

Магнитная проницаемость в зависимости от своего значения, разделяет вещества на диамагнетики ($\mu < 1$) и парамагнетики ($\mu > 1$).

Относительная магнитная проницаемость связана с магнитной восприимчивостью χ :

$$\mu_r = 1 + \chi. \quad (13)$$

Магнитная восприимчивость характеризует связь между магнитным моментом вещества J и магнитным полем в этом веществе:

$$\chi = \frac{J}{H}. \quad (14)$$

И магнитная проницаемость, и магнитная восприимчивость зависят от других свойств вещества, а также действующего магнитного поля и температуры.

Заключение. В статье были рассмотрены основные электромагнитные характеристики сред и их взаимосвязь между собой. Данные были компактно сгруппированы, а все величины – подписаны и пояснены. Данный материал может быть полезен при изучении курса «Электродинамика» как справочное пособие. Георазведка занимается поиском углеводородных залежей в слоистых средах, обладающих приведенными в статье электромагнитными характеристиками, которые играют важную роль в расчетах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров, Н.Н. Основы электродинамики : учеб. пособие для вузов / Н.Н. Федоров. – М. : Высш. шк., 1980. – 399 с.
2. Марков, Г.Т. Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. пособие для вузов / Г.Т. Марков, Б.М. Петров, Г.П. Грудинская. – М. : Сов. радио., 1979. – 376 с.
3. Никольский, В.В. Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. пособие для радиотехн. вузов и факультетов / В.В. Никольский, Т.И. Никольская. – М. : Наука., 1989. – 544 с.
4. Красюк, Н.П. Электродинамика и распространение радиоволн: учеб. пособие для радиотехн. вузов и факультетов / Н.П. Красюк, Н.Д. Дымович. – М. : Высш. школа., 1974. – 576 с.

УДК 53.043

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ КВАНТОВОЙ ЗАПУТАННОСТИ

Д.И. ШИШКОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Рассмотрены способы применения явления квантовой запутанности, существующие и изучаемые на сегодняшний день. Предложена концепция и найдено новое применение данному явлению.

Введение. Квантовая запутанность — квантовомеханическое явление, при котором квантовые состояния двух или большего числа объектов оказываются взаимозависимыми. Такая взаимозависимость сохраняется, даже если эти объекты разнесены в пространстве за пределы любых известных взаимодействий, что находится в логическом противоречии с принципом локальности. Например, можно получить пару фотонов, находящихся в запутанном состоянии, и тогда если при измерении спина первой частицы спиральность оказывается положительной, то спиральность второй всегда оказывается отрицательной, и наоборот.

Применение. «Сверхсветовой коммуникатор» Херберта. В 1982 году американский физик Ник Херберт предложил журналу «Foundations of Physics» статью с идеей своего «сверхсветового коммуникатора на основе нового типа квантовых измерений» FLASH (First Laser-Amplified Superluminal Hookup). По позднему рассказу Ашера Переса, бывшего в тот момент одним из рецензентов журнала, ошибочность идеи была очевидной, но, к своему удивлению, он не нашел конкретной физической теоремы, на которую мог бы кратко сослаться. Поэтому он настоял на публикации статьи, так как это «пробудит заметный интерес, а нахождение ошибки приведет к заметному прогрессу в нашем понимании физики». Статья была напечатана, и в результате развернувшейся дискуссии Вуттерсом, Зуреком и Диксом была сформулирована и доказана теорема о запрете клонирования. Так излагается история у Переса в его статье, опубликованной 20 лет спустя после описываемых событий.

Теорема о запрете клонирования утверждает невозможность создания идеальной копии произвольного неизвестного квантового состояния. Весьма упрощая ситуацию, можно привести пример с кло-

нированием живых существ. Можно создать идеальную генетическую копию овцы, но нельзя «клонировать» жизнь и судьбу прототипа.

