

3. Материалы выставки NANOTECH 2007 (ТОКЮО).
4. Н. Кобаяси. Введение в нанотехнологию / Н.Кобаяси. – Пер. с японск. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 134 с.: ил.
5. С. Нестеров. Япония: опыт практического применения нанотехнологии. *Наноиндустрия*. № 2, 2007, с. 7 – 9.
6. С. Нестеров. О развитии нанотехнологии в Японии. *Наноиндустрия*. № 1, 2008, с. 38 – 40.
7. А. Чапкевич, М. Астахов, С. Нестеров. 4-й Гессенский нанотехнологический форум. *Наноиндустрия*. № 6, 2007, с. 30 – 32.
8. Kompetenz- und Infrastrukturatlas Nanotechnologien in Hessen. HA Hessen Agentur GmbH, Hessen-Nanotech, Deutschland, 2007.
9. Е. Пекарская. Perspectives of the International Nanotech Market. Presented at the 4th Nanotechnology Forum Hessen. 22 – 23 November 2007.
10. С.Б. Нестеров. Состояние нанотехнологии в США, Японии и Германии. Научная сессия МИФИ – 2008. Сборник научных трудов. Т. 7. М.: МИФИ, 2008, с. 164 – 166..

КВАНТОВЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

Л.С.Восков

*Профессор Московского государственного института электроники и математики
(технического университета), Россия*

Истоки

На одном из заседаний, зав. кафедрой «Вычислительная техника» МИЭМ д.т.н., профессор С.А.Митрофанов поручил всем преподавателям подготовить предложения по участию в программе «Нанотехнологии». Шуток было достаточно, ведь, по мнению большинства – это не наш профиль, но отчитываться поручили мне. Что из этого вышло судить Вам.

Концепция

Первое, что я сделал – приставил приставку нано к словам, которые мне представлялись интересными (от нановооружения, до нанообразования) и включил поисковую машину Google. Результаты превзошли самые смелые ожидания - миллионы ссылок, даже новорусское определение термина «Нанотехнологии». Отобрав наиболее информативные ссылки, опубликовал их на своем сайте [1] для преподавателей кафедры.

После изучения литературы оказалось, что по профилю кафедры «Вычислительная техника» к нанотехнологиям ближе всего КВАНТОВЫЕ компьютеры, ведь кафедра называется «Вычислительная техника». Ну а так как я преподаю дисциплину ИНФОРМАТИКА, то, приставив к слову информатика слово квантовая, получаю название научного направления и дисциплину, которую я должен преподавать - КВАНТОВАЯ ИНФОРМАТИКА, будучи уверенным, что в природе такого нет.

Таким образом, выработалась концепция направления и преподаваемой дисциплины в условиях повышенного интереса государства и зав. кафедрой к нанотехнологиям.

- Подготовка инженерных кадров по нанотехнологиям (бакалавр, магистр)
- Направление подготовки: 654600 Информатика и вычислительная техника
- Специальность 220100 Вычислительные машины, комплексы, системы и сети
- Дисциплина: Квантовая информатика
- Курс 3,4

Что необходимо сделать? Это разработать УМК (учебно-методический комплекс) и в первую очередь:

- написать учебное пособие для чтения лекций и проведения семинарских занятий
- изготовить эмулятор квантового компьютера для проведения лабораторных работ

Первые разочарования

Будучи совершенно уверенным, что такого научного направления и дисциплины не существует, я его придумал сам, решил на всякий случай это проверить. Набираю в Google «Квантовая информатика» и 412 000 ссылок!!!

