**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ   
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**(РУТ (МИИТ)**

|  |  |
| --- | --- |
|  | УТВЕРЖДАЮ  Проректор  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Борщ  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 г. |

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА–   
ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«Квантовые технологии и квантовая связь»

**АННОТАЦИЯ**

**Квантовые технологии и квантовая связь**

**Описание программы:**

Дополнительная профессиональная программа – программа повышения квалификации Программа «Квантовые технологии и квантовая связь» (далее – Программа) предназначена для повышения квалификации специалистов в области квантовых коммуникаций Центральной станции связи ОАО «РЖД», а также сотрудников структурных подразделений ОАО «РЖД», причастных к внедрению квантовых технологий транспортных компаний, отвечающих за сбор и первичную обработку корпоративных данных.
Необходимость реализации программы обусловлена потребностью в специалистах в области квантовых коммуникаций. Правительство Российской Федерации, в рамках реализации национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», определило ОАО «РЖД» как компанию, ответственную за развитие высокотехнологичной области «Квантовые коммуникации». Внедрение квантовой связи в ОАО «РЖД» осуществляется в рамках стратегии цифровой трансформации, что в свою очередь определяет опережающую потребность.
В результате обучения по Программе будут сформированы компетенции, необходимые для расширение компетентностного профиля обучающихся в области квантовых технологий и способах защиты передаваемой информации.
Практическая направленность программы позволяет использовать её для подготовки специалистов в сфере квантовых технологий не только для транспортной, но и для других отраслей российской экономики.
Программа разработана в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

СПИСОК РАЗРАБОТЧИКОВ

Руководитель стратегического проекта:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Должность | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | И.О. Фамилия |

Руководитель мероприятия:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Должность | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | И.О. Фамилия |

Исполнители:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| кандидат педагогических наук | \_\_\_\_\_\_\_ | Головина Ольга Владимировна | Методическая поддержка, нормоконтроль, методическая поддержка ЭУМК |
| Доцент, кандидат технических наук | \_\_\_\_\_\_\_ | Журавлев Илья Александрович | Экспертная поддержка, методическая поддержка, экспертная поддержка ЭУМК, видеосъёмка |
| Доцент, кандидат технических наук | \_\_\_\_\_\_\_ | Филиппович Андрей Юрьевич | Методическая поддержка |
| Доцент, кандидат экономических наук | \_\_\_\_\_\_\_ | Паринов Денис Владимирович | Руководство разработкой ЭУМК, разработка ЭУМК, нормоконтроль ЭУМК, методическая поддержка |
| Доцент, кандидат педагогических наук | \_\_\_\_\_\_\_ | Козловцева Екатерина Александровна | Разработка ЭУМК |
|  | \_\_\_\_\_\_\_ | Выходов Николай Юрьевич | Разработка ЭУМК |
|  | \_\_\_\_\_\_\_ | Сафонов Роман Дмитриевич | Разработка ЭУМК |
|  | \_\_\_\_\_\_\_ | Сафонова Олеся Дмитриевна | Разработка ЭУМК |
|  | \_\_\_\_\_\_\_ | Радченко Валерия Витальевна | Разработка ЭУМК |
|  | \_\_\_\_\_\_\_ | Ристич Надежда Викторовна | Разработка ЭУМК |

Содержание

# Общая характеристика программы

## Общие положения

### Нормативные правовые основания разработки

Нормативные правовые основания для разработки дополнительной профессиональной программы – программы повышения квалификации   
«Квантовые технологии и квантовая связь» (далее – Программа) составляют:

* Федеральный закон от 29 декабря 2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
* приказ Минобрнауки России от 01 июля 2013 № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности   
  по дополнительным профессиональным программам»;
* устав федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта»;
* иные локальные нормативные акты ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ).

Программа разработана на основе профессионального стандарта 25.033 Специалист по разработке и созданию квантово-оптических систем для решения задач навигации, связи и контроля космического пространства, утв. приказом Минтруда России №683н от 24.10.2022.

### Требования к обучающимся

а) требования к уровню образования: лица, имеющие среднее профессиональное и (или) высшее образование; лица, получающие среднее профессиональное и (или) высшее образование.

б) требования к квалификации: Дополнительные требования отсутствуют.

