

Также для расчётов применяются различные аналитические и табличные методы решения задач внешней баллистики, но следует отметить с некоторыми допущениями:

1. ПАРАБОЛИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

В данном случае представлены аналитические методы решения систем уравнений, в которых члены, учитывающие сопротивления среды опущены.

2. ЭЛЛИПТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

Траектория, по которой движется тело, обладающее некоторой начальной скоростью, представляет собой расположенную часть эллипса, один из фокусов которого совпадает с гравитационным центром Земли.

Форма участков баллистической траектории, проходящих в плотных слоях атмосферы, зависит от многих факторов: начальной скорости снаряда, его формы и массы, текущего состояния атмосферы на траектории (температура, давление, плотность), направления вращения земли и от характера движения снаряда вокруг его центра масс.

## СПИНТРОНИКА – ЭЛЕКТРОНИКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Семёнов И. Ю.*

*Синяков Г. Н. – д-р. физ.-мат. наук, профессор*

В докладе представлен обзор развития спиновой электроники и её применений.

Достаточно молодая область современной физики — спиновая электроника, или спинтроника, — притягивает всё больше исследователей многообещающими практическими применениями [1,2]. Если в традиционной электронике используется обычный электрический ток (перемещаются заряды), то электроника нового поколения основана на ином физическом принципе — в ней перемещаются спины электронов.

Спин электрона (собственный момент количества движения) — это внутренняя характеристика электрона, имеющая квантовую природу и не зависящая от движения электрона. Спин электрона может находиться в одном из двух состояний — либо «спин-вверх» (направление спина совпадает с направлением намагниченности магнитного материала), либо «спин-вниз» (спин и намагниченность разнонаправлены). Обычно электроны в веществе в среднем неполяризованы — электронов со спином вверх и со спином вниз примерно поровну.

В спинтронике используется ток, создаваемый электронами с однонаправленными спинами (спиновый ток). Для получения достаточно сильного тока необходимо поляризовать спины, упорядочив их в одном направлении. Важно, чтобы еще и время жизни спина (время, в течение которого направление спина не меняется) было достаточно большим для передачи его на нужные расстояния.

Если традиционные электронные устройства, основанные на электрических свойствах вещества, управляются преимущественно приложенным напряжением, то для воздействия на спиновые свойства, необходимо использовать внешнее магнитное поле.

Повышенный интерес к спинтронике обусловлен следующими обстоятельствами.

Во-первых, спиновые приборы будут многофункциональны — они позволят совмещать на одном чипе функции накопителя для хранения информации, детектора для ее считывания, логического анализатора для ее обработки и коммутатора для последующей ее передачи к другим элементам чипа.

Во-вторых, такие устройства будут обладать высокой скоростью реагирования на управляющий сигнал и потреблять значительно меньше энергии, чем устройства традиционной электроники. Это объясняется тем, что переворот спина, в отличие от перемещения заряда, практически не требует затрат энергии, а в промежутках между операциями спинтронное устройство отключается от источника питания. При изменении направления спина кинетическая энергия электрона не меняется, и значит, тепла почти не выделяется. Скорость же изменения положения спина очень высока: эксперименты показали, что переворот спина осуществляется за несколько пикосекунд.

Эти преимущества позволяют спинтронным устройствам стать основой для ЭВМ нового поколения — квантовых компьютеров. Но чтобы это стало возможно, необходимо создать ключевые элементы «спиновых микросхем» — спиновые транзисторы, то есть устройства, в которых можно усиливать, ослаблять или выключать спиновый ток. А на базе спинового транзистора уже будут создаваться новые компьютерные процессоры, сенсоры, перепрограммируемые логические устройства и энергонезависимая быстродействующая память высокой плотности.

Человечество уже использует плоды спинтроники в виде компьютерных жестких дисков и прецизионных сенсоров магнитного поля, в которых использован эффект гигантского магнетосопротивления.

Эффект гигантского магнетосопротивления — это квантовомеханический эффект, который наблюдается в тонких металлических плёнках, состоящих из чередующихся ферромагнитных и проводящих немагнитных слоёв [3]. Было обнаружено, что сопротивление многослойной структуры Fe/Cr, в смежных магнитных слоях которой в отсутствие поля векторы намагниченности выстроены антипараллельно, уменьшается более чем на 50% под воздействием внешнего магнитного поля. Так как уменьшение сопротивления было столь велико, ученые назвали этот эффект гигантским магнетосопротивлением (ГМС)

(такое аномальное поведение сопротивления обусловлено различиями в поведении электронов "спин-вверх" и "спин-вниз" в указанных наноструктурах).

