**Ньютонова революция в науке**

Так математики и физики называют последнюю треть 17 века и первую четверть 18 века - то время, когда был создан современный математический анализ (исчисление производных и интегралов от любых гладких функций). Эту огромную работу проделала большая группа ученых из разных стран Европы. Но англичанин Исаак Ньютон занимает среди них особое место. Он был на редкость талантлив, ему во многом повезло, и он с блеском использовал это везение.

Будучи студентом, Ньютон прочел изданную в 1656 году книгу Джона Валлиса "Арифметика бесконечно малых". Ее автор свободно работал с интегралами, бесконечными рядами и бесконечными произведениями, не очень заботясь о корректности своих рассуждений. Вот типичный результат Валлиса:

2\*4\*4\*6\*6\*8\*8\*.....

П/4 = ----------------------

3\*3\*5\*5\*7\*7\*9\*.....

Валлис первый начал рассматривать интеграл не геометрически, а арифметически - как предел последовательности чисел. И в геометрии Валлис предпочитал алгебраические доказательства теорем (в стиле Декарта) наглядно-геометрическим рассуждениям Евклида. В 1660-е годы Валлис, будучи духовником короля Карла 2, сыграл важную роль в учреждениии Лондонского Королевского Общества - английской академии наук. Позднее он стал горячим пропагандистом математических открытий Ньютона.

Другой учитель Ньютона - Исаак Барроу - первый заметил, что вычисление площади под графиком функции и проведение касательной к графику функции - взаимно обратные операции. Но Барроу избегал алгебраических доказательств, а работал в стиле Евклида; поэтому его книги были мало понятны молодым читателям. Когда Барроу услышал от Ньютона новое изложение основ математического анализа ("метод флюент и флюксий"), он пришел в восторг и вскоре уступил своему ученику кафедру математики в Кембриджском университете, а сам занялся богословием.

Третий предшественник Ньютона - Роберт Гук - был замечательный физик-экспериментатор. Он также пытался вывести открытые Кеплером законы движения планет из притяжения Земли к Солнцу. Гук угадал, что для справедливости законов Кеплера необходимо, чтобы притяжение между телами было обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Но строго доказать этот факт Гук не сумел или не успел; Ньютон опередил его, и с тех пор они стали соперниками на всю жизнь.

Опираясь на достижения этих первопроходцев, Ньютон совершил в 1665-67 годах великий прорыв в новую математику. Эти два года он провел в одиночестве, скрываясь в деревне от эпидемии чумы и неустанно размышляя о том, как описать законы природы с помощью исчисления сил, действующих между природными телами и вызывающих движения этих тел. Понимание существа дела пришло к Ньютону на очень высоком уровне абстракции. Что, собственно, происходит в природе"

Есть некие величины, измеряемые числами и изменяющиеся со временем - как бы текущие; Ньютон назвал их по латыни - "флюенты", а мы называем их функциями. Можно вычислить скорость изменения такой флюенты - "флюксию" (или производную); она тоже изменяется со временем. Любой природный закон выражается некой алгебраической или геометрической связью между разными флюентами и их флюксиями. Такую связь математики называют в наши дни дифференциальным уравнением.

Чтобы эти общие рассуждения превратились в строгую науку, нужно придумать удобный "портрет" флюенты или флюксии, доступный как для геометрического воображения, так и для алгебраических расчетов. Первую часть такого портрета открыл Декарт: это график функции. Вторую (алгебраическую) часть портрета функции предложил Ньютон. Он стал изображать любую функцию степенным рядом, то есть бесконечно длинным аналогом многочлена. Например:

sin(x) = x - x../6 + x../120 - x.../5040 + ...

Таким образом Ньютон навел порядок в новом сложном мире гладких функций и дифференциальных уравнений, связывающих эти функции между собой, согласно законам природы. В этой картине мира многие сложные проблемы прошлого стали простыми вычислительными упражнениями. Такова, например, теорема Ньютона-Лейбница о том, что операции интегрирования и дифференцирования функций взаимно обратны. Аналогично, из угаданной Гуком формулы закона притяжения между массивными телами Ньютон алгебраически вывел все возможные типы орбит, по которым движутся небесные тела. Это оказались кривые второго порядка: эллипс, парабола и гипербола. Режим движения тел по этим кривым удовлетворяет законам Кеплера.

Так новая математика Ньютона свела экспериментально обнаруженные законы движения планет и комет к более глубоким законам, которые регулируют силовое взаимодействие любых природных тел. Можно ли свести законы природных сил к еще более глубоким природным закономерностям"

Ньютон был уверен, что это возможно. Но он догадывался, что новый шаг в познании природы потребует создания совсем новых разделов математики - и не мог угадать, какими они должны быть.

Между тем современники Ньютона постепенно открывали новые законы механики: законы сохранения различных числовых характеристик природных тел в наблюдаемых нами процессах. Так, Валлис открыл закон сохранения импульса, а Лейбниц - закон сохранения кинетической энергии. Гюйгенс вывел дифференциальное уравнение колебаний маятника: в них кинетическая энергия переходит в потенциальную, и обратно.