### Форма обучения

Повышение квалификации может проводиться по выбору образовательной организации в соответствии с учебным планом в очной, очно-заочной или заочной формах обучения с применением дистанционных образовательных технологий и (или) электронного обучения.

### Трудоемкость освоения

Трудоемкость освоения Программы составляет 69 ак. часов.

### Срок освоения

Срок освоения составляет 9 календарных дней для очной формы обучения и 18 календарных дней для очно-заочной и заочной формы обучения.

## Цель и задачи

### Цель

Целью обучения является совершенствование и (или) получение новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности.

### Задачи

Задачами освоения Программы являются:

* приобретение обучающимися знаний и умений в соответствии с учебным планом и календарным учебным графиком;
* оценка достижений обучающимися планируемых результатов обучения.

## Планируемые результаты освоения (профессиональные компетенции), соотнесенные с планируемыми результатами обучения

Таблица 1 – Соотнесение планируемых результатов обучения с планируемыми результатами освоения (профессиональными компетенциями)

| **Перечень профессиональных компетенций** | **Планируемые результаты обучения** |
| --- | --- |
| Способен выбрать методы и технологии шифрования информации с использованием платформы квантового распределения ключей по открытым линиям связи | **Знания:**  Знать терминологию квантовых вычислений, Знать технологии квантовых вычислений, Знать квантовые эффекты, Знать характеристики вычислительных систем, Знать задачу Феймана, Знать алгоритм Дойча, Знать алгоритм Гровера, Знать задачу Бернштеймана-Вазирани, Знать квантовые алгоритмы Шора, Знать общую схему протокола КРК, Знать квантовый протокол ВВ84, Знать квантовый протокол В92, Знать квантовый протокол Е91 (EPR), Знать квантовый протокол ВВ84(4+2), Знать квантовый протокол SARG04, Знать квантовый протокол Lo05, Знать квантовый протокол Гольденберга-Вайдмана, Знать квантовый протокол Коаши-Имото, Знать трехэтапный протокол, Знать шифр Вернама, Знать технологии квантовой передачи данных, Знать квантовые каналы связи, Знать пропускную способность квантовых каналов связи, Знать квантовую запутанность, Знать квантовые коды коррекции ошибок, Знать основные понятия криптографического протокола, Знать характеристики квантовой сети связи, Знать способы передачи квантовой информации, Знать принципы квантовой телепортации, Знать методы и технологии передачи ключа шифрования, Знать пространство волновых функций, Знать основные постулаты канонического квантования, Знать уравнения Шредингера, Знать обобщение уравнения Гамильтона-Якоби, Знать копенгагенскую интерпретацию, Знать интерпретацию Эверетта, Знать теорию де Бройля-Бома, Знать парадокс Кота Шредингера, Знать парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена, Знать источники фотонов, Знать элементы систем КРК, Знать ячейки Керра, Знать ячейки Поккельса, Знать характеристики среды распространения квантового сигнала, Знать варианты кодирования кубитов, Знать строение фотона, Знать структуру фотона, Знать строение кванта.  **Умения:**  Уметь ориентироваться в методах, принципах и технологиях передачи ключа шифрования с использованием платформы квантового распределения ключей по открытым оптоволоконным линиям (А/01.5). |

