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

**Межфакультетский курс**

**Квантовый мир: новая парадигма вычислений, коммуникаций и онтологии**

Quantum world: a new paradigm of computing, communication and ontology

Лекции: 30 часов

**Лекторы**: профессор С.П.Кулик, профессор С.Н.Молотков,

профессор Ю.И.Ожигов, ассистент Н.А.Сковорода

**Аннотация**

Курс не является популярным. В нем не будет никакой потери строгости, но будут опускаться несущественные детали. Он будет читаться с минимумом математики, так что изложение будет доступным широкому кругу слушателей. Будут изложены основные понятия квантовой теории: вектор состояния и его эволюция, измерения, матричная механика, многочастичные системы, квантовая нелокальность. Будет кратко изложена суть квантовых компьютеров и квантовых вычислений, квантовой криптографии. Будет рассказано о экспериментах в квантовой области, в том числе и проводимым в Московской Университете - в области квантовой криптографии и квантовых компьютеров. Особое внимание будет уделено философским аспектам квантовой теории и ее проблемам - с примерами парадоксальных явлений квантовой природы, в том числе квантовой стороне процессов в живой природе. Курс будет читаться ведущими специалистами МГУ в области квантовой информатики.

**Программа**

1. История квантовых представлений о природе. Свойства света, закон интерференции, измерение. Вероятностный характер квантовой теории.

2. Проблема скрытых параметров. Объяснение оптических явлений с помощью закона интерференции. Квантование физических величин и электромагнитного поля.

3. Математический анализ и особенности его применения в квантовой теории. Матричная механика, понятие унитарной эволюции.

4. Квантовая электродинамика. Универсальность квантовых принципов.

5. Сложные квантовые системы и проблема алгоритмической сложности. Квантовый параллелизм.

6. Запутанные состояния и квантовое дальнодействие.

7. Компьютер как важнейший физический прибор. Зачем нужен супрекомпьютер в квантовой физике.

8. Взаимодействие света и вещества. Диаграммы Фейнмана и их суммирование как проявление принципа интерференции. Расходимость рядов и возможность перенормировок.

9. Релятивизм и квантовая теория.

10. Квантовый компьютер и необходимость его построения. Квантовые алгоритмы - что это такое и зачем они нужны. Понятие о адиабатическом квантовом вычислении.

11. Квантовое ускорение вычислений и его границы. Квантовое моделирование сложных процессов. Парадоксальные явления квантовой природы и их компьютерное моделирование.

12. Перспектива изучения биологии на квантовом уровне.

13. Декогерентность и концепция открытой квантовой системы. Марковские квантовые процессы. Жизнь как пример немарковского процесса.

14. Эксперименты по квантовой теории и их отличие от других физических экспериментов. Особенности измерений - принцип неопределенности и дополнительности. Лазер и принцип его работы. Состояние поля. Моды. Детекторы фотонов.

15. Нелинейные оптические явления и их роль в построении квантового компьютера. Практическое конструирование квантовых гейтов. Требования к гейтам и технологии их создания.

16. Квантовая теория информации: квантовая энтропия и ее связь с классической, квантовая связь и пропускная способность квантового канала. Невозможность клонирования квантовых состояний, квантовая телепортация.

17. Проблема распространения секретного ключа. Алгоритм Шора и схема RSA. Принципиальная уязвимость классических протоколов защиты информации при ее передаче перед квантовой атакой. Квантовая криптография и ее принципиальное превосходство над классической.

18. Релятивистский протокол квантовой криптографии. Достижения МГУ в области квантовой защиты информации и их применение.

**Вопросы к зачету:**

1. Сформулировать принцип интерференции.

2. Сформулировать правило Борна.

3. Что такое фейнмановская диаграмма?

4. Где лежит граница применимости классической физики?

5. Противоречит ли квантовое дальнодействие принципу релятивизма?

6. Что такое квантовый компьютер?

7. Что такое квантовое вычисление?

8. Как действует квантовый оракул?

9. Что такое телепортация?

10. Привести примеры биологических явлений чисто квантовой природы.

11. Сформулировать принцип неопределенности для координат и импульса.

12. Как работает лазер?

13. Как работает фотодетектор?

14. Почему свет распространяется по прямой и всегда ли это так?

15. Почему угол падения света на поверхность равен углу отражения от нее и всегда ли это так?

16. Как вероятность прохождения света через стекло зависит от его толщины?

17. Перечислить технологии создания квантовых гейтов.

18. Привести пример квантового криптографического протокола.