

Станислав Улам. Приключения математика

Это автобиография известного польского математика Станислава Улама. Он родился во Львове в начале XX века. Незадолго до второй мировой войны переехал в США. Позднее участвовал в создании водородной бомбы в рамках ядерного проекта Лос-Аламосской лаборатории, предложил вычислительный метод Монте-Карло. Книга содержит много интересных исторических подробностей из жизни Дж. фон Неймана, Э. Ферми и др.

Станислав Улам. Приключения математика. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. — 272 с.



Купить книгу в [Ozon](#) (на момент публикации заметки книга недоступна)

ЧАСТЬ I. КАК СТАТЬ МАТЕМАТИКОМ В ПОЛЬШЕ

Глава 1. Детство. 1909–1927

Мой отец, Джозеф Улам, был юристом. Он родился в 1877 году в Польше, в городе Львове, тогда еще столице провинции Галиция, входящей в Австро-Венгерскую империю. Впрочем, Львов сохранял этот статус и в 1909 году, когда на свет появился я. В начале 1914 года русские войска вошли в Галицию и заняли Львов. Наша семья обрела убежище в Вене. Там я выучил немецкий, однако мой родной язык, на котором мы говорили дома, — польский.

Не так давно ученые, например, [Джон фон Нейман](#), стали исследовать сходство между действием человеческого мозга и компьютера. Раньше местом нахождения мысли люди считали сердце; со временем все более очевидной становилась роль мозга в процессе мышления. А, может быть, в действительности процесс мышления вообще зависит от всех чувств.

Что происходит, когда человек неожиданно вспоминает забытое слово или имя? Или, когда он пытается вспомнить его? Что-то поворачивается в подсознании. Человек пробует разные пути: он перебирает один за другим звуки, буквы, длинные или короткие слова. Следовательно, слово хранится в памяти, состоящей из множества отсеков. Если бы оно хранилось целиком в одном месте, вспомнить его было бы просто нереально.

В 1918 году мы вернулись во Львов, который к тому времени вошел в состав новой Польской республики. В ноябре того же года город осадили украинские войска, встретив сопротивление лишь немногочисленного отряда солдат и вооруженного населения. Новая угроза нависла над городом во время польско-русской войны 1920 года. Кавалерия Буденного пересекла границу Польши и продвинулась в глубь страны примерно на пятьдесят миль. Однако победа, одержанная Пилсудским на Варшавском фронте, спасла южный фронт и положила войне конец.

Каким образом ребенок приобретает привычки и интересы, предопределяющие его будущность — вопрос малоизученный. Одно возможное объяснение — «плагиат», непостижимая способность ребенка к подражанию, копированию внешних впечатлений. Другое объяснение я усматриваю в его

врожденном любопытстве. Как иначе объяснить то, что мы сами по собственной инициативе стремимся обогатить свой опыт новыми ощущениями, вместо того чтобы просто реагировать на раздражители? Еще одним определяющим фактором может быть случайность начального успеха или неудачи в новом поиске.

После занятий мы с одноклассниками нередко оставались играть в карты, чаще всего в бридж и наиболее простой вид покера, делая маленькие ставки.

В 1927 году я сдал выпускные экзамены, и для меня наступил период неопределенности. Мысль о карьере в стенах университета была привлекательной, но достичь звания профессора было нелегко, особенно людям с еврейским происхождением.

Глава 2. Студенческие годы. 1927–1933

Курсы, которые я слушал, включали математический анализ, исчисление, классическую механику, начертательную геометрию и физику. Перерывы между занятиями я обычно проводил в кабинете одного из преподавателей математики. В то время я как никогда в своей жизни стремился заниматься только математикой и ничем другим. Я не был образцовым студентом, если понимать под таковым студента, способного заниматься предметами, которые его не интересуют.