## Учебный план

Таблица 2 – Учебный план

| **Наименование модулей и тем** | **Трудоемкость, ак. час** | | | | | | **Планируемые результаты обучения** | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Итого** | **Виды занятий, в т.ч.** | | **Самостоятельная работа** | **Итоговая аттестация** |  | |
| **лекционного типа** | **практического типа** |
| 1. Физико-математические основы квантовой механики | 15.6 | 12.9 | - | 2.7 | - |  | |
| 1.1 Пространство волновых функций | 1.6 | 1.2 | - | 0.4 | - | Знания: Знать пространство волновых функций. | |
| 1.2 Строение кванта | 2 | 1.8 | - | 0.2 | - | Знания: Знать строение кванта. | |
| 1.3 Структура фотона | 1.2 | 0.9 | - | 0.3 | - | Знания: Знать структуру фотона. | |
| 1.4 Строение фотона | 2.1 | 1.8 | - | 0.3 | - | Знания: Знать строение фотона. | |
| 1.5 Источники фотонов | 1.2 | 0.9 | - | 0.3 | - | Знания: Знать источники фотонов. | |
| 1.6 Характеристики среды распространения квантового сигнала | 2.8 | 2.6 | - | 0.2 | - | Знания: Знать характеристики среды распространения квантового сигнала. | |
| 1.7 Ячейки Поккельса | 0.6 | 0.4 | - | 0.2 | - | Знания: Знать ячейки Поккельса. | |
| 1.8 Ячейки Керра | 0.8 | 0.6 | - | 0.2 | - | Знания: Знать ячейки Керра. | |
| 1.9 Элементы систем КРК | 0.8 | 0.6 | - | 0.2 | - | Знания: Знать элементы систем КРК. | |
| 1.10 Обобщение уравнения Гамильтона-Якоби | 1.6 | 1.4 | - | 0.2 | - | Знания: Знать обобщение уравнения Гамильтона-Якоби. | |
| 1.11 Основные постулаты канонического квантования | 0.9 | 0.7 | - | 0.2 | - | Знания: Знать основные постулаты канонического квантования. | |
| 2. Интерпретации квантовой механики | 8.9 | 7.7 | - | 1.2 | - |  | |
| 2.1 Уравнения Шредингера | 1.9 | 1.7 | - | 0.2 | - | Знания: Знать уравнения Шредингера. | |
| 2.2 Копенгагенская интерпретация | 2.8 | 2.6 | - | 0.2 | - | Знания: Знать копенгагенскую интерпретацию. | |
| 2.3 Интерпретация Эверетта | 1.3 | 1.1 | - | 0.2 | - | Знания: Знать интерпретацию Эверетта. | |
| 2.4 Теория де Бройля-Бома | 1 | 0.8 | - | 0.2 | - | Знания: Знать теорию де Бройля-Бома. | |
| 2.5 Парадокс Кота Шредингера | 0.5 | 0.3 | - | 0.2 | - | Знания: Знать парадокс Кота Шредингера. | |
| 2.6 Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена | 1.4 | 1.2 | - | 0.2 | - | Знания: Знать парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. | |
| 3. Квантовые технологии | 23.2 | 20 | - | 3.2 | - |  | |
| 3.1 Терминология квантовых вычислений | 1.6 | 1.4 | - | 0.2 | - | Знания: Знать терминологию квантовых вычислений. | |
| 3.2 Технологии квантовых вычислений | 4.6 | 4.4 | - | 0.2 | - | Знания: Знать технологии квантовых вычислений. | |
| 3.3 Способы передачи квантовой информации | 0.7 | 0.5 | - | 0.2 | - | Знания: Знать способы передачи квантовой информации. | |
| 3.4 Характеристики квантовой сети связи | 1.6 | 1.4 | - | 0.2 | - | Знания: Знать характеристики квантовой сети связи. | |
| 3.5 Квантовые коды коррекции ошибок | 0.9 | 0.7 | - | 0.2 | - | Знания: Знать квантовые коды коррекции ошибок. | |
| 3.6 Квантовая запутанность | 0.7 | 0.5 | - | 0.2 | - | Знания: Знать квантовую запутанность. | |
