

Ньютоновская естественно-научная революция

Чтобы говорить о современной физике, нужно от чего-то отталкиваться. Лучше всего это делать от Ньютоновской механики и предшествующих Ньютону нескольких сотен лет и даже пораньше. Уточним, что к своим законам Ньютон пришел примерно в 1660-е годы, хотя опубликовал существенно позднее. Историки условно считают период с 500 по 1500-1600 годы средневековьем, то есть именно оно предшествовало Ньютону, и собственно Ньютон внес существенный вклад для наступившего Нового времени.

Сейчас механика Ньютона кажется естественной, соответствующей нашему здравому смыслу, нашей интуиции. Но так было не всегда, каждый раз творцы прорывных идей науки должны были преодолевать пути прежних систем знания, сложившегося здравого смысла, устоявшейся интуиции.

Как же люди мыслили и ощущали окружающий мир во времена, предшествующие Ньютону? Когда в античности или раннем средневековье впервые слышали о том, что Земля не плоская, а шарообразная, это приходило в сильнейшее противоречие с опытом и здравым смыслом. Нужно было привыкнуть к тому, что «верх» и «низ» не есть неизменные направления, что где-то люди могут ходить «вверх ногами» по отношению «к нам», и вообще, Земля как-то притягивает нас и это и есть направление «вниз». Но всё же это было малообразованное большинство, а люди, занимающиеся математикой, астрономией или путешествиями, давно себе уяснили, что Земля шарообразная.

В принципе люди уже знали, что Земля каким то образом притягивает к себе предметы, но не очень понимали, что есть ускорение свободного падения. В их реальности металлический шар и какая-нибудь шапка, не говоря о пушинке, летели вниз совсем по-разному. Чаше считалось, что сразу с постоянной скоростью. Брошенные или перемещающиеся предметы по земле также двигались чёрт знает как (уж очень картину запутывало трение или воздуха, или поверхности). Более строго и регулярно себя вели небесные тела, но при этом одни светила перемещались, их называли планетами (в переводе с греческого «блуждающиеся»), а другие светила (звезды) были неподвижны, и «очевидно», были к чему-то намертво прикреплены. Посчитали, что к некоей «небесной сфере». Да и планеты были не сами по себе в пустоте (ну «очевидно» же, иначе бы они упали на Землю!), а тоже на сферах, только движущихся, прозрачных, видимо, хрустальных.

Закономерности движения планет впервые достаточно хорошо установил ещё в античности древнегреческий астроном Птолемей. Система была геоцентрической, то есть считалось, что в центре Земля, а планеты и Солнце вращаются вокруг Земли. Это, естественно, противоречило наблюдениям из-за того, что Земля вместе наблюдателем, как мы сейчас знаем, тоже движется, и планеты помимо вращения вокруг Земли временами как-то дергались назад. Птолемей ввел понятие дополнительных мелких круговых движений (эксцентриситетов) и ещё кое-что, в результате получил средство предсказания движения небесных тел, (хотя и довольно громоздкое), которое очень даже неплохо работало и использовалось полторы тысячи лет, и в античности, и в средневековье. Такие предсказания применялись для нужд навигации, уточнения календарей, но самая большая потребность была у астрологии. Основным заработком у астрономов тех времен было предсказание будущего для всяких королей и знати. В астрологию множество людей слепо верят до сих пор, поэтому современным «астрологам» знание астрономии в общем-то не нужно.

Слабо представляли, как же соотносятся прилагаемые силы и перемещения предметов. Не было понятия «масса», а меру вещества определял вес, который, как мы знаем, величина притяжения Земли, а где-нибудь на Луне вес у этого же предмета будет совсем другой.

Другим барьером, особенно в средневековье, являлось противоречие новых научных представлений религиозному мировоззрению, впитанному «с молоком матери». Вот в Библии говорится о начале мира, создании Богом материи, Земли и человека, а Джордано Бруно осмеливается заявлять о вечности Вселенной, о звездах, возле которых могут существовать другие разумные существа. Это было не только психологически трудно, но и смертельно опасно. Религиозные деятели обладали немалой властью - Джордано Бруно был сожжен на костре, как еретик, и позднее Галилей едва избежал этой участи.

