
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И НАУЧНОЕ ПОЗНАНИЕ

Д.В. Гальцов

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

Обсуждена роль информационных технологий в становлении и развитии принятых научным сообществом представлений об основаниях научного знания.

Ключевые слова: информация, ИТ-технологии, наука, образование, технологии «блокчейн».

Что такое физический мир – реальность или плод коллективного воображения? И что такое физическая теория: комбинация математических построений, существующих в головах физиков, которые и сгоревшую лампочку поменять не умеют, или нечто почти божественное – «слово», которое управляет миром? Эти вопросы философы и физики задают друг другу не одно тысячелетие, и каждое новое поколение находит в этой полемике новые нюансы, созвучные времени.

Развитие физики, биологии и создание компьютеров, возможно, приближает нас, хотя пока лишь на микроскопически малый шаг, к пониманию того, каким образом человеческий мозг, состоящий из электронов, протонов и нейтронов, образующих очень сложную, но в конечном счете некоторую физическую систему, способен ставить и разрешать вопросы об устройстве мира, в том числе и собственном устройстве. И где живет коллективное сознание, которое называется наукой, приходящее к консенсусу по поводу истинности той или иной теории путем обмена информацией, создавая такие скоррелированные конфигурации множества подобных систем, которые являются реализациями этой информации в виде мыслей? Если мысли, вероятно, не существуют вне мозга, то информация неплохо живет и в компьютерах, и благодаря взаимодействию мозга с компьютером сам процесс познания становится более эффективным. Этому и посвящена настоящая статья.

ИТ, наука и образование

Нынешний, XXI век, которому прочили быть веком биофизики, кажется, склоняется к тому, чтобы стать веком информационных технологий (ИТ). Это происходит буквально на наших глазах. ИТ изменяют не только все стороны практической жизни, но и активно вторгаются в сферу науки и образования, причем не только как новый арсенал технических средств, но и мощный психологический фактор. Если еще лет двадцать назад в обществе в целом и среди молодежи в частности наблюдалось удручающее падение интереса к физике, да и к науке вообще (и не только у нас), то теперь, когда Википедия стала доступной на экране смартфона, когда каждый студент может

проверить лектора не сходя со своего места в аудитории, а чтобы раздобыть научную статью (на что раньше иногда уходили недели и месяцы) достаточно знать фамилию автора, даже с грамматическими ошибками, получение научных знаний и попытка найти свое место в бурном море науки становятся привлекательной игрой. А компьютерные программы, которые знают математику в объеме многих тысяч томов и позволяют за микросекунды проверять результаты ваших вычислений, производить немислимые аналитические манипуляции с формулами и подсказывают решения проблем, которые вам и в голову не приходили! Наукой стало заниматься не только легче, но и увлекательнее. Никакие компьютерные игры не сравнятся с ощущением чуда, которое вам дает «Математика» Вольфрама. Нечего говорить и о публикации результатов: если раньше приходилось годами дожидаться выхода из печати рукописи, в которой красным карандашом размечались греческие буквы, а синим – готические, то теперь все свелось к набору статьи в Латехе, что умеют студенты уже на первом курсе, и нажатия кнопки о согласии передать свои авторские права архиву препринтов – и вот ваша статья доступна миллионам читателей.

А дальше игра становится еще более интересной. Довольно быстро вы можете проверить, перевернула ли ваша статья мир или просто заполнила некоторое виртуальное пространство в мировой паутине, не поймав ни одной мухи. Чем все это отличается от погони за «лайками» и скачиваниями в соцсетях? Только тем, что аудитория, «лайкающая» научные публикации, тем уже, чем выше уровень этих публикаций. Но все же тысячи статей, появляющихся каждый год в разных областях знаний, достаточно для проявления статистических закономерностей. Выявление этих закономерностей само стало предметом ИТ-наукометрии, и теперь, посмотрев данные о цитировании работ в том или ином научном направлении, вы можете судить, куда идет наука. Вы можете объехать весь мир, пропагандируя ваши замечательные результаты, но никто не захочет развивать их дальше. И вы можете, не выходя из своей каморки, где вы в одиночестве пьете кофе, отправить в архив работу, которую начнут лайкать сотни и тысячи совершенно неизвестных вам людей. Это может и не быть новой теорией, переворачивающей наши знания, но это уже кирпичик будущей теории. И не нужно никого ни в чем убеждать – все уже знают.