| 3.7 Пропускная способность квантовых каналов связи | 0.5 | 0.3 | - | 0.2 | - | Знания: Знать пропускную способность квантовых каналов связи. | |
| 3.8 Квантовые каналы связи | 0.8 | 0.6 | - | 0.2 | - | Знания: Знать квантовые каналы связи. | |
| 3.9 Технологии квантовой передачи данных | 1.4 | 1.2 | - | 0.2 | - | Знания: Знать технологии квантовой передачи данных. | |
| 3.10 Задача Бернштеймана-Вазирани | 0.4 | 0.2 | - | 0.2 | - | Знания: Знать задачу Бернштеймана-Вазирани. | |
| 3.11 Алгоритм Дойча | 1.1 | 0.9 | - | 0.2 | - | Знания: Знать алгоритм Дойча. | |
| 3.12 Задача Феймана | 2.5 | 2.3 | - | 0.2 | - | Знания: Знать задачу Феймана. | |
| 3.13 Характеристики вычислительных систем | 0.6 | 0.4 | - | 0.2 | - | Знания: Знать характеристики вычислительных систем. | |
| 3.14 Квантовые эффекты | 3.7 | 3.5 | - | 0.2 | - | Знания: Знать квантовые эффекты. | |
| 3.15 Алгоритм Гровера | 0.6 | 0.4 | - | 0.2 | - | Знания: Знать алгоритм Гровера. | |
| 3.16 Принципы квантовой телепортации | 1.5 | 1.3 | - | 0.2 | - | Знания: Знать принципы квантовой телепортации. | |
| 4. Основы квантовой криптографии | 18.3 | 9.4 | 2 | 6.9 | - |  | |
| 4.1 Варианты кодирования кубитов | 1 | 0.5 | - | 0.5 | - | Знания: Знать варианты кодирования кубитов. | |
| 4.2 Основные понятия криптографического протокола | 1.5 | 1.3 | - | 0.2 | - | Знания: Знать основные понятия криптографического протокола. | |
| 4.3 Шифр Вернама | 0.5 | 0.3 | - | 0.2 | - | Знания: Знать шифр Вернама. | |
| 4.4 Трехэтапный протокол | 1.1 | 0.6 | - | 0.5 | - | Знания: Знать трехэтапный протокол. | |
| 4.5 Общая схема протокола КРК | 1.3 | 0.8 | - | 0.5 | - | Знания: Знать общую схему протокола КРК. | |
| 4.6 Квантовый протокол В92 | 0.9 | 0.4 | - | 0.5 | - | Знания: Знать квантовый протокол В92. | |
| 4.7 Квантовый протокол ВВ84(4+2) | 0.8 | 0.3 | - | 0.5 | - | Знания: Знать квантовый протокол ВВ84(4+2). | |
| 4.8 Квантовый протокол Гольденберга-Вайдмана | 0.9 | 0.4 | - | 0.5 | - | Знания: Знать квантовый протокол Гольденберга-Вайдмана. | |
| 4.9 Квантовый протокол ВВ84 | 0.6 | 0.1 | - | 0.5 | - | Знания: Знать квантовый протокол ВВ84. | |
| 4.10 Квантовый протокол Коаши-Имото | 0.7 | 0.2 | - | 0.5 | - | Знания: Знать квантовый протокол Коаши-Имото. | |
| 4.11 Квантовый протокол Е91 (EPR) | 0.8 | 0.3 | - | 0.5 | - | Знания: Знать квантовый протокол Е91 (EPR). | |
| 4.12 Квантовый протокол SARG04 | 1.3 | 0.8 | - | 0.5 | - | Знания: Знать квантовый протокол SARG04. | |
| 4.13 Квантовый протокол Lo05 | 0.9 | 0.4 | - | 0.5 | - | Знания: Знать квантовый протокол Lo05. | |
| 4.14 Квантовые алгоритмы Шора | 1.2 | 0.7 | - | 0.5 | - | Знания: Знать квантовые алгоритмы Шора. | |
| 4.15 Методы и технологии передачи ключа шифрования | 4.8 | 2.3 | 2 | 0.5 | - | Знания: Знать методы и технологии передачи ключа шифрования.  Умения: Уметь ориентироваться в методах, принципах и технологиях передачи ключа шифрования с использованием платформы квантового распределения ключей по открытым оптоволоконным линиям (А/01.5). | |
| 5. Итоговая аттестация в форме зачета | 3 | - | - | - | 3 |  | |
| **Всего ак. часов** | 69 | 50 | 2 | 14 | 3 |  | |