Тем не менее жизнь требовала развития научного подхода, то есть формулирования законов и на их основе предсказания поведения окружающего мира и создаваемых объектов, это и вычисления астрономических событий, порождаемых потребностями календарей, определение полета ядер для развивающейся артиллерии, наступившая уже эпоха географических открытий с путешествиями на большие расстояния (даже «вокруг шарика») нуждалась в навигации, которая стала базироваться на астрономии и математике. Путешествия были особенно в почёте, поскольку приносили инвесторам большие барыши благодаря привозимым пряностям и прочим ништякам.

Пройдемся по некоторым явлениям и персонам, которые, на мой взгляд, подготавливали революцию Ньютона.

Система образования. Европа в средние века сформировалась и развивалась в условиях господства христианской религии в рамках католичества и сильнейшей власти римских пап. Мировоззрение людей основывалось на фанатическом следовании Священному писанию – Библии и было чрезвычайно догматическим. Многие достижения античной науки были просто позабыты. Тем не менее, после падения к 500 году античного Рима именно в рамках христианской церкви хранилась грамотность, а между 11 и 15 веками (то есть 1200 – 1500 годы) всё в большем количестве стали появляться первые УНИВЕРСИТЕТЫ. Хотя они были высшими учебными заведениями, которые должны были готовить священников, медиков и юристов, именно университеты были питательной средой, где взращивались первые европейские ученые, подготовившие почву для учения Ньютона.

В первых университетах, конечно, основой всего была теология (то есть религиозное учение), но вначале два года обучали искусствам. Не нужно думать, что студенты-младшекурсники только и делали, что пели и плясали, под искусствами тогда понимались: на первом курсе грамматика, логика и риторика, то есть студентам вначале подвешивался грамотный язык, а на втором курсе – арифметика, геометрия, астрономия и гармония (что-то вроде музыкальной грамоты). Ну, а на старших курсах уже осуществлялась специализация. Но при всём логически стройном мышлении выпускников, аксиомы должны были базироваться в теологии и христианском видении мира.

Книгопечатание. Его в 1440 г.: изобрел Иоганн Гутенберг (немец). Текст для размножения набирался из металлических буковок – литер. Вообще-то книги впервые напечатал в 868 году китаец Ван Цзе, но там текст вначале писали кисточкой, потом делали оттиск на деревянную доску, на ней вырезали деревянные 3D-знаки (у китайцев были и есть не буквы, а иероглифы), и затем с этой доски размножали на бумагу. Но всё-таки набрать текст из металлических шрифтов раз в триста быстрее, чем на чем-то вырезать. Но кое-что вырезать приходилось: чтобы вставлять в книги картинки, использовали гравюры.

Как Вы понимаете, книгопечатание явилось мощнейшим подспорьем для развития наук. Вот придумали Вы что-то замечательное, пусть даже гениальное. Записали это, макая гусиное перо в чернильницу и старательно выводя буквы каллиграфическим почерком. И не отдавать же единственный экземпляр вашей теории, нужно ещё переписывать, высунув язык, чтобы дать почитать ещё кому-нибудь. Хорошо ещё, что найдется преданный ученик, который это будет бесплатно переписывать из любви к своему шефу, то есть к Вам. А вот если вы творите в каком-нибудь университете, или монастыре (тоже не редкостью было в средневековье) где есть своя типография, то Вы совсем в другом положении...

1500 г.: Коперник (то ли поляк, то ли немец) осознал гелиоцентрическую систему мира, то есть не Земля, а Солнце является центром мира, и вокруг Солнца вращаются по круговым орбитам Земля и другие планеты. Конечно, не где-то в пустоте, а на твердых прозрачных сферах! Земля же всё притягивает, ни к чему неприкреплённое упадёт на Землю! Но из осторожности (был он католическим священником и нравы своих коллег хорошо знал) учение опубликовал только перед самой смертью, в 1543 году книгой «О вращении небесных сфер».

1534 г – в Англии решением парламента провозгласили независимость от папы римского и католической церкви, и стали проводить свой вариант так называемой реформации, в результате которой в Англии утвердился протестантизм. Вообще появление протестантизма в Европе было непростым, сопровождалось религиозными войнами, но наша история не об этом. Заметим только, особо не вдаваясь в подробности, что когда всё это более менее утряслось (1648 год – Вестфальский мир), науке жить тоже стало вольготнее, особенно в протестантских странах. Но до

этого на фоне борьбы католицизма с протестантством попутно крепко доставалось всякой «ереси», и вольнодумству учёных тоже.

