


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
ФИЛИАЛ МГУ В Г. ДУБНЕ

 **УТВЕРЖДАЮ**  
**И.о. директора**  
**филиала МГУ в г.Дубне**  
**/ Э.Э. Боос /**  
**«01» сентября 2024 г.**



**Программа реализации блока**  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ**

---

**Уровень высшего образования:**  
магистратура

---

**Направление подготовки:**  
03.04.02 физика

---

**Направленность (профиль) ОПОП ВО:**  
Физика элементарных частиц, Фундаментальная и прикладная ядерная физика

---

**Форма обучения:** Очная форма обучения

---

Дубна 2024 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ), утвержденным приказом МГУ от 30 декабря 2020 года № 1366, для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки программы магистратуры 03.04.02 «Физика».

Год (годы) приема на обучение \_\_\_\_\_

**Руководители магистерских программ**

1. Доктор физ.-мат. наук, профессор академик РАН В.А. Матвеев, заведующий кафедрой физического факультета МГУ

2. Доктор физ.-мат. наук, академик РАН Г.В. Трубников, по совместительству заведующий кафедрой физического факультета МГУ

**1. Наименование:** Государственная итоговая аттестация

**2. Уровень высшего образования:** магистратура

**3. Направление подготовки:** 03.04.02 Физика

Реализуется для следующих магистерских программ:

- Физика элементарных частиц
- Фундаментальная и прикладная ядерная физика

**4. Место дисциплины в структуре ООП:**

Базовая часть ООП, блок 4 «Государственная итоговая аттестация, 4 семестр (очная форма обучения).

**5. Перечень компетенций, которыми должен овладеть обучающийся в результате освоения образовательной программы:**

Выпускник, освоивший программу магистратуры, должен обладать следующими универсальными компетенциями:

**Группа компетенций  
НАУЧНОЕ МЫШЛЕНИЕ**

УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, формулировать научно-обоснованные гипотезы, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности.

УК-2. Способен использовать философские категории и концепции при решении социальных и профессиональных задач.

**Группа компетенций  
РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТОВ**

УК-3. Способен разрабатывать, реализовывать и управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла, предусматривать и учитывать проблемные ситуации и риски проекта.

**Группа компетенций  
КОМАНДНАЯ РАБОТА И ЛИДЕРСТВО**

УК-4. Способен организовывать и осуществлять руководство работой команды (группы), вырабатывая и реализуя командную стратегию для достижения поставленной цели.

**Группа компетенций  
КОММУНИКАЦИЯ И МЕЖКУЛЬТУРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ**

УК-5. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке (иностранных языках), для академического и профессионального взаимодействия.

УК-6. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия.

**Группа компетенций  
САМООРГАНИЗАЦИЯ И САМОРАЗВИТИЕ**

УК-7. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, формировать приоритеты личностного и профессионального развития.

**Общепрофессиональные компетенции (ОПК) выпускника МГУ,  
освоившего программу магистратуры:**

ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач.

ОПК-2. Способен применять основные законы педагогики при осуществлении образовательной деятельности в области физики.

ОПК-3. Способен применять знания современных проблем и новейших достижений физики и смежных наук при организации научно-исследовательской деятельности направленной на решение актуальных научных задач.

ОПК-4. Способен использовать профессионально-профилированные знания в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе и междисциплинарного характера.

ОПК-5. Способен определять научно-инновационный потенциал решений, полученных при выполнении научных исследований.

**Профессиональные компетенции (ПК) выпускника МГУ,  
освоившего программу магистратуры:**

ПК-1. Способен применять знания в области физики при проведении исследовательских работ, направленных на решение актуальных вопросов современной науки.

ПК-2. Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты для осуществления научно-исследовательской работы, основываясь на передовом российском и зарубежном опыте, с учетом междисциплинарных связей.

ПК-5. Способен сопровождать научно-исследовательскую деятельность обучающихся младших курсов с учетом основ педагогики.

**Специализированные компетенции (МПК) выпускника МГУ,  
освоившего программу магистратуры по профилю  
*«Физика элементарных частиц»:***

МПК-1 Способен решать практические задачи профессиональной деятельности в области физики элементарных частиц на основе фундаментальных знаний

МПК-2 Способен ставить, формализовать и решать задачи в области физики элементарных частиц

МПК-3 Способен самостоятельно (или) в составе научного коллектива применять математические методы для исследования физических явлений и процессов в области физики элементарных частиц при решении задач профессиональной деятельности.