## Календарный учебный график

Таблица 3 – Календарный учебный график для очной формы обучения

| **Наименование разделов** | **Количество академических часов по дням** | | | | | | | | | **ИТОГО** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Д1** | **Д2** | **Д3** | **Д4** | **Д5** | **Д6** | **Д7** | **Д8** | **Д9** |
| 1 Физико-математические основы квантовой механики | 8 | 7.6 |  |  |  |  |  |  |  | **15.6** |
| 2 Интерпретации квантовой механики |  | 0.4 | 8 | 0.5 |  |  |  |  |  | **8.9** |
| 3 Квантовые технологии |  |  |  | 7.5 | 8 | 7.7 |  |  |  | **23.2** |
| 4 Основы квантовой криптографии |  |  |  |  |  | 0.3 | 8 | 8 | 2 | **18.3** |
| 5 Итоговая аттестация |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | **3** |
| **Всего ак. часов** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **8** | **5** | **69** |

Таблица 4 – Календарный учебный график для очно-заочной и заочной формы обучения

| **Наименование модулей** | **Количество академических часов по дням** | | | | **ИТОГО** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Н1** | **Н2** | **Н3** | **Н4** |
| 1 Физико-математические основы квантовой механики | 15.6 |  |  |  | **15.6** |
| 2 Интерпретации квантовой механики | 4.4 | 4.5 |  |  | **8.9** |
| 3 Квантовые технологии |  | 15.5 | 7.7 |  | **23.2** |
| 4 Основы квантовой криптографии |  |  | 12.3 | 6 | **18.3** |
| 5 Итоговая аттестация |  |  |  | 3 | **3** |
| **Всего ак. часов** | **20** | **20** | **20** | **9** | **69** |

## Рабочие программы модулей

### Физико-математические основы квантовой механики

Пространство волновых функций. Строение кванта. Структура фотона. Строение фотона. Источники фотонов. Характеристики среды распространения квантового сигнала. Ячейки Поккельса. Ячейки Керра. Элементы систем КРК. Обобщение уравнения Гамильтона-Якоби. Основные постулаты канонического квантования.

### Интерпретации квантовой механики

Уравнения Шредингера. Копенгагенская интерпретация. Интерпретация Эверетта. Теория де Бройля-Бома. Парадокс Кота Шредингера. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена.

### Квантовые технологии

Терминология квантовых вычислений. Технологии квантовых вычислений. Способы передачи квантовой информации. Характеристики квантовой сети связи. Квантовые коды коррекции ошибок. Квантовая запутанность. Пропускная способность квантовых каналов связи. Квантовые каналы связи. Технологии квантовой передачи данных. Задача Бернштеймана-Вазирани. Алгоритм Дойча. Задача Феймана. Характеристики вычислительных систем. Квантовые эффекты. Алгоритм Гровера. Принципы квантовой телепортации.

### Основы квантовой криптографии

Варианты кодирования кубитов. Основные понятия криптографического протокола. Шифр Вернама. Трехэтапный протокол. Общая схема протокола КРК. Квантовый протокол В92. Квантовый протокол ВВ84(4+2). Квантовый протокол Гольденберга-Вайдмана. Квантовый протокол ВВ84. Квантовый протокол Коаши-Имото. Квантовый протокол Е91 (EPR). Квантовый протокол SARG04. Квантовый протокол Lo05. Квантовые алгоритмы Шора. Методы и технологии передачи ключа шифрования.

## Организационно-педагогические условия

Реализация Программы осуществляется в полном соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации в области образования, нормативными правовыми актами, регламентирующими данное направление деятельности.

### Требования к квалификации педагогических кадров

Реализация Программы обеспечивается педагогическими работниками образовательной организации, а также лицами, привлекаемыми к ее реализации на иных условиях.

Требования к образованию: высшее образование.

Требования к опыту практической работы: опыт работы в области профессиональной деятельности, связанной с применением работником компетенции, подлежащей совершенствованию и (или) получению в результате освоения Программы (не менее 3 лет).

### Требования к материально-техническому обеспечению

Материально-техническое обеспечение (далее – МТО) необходимо   
для проведения всех видов учебных занятий и итоговой аттестации, предусмотренных учебным планом по Программе.

МТО включает специальные помещения: учебные аудитории   
для проведения лекций и практических занятий, а также помещения для самостоятельной работы, итоговой аттестации (в соответствии с утвержденным расписанием учебных занятий).

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, оборудованием, расходными материалами, программным обеспечением, техническими средствами обучения и иными средствами, служащими для представления учебной информации обучающимся.