Я люблю пробовать новые подходы и, будучи оптимистом по натуре, всегда надеюсь, что в итоге они окажутся успешными. Мне никогда не приходило в голову, что мое умственное усилие пропадет впустую или что нужно «экономить» свой умственный капитал. Я все еще не решил, какую профессию или род деятельности выбрать. Реальные шансы стать профессором математики в Польше были ничтожно малы — вакансий в университете было мало. Моя семья хотела, чтобы я обучился какой-нибудь профессии, на втором курсе я собирался перевестись на факультет электротехники. Возможность зарабатывать на жизнь, работая в этой области, казалась мне намного реальнее.

До окончания первого курса я успел написать две работы, которые мой преподаватель [Казимеж Куратовский](#) опубликовал в «Fundamenta». Жребий был брошен. Я сосредоточился на «непрактичных» возможностях карьеры ученого. В известном смысле большая часть процесса, который люди называют принятием решения, происходит в силу определенных причин. Однако я считаю, что само решение, к которому приходят в конечном итоге, — это своего рода голосование, которое происходит на уровне подсознания, где верх одерживает большинство доводов в его пользу.

Глава 3. Поездки за границу. 1934

На средства отца я несколько месяцев провел во Франции, Швейцарии, Германии и Англии.

Самое главное в творческой науке — не отступать. Если вы оптимист, то наверняка захотите сделать больше попыток, нежели этого захочет пессимист. Математиком можно стать, будучи очень молодым, даже подростком. Нет ничего необычного и в том, что математики добиваются своих лучших результатов в очень раннем возрасте. В двадцать пять лет я получил несколько результатов в теории меры, которые в скором времени стали широко известными. Спустя годы эти задачи теории меры приобрели значение в связи с работой Геделя (подробнее см. [Эрнст Нагель, Джеймс Рой Ньюмен. Теорема Гёделя](#)).

В 1934 году международная обстановка обострялась. Не могу утверждать, что тогда я видел в этом предзнаменования грядущих событий, однако смутно я чувствовал, что, если я хочу сам зарабатывать себе на жизнь, а не продолжать неизвестно сколько еще времени принимать помощь отца, мне следовало ехать за границу.

ЧАСТЬ II. КАК РАБОТАЮТ МАТЕМАТИКИ В АМЕРИКЕ

Глава 4. Время, проведенное в Принстоне. 1935–1936

Впервые я услышал о Джоне фон Неймане от своего школьного учителя Завирского. Я начал переписку с фон Нейманом к концу 1934 года. Он работал тогда в Соединенных Штатах, будучи очень молодым профессором Института перспективных исследований в Принстоне. Я написал ему о нескольких задачах из теории меры. Он слышал обо мне от Бохнера и в ответ пригласил меня приехать на несколько месяцев в Принстон. В декабре 1935 года я отплыл на английском корабле «Аквитания» из Гавра, чтобы совершить свое первое трансатлантическое путешествие.

Джонни жил на широкую ногу. Профессора из Института были самыми высокооплачиваемыми учеными во всех Соединенных Штатах — даже по сравнению с Гарвардом. Жалование их также не шло ни в какое сравнение с маленькими стипендиями, которые предлагались исследователям и приглашенным преподавателям Института. Меня представили самому Эйнштейну.

Институт и университет собрали настоящую плеяду знаменитостей, которая образовала, возможно, одно из самых огромных скоплений математических и физических умов, которое когда-либо бывало собрано. Очень быстро Принстон превращался в место сбора оказавшихся не у дел европейских ученых. Скорее подсознательно, чем осознанно, я лихорадочно искал способ остаться, причиной тому была опасная политическая ситуация в Европе и катастрофическая для математиков, особенно евреев, ситуация с работой.

Фон Неймана разочаровало то, что он не первым решил теорему Геделя о неполноте. Он был всесторонне образован и очень сведущ в истории, особенно Римской империи, его восхищала ее власть и организация. Если говорить о других ученых, то его до самой глубины восхищала Курт Гедель. Что касается самого Геделя, он очень высоко ценил Джонни и очень интересовался его мнением. Думаю, осознание важности своего собственного открытия не спасало Геделя от мучительных сомнений в том, что оно не может оказаться очередным парадоксом вроде парадоксов Бурали-Форте или Рассела. Но его открытие — это больше, гораздо больше. Это — революционное открытие, изменившее как философские, так и технические аспекты математики.