1609 г. – Издание книги Кеплера (немец) «Новая астрономия», где были опубликованы законы Кеплера. Вообще догадки Кеплера, которые он выразил в трех законах, меня изумляют. Кеплеру достались таблицы астронома Тихо Браге, которые тот из любви к искусству составил с беспрецедентной точностью по результатам многолетних наблюдений за движением небесных тел, используя еще инструменты без оптики, что само по себе было невероятным подвигом. И анализируя эти таблицы, с данными, записанными фактически в двух измерениях, причём угловых, Кеплер устанавливает три закона.

Ну ладно, сумел перевести комбинации углов в расстояния, нанес на бумагу, увидел, что планета описывает эллипс. И надо же, в одном из фокусов Солнце. Так, и движется планета с переменной скоростью. Но как заметить, что скорость изменения описываемой радиус-вектором площади при этом постоянна?! Не какой-нибудь проекции, а скорости ометаемой каким-то отрезком площади! А третий закон? Для любых двух планет отношения квадратов периодов обращения вокруг Солнца равно отношению кубов (!) больших полуорбит (?!!). Это повторить то сложно, белиберда какая-то, игра ума. Обратите внимание, у Кеплера даже калькулятора не было. Все вычисления столбиком, гусиным пером. Или в уме.

Но эти законы, позволили математически прогнозировать движение любых планет, в том числе для вновь открываемых, по их небольшому числу начальных наблюдений, а также для спутников планет. А самое главное, законы структурировали понимание движения планет в Солнечной системе: чем дальше от Солнца, тем медленнее (из 3-го закона), да и на одной орбите планета ускоряется, когда проходит ближе к Солнцу (из 2-го закона), когда отлетает - замедляется. Никаких вращающихся твердых сфер, к которым прикреплены планеты. С другой стороны, конечно, это порождало новые вопросы, а с чего это всё так? Почему не притягиваются к Земле и не падают на неё? Оставалось только отвечать, что так Богу угодно.

1636г. – Галилей (итальянец) издаёт книгу «Беседы и математические доказательства двух новых наук», в которой излагает законы механики: принцип инерции, открывает закон УСКОРЕНИЯ свободного падения у поверхности Земли и вычисляет его значение (правда, со значительной погрешностью, что аукнется позднее в вычислениях Ньютона). Галилей, по сути, основатель экспериментальной и теоретической физики. И прошёл он по краешку от костра: католическая инквизиция преследовала Галилея за поддержку Коперниковской гелиоцентрической системы мира.

1637 г. – издание труда Декарта (француз) «Рассуждение о методе». Отмечу придуманную им систему прямоугольных координат и, по сути, создание математической символики (обозначение величин не только числами, но и буквами). Забавно, что более сложная географическая система координат (числовое выражение широты и долготы) ввёл ещё за 200 лет до нашей эры античный учёный Гипарх. Более того, фактически эту же систему координат еще до Гипарха использовали все астрономы для обозначения местоположения небесных тел, и эта традиция дошла до наших дней. Только в астрономии координаты связываются не с земным шаром, а некой выбранной небесной сферой, которая, впрочем, как правило, совпадает с определенной фиксацией положения земного шара (не будем запутывать читателя различиями экваториальной, эклиптической и прочих систем, суть одна и та же – сферическая координатная система).

1660 г. – Создано Лондонское королевское общество, что-то типа академии наук. Издавало собственный научный журнал! В протестантской Англии, в отличие от католических стран Европы, к научному знанию относились более терпимо, так что Ньютон мог создавать теории гораздо более свободно, без опасения за возможные последствия, да и научная атмосфера вокруг была способствующая.

И здесь мы подошли к моменту озарения Ньютона. Видим, что Ньютон родился и выучился в нужное время в нужном месте, уже 50 лет планеты двигались по четким законам Кеплера, Галилей сформулировал эквивалент 1-го закона Ньютона, открыл закон ускорения свободного падения. Были доступны книги, в которых об этом можно было прочитать или посмотреть кучу таблиц с опытными данными, а свои вычисления Ньютон мог проводить в удобной записи,

обозначая буквами изменяющиеся величины и используя декартовы координаты, дающие ясную пространственную картину. И в 1660-е годы он пришёл к своим законам.