Первая ссылка: Кафедра квантовой информатики на факультете ВМиК МГУ [2]

Вторая ссылка: Семинар «Квантовая информатика» кафедры квантовой информатики факультета ВМиК МГУ [3]

Идем по этой ссылке и видим:

Программа зачета по семинару "Квантовая информатика"

- 1). Понятие волновой функции. Правило Борна.
- 2). Унитарная динамика волновой функции. Уравнение Шредингера и его решения
- 3). Дискретное представление волновой функции. Дираковские обозначения векторов, операторов, матрицы плотности. Уравнение Шредингера в дираковской записи. Операторы кинетической и потенциальной энергии и их вид.
- 4). Матрица плотности, ее свойства и уравнение для нее.
- 5). Операторы координаты, импульса, момента импульса, в одномерном, двумерном и трехмерном случае, в случае нескольких частиц.
- 6). Решение уравнения Шредингера для двухуровневой системы (квантовая динамика кубита).
- 7). Решение уравнения Шредингера для гармонического осциллятора (без доказательства, знание уровней энергии, и двух стационарных состояний)
- 8). Решение уравнения Шредингера для прямоугольной потенциальной ямы
- 9). Решение уравнения Шредингера для атома водорода (знание состояний до $n=2$, знание серии Бальмера)
- 10). Умение написать уравнение Шредингера для частицы в электромагнитном поле с векторным потенциалом A , для нескольких частиц в кулоновском поле.
- 11). Преобразование Фурье, его кубитовая форма, переход к импульсному базису и обратно.
- 12). Запутанные и незапутанные состояния. Энтропия запутанности. Энтропия квантового состояния. Энтропия чистого и смешанного состояний.

Литература для подготовки

- 1) Фейнман, Лэйтон, Сэндс, "Квантовая механика"
- 2) Давыдов "Квантовая механика"
- 3) Конспекты семинарских занятий

Без комментариев.

Начало реализации концепции

Учебное пособие.

Анализ имеющихся учебных программ и пособий показал, что для технических Вузов, которые могли бы вводить специализации «Квантовая вычислительная техника» и «Квантовые вычислительные машины комплексы системы и сети», имеющиеся учебные программы и учебные пособия [4-6] по ряду причин не подходят, а по некоторым разделам специализаций их просто нет. Следующий вопрос о формате учебного пособия. Это должно быть энциклопедическое издание [5] или серия учебных пособий по каждому разделу дисциплины «Квантовая информатика». Я склоняюсь к тому, что должна быть серия учебных пособий, как это сделано в классической серии учебников по теоретической физике Л.Д.Ландау и Е.М. Лившица. [7], но применительно к дисциплинам, определенной в ГОС по направлению 654600 Информатика и вычислительная техника или его заменяющим.

Лабораторные работы

Казалось бы квантовыми вычислениями занимается весь мир и должны быть необходимые эмуляторы и пособия.

Набираем в Google, в расширенном поиске, с точной фразой: «Эмулятор квантового компьютера». На русском языке только две ссылки. В англоязычном поиске ссылок достаточно много, но не было найдено ни одного эмулятора, чтобы его можно было бы использовать в реальном учебном процессе в техническом Вузе. То есть эмулятор придется создавать самим.

Квантовая информатика. Учебное пособие.

Учебное пособие «Квантовая информатика» для инженеров - базовый курс мы ориентируем на бакалавриат, 3-4 год обучения. Концепция содержания – такая же, как в классическом учебнике по классической «Информатике» в соответствии с приведенным там определением [7].

«Учебник охватывает основные разделы современной информатики как комплексной научно-технической дисциплины, занимающейся изучением структуры и общих свойств информации, информационных процессов, разработкой на этой основе информационной техники и технологии, а также решением научных и инженерных проблем создания, внедрения и эффективного использования компьютерной техники и технологии во всех сферах общественной практики».

При подготовке по программе магистров главы базового курса могут быть взяты за основу дисциплин специализации. В этом случае по каждой главе готовится учебное пособие, которые все вместе составят серию учебных пособий.

Квантовая информатика: базовый курс

Предисловие

Глава 1. Квантовая информатика и квантовая информация

Глава 2. Единицы измерения квантовой информации

Глава 3. Представление информации в квантовых компьютерах

Глава 4. Логические основы построения квантовых компьютеров

Глава 5. Понятие квантового алгоритма

Глава 6. Обработка квантовой информации

Глава 7. Хранение квантовой информации

Глава 8. Передача квантовой информации

Глава 9. Контроль и защита квантовой информации

Литература

Основная проблема при изложении материала – остаться в пределах раздела «Квантовая механика» дисциплины «Физика» излагаемой в техническом Вузе, полностью исключить решение уравнения Шредингера, но при этом дать студентам практические знания, умения и навыки квантового программирования на языке высокого уровня. Возможно ли это. Со всей определенностью могу ответить – «Да это возможно». С инженерной точки зрения эмуляция квантовых вычислений возможна с использованием аппарата линейной алгебры. Понятие же волновой функции и уравнение Шредингера излагается в курсе «Физика» и его просто можно напомнить.