Я считаю, что определенная часть самой постоянной, самой ценной, самой интересной работы фон Неймана приходится на конец его жизни, в том числе его идеи, связанные с вычислительной техникой и автоматами.

Одна из счастливейших случайностей в моей жизни произошла в тот день, когда [Дж. Д. Биркгоф](#) зашел на чашку чая к фон Нейману. Мы разговаривали, и после обсуждения математических задач он обратился ко мне со словами: «В Гарварде есть организация под названием Ученое Общество. У них имеется вакансия. Один шанс к четырем, что вы, если проявите заинтересованность и подадите заявление, можете получить это назначение».

Через месяц, в апреле 1936 года, я получил приглашение выступить с докладом в Гарварде на математическом коллоквиуме. Должно быть, я произвел хорошее впечатление, поскольку, вернувшись в Принстон, я обнаружил письмо. Это было назначение на должность младшего члена Общества сроком на три года, начиная со следующей осени. Условия были чрезвычайно привлекательными: тысяча пятьсот долларов в год плюс бесплатное питание и жилье, а также оплата моих поездок. В те дни это выглядело царским предложением.

Глава 5. Годы, проведенные в Гарварде 1936–1939

Ученое общество, к тому моменту, как я стал его членом, существовало всего лишь несколько лет. Гаррет Биркгоф и психолог [Б.Ф. Скиннер](#) входили в число самых первых его членов. Большинство младших членов Общества, как нас называли, составляли, в основном, подающие большие надежды молодые ученые, которым было где-то между двадцатью и тридцатью и которые уже имели докторскую степень. Был там и [Пол Самюэльсон](#), экономист, служивший советником у президента Кеннеди.

Из гарвардских математиков, которых я знал, я бы упомянул о [Норберте Винере](#). Я думаю, что Винер как математик имел прекрасные способности — проницательность и техничность. Он обладал потрясающими общими познаниями, но, по-моему, в нем не было той искорки оригинальности, которая создает что-то «необычное», непохожее на то, что уже сделано другими. Винер и фон Нейман имели во многом пересекающиеся интересы и суждения о том, что имеет значение в чистой математике и ее приложениях, однако сравнивать их как личностей сложно. Норберт Винер был действительно эксцентричным человеком, фон Нейман, напротив, был действительно солидным.

В дополнение к элементарным курсам математики, которые я читал во время своего первого года в Обществе, меня попросили постепенно приступать и к более сложным курсам. Мне это было по нраву, ведь *лучший способ выучить предмет — это попытаться систематически обучать ему*. Тогда сам постигаешь ключевые моменты, суть дела.

В рождественскую пору 1937 года мы отъехали из Принстона в Университет Дьюка, где проходило заседание Американского математического общества. Это был мой первый приезд на юг, и я

поразила той непохожести, что существовала между Нью-Йорком, Новой Англией и южными штатами. Меня, я помню, охватило чувство «дежа вю» при виде более изысканных манер, более размеренного темпа жизни, элегантных поместий. Что-то казалось мне знакомым, и мне хотелось понять, что именно. Я вдруг спросил самого себя, быть может, местные пережитки рабовладельческих устоев напомнили мне о следах феодализма, до сих пор заметных в Польше.

ЧАСТЬ III. ЖИЗНЬ СРЕДИ ФИЗИКОВ

Глава 8. Лос-Аламос. 1943–1945

В своих письмах к фон Нейману поздней весной 1943 года я рассуждал о возможности найти работу, связанную с военными разработками. Я чувствовал, что могу принести стране больше пользы в этой войне. Мне пришло официальное приглашение присоединиться к проекту, связанному с важной работой, о содержании которой не упоминалось, и имеющему отношение к физике процессов, происходящих в звездах.