1682 г.: Ньютон обнародовал свою теорию, и в 1686-87 годах опубликованы 3 тома «Математические начала натуральной философии», где собственно и изложена Ньютонская механика. Впрочем, додумался до своих законов и дифференциального исчисления Ньютон, как мы видим, существенно раньше, лет за 15-20 до публикации.

Основные идеи открытий Ньютона мы знаем со школы. Наиболее содержательные часто используемые – 2-й закон Ньютона и закон всемирного тяготения, правда, в школе мы их знаем в несколько упрощенной, одномерной форме. Не обижайтесь, если и так знаете, я тут для порядка ещё раз напишу.

Первый закон: «Всякое тело продолжает удерживаться в своём состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние» - это в формулировке Ньютона.

Второй закон дадим в современной векторной форме, чтобы отразить и случай 3D тоже:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Третий снова в формулировке Ньютона: «Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе — взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны».

И, наконец, закон всемирного тяготения:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Не будем пояснять обозначения, из школьной физики всё и так понятно. При этом Ньютон ввёл чёткое понятие массы тел, и считал, что силы тяготения и силы, возникающие при ускорениях обычных тел (например, на земле) или приводящие к ускорениям, имеют одну суть и ведут себя одинаково.

Но как всё это лаконично и красиво, а может объяснить и вычислить по тем времена ВСЁ! Например, это короче и много яснее, чем законы Кеплера, описывающие частный вопрос мироздания.

И вот здесь я не могу удержаться от изумления гениальности Ньютона. Ну три закона ещё куда ни шло. Были предшественники-гиганты, которые производили опыты, которые можно реализовать на Земле. Тот же Галилей, по сути, сформулировал первый закон. Но всемирное тяготение! Ведь Ньютон опирался только на законы Кеплера, но как из них можно вытащить, что любые тела притягиваются, да ещё понять, что нужно перемножать их массы? Да ещё по Кеплеру Солнце стоит как штык в одном фокусе эллипса, по которому движется планета, и никак не реагирует на притяжение планеты. Да ещё притяжение обратно пропорционально КВАДРАТУ расстояния! Не просто расстоянию, не кубу, не корню квадратному! Конечно, подсказкой могла быть формула площади сферы, которая пропорциональна квадрату радиуса, и можно представить, что сила притяжения точечного тела как бы размазывается по сфере на расстоянии r , но в формуле всё таки два тела притягиваются к друг другу. Ну ладно, придумал Ньютон формулу. А как её проверить? Ведь только по законам Кеплера! А для этого нужно на основании всех законов придумать дифференциальное и интегральное исчисление и провести непростые математические расчёты. Да ещё масса то планет и Солнца неизвестна.

Да и вообще, закон этот необычайно лаконичен и красив до странности. Всё многообразие движения небесных тел уместается в пяти-шести значениях (не будем пока касаться теорий относительности Эйнштейна, которые относятся совсем к другим масштабам).

Конечно, законы произвели революцию в сознании современников. Ну казалось бы, что бы мы не привели в движение, тележку или лодку, рано или поздно оно останавливается! А что, Луна тоже притягивает Землю с той же силой, что и Земля Луну? Ну, Луна ладно, достаточно большая. А ничтожное яблоко тоже притягивает огромную Землю?

Нужно сказать, что ученые мужи приняли теорию очень хорошо, если не сказать, с восторгом. Они уже убедились, что законы Кеплера действуют. Таки да, похоже, никаких небесных сфер нет. Но, чёрт побери, что заставляет эти планеты двигаться именно так, причём в

пустоте, ни на что не опираясь? А вот вам, пожалуйста, все тела тяготеют друг к другу, пропорционально произведению их количеств вещества (так массу обозвал Ньютон) и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Точка. Конечно, некоторое недоумение вызывала сила тяготения. Как это, притягиваются? Никакой веревки, никакого соприкосновения? Может, какое-то невидимое вещество заполняет пространство, как говорил Декарт? «Гипотез не измышляю!» - гордо отвечивал на такие вопросы Ньютон. Ну, народ быстро привык, тяготение так тяготение. Тем более обозначается красивым словом, ГРАВИТАЦИЯ. В небесной механике всё стало на свои места. Кеплеровское движение планет в целом определяет массивнейшее Солнце, но и планеты вносят кое-какие искажения, и движутся не в точности по эллипсам. Всё по законам Ньютона!