Таблица 5 – Состав МТО

| **Наименование** | **Кол-во** | **Ед. изм.** | **Примечание** |
| --- | --- | --- | --- |
| **1 Помещения** | | | |
| 1.1 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа | | | |
| 1.1.1 Лекционная аудитория | 1 | шт. | доска, средства отображения данных на большой экран, доступ в интернет |
| 1.2 Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа | | | |
| 1.2.1 Аудитория для практических занятий | 1 | шт. | доска, средства отображения данных на большой экран, доступ в интернет |
| **2 Мебель** | | | |
| 2.1 Учебной аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа | | | |
| 2.1.1 Стол | 30 | шт. | посадочные места по количеству обучающихся |
| 2.1.2 Стул | 30 | шт. | посадочные места по количеству обучающихся |
| **3 Оборудование** | | | |
| 3.1 Учебной аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа | | | |
| 3.1.1 Персональный компьютер преподавателя с веб-камерой, доступ к сети Интернет | 1 | шт. | компьютер с лицензионным программным обеспечением, должен удовлетворять минимальным системным требованиям специализированного ПО, обеспечивать возможность отображения информации на большой экран |
| 3.1.2 Персональные компьютеры для обучающихся с веб-камерой, доступ к сети Интернет | 30 | шт. | компьютер с лицензионным программным обеспечением, должен удовлетворять минимальным системным требованиям специализированного ПО. Количество компьютеров по количеству обучающихся |
| 3.1.3 Мультимедиа-комплекс | 1 | шт. | возможность отображения информации на большой экран |
| 3.1.4 Периферийное оборудование для ПК (принтер, сканер, сетевое оборудование, интерактивная доска) | 1 | шт. |  |
| **4 Расходные материалы** | | | |
| 4.1 Бумага | 1 | уп. |  |
| 4.2 Ручки | 1 | уп. |  |
| **5 Программное обеспечение** | | | |
| 5.1 Офисное | | | |
| 5.1.1 Лицензионное программное обеспечение (Microsoft Office) | 1 | шт. | программное обеспечение по количеству персональных компьютеров |
| 5.2 Специализированное | | | |
| 5.2.1 Тестирующий программный комплекс системы | 1 | шт. | создание библиотеки контрольных вопросов различных типов; формирование тестов на основе библиотеки вопросов (с возможностью случайной выборки, ограничениями по времени и другими параметрами); включение тестов в состав электронных курсов; назначение тестов в качестве самостоятельных оценочных процедур; детальная аналитика по итогам тестирования |
| **6 Иные** | | | |
| 6.1 Информационно-телекоммуникационные сети | 1 |  | обеспечивают передачу по линиям связи учебной информации и обратную связь между обучающимся и средством обучения |
| 6.2 Библиотека электронных образовательных ресурсов | 1 |  | доступ к электронным образовательным ресурсам, контроль знаний обучающихся (тестирование); персональные компьютеры, программа для создания интерактивных и мультимедийных электронных образовательных ресурсов |

### Требования к информационному и учебно-методическому обеспечению

Для реализации Программы используются учебно-методическая документация, нормативные правовые акты, нормативная техническая документация, иная документация, информационные ресурсы.