Квантовая информатика. Лабораторные работы.

Как и принято, в классическом курсе «Информатика», лабораторные работы посвящены изучению базовых алгоритмов и процессов переработки информации с использованием языков программирования и готовых пакетов прикладных программ.

В качестве инструмента отладки квантовых алгоритмов необходимо создать учебный эмулятор квантового компьютера удовлетворяющего следующим требованиям:

- Простое и компактное ядро, эффективно использующее ресурсы ЭВМ, допускающее возможность лёгкого и быстрого расширения
- Реализация низкоуровневого языка для управления квантовыми вычислениями
- Наличие удобных средств разработки и отладки
- Возможность использования существующих библиотек квантовых вычислений
- Возможность интеграции с уже существующими языками и средами программирования без внесения изменений в ядро эмулятора
- Использование в качестве базовых языков Си, Паскаль, Модула 2, Оберон
- Применение в качестве технической базы IBM совместимых компьютеров в стандартной для Вузов конфигурации.

Макет такого инструмента был создан аспирантом МГУ Алексеем Восковым [9]. Практическое использование эмулятора подтвердило, что для программирования квантовых алгоритмов достаточно знаний линейной алгебры. Неоценимым для понимания природы квантовых вычислений оказалось свойство эмулятора напрямую «видеть» вектор состояния, что невозможно на реальных квантовых компьютерах.

Ниже приводится перечень возможных лабораторных работ.

1. Интегрированная среда разработки

2. Базовые функции библиотеки эмулятора квантового компьютера:

- квантовые вентили,
- измерение (чтение- запись информации)
- запутанное состояние
- сумматор

3. Квантовое Фурье-преобразование

4. Алгоритм Шора

5. Квантовая телепортация

6. Квантовая криптография

7. Квантовая коррекция ошибок

Что дальше?

Ниже я приведу оглавление классического энциклопедического учебника «Квантовые вычисления и квантовая информация» [5], который, безусловно, может служить основой для подготовки серии учебных пособий для магистров по дисциплинам специализаций.

1. Введение и общий обзор
 2. Введение в квантовую механику
 3. Введение в информатику
 4. Квантовые схемы
 5. Квантовые преобразования Фурье
 6. Квантовые алгоритмы поиска
 7. Квантовые компьютеры: физическая реализация
 8. Квантовый шум и квантовые преобразования
 9. Меры различия квантовой информации
 10. Исправление квантовых ошибок
 11. Энтропия и информация
 12. Квантовая теория информации
- Приложение 1. Некоторые сведения из теории вероятностей
Приложение 2. Теория групп
Приложение 3. Теорема Соловья-Китаева
Приложение 4. Теория чисел
Приложение 5. Криптография с открытым ключом и система RSA
Приложение 6. Доказательство теоремы Леба.

Вместо заключения

У искушенного читателя, дошедшего до этих строк, а такие, думаю, найдутся, может возникнуть ряд законных вопросов. Причем здесь квантовые компьютеры, о которых заявлено в названии? Где описание основных идей, принципов работы, возможностей квантового компьютера? И вообще о чем идет речь?

Во-первых, название «Квантовая информатика» оказалось занятым. Во-вторых, название «Квантовые компьютеры» более точно отражает содержание вводного курса по специальности «Вычислительная техника», который сейчас преподается в курсе «Информатика». Конечно, правильнее было бы назвать доклад «Квантовая вычислительная техника».

Об основных идеях и проблемах квантовых компьютеров мы расскажем на школе-семинаре. Нам казалось более важно посмотреть на проблему в целом, найти, проработать и привести список литературы, где эти идеи изложены доступно.