Ньютон не остановился на формулировке законов. Он создал технологию их использования. Ведь они сформулированы как бы для отдельного мгновенья, а предметы (ядра, повозки, пылинки, планеты) не стоят на месте, в следующую секунду, следующее мгновенье они на новом месте. Сила, на них действующая, постоянно, непрерывно может изменяться. И Ньютон придумал соединить в одном уравнении множество таких мгновений, причем бесконечное множество бесконечно малых изменений. И создал дифференциальное исчисление. Для пущей убедительности, используя свои законы и дифференциальное исчисление, вывел законы Кеплера. Попутно уточнил 3-й закон Кеплера, добавил массы Солнца и планет. При большой разнице этих масс третий закон Кеплера близок у истине, но при точных вычислениях расхождение имеется.

Революция Ньютона дала мощнейший толчок естествознанию и инженерной мысли. Его механика разошлась в учебники, множество астрономов, механиков, инженеров быстро абстрагировались от всяких ощущений трения и прочих мелких факторов. Формулы и понятия Ньютона, вроде массы и тяготения, быстро вошли в ощущение здравого смысла, дающего ясную пространственную картину, тем более, что механика эта оказалась чрезвычайно продуктивной. Можно было проектировать механизмы, рассчитывать таблицы полета артиллерийских ядер, у астрономов вообще праздник жизни: можно рассчитывать очень сложные движения небесных тел, более замысловатые, чем эллипсы Кеплера, которые отражали только взаимодействие Солнца и конкретной планеты. Так, законы Ньютона позволили по отклонениям Урана от полагающейся орбиты вычислить в 1846 году наличие ещё одной планеты, Нептуна, а ещё через 100 лет – недопланеты Плутон ¹⁾.

Собственно, механика Ньютона заложила естественно-научное восприятие мира, которое актуально и сегодня. Несмотря на то, что в начале 20 века появились теория относительности и квантовая физика, показавшие неабсолютность Ньютонической физики, подавляющая часть человечества вполне удовлетворяется законами классической физики, которая, кроме развития разделов механики, пополнилась термодинамикой и началами электромагнетизма, включая оптику. Ведь мы в основном имеем дело с макромиром, то есть предметами и явлениями нашего порядка, размера, усилий и скоростей человека, и даже в тысячи раз меньше, и в тысячи раз больше – всё равно механика Ньютона работает достаточно точно для большинства практических задач.

Дополнение 1.

Галилей знаменит не только как физик-механик. Он сделал настоящий телескоп (что-то наподобие подзорных труб были до него у голландцев) и открыл 4 спутника Юпитера, рассмотрел, что Млечный путь состоит из отдельных звезд. Как математик, написал труды по теории вероятностей и стоит у истоков теории множеств, оперируя в том числе с бесконечными количествами (показал, что целых чисел столько же, сколько их квадратов, хотя не все целые числа являются квадратами). У Галилея были очевидные ныне ошибки. Например, он допускал инерционное движение не только по прямой, но и по окружности.

Дополнение 2.

Древнегреческий астроном, математик и философ Аристарх за 300 лет до нашей эры создал гелиоцентрическую теорию, то есть с центром в Солнце. И начал он с определения расстояния до Луны на основе длительности лунных затмений (ошибся совсем немного), расстояния до Солнца (здесь ошибся в 20 раз, но всё равно получил очень большое значение), также прикинул размер

Солнца (тоже сильно ошибся, но всё равно намного больше Земли). Всё не в абсолютных единицах измерения, а относительно размеров Земли (которого тогда не знал). Поскольку размер Солнца даже по его не очень точным расчётам был сильно больше размера Земли, на этом основании еще за 1700 лет до Коперника предположил, что Земля вращается вокруг Солнца, поскольку более естественно крутиться меньшему вокруг большего. На основании отсутствия параллакса (изменений углов наблюдения при годичном движении Земли) заключил, что до звезд огромное расстояние, много-много больше, чем до Солнца и планет. Крутой был мужик, этот Аристарх!

Дополнение 3.