Технологии «блокчейн» и «арХив»

Компьютерная технология «блокчейн» привела к буму криптовалют, которые сейчас являются предметом споров: опасно или полезно, запрещать или поощрять. Блокчейн – это огромная база данных общего пользования, функционирующая без централизованного руководства. Распределенный характер базы данных на основе блокчейна позволяет контролировать достоверность финансовых транзакций без надзора каких-либо регуляторов. Оптимисты считают, что технологии блокчейн вскоре существенно изменят

финансовый рынок, а их широкое внедрение в социальной сфере может вообще повлиять на мировой порядок.

Но обратимся к точным наукам. Здесь создание широкой и свободно доступной базы данных началось уже более двадцати пяти лет назад усилиями Поля Гинспарда, работавшего тогда в Лос-Аламосе, в виде архива препринтов по различным разделам физики, математики и биологии, который впоследствии получил имя «ArXiv», с капитализацией буквы X в память о первоначальном адресе этой базы данных xxx.lanl.gov (пикантные подробности отказа от этого адреса можно найти на страничке <https://ru.wikipedia.org/wiki/ArXiv.org>). Сейчас основные разделы этой базы (а их около двух десятков) ежемесячно пополняются в среднем на 300–600 наименований. Работы не реферируются, хотя незначительные элементы модерации и были введены, чтобы исключить отдельные одиозные загрузки. Но, как правило, авторы относятся к подготовке препринтов еще более ответственно, чем к отправке статей в журналы, зная, что препринт будет доступен всем и сразу. И уж конечно, нет лучшего способа закрепить свой приоритет. Большинство препринтов затем направляются в реферируемые журналы, но некоторые статьи, в том числе и весьма важные, так и остаются препринтами, нисколько не утрачивая своего авторитета. Известный пример – работа Григория Перельмана, в которой предлагалось доказательство гипотезы Пуанкаре о классификации трехмерных многообразий, загруженная автором в архив в 2002 г. Свободная библиотека препринтов несомненно сыграла и продолжает играть важную роль в стимулировании научных исследований во всем мире.

Для физики высоких энергий, теоретической физики и астрофизики очень важной является также база данных <http://inspirehep.net/>, которая предоставляет удобную возможность поиска статей по имени автора, наукометрических сведений на отдельные работы и в целом на авторов, полезные заготовки для цитирования в новых публикациях и другое. Здесь вы сможете узнать, например, что на работы одного из наиболее известных физиков-теоретиков нашего времени, Эдварда Виттена, имеется поистине астрономическое число ссылок – около 140 тысяч.

От «просвещенной догадки» до теории

Слово «conjecture» Гугль переводит как «догадка», однако обратный перевод слова «догадка» звучит у него как «guess». «Conjecture» это, конечно, «educated guess», и зачастую первая ступень в цепочке «гипотеза – модель – теория – закон». Но не всегда цепочка быстро заполняется до конца. Некоторые просвещенные догадки столетиями так и оставались догадками, например, Великая теорема Ферма в теории чисел, утверждающая, что никакие три положительных целых числа a , b , c не могут удовлетворять уравнению $a^n + b^n = c^n$ для любого целого n , большего двух. Утверждение было сформулировано в 1637 году, а доказано лишь 358 лет спустя Эндрю Уайлсом.

Доказательство заняло 130 страниц в журнале. До этого Великая теорема Ферма числилась как одно из наиболее важных недоказанных математических утверждений в книге рекордов Гиннеса.