**Специализированные компетенции (МПК) выпускника МГУ,  
освоившего программу магистратуры по профилю  
*«Фундаментальная и прикладная ядерная физика»:***

МПК-1 Способен решать практические задачи профессиональной деятельности в области фундаментальной и прикладной ядерной физики на основе фундаментальных знаний

МПК-2 Способен ставить, формализовать и решать задачи в области фундаментальной и прикладной ядерной физики

МПК-3 Способен самостоятельно (или) в составе научного коллектива применять математические методы для исследования физических явлений и процессов в области фундаментальной и прикладной ядерной физики при решении задач профессиональной деятельности.

## **6. Объем в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы:**

Объем государственной итоговой аттестации составляет 9 зачетных единиц, в том числе 6 зачетные единицы - подготовка и защита выпускной квалификационной работы, 3 зачетные единицы - подготовка и сдача государственного экзамена.

## **7. Входные требования для прохождения итоговой государственной аттестации:**

к государственной итоговой аттестации допускается обучающийся, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план или индивидуальный учебный план по соответствующей образовательной программе высшего образования.

## **8. Содержание государственной итоговой аттестации:**

государственная итоговая аттестация обучающихся организаций проводится в форме: государственного междисциплинарного экзамена по магистерской программе, а также защиты выпускной квалификационной работы.

### **А. Программа государственного междисциплинарного экзамена:**

Государственный междисциплинарный экзамен носит комплексный характер, проводится по одной или нескольким дисциплинами (или) модулям образовательной программы, результаты освоения которых имеют определяющее значение для профессиональной деятельности выпускников.

### **Б. Программа выпускной квалификационной работы:**

Выпускная квалификационная работа представляет собой выполненную обучающимся письменную работу, демонстрирующую уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности. Защита выпускной квалификационной работы представляет собой выступление обучающегося с устным докладом перед государственной экзаменационной комиссией, об основных результатах подготовленной выпускной квалификационной работы.

## **9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающегося к подготовке к государственной итоговой аттестации:**

### **А. Подготовка к государственному междисциплинарному экзамену:**

Государственный междисциплинарный экзамен проводится в устной форме. В ходе государственного междисциплинарного экзамена обучающийся должен ответить на поставленные в экзаменационном билете вопросы, разработанные в соответствии с программой проведения государственного междисциплинарного экзамена по соответствующей магистерской программе.

### **Б. Подготовка выпускной-квалификационной работы (магистерской диссертации):**

Результатом научно-исследовательской деятельности обучающегося является выпускная квалификационная работа, выполненная в соответствии с требованиями «Положения о магистерской диссертации филиала МГУ в г. Дубне».

**Типовые вопросы к защите выпускной квалификационной работы:**

- Обоснуйте актуальность темы выпускной квалификационной работы.
- В чем состоит практическая значимость, выполненной выпускной квалификационной работы?
- В чем новизна результатов работы?
- Сформулируйте цели и задачи выпускной квалификационной работы.

## **10. Фонд оценочных средств государственной итоговой аттестации:**

### **10.1 Критерии и процедуры оценивания обучающегося на государственной итоговой аттестации:**

#### **А. Критерии оценивания на государственном междисциплинарном экзамене:**

Для оценки готовности выпускника к видам профессиональной деятельности и степени сформированности компетенций государственная экзаменационная комиссия заслушивает устный ответ обучающегося на вопросы, представленные в экзаменационном билете.

##### **Оценка «отлично» ставится если:**

- ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы;
- демонстрируются глубокие знания в области фундаментальных основ информатики и информационных технологий;
- ответ формулируется развернуто и уверенно, содержит четкие формулировки определений и теорем.

##### **Оценка «хорошо» ставится, если:**

- ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно;
- материал излагается уверенно;
- экзаменуемый обнаруживает твердое знание программного материала;
- ответ демонстрирует способность магистранта применять знание теории к решению задач профессионального характера.

##### **Оценка «удовлетворительно» ставится, если:**

- допускаются нарушения в последовательности изложения;
- демонстрируется поверхностное знание вопроса;
- имеются затруднения с выводами;

##### **Оценка «неудовлетворительно» ставится, если:**

- материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний;
- обучающийся не понимает сущности процессов и явлений.

## **Б. Критерии оценивания выпускной квалификационной работы:**

Для оценки готовности выпускника к видам профессиональной деятельности и степени сформированности компетенций, государственная экзаменационная комиссия заслушивает выступление обучающегося о подготовленной выпускной квалификационной работе.