Для того чтобы выяснить, насколько население страны грамотное, умники-журналисты (даже работающие во ВЦИОМ – Всероссийском центре исследования общественного мнения) проводят опросы, что же вокруг чего вращается, Земля вокруг Солнца, или же Солнце вокруг Земли? И потом ёрничают над теми примерно 35 процентами населения, которые отвечают, по их мнению, неграмотно: Солнце вокруг Земли. Но вот я, с университетским образованием, ну там еще кандидат наук и доцент, отвечаю так же: Солнце вокруг Земли. Обосновываю. Что вокруг чего, это зависит от того, что ты лично считаешь неподвижным. Что тебе удобнее. Это называется по-научному выбор точки отсчёта, или выбор системы координат. Так вот, мне удобно мою квартиру, мой город, и землю, по которой я хожу, считать неподвижными, а Солнце – движущимся. В небесной механике удобнее считать неподвижным Солнце. Причём даже учёных, которые считали, что неподвижно Солнце, в истории науки было немного, недолгое время между Коперником и Ньютоном. Да и последователи Коперника, говорили, «Солнце неподвижно» – это просто математический фокус, для удобства расчётов. Вдумайтесь, это не просто отговорка перед инквизицией. По Ньютоновской же механике, астрономам, физикам и инженерам, рассчитывающим траектории полетов до Марса или Плутона, удобно считать, что Солнце и планеты движутся взаимно, вокруг точки общего центра масс, и именно там нужно прикреплять систему координат. И пусть даже эта точка попадает внутрь Солнца, но не в его центр. А если считать неподвижной нашу галактику, то Солнце движется вокруг центра Млечного пути, а Земля вообще по какой-то замысловатой кривой спирали.

И я думаю, что те 35 процентов, отвечающие, что движется Солнце вокруг Земли, в эти тонкости не вникают, а просто дурачатся, отвечая на дурацкий вопрос.

Дополнение 4

Хотя путешествия, составившие эпоху географических открытий, не имеют прямого отношения к созданию классической физики, они, с одной стороны, существенно расширили мировосприятие европейцев, с другой стороны, явились потребителями научных достижений. Прежде всего, это относится к необходимости точной навигации, поскольку эти путешествия в подавляющем большинстве были морскими. А в бескрайних просторах океана подолгу нет никаких ориентиров.

Самые известные, конечно, это путешествия Колумба и Магеллана. В путь они отправлялись не из любопытства, а, так скажем, из корысти: уж очень хотелось найти морской торговый путь к пряностям в обход конкурентов. Пряности были тогда дороже золота, а возились они в Индии. Заметим, что Индией европейцы называли не только сегодняшнюю Индию, а всё огромное пространство дальше, не очень внимательно слушая арабских купцов, которые сложными путями возили мускатный орех и гвоздику аж с Моллукских островов, а это в Индонезии, в два раза дальше от Европы, чем собственно Индия.

Испанец Колумб, как мы знаем, за четыре путешествия, начиная с 1492 года, открыл Америку, думая, что это и есть Индия (или лукавил, ведь ему король давал деньги на открытие дороги в Индию). Магеллан (то ли испанец, то ли португалец, но экспедиция была от Испании), уже зная, что Америка это не Индия, в 1519 году на пяти кораблях отправился в путешествие, чтобы с другой стороны Земли доплыть до известных ему Моллукских островов в Индонезии, а потом вернуться назад, полагая, что они рядышком с Америкой. Но и Америка, и Тихий океан оказались гораздо больше, чем тогда думали, к дому было ближе двигаться вперед, и путешествие в результате оказалось первым кругосветным, правда, завершили его немногие

оставшиеся в живых спутники Магеллана, на корабле «Виктория». Что интересно, «Виктория» на Моллукских островах затарилась под завязку специями (ничтоже сумняшеся, моряки даже выкинули за борт все пушки!), и их продажа по прибытии в Испанию окупала экспедицию, хотя были потеряны три из пяти кораблей (еще один дезертировал в Испанию еще от берегов Америки).

В этом путешествии поражает железная воля и целеустремленность Магеллана, который, подавляя бунты, борясь с нехваткой воды и припасов, воюя с туземцами, вёл команду к цели, достижение которой оказалась вдесятеро труднее, чем казалось вначале. Он погиб после труднейшего преодоления Тихого океана, а единственный корабль привёл домой капитан Элькано.

Возвращаясь к вопросам навигации, в открытом океане, да и среди ранее неведомых островов, единственным путеводителем является небо, и прежде всего ночное небо. Согласовав с ним положение при помощи прибора (астролябии), можно было легко выяснить широту корабля. С определением долготы и определением расстояний в открытом море во времена Магеллана были очень большие сложности, иначе бы они не думали, что легко преодолеют ранее неизвестный им Тихий океан. Вообще то, долготу определить просто, если есть точные часы. Зафиксируй время прохождения точно над головой определенного созвездия на известной долготе (например, в городе Гринвиче), и тогда разница показания времени при прохождении где-то посередине океана этого же созвездия точно укажет текущую долготу. Но даже точные маятниковые часы, изобретенные в 1656 году, не годились - сбивались во время качки корабля, а первые пружинные часы (собственно, морской хронометр) появились только в 1734 году.

