего образования у учащихся будут сформированы следующие предметные результаты.

Учащийся научится:

- раскрывать на примерах роль ядерной физики в формировании современной научной картины мира и в практической деятельности человека, взаимосвязь между физикой и другими естественными науками;
  - объяснять и анализировать роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в развитии современной техники и технологии, в практической деятельности людей;
  - характеризовать взаимосвязь между физикой и другими естественными науками;
  - понимать и объяснять целостность физической теории, различать границы её применимости и место в ряду других физических теорий;
  - владеть приёмами построения теоретических доказательств, а также прогнозирования особенностей протекания физических явлений и процессов на основе полученных теоретических выводов и доказательств;
  - самостоятельно планировать и проводить физические эксперименты;
  - решать практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой как на известные физические законы, закономерности и модели, так и на тексты с избыточной информацией;
  - объяснять границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач;
  - выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов;
  - объяснять принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств;
  - объяснять условия применения физических моделей при решении физических задач, находить адекватную предложенной в задаче физическую модель, разрешать проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки.
- Учащийся получит возможность научиться:
- описывать и анализировать полученную в результате проведённых физических экспериментов информацию, определять её достоверность;

- понимать и объяснять системную связь между основополагающими научными понятиями: пространство, время, материя (вещество, поле), движение, сила, энергия;
- решать экспериментальные, качественные и количественные задачи олимпиадного уровня сложности, используя физические законы, а также уравнения, связывающие физические величины;
- анализировать границы применимости физических законов, понимать всеобщий характер фундаментальных законов и ограниченность использования частных законов;
- формулировать и решать новые задачи, возникающие в ходе учебно-исследовательской и проектной деятельности;
- усовершенствовать приборы и методы исследования в соответствии с поставленной задачей;
- использовать методы математического моделирования, в том числе простейшие статистические методы, для обработки результатов эксперимента

## 2. Содержание учебного курса.

### Введение

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

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

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**

**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**

**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**

**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**

**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**

**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**

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

### **Тема 9. Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества**

**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**

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

**Тема 11. Ядерная физика с нейтронами**

**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**

**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**

**Взаимодействие заряженных частиц, фотонов и электронов с веществом.**

**Тема 14. Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов**

**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»**

**Тема 16. Виртуальная лаборатория «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей»**

**Тема 17. Виртуальная лаборатория гамма-спектроскопии**

**Тема 18. Виртуальная лаборатория спонтанного деления ядер**

**Тема 19. Математический практикум по обработке результатов измерений в среде ROOT**

**Тема 20. Математический практикум по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT**

**3. Тематическое планирование с указанием количества часов, отводимых на освоение каждой темы**

**10-11 классы**

<b>№</b>	<b>Тема</b>	<b>Количество часов</b>
<b>Введение (2 часа)</b>		
<b>1</b>	<b>Великие открытия конца XIX — начала XX в.</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Великие открытия конца XIX — начала XX в.</b>	<b>1</b>

<b>Тема 1. Квантовый мир атомов и молекул (3 часа)</b>		
<b>3</b>	<b>Основные принципы квантовой механики</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Уравнение Шредингера. Понятие волновой функции. Квантовое тунелирование</b>	<b>1</b>
<b>5</b>	<b>Квантование углового момента. Спин электрона. Принцип Паули</b>	<b>1</b>
<b>Тема 2. Масса и энергия в релятивистской теории (4 часа)</b>		
<b>6</b>	<b>Основные постулаты специальной теории относительности</b>	<b>1</b>
<b>7</b>	<b>Масса, энергия, импульс в релятивистской физике</b>	<b>1</b>
<b>8</b>	<b>Масса, энергия, импульс в релятивистской физике</b>	<b>1</b>
<b>9</b>	<b>Масса, энергия, импульс в релятивистской физике</b>	<b>1</b>
<b>Тема 3. Атомные ядра и радиоактивность (4 часа)</b>		
<b>10</b>	<b>Основные свойства атомных ядер</b>	<b>1</b>
<b>11</b>	<b>Ядерные модели</b>	<b>1</b>
<b>12</b>	<b>Радиоактивность. Виды радиоактивности</b>	<b>1</b>
<b>13</b>	<b>Радиоактивность. Виды радиоактивности</b>	<b>1</b>
<b>Тема 4. Ядерные реакции (4 часа)</b>		
<b>14</b>	<b>Ядерные реакции</b>	<b>1</b>
<b>15</b>	<b>Ядерные реакции</b>	<b>1</b>
<b>16</b>	<b>Примеры ядерных реакций</b>	<b>1</b>
<b>17</b>	<b>Примеры ядерных реакций</b>	<b>1</b>
<b>Тема 5. Происхождение элементов во Вселенной (4 часа)</b>		
<b>18</b>	<b>От большого взрыва до атома водорода</b>	<b>1</b>
<b>19</b>	<b>От большого взрыва до атома водорода</b>	<b>1</b>