Работой в Лос-Аламосе начали заниматься вплотную лишь двумя или тремя месяцами раньше. Фон Нейман, похоже, был убежден в ее важности и излучал уверенность в конечном успехе этого предприятия, целью которого было создание атомной бомбы.

[Эдвард Теллер](#), в группе которого я должен был работать рассказал мне об одной задаче в математической физике, которая являлась частью необходимой теоретической работы по подготовке к развитию идеи «супербомбы», как тогда называли проектируемую термоядерную водородную бомбу. Идея использования взрыва, возникавшего при делении ядер урана, для запуска термоядерной реакции является, я считаю, заслугой Теллера, Бете, Конопинского и, возможно, еще нескольких ученых.

Теллер угадал формулу для передачи энергии, связанную с так называемым эффектом Комптона, который касается скорости передачи энергии. Формула эта, имевшая под собой принцип размерности и являющаяся исключительно плодом его интуиции, была очень простой; он попросил меня попытаться вывести ее в более точном виде. Когда мне показали ее, я обратил внимание, что впереди не было никакого числового коэффициента. Мне это показалось удивительным. Через день-два я подробно расспросил его об этом, и он сказал: «О, коэффициент здесь должен равняться единице».

После первой своей работы над задачей Эдварда я переключил свои интересы на другие смежные вопросы, одним из которых была задача статистики нейтронного размножения. Я познакомился с [Фейнманом](#) в свой первый или второй день в Лос-Аламосе, и тогда же поделился с ним своим удивлением по поводу того, что формула $E = mc^2$ — в справедливость которой я, конечно, верил теоретически, но не очень-то «чувствовал ее на самом себе» — действительно являлась всеобъемлющей основой, на которой создавалась бомба. Ведь то, над чем была сосредоточена работа всего проекта, зависело от этих нескольких маленьких значков на бумаге. Сам Эйнштейн, когда еще до войны ему в первый раз сообщили о радиоактивных явлениях, характеризующих эквивалентностью массы и энергии, как говорят, ответил: «Так ли это на самом деле?».

Фейнман также был неравнодушен к чисто математическим, не связанным с физикой занятиям. Меня интересовала чисто типовая задача дерева разветвлений, в котором число «потомков» одного нейтрона, способного вызвать деление, может равняться нулю (нейтрон вследствие поглощения погибает), одному (нейтрон является продолжателем самого себя) или же двум, трем или четырем (то есть нейтрон вызывает возникновение новых нейтронов), при этом для каждой такой возможности характерна своя вероятность. Задача заключается в том, чтобы проследить дальнейшее развитие процесса и цепочку возможностей через множество «поколений».

Глава 9. Южная Калифорния. 1945–1946

Война закончилась, и многие уехали из Лос-Аламоса, чтобы вернуться к прежней жизни в своих университетах. Лично я не находил никаких свидетельств тому, что кто-то из моих родных уцелел (лишь много лет спустя нашлись две мои двоюродные сестры: одна во Франции, другая в Израиле). Мать Франсуазы умерла в концлагере в Аушвице. Теперь мы оба были американскими гражданами, Соединенные Штаты были нашей страной, и мысль о возвращении в Европу никогда не приходила нам в голову.

Я написал Лангеру, который был тогда деканом, по поводу вопроса о моем возвращении в Мэдисон. Он был очень честен и открыт со мной и, когда я поинтересовался о своих шансах на повышение и занятие новой должности, сказал мне с достойной восхищения откровенностью: «Зачем ходить вокруг да около? Ясно, что, если бы вы не были иностранцем, все было бы намного проще, и ваша карьера пошла бы быстрее».

Мой старый мэдисонский друг Дональд Хайерс, получивший должность профессора в университете Южной Калифорнии в Лос-Анджелесе пригласил меня приехать, и в августе 1945 года я полетел в Лос-Анджелес.