Квантовая коммуникация. Теория квантовой механики запрещает передачу информации со сверхсветовой скоростью. Это объясняется принципиально вероятностным характером измерений и теоремой о запрете клонирования. Представим разнесенных в пространстве наблюдателей А и Б, у которых имеется по экземпляру квантово-запутанных ящиков с котами Шредингера, находящимися в суперпозиции «жив-мертв». Если в момент t_1 наблюдатель А открывает ящик, то его кот равновероятно оказывается либо живым, либо мертвым. Если живым, то в момент t_2 наблюдатель Б открывает свой ящик и находит там мертвого кота. Проблема в том, что до исходного измерения нет возможности предсказать, у кого именно что окажется, а после один кот жив, другой мертв, и назад ситуацию не повернуть.

Обход классических ограничений был найден в 2006 году А. Коротковым и Э. Джорданом из Калифорнийского университета за счет слабых квантовых измерений (англ. weak quantum measurement). Продолжая аналогию, оказалось, что можно не распахивать ящик, а лишь чуть-чуть приподнять его крышку и подсмотреть в щелку. Если состояние кота неудовлетворительно, то крышку можно сразу хлопнуть и попробовать еще раз. В 2008 году другая группа исследователей из Калифорнийского университета объявила об успешной экспериментальной проверке данной теории. «Реинкарнация» кота Шредингера стала возможной. Наблюдатель А теперь может приоткрывать и закрывать крышку ящика, пока не убедится, что у наблюдателя Б кот окажется в нужном состоянии.

Квантовые вычисления. Идея квантовых вычислений была впервые предложена Ю. И. Маниным в 1980 году. На сентябрь 2011 года полномасштабный квантовый компьютер является пока гипотетическим устройством, построение которого связано со многими вопросами квантовой теории и с решением проблемы декогеренции. Ограниченные (в несколько кубитов) квантовые «миникомпьютеры» уже создаются в лабораториях. Первое удачное применение с полезным результатом продемонстрировано международным коллективом ученых в 2009 году. По квантовому алгоритму была определена энергия молекулы водорода. Впрочем, некоторыми исследователями высказывается мнение, что для квантовых компьютеров запутанность является, наоборот, нежелательным побочным фактором.

Квантовая криптография используется для пересылки зашифрованных сообщений по двум каналам связи, квантовому и традиционному. Первый протокол квантового распределения ключа BB84 был предложен Беннетом и Brassardом в 1984 году. С тех пор квантовая криптография являлась одним из бурно развивающихся прикладных направлений квантовой физики, и к 2011 году несколькими лабораториями и коммерческими фирмами были созданы работающие прототипы передатчиков и приемников.

Идея и привлекательность квантовой криптографии базируется не на «абсолютной» криптостойкости, а на гарантированном уведомлении, как только кто-либо попытается перехватить сообщение. Последнее же базируется на известных к началу разработок законах квантовой физики и в первую очередь на необратимости коллапса волновой функции. В связи с открытием и успешным тестированием обратимых слабых квантовых измерений основы надежности квантовой криптографии оказались под большим вопросом. Возможно, квантовая криптография войдет в историю как система, для которой прототип «абсолютно надежного» передатчика и прототип перехватчика сообщений были созданы почти одновременно и до начала практического использования самой системы.

Вывод. Внимательно изучив области применения квантовой запутанности, предлагаем новое применение.

Для начала нужно сделать несколько допущений:

1. Мы умеем запутывать сколь угодно много частиц любого вещества.
2. Мы можем свободно манипулировать квантовозапутанными атомами и молекулами выстраивая из них домены вещества, создавая из них полупроводниковые структуры.

В итоге мы можем получить устройство для устранения аддитивных помех по фотонному каналу, то есть помех обусловленных квантовым состоянием частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баргатин, И.В. Запутанные квантовые состояния атомных систем / И.В. Баргатин, Б.А. Гришанин, В.Н. Задков // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171, № 6.
2. Валиев, К.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность / К.А. Валиев, А.А. Кокин. – М. : R&C, 2001.
3. Килин, С.Я. Квантовая информация / С.Я. Килин // Успехи физ. наук. – 1999. – Т. 169, № 5.
4. Квантовая криптография. Идеи и практика / под ред. С.Я. Килина, Д.Б. Хорошко, А.П. Низовцева. – Минск : Белорус. наука, 2007.
5. Нильсен, М. Квантовые вычисления и квантовая информация = Quantum Computation and Quantum Information / М. Нильсен, И. Чанг. – М. : Мир, 2006.