**оценка «отлично»** выставляется за глубокое раскрытие темы, качественное оформление работы, содержательность доклада и презентации;

**оценка «хорошо»** выставляется при соответствии вышеперечисленным критериям, но при наличии в содержании работы и её оформлении небольших недочётов или недостатков в представлении результатов к защите;

**оценка «удовлетворительно»** выставляется за неполное раскрытие темы, выводов и предложений, носящих общий характер, отсутствие наглядного представления работы и затруднения при ответах на вопросы;

**оценка «неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное раскрытие темы, несамостоятельность изложения материала, выводы и предложения, носящие общий характер, отсутствие наглядного представления работы и ответов на вопросы.

## **10.2 Примеры билетов для проведения Государственного междисциплинарного экзамена**

### **10.2.1. Профиль «Физика элементарных частиц»:**

#### **Билет № 1**

1. Тензор энергии-импульса, выраженный через лагранжиан. Заряд поля.
2. Аппроксимация данных функциями. Метод максимального правдоподобия и метод наименьших квадратов.
3. Почему величина  $E d^3/s/dp^3$  называется «инвариантным дифференциальным сечением»? Прodelайте нужную выкладку.

#### **Билет № 2**

1. Взаимодействие кварков с глюонами, матрицы Гелл-Манна. Самодействие глюонов.
2. Биномиальное распределение, распределение Пуассона, распределение Гаусса - основные свойства.
3. Вычислите время жизни  $W$ ,  $Z$  бозонов.

#### **Билет № 3**

1. Что есть в мире элементарных частиц «резонанс»? Что такое «диаграмма Аргана»?
2. Симметрии и теорема Нетер.
3. Вычислите время жизни нейтрона.

#### **Билет № 4**

1. Эффективный заряд в КЭД и КХД. Асимптотическая свобода и конфайнмент.
2. Что такое «теорема Людерса-Паули»?
3. Сколько процентов протонов из пучка с энергией около 10-30 ГэВ испытают хотя бы одно сильное взаимодействие в водородной мишени толщиной 1 метр? Плотность жидкого водорода равна  $0.071 \text{ г/см}^3$ .

### Билет № 5

1. Рассеяние лептонов на нуклонах. Формфакторы. Глубоконеупругое рассеяние.
2. Нормальное произведение и построение векторов состояния.
3. Нарисуйте диаграмму Фейнмана для распада нейтрального пиона, выпишите матричный элемент и оцените вероятность этого распада.

### Билет № 6

1. Релятивистское уравнение для скалярных частиц и четырехмерное выражение для их энергии-импульса
2. Квантование скалярного, фермионного и векторного полей. Коммутационные соотношения. Энергия-импульс поля.
3. Вы изучаете фоторождение  $j$ -мезона на протонах. Примем, что масса  $j$ -мезона равна массе протона. Чему равна пороговая энергия фотона для такой реакции?

### Билет № 7

1. Партонные распределения. Валентные и морские кварки. Правила сумм.
2. Калибровочное преобразование и выражение для сохраняющегося заряда.
3. Нарисуйте диаграмму Фейнмана для процесса Комптона, выпишите матричный элемент и оцените сечение.

### Билет № 8

1. Путь к квантованию скалярного поля. Нормальное произведение.
2. Почему кварки обязаны быть «цветными», т.е. иметь некоторое дополнительное квантовое число, которым обычные адроны не обладают? Что послужило отправной точкой для гипотезы о «цвете»?
3. Можно ли осуществить реакцию  $d+d \rightarrow {}^4\text{He}$ ? Обоснуйте ответ.

### Билет № 9

1. Операторы рождения, уничтожения. Их роль для вакуума
2. Динамика продольного движения частиц в высокочастотных резонансных ускорителях. Принцип автофазировки Векслера.
3. Вычислите время жизни тау-лептона.

### Билет № 10

1. Определение гамильтониана, хронологического упорядочивания. S-матрица.
2. Экспериментальные указания на цвет кварков.
3. Вычислите сечение взаимодействия электронного нейтрино на электроном.

## 10.2.2. Профиль «Фундаментальная и прикладная ядерная физика»:

### Билет № 1

1. Функция Лагранжа и уравнения Лагранжа системы материальных точек. Интегралы движения.
2. Формирование кристаллической структуры из изолированных атомов. Типы связи в твердых телах.
3. Для получения нейтронов широко используется реакция  $t(d,n)\alpha$ . Определить энергию нейтронов  $T_n$ , вылетающих под углом  $90^\circ$  в нейтронном генераторе, использующем дейтроны, ускоренные до энергии  $T_d = 0.2$  МэВ.

### Билет № 2

1. Колебания систем с одной и многими степенями свободы. Свободные и вынужденные колебания.