Когда начинаешь последовательно раздумывать о мыслях, то, я полагаю, мозг играет в некую игру — одни его части обеспечивают раздражители, другие отвечают за реакции и так далее. Очевидно, что только одномерную цепочку силлогизмов, которые и составляют процесс мышления, можно передать вербально или письменно. Пуанкаре (а позднее и Пойа) пытался анализировать мыслительный процесс. В настоящее время творческий процесс еще недостаточно понят и недостаточно описан. То, что люди считают вдохновением или озарением, на самом деле есть результат большой подсознательной работы и ассоциации, происходящей через каналы мозга, о которых мы вообще ничего не знаем.

Мне кажется, что хорошая память — во всяком случае для физиков и математиков — является существенной составляющей их таланта. И то, что мы называем талантом или гением, в значительной степени зависит от умения искусно пользоваться своей памятью, с тем чтобы найти аналогии — в прошлом, настоящем и будущем — которые, как говорил [Банах](#), необходимы для развития новых теорий. Говорят, что у семидесяти пяти процентов людей преобладает зрительная память, у двадцати пяти процентов — слуховая.

Глава 10. Назад в Лос-Аламос. 1946–1949

Два семинарских доклада, с которыми я выступил вскоре после своего возвращения, оказались не лишены хороших, лучше даже сказать удачных идей, которые впоследствии получили успешное развитие. Первый был по теме, которая позже получила название метода Монте-Карло, второй — о нескольких новых возможных методах гидродинамических расчетов. Оба эти доклада послужили основой для очень важной работы в области теории вероятностей и механики сплошных сред.

Идея, названная впоследствии методом Монте-Карло, возникла у меня, когда во время своей болезни я играл в пасьянс. Как я заметил, получить представление о вероятности успешного исхода в пасьянс (к примеру, в игре «Канфилд» или какой-нибудь другой игре, в которой мастерство игрока не играет роли) можно гораздо более практичным способом, если, раскладывая карты или экспериментируя с процессом, отмечать долю успешных результатов, а не пытаться просчитывать все комбинаторные варианты, число которых возрастает экспоненциально и которых бывает такое несметное множество, что оценить их всех просто не представляется возможным.

Я подумал, что все это может быть одинаково справедливо для всех процессов с ветвящейся схемой событий, в том числе в получении и последующем размножении нейтронов в некоторых материалах, содержащих уран или какие-либо другие расщепляемые элементы. На каждой стадии процесса существует множество возможностей, определяющих судьбу нейтрона. Он может расщепиться под каким-нибудь углом, изменить свою скорость, поглотиться, породить другие нейтроны, вызвав деление намеченных ядер, и так далее. Сами по себе элементарные вероятности каждой из таких возможностей известны, отчасти благодаря знанию поперечных сечений.

Проблема состоит в том, что необходимо знать, какая последовательность, какая ветвь из сотен тысяч или сотен миллионов будет в действительности иметь место. Можно написать дифференциальные уравнения или интегрально-дифференциальные уравнения для «ожидаемых величин», однако решить их или получить хотя бы приближенные представления о свойствах решения — совершенно иное дело. Идея заключалась в том, чтобы испытать тысячи таких возможностей и на каждом этапе выбрать с помощью «случайного числа» с приемлемой вероятностью судьбу, или своего рода исход, и проследить, так сказать, ее линию вместо того, чтобы рассматривать абсолютно все ветви.

Рассмотрев возможные «судьбы» для всего лишь нескольких тысяч возможных исходов, можно получить хорошую выборку и, следовательно, приближенное решение задачи. Все, что для этого

необходимо — располагать средствами для получения таких выборочных испытаний. Кое-где здесь требовались машинные расчеты, и, так случилось, что как раз тогда в нашу жизнь начали входить вычислительные машины (подробнее см. [Использование метода Монте-Карло для расчета риска](#)).

Фон Нейману принадлежала ведущая роль в зарождении ЭВМ. Благодаря уникальному сочетанию своих талантов, интересов и особенностей характера, он прекрасно подходил для этой роли.