Дополнение 5.

За пару столетий от Ньютона до Эйнштейна механика Ньютона выкристаллизовалась в разветвленную конструкцию, которая включает и законы сохранения импульса и энергии в различных вариациях, аэрогазодинамику, теоретическую механику и много ещё чего.

На мой взгляд, не все разделы классической механики интуитивно понятны. Лично меня в своё время при изучении механики вращательного движения в ступор вводила кориолисова сила, видимо из-за того, что её изучал в традиционной форме, как бы с точки зрения наблюдателя, находящегося в системе вращающегося тела (она и возникла так, когда её изучали как силу, характерную для вращающейся Земли). Берется она как бы ниоткуда, и действует на движущееся тело в этой вращающейся системе. Пока один умный преподаватель не растолковал мне, что на самом деле эта сила мнимая, её нет, если нет соприкосновения этого движущегося объекта и тел вращающейся системы. Для ясности нужно смотреть извне вращающейся системы (или любой неинерциальной системы), с точки зрения внешней инерциальной системы, и понимать, что движущийся объект движется в именно инерциальной системе, но с неинерциальной взаимодействует.

Тем не менее, кориолисова сила наводит много шороха на Земле: задаёт основные тенденции движения воздушных масс и океанских течений, закручивает циклоны и антициклоны. Даже в двухпутных железнодорожных путях, где по каждой из колей поезд всегда идет в одном направлении, в Северном полушарии правый рельс изнашивается больше, чем левый, а в Южном полушарии наоборот.

Дополнение 6.

Научные теории, такие, как математические теоремы и конструкции, календари, отражающие астрономические закономерности, появлялись и в древности: и в античности, и на Востоке в Китае, и в арабском мире, и в доколумбовой Америке. Современное же научное познание возникло на излёте средневековья в Европе, и, конечно же, величайшей теорией, ставшей первым фундаментом современного естественно-научного мировоззрения, стала классическая, или Ньтоновская механика.

Нужно сказать, что в античном мире научное знание было более развито, чем в самом начале европейского средневековья. Так, ещё Аристотель (350 г. до нашей эры) обосновывал шарообразность Земли, а Эратосфен (240 г. до н.э.) даже вычислил размер этого шара (40008 км. по окружности), причём это отличается с реальной длиной экватора (40075 км.) всего на 67 км!

Каким образом Эратосфен вычислял размер Земного шара? Используя догадку, что ось вращения Земли смотрит на неподвижную Полярную звезду и измеряя угол между этой звездой и отвесом (или горизонтом) на различных широтах, а также расстояние между этими измерениями. Вычисления он проводил на территории нынешнего Египта, измеряя расстояние между античными городами Александрия и Сиена (ныне Асуан), используя факт, что они находятся примерно на одном меридиане.

Дополнение 7.

Казалось бы, после открытия своих законов Ньютоны работы выше крыши: разрабатывать приложения своей теории. Собственно, он это делал в полной мере: развивал математический аппарат, необходимый для решений уравнений, как точных, так и приближённых, писал книги, для проверки своих методов выводил законы Кеплера. Но кроме этого, он совершил уйму достижений в гидродинамике, астрономии, оценил сжатие Земли с полюсов, сделал фундаментальные открытия в оптике, в частности, разложил при помощи призмы белый цвет на радужный спектр, разработал телескоп нового принципа. Создал математическую базу оптики, как науки, размышлял о волновой и корпускулярной природе света. Даже не знаю, как этому верить, но он за 200 лет до Эйнштейна предсказал отклонение света в поле тяготения и взаимопревращение света и вещества.

Занимался Ньютон и административной работой: заседал в парламенте, был хранителем (типа директором) Монетного двора, и на этой должности сделал денежную реформу, прижав фальшивомонетчиков (некоторых казнили!) и, как утверждается, обеспечил экономический рост Англии. В 1703 году был избран президентом Королевского общества и управлял им 20 лет, до конца своей жизни. С Ньютоном встречался русский царь Петр Первый. В качестве курьеза утверждается, что Ньютон принял в Королевское общество (то есть сделал академиком) ближайшего соратника Петра, не умеющего читать и писать, Александра Меншикова, что, впрочем, говорит о том, что Ньютон не был чужд высокой политике.