2. Стандартная модель: фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия. Основные свойства нуклонов. Основные свойства ядерного взаимодействия между нуклонами.
3. Вычислить относительную долю пространства, заполненного сферами, в следующих кристаллических структурах: простая кубическая структура, объемноцентрированная кубическая структура, гранецентрированная кубическая структура. Предполагается, что каждая из структур является плотной упаковкой, т.е. образована жесткими сферами одинакового радиуса, которые касаются друг друга.

#### Билет № 3

1. Движение в центральном поле. Атом водорода: волновые функции и уровни энергии.
2. Симметрия кристаллов. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Решетка Браве.
3. Для получения нейтронов используется реакция  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ . Энергия протонов  $T_p = 5$  МэВ. Для эксперимента необходимы нейтроны с энергией  $T_n = 1.75$  МэВ. Под каким углом  $\theta_n$  относительно направления протонного пучка будут вылетать нейтроны с такой энергией?

#### Билет № 4

1. Течение идеальной жидкости. Уравнение Эйлера.
2. Колебания атомов в кристаллической решетке. Температура Дебая. Акустические и оптические фононы.
3. В двумерной квадратной решетке с периодом  $a$  кинетическая энергия свободного электрона в узле первой зоны Бриллюэна больше, чем у электрона на середине грани зоны на коэффициент  $b$ . Определить  $b$ .

#### Билет № 5

1. Течение вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Число Рейнольдса.
2. Формирование зонного спектра. Эффективная масса. Энергия Ферми и поверхность Ферми.
3. Дифференциальное сечение ядерной реакции  $d\sigma/d\Omega$  под углом  $90^\circ$  составляет 10 мб/ср. Рассчитать величину интегрального сечения, если угловая зависимость дифференциального сечения имеет вид  $1+2\sin\theta$ .

#### Билет № 6

1. Механизмы ядерных реакций. Модель составного ядра. Прямые процессы.
2. Методы исследования структуры твердых тел. Рентгеновская дифракция. Дифракция нейтронов.
3. Для измерения магнитных полей  $B \cong 0.1$  кГс используют метод ЯМР  ${}^1\text{H}$  в проточной воде, при котором вода предварительно намагничивается пропусканием ее через область магнитного поля  $B_0 = 10$  кГс. Время перемещения воды из этой области до измерительной ячейки намного меньше времени релаксации намагниченности. Оценить увеличение сигнала ЯМР  ${}^1\text{H}$  в намагниченной воде по сравнению с сигналом для немагнитной воды. Ответ аргументировать.

#### Билет № 7

1. Борновское приближение. Парциальное разложение амплитуды рассеяния.
2. Детектирование заряженных и нейтральных частиц и гамма-квантов. Основные типы детекторов.

3. Структура гидрида ванадия  $VH_2$  имеет гранецентрированную решетку с периодом  $a=4.24 \text{ \AA}$ . Определить брэгговские углы  $\theta$  для отражений (100), (200) и (300) при дифракции нейтронов с длиной волны  $\lambda=1.542 \text{ \AA}$ . Значения когерентного рассеяния нейтронов для ванадия (0.01838 бн) и водорода (1.7568 бн).

#### Билет № 8

1. Канонические распределения. Идеальные бозе- и ферми-газы.
2. Методы исследования поверхности твердых тел. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия.
3. Пучок электронов с энергией 1 кэВ испытывает дифракцию на плоскостях с межплоскостным расстоянием  $d=1 \text{ \AA}$  при прохождении через поликристаллическую металлическую фольгу. (а) Определить длину волны электронов. (б) Определить брэгговский угол для дифракционного максимума первого порядка.

При вычислениях использовать следующие значения констант:

$$h=6.626 \cdot 10^{-34} \text{ дж сек}; \quad m_e=9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}; \quad 1 \text{ эВ}= 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ дж}.$$

#### Билет № 9

1. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
2. Эффект Мессбауэра. Мессбауэровская спектроскопия твердых тел. Влияние локального окружения на мессбауэровские спектры.
3. Рассчитать энергии и пороги следующих реакций:

1.  $d(d, {}^3\text{He})n$ ;

2.  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$

Избытки масс приближенно равны (МэВ):  $p - 7.29$ ;  $n - 8.07$ ;  $d - 13.14$ ;  ${}^3\text{He} - 14.93$ ;  ${}^7\text{Li} - 14.91$  и  ${}^7\text{Be} - 15.77$ .

#### Билет № 10

1. Фазовые переходы первого и второго рода. Условия устойчивости и равновесия.
2. Сверхпроводимость. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Основные идеи теории Бардина-Купера-Шриффера
3. Рассеяние медленных ( $T_n = 1 \text{ кэВ}$ ) нейтронов на ядре  ${}^{238}\text{U}$  изотропно. Как можно объяснить этот факт?