Таблица 6 – Информационное и учебно-методическое обеспечение

|  |
| --- |
| **Вид информационного и учебно-методического обеспечения** |
| **1 Учебно-методическая документация** |
| 1.1 Конспект лекций |
| 1.2 Методические указания к организации и проведению практических занятий |
| **2 Список используемых источников** |
| 2.1 Мессиа А. Квантовая механика. — Москва : Наука, 1978 |
| 2.2 Козубов А.В., Гайдаш А.А., Кынев С.М., Егоров В.И., Иванова А.Е., Глейм А.В., Мирошниченко Г.П., Основы квантовой коммуникации. — СпБ : Университет ИТМО, 2019 |
| 2.3 А.И. Китайгородский Физика для всех: Фотоны и ядра. — Москва : Наука, 1982 |
| 2.4 Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Физика для углубленного изучения. Строение и свойства вещества. Том 3. — Москва : Физматлит, 2004 |
| 2.5 В.Г. Беспалов, С.А. Козлов, Н.В.Петров, С.Э. Путилин, О.А. Смолянская Фемтосекундная оптика и фемтотехнологии. — СпБ : ИТМО, 2018 |
| 2.6 В.В.Сидоренко Уравнение Гамильтона-Якоби. — Москва : МФТИ, 2006 |
| 2.7 Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В. Введение в теорию квантованных полей. — Москва : Наука, 1984 |
| 2.8 Березин Ф.А., Шубин М.А. Уравнение Шредингера. — Москва : МГУ, 1983 |
| 2.9 Чудинов Э.М. Теория относительности и философия. — Москва : Политиздат, 1974 |
| 2.10 Э. Шредингер Квантовый кот вселенной . — Москва : Алгоритм, 2017 |
| 2.11 Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н. Можно ли считать квантовомеханическое описание физической реальности полным?. — Москва : Наука, 1966 |
| 2.12 Сысоев С.С. Введение в квантовые вычисления. квантовые алгоритмы. — СПб : СПбГУ, 2019 |
| 2.13 Брайан Кокс, Джефф Форшоу; пер. с англ. А. Коробейникова Квантовая вселенная. Как устроено то, что мы не можем увидеть . — Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2016 |
| 2.14 Богданов Ю.И. Физико- статистические основы квантовой информатики. Учебное пособие. — Москва : МИЭТ, 2010 |
| 2.15 Цыганков В.С., Сементин С.А., Кучеренко А.О Квантовые компьютеры: Учебное пособие. — Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет, 2001 |
| 2.16 А.С.Холево Квантовые системы, каналы, информация. — Москва : МЦНМО, 2014 |
| 2.17 Баргатин И. В., Гришанин Б. А., Задков В. Н. Запутанные квантовые состояния атомных систем. — Москва : Успехи физических наук : журнал, 2001 |
| 2.18 А.А. Калачёв Квантовая информатика в задачах. Учебно-методическое пособие.. — Казань : Казанский университет, 2012 |
| 2.19 С.Н. Торгаев, И.Д. Шульга, Е.А. Юрченко, М.Л. Громов Основы квантовых вычислений. — Томск : STT, 2020 |
| 2.20 Черемушкин А.В. Криптографические протоколы: основные свойства и уязвимости. — Москва : Академия, 2009 |
| 2.21 А. И. Музыкантский, В. В. Фурин Лекции по криптографии. — Москва : МЦНМО, 2013 |
| 2.22 Румянцев К. Е., Голубчиков Д. М. Квантовая связь и криптография. — Таганрог : ТТИ ЮФУ, 2009 |
| 2.23 Под ред. Боумейстера Д., Экерта А., Цайлингера А. Физика квантовой информации: Квантовая криптография. Квантовая телепортация. Квантовые вычисления. — Москва : Постмаркет, 2002 |
| 2.24 М. Е. Пескин, Д. В. Шредер Введение в квантовую теорию поля. — Ижевск : Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2001 |
| 2.25 А. В. Соколов Оптические свойства металлов. — Москва : Физматгиз, 1961. — 464 с. |
| **3 Информационное обеспечение** |
| 3.1 http://library.miit.ru/ |

### Общие требования к организации учебного процесса

Общие требования к организации учебного процесса определяются локальными нормативными актами образовательной организации, реализующей Программу.

Проверка знаний проводится в форме тестирования.

Проверка умений проводится в форме выполнения практических заданий. При этом используются задания на применение умений в реальных или модельных условиях.

Для прохождения итоговой аттестации необходимо:

- выполнить 30 тестовых заданий (не менее 70% правильных ответов);

- выполнить 1 практическое задание.

## Формы аттестации

К итоговой аттестации допускаются обучающиеся, успешно освоившие Программу в полном объеме.

Итоговая аттестация проводится в форме, предусмотренной учебным планом и календарным учебным графиком.

Форма итоговой аттестации – Зачет.

# Оценочные материалы

Оценочные материалы обеспечивают проверку достижения планируемых результатов обучения по Программе и используются в процедуре итоговой аттестации.

Оценочные материалы состоят из базы тестовых заданий и практических заданий.

Оценочные материалы приведены в приложении А.

# Методические материалы

Комплект документов, входящих в состав методических материалов, содержит:

* конспект лекций (приложение Б);
* методические указания к организации и проведению практических занятий (приложение В).

# Электронный учебно-методический комплекс

Электронный учебно-методический комплекс по дополнительной профессиональной программе – программе повышения квалификации «Квантовые технологии и квантовая связь» размещен на образовательном портале в сети Интернет по адресу https://p2030.emiit.ru/

Тестовый логин:

Пароль: