Научно-исследовательский семинар «Квантовая информатика»

|  |  |
| --- | --- |
| Название дисциплины | Научно-исследовательский семинар «Квантовая информатика» |
| Автор(ы) программы | Ельцов Константин Николаевич, д.ф.-м.н., проф. ФФ НИУ ВШЭ, зав. отделом ИОФ РАН |
| Курс | 5-й курс |
| Модули | 3 и 4 модули |
| Объём курса | 1 семинар в неделю*.*  |
| Элементы контроля | Еженедельные домашние задания, их презентации и обсуждения, презентация заданной статьи в конце 4-го модуля |

# 1. Аннотация курса

Основная идея семинара – ознакомление с современным состоянием в области создания квантовых (функциональных) элементов из отдельных атомов примеси внутри полупроводниковой матрицы. Помимо этого в задачу семинара входит ознакомление с другими физическими платформами для создания элементов квантовых вычислителей, таких как холодные атомы, холодные ионы, сверхпроводящие элементы. Обучение чтению оригинальных статей, понимания базовой идеи статьи, экспериментальных процедур, обсуждения и выводов, а также представлению в виде презентаций и ведению научных дискуссий.

# 2. Программа курса

Цель: пройти шаг за шагом процесс создания квантовых (функциональных) элементов из отдельных атомов примеси внутри полупроводниковой матрицы. Помимо этого визит в лаборатории ЦКТ МГУ (16-кубитовый квантовый компьютер на холодных атомах), ФИАН (квантовые кубиты, атомные часы на холодных ионах).

Этапы:

1. Как создать. Какие критерии нужно заложить. Разбор статьи Кейна как исходной идеи.
2. Как создать единичный кубит и пару связанных кубитов? Откуда следует, что для квантового компьютера достаточно набора одно- и двухкубитовых регистров? Два подхода «top - down» и “bottom-up”
3. Как реализовать квантовые связи между регистрами в квантовом компьютере? Как должен быть устроен квантовый компьютер?
4. Как считывать информацию с регистра? Конвертор спин-заряд. Одноэлектронный транзистор и другие способы считывания квантового состояния регистра.
5. Ограничения, связанные с неизотропностью кристалла кремния. Какие существуют способы обойти их.
6. Способы управления состоянием квантовых регистров.
7. Экспериментальная реализация однокубитовых вычислений.
8. Экспериментальная реализация двухкубитовых вычислений.
9. Современное состояние в данной области исследований.
10. Зачет. Презентация одной оригинальной статьи по изученной теме.

# 3. Элементы контроля и правила оценивания

1. Оценки по всем формам контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.
2. *Контроль освоения курса в течение модуля:* представление и анализ оригинальных статей по теме в течение всего обучения, 3 и 4 модули.
3. *Итоговый контроль* – Анализ и представление заданной статьи на одну из пройденных тем в конце 2-го модуля.
4. Текущая оценка Отекущая рассчитывается как взвешенная сумма оценок за представленные домашние задания, О1,О2,… Оn:
5. Отекущая = 1/n × О1 + 1/n ×О2 +…+1/n × Оn,
6. Способ округления – арифметический.
7. Итоговая оценка рассчитывается как взвешенная сумма текущей оценки и оценки за экзамен, Оэкзамен:
8. Оитоговая = 0,5×Отекущая + 0,5×Оэкзамен

# 4. Рекомендованная литература и ссылки по теме

1. М. Нильсен, И. Чанг. Квантовые вычисления и квантовая информация. М: Мир, 2006 – 824 с.
2. B. E. Kane. A silicon-based nuclear spin quantum computer. Nature, 393 (1998) 132.
3. F. A. Zwanenburg et al. Silicon quantum electronics. REVIEWS OF MODERN PHYSICS, 85(2013) 962-1019.
4. M.Y. Simmons et al. Atomic-scale silicon device fabrication. *Int. J. Nanotechnol., Vol. 5, Nos. 2/3, 2008*
5. Оригинальные статьи 2005-2023 г.г. в журналах Nature, Physical Review Letters, Science, Reviews of Modern Physics и др.