20	Синтез элементов в звёздах	1
21	Синтез элементов в звёздах	1
<b>Тема 6. Синтез новых сверхтяжёлых элементов (2 ч)</b>		
22	Синтез новых сверхтяжёлых элементов	1
23	Модель циклотрона и детектора для регистрации сверхтяжёлых элементов.	1
<b>Тема 7. Ускорители и коллайдеры (4 часа)</b>		
24	Ускорители, принципы их работы	1
25	Ускорители, принципы их работы	1
26	Современные коллайдеры протонов и ядер	1
27	Современные коллайдеры протонов и ядер	1
<b>Тема 8. Исследование столкновений релятивистских ядер (3 часа)</b>		
28	Столкновения ядер при высоких энергиях и их регистрация	1
29	Основные характеристики реакций.	1
30	Триггер для отбора событий.	
<b>Тема 9. Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества (3 часа)</b>		
31	Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества	1
32	Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества	1
33	Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества	1
<b>Тема 10. Ядерная физика и медицина (3 часа)</b>		
34	Ядерная физика и медицина	1
35	Ядерная физика и медицина	1
36	Ядерная физика и медицина	1
<b>Тема 11. Ядерная физика с нейтронами (3 часа)</b>		
37	Ядерная физика с нейтронами	1
38	Ядерная физика с нейтронами	1
39	Ядерная физика с нейтронами	1
<b>Тема 12. Радиобиология (3 часа)</b>		
40	Радиобиология	1
41	Радиобиология	1
42	Радиобиология	1
<b>Тема 13. Взаимодействие излучения с веществом (3 часа)</b>		
43	Взаимодействие заряженных частиц с веществом	1
44	Взаимодействие заряженных частиц с веществом	1
45	Взаимодействие заряженных частиц с веществом	1
<b>Тема 14. Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов (3 часа)</b>		
46	Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов	1
47	Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов	1
48	Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов	1
<b>Тема 15. Виртуальная лаборатория «Основы измерения сигналов с детекторов» (4 часа)</b>		
49	Проведение виртуальной лабораторной работы «Основы измерения сигналов с детекторов»	1
50	Проведение виртуальной лабораторной работы «Основы измерения сигналов с детекторов»	1
51	Проведение виртуальной лабораторной работы «Основы измерения сигналов с детекторов»	1
52	Проведение виртуальной лабораторной работы «Основы измерения сигналов с детекторов»	1
<b>Тема 16. Виртуальная лаборатория «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей» (4 часа)</b>		

53	Проведение виртуальной лабораторной работы «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей»	1
54	Проведение виртуальной лабораторной работы «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей»	1
55	Проведение виртуальной лабораторной работы «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей»	1
56	Проведение виртуальной лабораторной работы «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей»	1
<b>Тема 17. Виртуальная лаборатория гамма-спектроскопии (2 часа)</b>		
57	Проведение виртуальной лабораторной работы «Гамма-спектроскопия»	1
58	Проведение виртуальной лабораторной работы «Гамма-спектроскопия»	1
<b>Тема 18. Виртуальная лаборатория спонтанного деления ядер (4 часа)</b>		
59	Проведение виртуальной лабораторной работы «Спонтанное деление ядер»	1
60	Проведение виртуальной лабораторной работы «Спонтанное деление ядер»	1
61	Проведение виртуальной лабораторной работы «Спонтанное деление ядер»	1
62	Проведение виртуальной лабораторной работы «Спонтанное деление ядер»	1
<b>Тема 19. Математический практикум по обработке результатов измерений в среде ROOT (4 часа)</b>		
63	Проведение математического практикума по обработке результатов измерений в среде ROOT	1
64	Проведение математического практикума по обработке результатов измерений в среде ROOT	1
65	Проведение математического практикума по обработке результатов измерений в среде ROOT	1
<b>Тема 20. Математический практикум по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT (2 часа)</b>		
66	Проведение математического практикума по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT	1
67-68	Практикум по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT	2