Глава 11. «Супер». 1949–1952

В тот момент, когда наша система текущего контроля обнаружила взрыв русской атомной бомбы, я был на пути к Лос-Аламосу. Джонни был в Лос-Аламосе и вместе с Теллером обсуждал эту зловещую новость. Я присоединился к ним в его комнате в гостинице. «Что теперь?» — вот каким вопросом задавались все мы. Я сразу сказал, что все силы нужно бросить на создание «супер».

Было предложено несколько идей в связи с тем, как, используя атомную бомбу в качестве пускового элемента, запустить термоядерную реакцию. Идея [Георгия Гамова](#) называлась «кошкин хвост». У Эдварда Теллера также было свое первоначальное предложение. И Гамов, и я демонстрировали изрядную независимость в своих суждениях во время наших собраний, и Теллеру это не слишком нравилось. Потому не было ничего удивительного в том, что комитет, руководивший работой над «супер» вскоре прекратил существование в первоначальном своем виде.

Гамова это привело в немалое раздражение. Я не придавал этому значения, а только написал ему — и строки моего письма, по всей видимости, оказались пророческими — о том, что упрямство Эдварда и его непомерное честолюбие повлекут за собой большие неприятности.

Результаты расчета фон Неймана – Эванса, которые потихоньку начала выдавать огромная принстонская электронная машина, в общем подтвердили то, что получили мы. Из постепенно реализуемого расчета стало ясно, что несмотря на начальную обнадеживающую вспышку вся смесь начинала медленно охлаждаться. Каждые несколько дней Джонни получал по несколько новых результатов. «Начинают расти сосульки», — обыкновенно добавлял он с удрученным видом. Необходимость поиска альтернативных подходов воспламенения была налицо.

В отличие от тех, кто выступает категорически против бомбы по политическим, нравственным или социологическим соображениям, у меня никогда не возникало даже вопросов о том, заниматься ли мне моей чисто теоретической работой. Я не считал аморальным пытаться вычислить физические явления. Даже самые простые вычисления в самой чистой математике могут вызвать ужасные последствия. Не будь изобретено исчисление бесконечно малых величин, оказалась бы неосуществимой большая часть из технологии, которую мы имеем сегодня. Так значит, мы теперь должны винить исчисление?

Глава 12. Смерть двух первопроходцев. 1952–1957

После одержимой, в какой-то мере, работы над «супер», сначала с Эвереттом, а затем с [Энрико Ферми](#), и возвращения из семестрового отпуска, который я провел в Гарварде и который позволил мне возобновить отношения со своими старыми друзьями математиками, я переключил свое внимание на другие, «исключительно» научные проблемы. Компьютеры еще были в новинку; лос-аламосский MANIAC был только закончен. Ферми, с присущей ему интуицией и огромным здравым смыслом, сразу же осознал все их значение в исследовании проблем теоретической физики, астрофизики и классической физики.

В 1951 или 1952 году, задолго до запуска Спутника, я побывал на собрании комитета по МБР (межконтинентальным баллистическим ракетам) в Вашингтоне. Присутствующих было человек двадцать. Гамов был одним из самых важных участников. Были также Джонни и Теллер. Это было секретное собрание, проходившее в одном из кабинетов Пентагона. Джонни сидел рядом со мной за длинным столом. Обсуждался вопрос о том, как управлять ракетами. Теллер предложил химическую траекторию движения к цели. Гамов назвал ее «вынюхиванием» пути. Каждый предлагал свою идею. Я предложил «баллистические снаряды», траекторию которых можно было бы корректировать несколько раз за весь путь по мере необходимости.

Ферми и Нейман скончались в возрасте 53 лет...