За открытие гигантского магнетосопротивления физики Альбер Ферр и Петер Грюнберг были удостоены Нобелевской премии по физике в 2007 году.

Подчеркнём, что открытие этого эффекта позволило создать высокоточные сенсоры магнитного поля, датчики углового вращения и, самое главное, считывающие головки жестких дисков. Первые считывающие ГМС-головки были выпущены в 1997 году компанией IBM и в настоящее время используются практически во всех жестких дисках.

Спинтроника уже имеет массу практических применений. Так, компания Motorola начала массовое производство спинтронных модулей памяти MRAM (Magnetoresistance Random Access Memory - магниторезистивная память с произвольной выборкой). Главное отличие таких модулей - записанная информация не пропадает при отключении питания, так как электроны способны сохранять положение спина сколь угодно долго. MRAM уже нашла применение в сотовых телефонах, мобильных компьютерах, идентификационных картах. Кроме того, новую память используют военные для управления боевыми ракетами и для контроля за космическими станциями. Высокоточные угловые, позиционные и скоростные спиновые сенсоры широко используются в автомобильных агрегатах и механизмах - например, в антиблокировочной тормозной системе, известной водителям как ABS (Antilock Braking System), благодаря которой автомобиль сохраняет прямолинейное направление движения при торможении на скользком дорожном покрытии. Современную компьютерную, теле- и видеотехнику невозможно представить без спинтронных устройств. Помимо жестких дисков, достижения спинтроники можно найти в персональных видеорекордерах (тюнерах для захвата видеосигнала с аналоговых устройств), аппаратуре телевидения высокой четкости (HDTV), DVD-приводах с интерференцией в ближнем поле (near field recording, NFR) при записи.

Специалисты выделяют три главных направления развития спинтроники в ближайшие годы: квантовый компьютер, спиновый полевой транзистор и спиновая память.

Для реализации квантового компьютера предполагается задействовать спины в полупроводниковых квантовых точках и ямах, которые называют спиновыми кубитами (квантовыми битами). Спиновый кубит может находиться в двух устойчивых состояниях, "спин-вверх" и "спин-вниз", соответствующих логическим "0" и "1" в классических компьютерах. Квантовый компьютер пока не создан, хотя его общая структура была предложена знаменитым физиком Ричардом Фейнманом (Richard Feynman) еще в 1986 году.

Спинтроника готовит платформу для внедрения в технологию оперативной памяти компьютеров и микроволновых источников мобильных телефонов.

Таким образом, современные научные исследования явления переноса спина, исследования в области полупроводниковой и молекулярной спинтроники открывают новые горизонты для многих практических применений.

Список использованных источников:

1. Ферр А. Происхождение, развитие и перспективы спинтроники. // УФН.— 2008.— Т.178.— №12.— С.1336—1348.
2. Maekawa S. (Ed) Concepts in Spin Electronics, 2006
3. Никитин С. А. Гигантское магнетосопротивление // Соросовский обзорный журнал.— 2004.— Т.8.— №2.— С. 92—98.

## КРИТИКА ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Тельпук С. В., Курашкевич В. В.*

*Тараканов А. Н. – канд. физ.-мат. наук, доцент*

Рассматриваются некоторые аспекты критики специальной и общей теории относительности с 1905 г. по настоящее время.

С момента создания теории относительности (ТО), специальной (СТО) в 1905 г. и общей (ОТО) в 1915 г., до настоящего времени критическая часть литературы по ТО занимает значительный объем, который продолжает расти. Хотя ТО является основой почти всех современных физических теорий, её основные положения и выводы продолжают оставаться достаточно тёмными и сомнительными. Конечно, любая новая теория вызывает поток критических возражений, поскольку выводит физическую мысль на новый уровень. Этот поток постепенно уменьшается по мере того, как теория принимается физическим сообществом. Однако ТО занимает особое место, поскольку она разделила учёных на два лагеря – подавляющее число сторонников, *релятивистов*, значительная часть которых принимает ТО как истинное учение, и значительно меньшее число противников, *антирелятивистов*, пытавшихся понять, но так и не принявших эту теорию.

Следует отметить, что математический аппарат ТО представляет вполне завершённое целое. Иначе она не смогла бы просуществовать до наших дней. Поэтому критика этой теории с точки зрения её логики и математики сама не выдерживает никакой критики, так как ТО может быть построена, не основываясь на каких-либо физических предположениях. Л.Бриллюэн назвал СТО чисто спекулятивным построением, а ОТО