И теперь о самом главном. О чем шла речь? Речь шла о том, что уже *сегодня и сейчас*, мы *должны и можем* начать широкую подготовку инженерных кадров по инновационным направлениям, в частности по квантовой вычислительной технике, и мы выносим на обсуждение студентов и аспирантов школы-семинара свой взгляд на эту проблему. Именно они будут первыми пользователями квантовых компьютеров. Ведь макеты 1-го поколения уже созданы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт автора статьи. НИР. Нанотехнологии. <http://voskov.narod.ru/310nir.html>
2. Сайт кафедры «Квантовая информатика» факультета ВМиК МГУ. <http://qi.cs.msu.su/ru/>

3. Программа зачета. Семинар «Квантовая информатика» ВМиК МГУ. <http://qi.cs.msu.su/ru/seminar/>
4. К.А.Валиев, А.А.Кокин «Квантовые компьютеры: надежды и реальность». Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001, 352 с.
5. М..Нильсен., И.Чанг «Квантовые вычисления и квантовая информация»: Пер. с англ. - М.: Мир, 2006 г. - 824 с., ил.
6. А.Китаев, А.Шень, М. Вялый «Классические и квантовые вычисления». – М.: МЦНМО, ЧеРо, 1999. – 192 с.
7. Л.Д. Ландау, Лифшиц Е.М. «Квантовая механика» Нерелятивистская теория. Том III. – М.: Наука, 1974 г., 752 с.
8. А.О.Акулов, Н.В.Медведев. «Информатика: базовый курс. – 4-е изд., стер. – Москва: Омега-Л, 2007.-560с.
9. А.Л.Восков. «Эмулятор квантового компьютера для учебного процесса». «Новые информационные технологии». Тезисы докладов XVI международной студенческой школы-семинара – М. МИЭМ, 2008г.
- 10 Л.С.Восков Л.С. «Искусственные когнитивные системы и количественные оценки» //Философия и будущее цивилизации: Тезисы докладов и выступлений IV Российского философского конгресса (Москва, 24-28 мая 2005 г.) в 5 т. Т.1. – М.: Современные тетради, 2005. – 768 с. –с.708-709.
11. Л.С. Восков, А.К.Зыков. Смысл количественных оценок искусственных когнитивных систем//Информационные, сетевые и телекоммуникационные технологии: сборник научных трудов, под ред.проф. д.т.н. Жданова В.С./МГИЭМ;М.,2005–370с.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.Л. Латышев

Д.п.н., профессор Московского авиационного института (государственного технического университета), руководитель Центра образовательной кинесиологии, член Международного общества инженерной педагогики, Россия

Современный учебный процесс широко использует информационные и коммуникационные технологии. Учебная деятельность студентов очень тесно связана с применением компьютеров и информационными ресурсами. При этом все большее значение приобретает самостоятельная работа студентов, которые имеют возможность получать материал из различных источников: книги, журналы, Internet, конспекты и т.п.

Самостоятельная работа направлена на лучшее усвоение учебного материала, получаемого на лекциях и семинарах, расширение теоретических знаний и укрепление практических умений и навыков.

Одним из главных направлений самостоятельной работы студента является подбор и организация литературного материала.

Приходится работать, как говорят, встав на плечи своих предшественников. Необходимо вникнуть во всю литературу изучаемого вопроса, не формально цитируя и конспектируя изучаемых авторов, а критически преломляя и излагая их точку зрения, комментируя собственными замечаниями и обобщениями. Самое главное в чтении и реферировании - это не только изучение фактического материала, но и стимулирование самостоятельных мыслей и собственных идей.

Техника чтения и реферирования

Безусловно, каждый человек всегда привносит в нее свои индивидуальные навыки и опыт. Остановимся на наиболее целесообразной и логической последовательности этапов чтения и реферирования. Получив в свое распоряжение книгу, номер журнала или сайт интернета, необходимо сразу же составить полную библиографическую карточку. Затем следует беглый просмотр материала. После этого книгу или статью читают целиком или не всю, в зависимости от содержания. Далее следует выбрать и углубленно изучить наиболее важные и нужные места. Не надо полагаться на память! Все, что не зафиксировано на бумаге или на каком-либо другом носителе, может быть