«Conjecture» также можно перевести как правдоподобное, но не доказанное строго утверждение. Таких утверждений много и в теоретической физике, например “Cosmic censorship conjecture”, Chronology protection conjecture”, на этих последних основана общепринятая в настоящее время теория черных дыр, получившая недавно новые подтверждения в результате обнаружения гравитационных волн LIGO. Доказывает ли это упомянутые conjectures? Конечно, не доказывает, и тем интереснее становятся новые наблюдения за центром Галактики, ставшие возможными также благодаря ИТ-технологиям (см. ниже), в которых в принципе можно наблюдать отклонения от стандартной теории черных дыр.

Но, вероятно, самой популярной «просвещенной догадкой» в физике XXI века стала гипотеза Малдасины «AdS/CFT соответствия», сформулированная в 1997 году и собравшая на момент написания этих слов 13 160 цитирований, это абсолютный рекорд. Такая популярность отчасти стала результатом ИТ-технологий в распространении научной информации. Число цитирований одной этой работы почти в три раза превышает общее число ссылок на все работы Дирака, зарегистрированные в сети. Гипотеза утверждает, что калибровочные теории в D -измерениях в некотором пределе соответствуют теориям гравитационного типа в $D+1$ -измерениях. Из нее, например, следует, что высокотемпературная сверхпроводимость может рассчитываться с помощью теории черных дыр. Это кажется бессмыслицей, но подтверждается экспериментами.

Телескоп с апертурой в Землю

Благодаря ИТ удалось «построить» радиотелескоп размером в Землю, а в перспективе будет создан прибор размером в Солнечную систему. Для этого в единую синхронизированную сеть были объединены несколько радиотелескопов, расположенных в разных точках Земли. Разрешение такого телескопа достаточно, чтобы различить расстояния порядка гравитационного радиуса черной дыры в центре Галактики (под таким углом видна пятикопеечная монета на поверхности Луны). С помощью этой системы можно будет различить движения отдельных тел в окрестности предполагаемой черной дыры. Есть надежда, что среди этих тел может оказаться пульсар, что даст возможность получения очень точных данных о гравитационном поле. Эти работы ведутся большой международной коллаборацией в рамках проекта Event Horizon Telescope. Информация сейчас накапливается, и вскоре из этих наблюдений уже можно будет сделать вывод – действительно ли центральный объект в нашей Галактике является сверхмассивной черной дырой, описываемой знаменитым решением Керра.

Синхронизированные сети действуют сейчас в разных секторах астрофизических наблюдений. Так, лазерные детекторы объединены в общемиро-

вую сеть, к которой будут присоединены и новые установки. Это позволит более точно определять направление, откуда пришел гравитационно-волновой сигнал. Объединение в единую сеть оптических инструментов с помощью ИТ также позволило создать принципиально новые средства астрофизических наблюдений в оптическом диапазоне. Также объединены в единую сеть и нейтринные лаборатории.

Научные консорциумы и краудсорсинг

В ходе экспериментов ATLAS и ALICE, проводимых на Большом Адронном Коллайдере (БАК), уже при первом запуске было получено более 30 ПБайт данных, что существенно превышает объемы данных, получаемых в любых других областях науки, даже таких, как геномика и анализ климата. Чтобы решить беспрецедентную проблему обработки такого большого объема данных, была развернута общемировая вычислительная среда. В ней, в частности, принимает участие Курчатовский институт.

