**Факультет** **вычислительной математики и кибернетики**

**Межфакультетский курс**

**Квантовая природы вычислений**

Quantum nature of computations

Лекции: 30 часов

**Лекторы**: профессор, д.ф-м.н. Ю.И.Ожигов,

а также: профессор, д.ф-м.н., член-корр. РАН В.В.Воеводин,

профессор, д.ф-м.н., член-корр.АК РФ С.Н.Молотков,

профессор, д.ф-м.н. С.П.Кулик, профессор, д.ф-м.н. Ю.И.Богданов,

профессор, д.ф-м.н. В.М.Акулин

**Аннотация**

Курс продолжает читавшийся в прошлом семестре цикл лекций по сложным процессам с точки зрения квантовой физики, но является отдельным, открытым для студентов всех специальностей. Он посвящен конструктивному подходу к естествознанию, основой которого являются вычисления. Этот подход имеет глубокую историю и сейчас воплощен в суперкомпьютерах и иных системах высокопроизводительных вычислений. Будет показана неразрывная связь конструктивизма с квантовой теорией, краткий обзор которой делается на доступном языке. В частности, будет подробно рассказано о грандиозном проекте квантового компьютера, отдельные фрагменты которого в виде квантовой криптографии уже работают на обеспечение информационной безопасности нашей страны. Для слушателей важным будут пути развития квантовых вычислений и их возможности уже в ближайшем будущем; кто-то из них, возможно, и сам примет участие в этом проекте после окончания Университета.

**Программа**

1. История вычислений и конструктивного подхода в математике. Труды Маркова-младшего и Тьюринга.

2. Вычислительные машины: принципы их работы. Элементная база, драйверы, операционная система. История компьютеров и их применений.

3. Современные высокопроизводительные вычисления. Суперкомпьютеры, вычислительные сети, быстродействие и память. Рейтинг суперкомпьютеров. Закон Мура и квантовый предел быстродействия.

4. Вычисления и микромир. Роль квантовой теории в вычислительный практике. Случайность и детерминизм.

5. Закон интерференции на примере света. Взаимодействие света и вещества.

6. Матричная механика: от школьной оптики к фейнмановским диаграммам.

7. Квантовый компьютер как новый этап развития вычислений. Где он уже работает и почему необходимо его развитие. Фейнмановский интерфейс пользователя и его возможности. Понятие квантового алгоритма.

8. Работы по квантовому компьютеру в России. Вклад МГУ в проект квантового компьютера.

9. Квантовая операционная система.

10. Квантовая нелокальность, мгновенное действие на расстоянии и теория относительности. Роль квантового дальнодействия в распределенных вычислениях. Возможна ли сверхсветовая коммуникация?

11. Квантовая телепортация.

12. Наблюдение квантовых состояний. Квантовая метрология и томография. Квантовое принятие решений.

13. Управление сложными квантовыми системами как объектами физики. Границы наших возможностей.

14. Суперкомпьютерное моделирование фрагментов квантового компьютера. Контр-интуитивные эффекты микромира и их использование.

15. Предсказательное моделирование и управление живым на квантовом уровне: возможно ли это и как этого достичь.

16. Квантовая связь. Квантовый канал и его отличие от классического.

17. Принципы и протоколы квантовой криптографии. Квантовая теория информации.

18. Заключительная лекция: темы исследовательских работ для студентов старших курсов и аспирантов.

**Вопросы к зачету:**

1. Что такое конструктивное вещественное число?

2. Что такое алгоритм и вычисление?

3. Что такое вероятностный алгоритм?

4. Что такое алгоритм с оракулом?

5. Какие вычисления распараллеливаются, а какие — нет?

6. Что такое вектор квантового состояния?

7. Написать уравнение Шредингера.

8. Что такое наблюдение?

9. Может ли свет двигаться не по прямой и когда это возможно?

10. Сформулировать закон интерференции.

11. Что такое квантовый компьютер и его назначение.

12. Как квантовое дальнодействие согласуется с общей теорией относительности.

13. Какие технологии используются для создания квантового компьютера.

14. Что такое закон Мура и почему он не работает в настоящее время.

15. Как можно использовать квантовую нелокальность в распределенных вычислениях?

16. Как работает квантовый криптографический протокол BB84.

17. Как сравниваются друг с другом суперкомпьютеры?

18. Привести примеры задач естествознания и техники, решение которых невозможно без применения высокопроизводительных вычислений.