#### Билет № 11

1. Уравнение Максвелла в вакууме. Скалярный и векторный потенциалы. Калибровочная инвариантность. Энергия электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга
2. Неупорядоченные среды. Ближний и дальний порядок. Прыжковая проводимость. Закон Мотта. Щель подвижности.
3. Оценить энергию падающего пучка (а) фотонов и (б) нейтронов, при которой будет наблюдаться отчетливая дифракционная картина от кристалла (Типичный период кристаллической решетки принять равным  $1 \text{ \AA}$ .)

При вычислениях использовать следующие значения констант:

$$h=6.626 \cdot 10^{-34} \text{ дж сек}; \quad m_n=1.675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}; \quad 1 \text{ эВ}= 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ дж}.$$

#### Билет № 12

1. Деление тяжелых ядер нейтронами. Цепная реакция деления. Ядерные реакторы как источники нейтронов. Другие источники нейтронов.
2. Понятие об обменном взаимодействии. Обменный интеграл. Ферромагнетизм. Магнитные домены. Антиферромагнетизм.

3. Для газа свободных электронов плотностью  $n$  ( $n$  электронов в единице объема), вывести выражение  $\varepsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}$ ,  $\omega_p^2 = \frac{ne^2}{\varepsilon_0 m}$  для диэлектрической проницаемости как функции  $\omega$ .

### Билет № 13

1. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
2. Магнитные свойства веществ. Диамагнетизм и парамагнетизм. Гиромагнитное отношение. Закон Кюри и закон Кюри-Вейсса.
3. Для металлического натрия с ОЦК структурой ( $a=4.25 \text{ \AA}$ ) определить концентрацию электронов проводимости, предполагая один электрон проводимости на атом. В рамках модели свободных электронов получить выражение для энергии Ферми при  $T=0 \text{ К}$ , и рассчитать её для электронов проводимости металлического натрия. При вычислениях использовать следующие значения констант:  $h=6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж сек}$ ;  $m_e=9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ ;  $1 \text{ эВ}=1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .

### Билет № 14

1. Уравнения Максвелла в среде. Материальные уравнения. Комплексная диэлектрическая проницаемость и показатель преломления, их пространственная и временная дисперсия.
2. Простейшие модели ядра: модель жидкой капли, модель ферми-газа, оболочечная модель, обобщенная модель.
3. Для линейного ионного кристалла из  $2N$  ионов с чередующимися зарядами  $\pm q$  и отталкивающим потенциалом между ближайшими соседями  $A/R^n$ , в дополнение к обычному кулоновскому потенциалу, определить равновесное расстояние  $R_0$  между ионами и равновесную энергию  $U(R_0)$

### Билет № 15

1. Дисперсия и поглощение света. Отражение и преломление на границах двух сред. Рассеяние света. Формула Рэлея.
2. Основные свойства ядер. Квантовые характеристики ядерных состояний
3. Оценить намагнитченность  $M$  монокристалла железа, если бы он полностью спонтанно намагнитился. Для справки: Железо (атомный номер  $A=56$ ) имеет ОЦК структуру с параметром элементарной ячейки  $a=2.86 \text{ \AA}$ , магнитный момент иона железа  $\mu_0 \approx 2.2 \mu_B$  ( $\mu_B = 9.27 \cdot 10^{-24} \text{ Дж тл}^{-1}$  – магнетон Бора), плотность железа  $\rho = 7.9 \text{ г/см}^3$ . Ответ дать в системе СИ.

## 11. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

При реализации может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Операционная система Astra Linux ( <https://astralinux.ru/> ) или аналог, с офисным пакетом.

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. База данных РИНЦ (российский индекс научного цитирования) <http://www.elibrary.ru>
2. [http://www.jinr.ru/staff/science\\_ptp/](http://www.jinr.ru/staff/science_ptp/)
3. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/experiment/>

### **Материально-техническое обеспечение**

Выпускная квалификационная работа, как правило, основывается на работе обучающихся студентов на материально-технической базе ОИЯИ. В зависимости от выбранной научной тематики используются базовые установки, методические стенды, аппаратные и программные средства сбора и анализа данных, и другое. В частности, предусмотрена работа на установках проектов:

- НИКА,
- Байкал-ГВД,
- Фабрика сверхтяжелых элементов,
- ИБР-2,
- ЦИВК ОИЯИ,
- HybriLIT, Говорун.

Проведение государственного междисциплинарного экзамена и защита выпускной квалификационной работы может быть проведены в учебной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.

### **12. Язык преподавания:** русский