ЧАСТЬ IV. ПОСЛЕДНИЕ ПЯТНАДЦАТЬ ЛЕТ

Глава 13. Правительственная наука 1957–1967

В 1957 году я вернулся в Лос-Аламос после годовичного отсутствия, во время которого я работал в МТИ, и Брэдбери предложил мне занять одну из двух вакансий на недавно учрежденную должность советника директора лаборатории по вопросам исследований. Я пробыл на этой должности до 1967 года, после чего ушел из Лос-Аламоса на факультет математики Колорадского университета в Боулдере.

За несколько лет до смерти Джонни и в особенности после этого трагического события в результате моей работы над водородной бомбой я вступил в лабиринт организационной деятельности. В некоторых кругах меня даже стали считать оппонентом Теллера и, я так подозреваю, своего рода противовесом. Одно из наших политических противостояний было вызвано моей защитой договора об отмене ядерных испытаний

Глава 14. И вновь профессор. 1967–1972

За те годы, что я провел в Лос-Аламосе, мне нередко случалось отлучаться из городка в связи со своей научной деятельностью. В 1965 году я начал совершать более регулярные поездки в Колорадский университет, и потому мой уход из Лос-Аламоса в 1967 году и получение профессуры в Боулдере нельзя было назвать неожиданными событиями.

Как уже, возможно, заметил читатель, немалая часть моей работы была проделана в сотрудничестве с кем-либо (и даже эта самая книга была составлена «в сотрудничестве» с женой Франсуазой). Одна из причин этому заключается в моей склонности к беседе как стимулу мышления; другая — в моем знаменитом нетерпении в работе над деталями и некоем крайне неприятном чувстве, которое охватывает меня, когда я читаю то, что сам же и написал.

Глава 15. Беспорядочные размышления о математике и науке

«Математика — это язык, в котором нет места неточным и туманным высказываниям» — это слова Пуанкаре. К концу девятнадцатого века теория множеств совершила переворот в математике. Все началось с того, что Георг Кантор доказал (вернее открыл), что континуум не является счетным множеством (подробнее см. [Чарльз Петцольд. Читаем Тьюринга](#)). Второй вехой стала работа Геделя, который установил, что любая конечная система аксиом в математике позволяет сформулировать внутри этой системы, имеющие смысл утверждения, которые являются неразрешимыми — то есть внутри системы нельзя ни доказать, ни опровергнуть их истинность.

Даже самый идеалистический взгляд на математику как на «чистое» создание единственно человеческого ума должен согласовываться с тем фактом, что выбор определений и аксиом геометрии — а фактически, и большинства математических концепций — это результат впечатлений, полученных посредством наших чувств от внешних раздражителей и, что неотъемлемо, от наблюдений и экспериментов во «внешнем мире». Теория вероятностей, например, появилась как результат развития нескольких вопросов, связанных с азартными играми (см. [Альфред Реньи. Письма о вероятности: письма Паскаля к Ферма](#)).

До сих пор для отображения математических свойств геометрической эволюции предлагались только очень простые и недоработанные математические схемы (см., например, [Модель машины Эшби и вырождение замкнутых систем](#)). Особенно оригинальный набор правил придумал английский математик Джон Конвей, специалист по теории чисел. Его «Игра Жизни» является примером развлечения или игры, очень похожей на ранние задачи с элементами игры в карты или кости, которая в итоге подвела к современному строению теории вероятностей.

Я думаю, что влияние электронных компьютеров существенно распространится и на чистую математику, так же, как это уже произошло с математическими науками, главным образом с физикой, астрономией и химией. Как говорил Эйнштейн, «самые прекрасные из переживаемых нами моментов загадочны. Загадочное — это источник всего истинного искусства и науки». Я также считаю, что привычка менять области своей деятельности в течение жизни придает энергии. Если человек слишком долго работает в одной и той же области или с одним и тем же классом проблем, то своеобразная «оседлость» препятствует формулированию им новых взглядов, и он может одряхлеть. Что касается социальных наук, то с точки зрения неспециалиста, к коим отношусь и я, в них к настоящему моменту не появилось, ни какой бы то ни было теории, ни более глубокого знания.