Создание сверхчувствительных установок LIGO, VIRGO и др. для приема гравитационных волн стало не только фактором начала гравитационно-волновой астрономии, но также стимулировало создание новой мировой сети обработки полученной информации. В международной коллаборации LIGO, основанной в 1997-м, насчитывается более тысячи сотрудников из более чем 100 институтов, находящихся в 18 странах мира. Но и этого оказалось недостаточно, и в октябре 2016 года была запущена программа широкого привлечения волонтеров для обнаружения «глюков» в данных LIGO в рамках краудсорсинга, получившего название GravitySpy. Желающие могут на добровольных началах присоединиться к программе и получить доступ к данным для участия в идентификации шумов. Термин краудсорсинг, появившийся в 2006 году по аналогии с аутсорсингом в бизнесе, означает привлечение волонтеров через компьютерные сети к обработке больших объемов информации, созданию баз данных и т.д. Известным примером краудсорсинга является, конечно, Википедия.

ИТ, консенсус и научная истина

Блокчейн обещает стать технологией, которая может сделать консенсус реальным средством продвижения в экономике и в социальной жизни. Но в науке консенсус сообщества ученых, а затем более и широкой публики, уже давно стал основным путем принятия или неприятия новых идей. Консенсус по поводу той или иной теории иногда складывался долго и болезненно (вспомним Бруно и Галилея), но, как говорится, истина рано или поздно пробивала себе дорогу. Так что же она есть – истина? То, что пробил себе дорогу? И сколько времени нужно ждать? Сотни ученых убеждены, что теория струн если и не есть окончательная теория (что действительно вряд ли), то теория, содержащая элементы истины. Другие считают ее заблуждением, если не сговором высоколобых теоретиков. Если провести го-

лосование, то противников у нее, наверное, окажется гораздо больше статистической погрешности. Но ИТ и здесь могут помочь. Посмотрите не только на число сторонников и противников, но и на их наукометрические параметры – попросту на количество лайков на их высказывания. Конечно, есть научная мода, следование авторитетам, групповые интересы и т.п. Но все же энтропия берет свое – релаксация шума по поводу той или иной яркой идеи проходит, но если идея действительно содержит элементы «истины», то тенденция остается долгоживущей. И напротив, если идея далека от истины – о ней быстро забывают. При этом закон Булгакова «рукописи не горят» в компьютерную эру стал действительно всеобъемлющим. Ваша идея не была признана сейчас – посмотрим лет через двадцать, таких примеров в физике множество. Так что голосование, тем более на больших интервалах времени, поддержанное ИТ-технологиями, остается важным элементом научного процесса.

ИТ и бюрократия

ИТ-революция привела и к небывалому расцвету околонучной бюрократии, которую многие считают большим тормозом для науки. Если раньше количество документов, сопровождающих научную деятельность на любом уровне – от индивидуальной, до работы целых институтов, ограничивалось дефицитом бумаги, то теперь компьютеры могут хранить практически неограниченный объем избыточной, дублирующей и ненужной информации, сбор которой одновременно требует создания все новых и новых бюрократических структур. Значительное время у научного работника сейчас отнимает составление отчетов и планов работ, которые никто не читает. По одной и той же научной работе приходится предоставлять несколько отчетов в дублирующие друг друга инстанции, регистрировать, получать номера, заполнять формы, отвечать на бесконечные запросы. А уж процесс приобретения аппаратуры, компьютеров и прочего превратился в полную бессмыслицу. Так, в МГУ оформление покупки простого ноутбука занимает до полугода времени и требует вовлечения в обмен документами десятка специально нанятых для этого сотрудников. Бюрократия вокруг науки поглощает все большие материальные ресурсы и не создает ничего, кроме вреда для нее. По этому вопросу давно сложился консенсус в научном сообществе. Но процесс размножения бюрократии сейчас происходит поистине в геометрической прогрессии. Вот вам и обратная сторона медали. Остается только надеяться, что блокчейн-технологии в руках научного сообщества когда-нибудь помогут решить и эту проблему.

INFORMATION TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC KNOWLEDGE

D.V. Galtsov

The article deals with the role played by information technologies in the formation and development of the ideas accepted by the scientific community on the foundations of scientific knowledge.

Key words: Information, IT technologies, science, education, technology, “blockchane”.