В общем, деяний Ньютона хватило бы на пару десятков выдающихся учёных и государственных деятелей. Казалось бы, что же еще может вместить жизнь одного человека? Так вот, похоже, больше времени, чем науке, он уделял теологии. Будучи очень верующим человеком. Для чтения Библии в первоисточнике выучил древнееврейский язык, написал комментарии к некоторым священным текстам, предложил свой вариант библейской хронологии. На грани ереси к англиканской церкви (она хотя и не сжигала на кострах, но наказывала вплоть до тюрьмы) погрузился в запутанный вопрос триединого бога. Если вы в курсе, еще в раннем христианстве ставился вопрос, о том, кем был Христос: человеком-пророком, богом, но рангом поменьше главного бога, или одной из граней единого бога.

И как ранее верующего Декарта, и как многих физиков до нынешних времен (например, Эйнштейн тоже был верующим), Ньютона занимали вопросы соотношения научного видения мира и божественного начала.

Дополнение 8.

Декарт вопросы соотношения науки и веры решал довольно лихо. Для начала, он доказал существование самого себя, затем Бога, потом реальности мира. Упрощенно это выглядит так:

1. Я мыслю, следовательно, я существую. Фраза знаменита, её любят произносить на латыни: Cogito ergo sum.
2. Судя по некоторым моим мыслям, я несовершенен. Но во мне есть представление совершенства – Бога. Но меньшее не может содержать большее, следовательно, Бог вне меня, то есть он существует реально, а не в моём воображении.
3. Я вижу и ощущаю действительность, материю. Но это мне может дать только Бог. Но совершенство не может лгать. Значит, мир существует реально.

По Декарту, Бог создал действительность, то есть материю и законы, запустил в действие и больше не вмешивается.

Ньютон предполагал присутствие Бога в каждой точке Вселенной.

Здесь я остановлюсь, тема мне не очень знакома.

Дополнение 9.

С исчезновением давления церкви на первый план вышли взаимоотношения самих учёных: интриги, вопросы приоритета. Интересно, что с одной стороны, исследователи могли придерживать свои открытия, так, астрономы не спешили делиться составленными таблицами наблюдений. Ньютон, уже будучи во славе и в должности президента Королевского общества, используя авторитет и «административный ресурс», крепко прижал астронома Флемстида за непредоставление данных. Более скрыто протекал конфликт Ньютона и Лейбница. Ньютон уже в 1660-е годы владел разложением функций в ряд, основами дифференциального и интегрального исчисления, но по своему обыкновению, не торопился публиковать и вообще всячески секретил. Лейбниц же параллельно открыл эти методы, и, будучи, в отличие от Ньютона, открытым малым, тут же в 1675 году опубликовал их. Ньютон опубликовал позже, аж в 1693 году. На словах ученые любезно признавали независимость открытий друг от друга, хотя Ньютон намекал, что он делился идеями с Лейбницем в письмах. Лейбниц же в 1704 году написал анонимную рецензию на труд Ньютона, в котором в оскорбительных тонах утверждал приоритет Лейбница. Тут я остановлюсь, ибо не моё дело осуждать гениев, так как уровень кипения их мыслей и страстей выше понимания обычных людей.

Комментарии.

1). Почему Плутон – недопланета. Вообще-то сразу после открытия Плутона в 1930 году его считали планетой. Но после 2002 года стали косяком открывать за орбитой Нептуна, в поясе Койпера, нескольких небесных тел, сравнимых по размеру с Плутоном. После дебатов Международный астрономический союз разработал три признака планет (быть спутником Солнца, быть почти сферическим, очистить свою орбиту и на ней главенствовать). Плутон не удовлетворяет третьему условию, поэтому его, как и вновь открытые в поясе Койпера подобные ему массивные небесные тела, перевели в статус карликовых планет. Кстати, Плутон – не первое небесное тело, которое лишили гордого звания «планета». Ранее эта участь постигла Цереру, которая сейчас всего лишь астероид.

Алсынбаев Камиль, Калининград, 2023 г.

kamil.alsynbaev@mail.ru