Но на рубеже 17-18 веков никто не догадался, что именно законы сохранения составляют следующий по глубине слой природных закономерностей. Их понимание потребовало новой революции в математике: изучения природных симметрий с помощью теории групп. Ее создание и применение заняло весь 19 век и большую часть 20 века. Предугадать такое развитие математики Ньютон не мог - хотя в его книгах содержатся проекты изучения симметрий природных тел, их связей с силами взаимодействия между телами. Самым интересным явлением этого рода Ньютон считал отталкивание электрических зарядов, а также удивительно правильную форму кристаллов.

Научную биографию Ньютона можно разделить на три неравные части. В 1665-67 годах он вдохновенно трудился, угадывая основные законы природы и математики. Следующие 20 лет Ньютон посвятил строгому доказательству открытых им законов, расчету важнейших примеров (включая движение Луны и планет) и написанию своей главной книги: "Математические принципы философии природы". В последние 40 лет жизни Ньютон мало занимался наукой: он лишь публиковал ранее подготовленные им книги, временами отвлекаясь на решение особенно трудной и красивой задачи с помощью математического анализа.

Например, Ньютон решил задачу о брахистохроне - пути наибыстрейшего спуска тяжелой точки, скользящей по гладкой кривой. Оказалось, что такой кривой является циклоида. Доказательство этого факта потребовало работы с гладкими функциями, зависящими от бесконечного множества числовых переменных. Ньютон справился с этой задачей с помощью ряда смелых гипотез, которые позднее составили особый раздел математического анализа - вариационное исчисление.

Так Ньютон работал всю жизнь, создавая все новые разделы математики или физики для решения новых сложных проблем. Мы называем Ньютона гением за безупречный вкус и удачливость в этой работе. Каждая построенная им теория (будь то механика, оптика или вариационное исчисление) решала не только исходную задачу, но и множество других задач, о которых прежде никто не задумывался. Но подражать Ньютону в этой героической работе могли очень немногие современники - тем более, что по характеру он был одиночка и не стремился воспитывать учеников личным примером.

Поэтому в распространении методов матматического анализа среди математиков Европы главную роль сыграл не Ньютон, а его единомышленники: голландец Христиан Гюйгенс (он стал первым президентом Парижской Академии Наук) и немец Готфрид Лейбниц (он возглавил Академию наук в Берлине и составил проект Российской академии наук). Оба они уступали Ньютону в "пробивной силе" при решении труднейших задач; но они не уступали Ньютону в научной фантазии и превосходили его в мастерстве учителя и просветителя.

Например, Лейбниц научился основам математики и механики у Гюйгенса. Как только до него дошли слухи о замечательных открытиях Ньютона (который еще ничего не опубликовал в печати), Лейбниц сумел повторить эти открытия самостоятельно и раньше Ньютона опубликовал свои рассуждения в форме, удобной для большинства математиков. Именно Лейбниц ввел современные обозначения производной, дифференциала и интеграла. Он составил первую таблицу производных и интегралов от элементарных функций. Поэтому самые сильные математики следующего поколения - братья Бернулли и Лопиталь - изучали свою науку по статьям Лейбница, а не по книгам Ньютона. В итоге европейская математика 18 века оказалась исключительно "континентальной"; достойных наследников мысли Ньютона в Англии не нашлось.

Подобно Гюйгенсу и в отличие от Ньютона, Лейбниц был очень разносторонним ученым. Кроме "непрерывной" математики функций и производных, он очень интересовался "дискретной" математикой. Начав с изобретения удачного арифмометра, Лейбниц вскоре заметил особое удобство двоичной системы счисления для математических машин. Он также развил математическую логику, перейдя от словесных рассуждений (силлогизмов) Аристотеля к алгебраическому исчислению логических высказываний. Об этом еще в 14 веке мечтал Раймонд Луллий; развивая его идеи, Лейбниц задумался о полной формализации человеческого мышлениия, о создании "мыслящих машин". В этой надежде Лейбниц ошибся - но чтобы обнаружить его ошибку, математикам 20 века пришлось построить электронные компьютеры и сравнить их работу с деятельностью человеческого мозга.

Христиан Гюйгенс (1629-1695) был на полтора десятка лет старше Ньютона и Лейбница. Поэтому он не смог соперничать с молодыми коллегами, когда они начали изобретать математический анализ. Однако у Гюйгенса было замечательное чутье в области математической физики: им восхищался даже Ньютон, который никого другого не считал равным себе талантом. Поэтому в математической оптике Гюйгенс сумел превзойти и Ферма, и Ньютона.

Он предложил волновую теорию света, которая удачнее описывала природные явления (дифракцию и интерференцию), чем корпускулярная теория Ньютона. В рамках своей теории Гюйгенс выдвинул замечательный принцип: каждая точка, возбужденная проходящей волной, сама становится источником таких же волн. Этот принцип Гюйгенса и старый принцип Ферма (о движении света по траектории наименьшего времени) в 20 веке составили основу квантовой физики, слившись в единый принцип Фейнмана.

Но для построения полной математической теории света Гюйгенсу нехватило многих экспериментальных результатов и еще одной ветви математического анализа: теории функций комплексного переменного. Ее создал Леонард Эйлер - самый знаменитый математик 18 века.