

ФИЗИКА И ДРУГИЕ – ПУТЬ ПРОСТЫХ МОДЕЛЕЙ

Ашкинази Л.А.

г. Москва, Россия

В статье сделана попытка проследить эволюцию методов физики, в частности, взаимодействия теории, наблюдения и эксперимента, от зарождения, когда она состояла из многократных экспериментов и адаптирующихся к ним теорий, до сегодняшней ситуации, включающей рассуждения о единственном объекте — Вселенной, о принципиально непроверяемых теориях и антропном принципе.

Ключевые слова: физика, теория, эксперимент, наблюдение, модель, наукометрия, сопоставление наук.

Если спросить практикующего физика, что такое физика, – раздраженный тем, что его отвлекли от работы, он скорее всего, буркнет что-то вроде «эксперимент представляет данные, теория объясняет результаты и предсказывает, а эксперимент проверяет ее, ну и если все ОК, то нобелевка, а если нет, то меняй вольтметр или уточняй теорию». Понятно, что он отчасти шутит, отчасти завидует, отчасти радуется за коллег и свою физику, однако больше всего хочет, чтобы от него отстали. Но классическая историческая ситуация была именно такова, как он нам поведал. Физик размышлял о магнитных силовых линиях, сидя за столом, а на соседнем столе он же вдвигал магнит в катушку. Это ситуация № 1. Причем и эксперимент, и проверка, и исследование должны быть многократны и варьировемы. Разные магниты, разные катушки – при этом и меньше вероятность случайных совпадений, и копится материал для анализа и создания модели. Это важно с самого начала – а что будет в конце, мы узнаем там.

На втором этапе экспериментатор и теоретик отчасти обособились. Кстати: «отчасти» – это великое слово, означающее, что говорящий подозревает загадочно мерцающие дали, но ему лень туда углубляться. Обособление – это ситуация № 2. Экспериментатор многократно экспериментирует и представляет данные, теоретик строит модель некоего явления, потом они наливают кофе, садятся за стол и сопоставляют модель и эксперимент. Модель – это параметры, которые характеризуют ситуацию, связи параметров (например, в виде формул с указанием области применимости и точности), в некоторых случаях — прямо значения параметров. Эксперимент – это исследование связей и измерение значений. Связи между ними сложнее, чем учат в школе: например, что именно измерять, подсказывает эксперименту теория. Кто сказал «мяу»? То есть кто сказал «масса»? Кто – «энергия»? Теория или эксперимент? Или само

деление – грубое упрощение? Или оба они – аспекты некой сложной конструкции из мыслей теоретика и экспериментатора, действий того и другого и (выделим отдельно, хотя это уже некорректность) потоков информации между ними?

Однако модель прямого взаимодействия теории и эксперимента – это лишь древняя история. Нормальна сегодня ситуация № 3 – существует большая сеть теоретиков и теорий, экспериментаторов и экспериментов, и они взаимодействуют через «научную сеть». Экспериментатор и теоретик в большинстве случаев не знают друг друга, они могут жить в разных странах и говорить на разных языках, хотя «американский английский» почти наверняка знают оба. В рамках этой модели есть признаваемая научным сообществом норма – теория должна предсказывать результат эксперимента.

Произнесено важное и тревожное – «признаваемая научным сообществом». Это – апелляция к психологии, к субъективному, хотя слово «сообщество» в значительной мере объективизирует ситуацию. И все же лед хрустнул. А дальше психологии может оказаться больше.

Ситуация № 4 – эксперимент вроде бы идет, но события редки, нужны годы, чтобы накопить статистику. Например, нужные частицы в ускорителе рождаются, но по штуке в час, а для достоверности нужно набрать хотя бы наперсток. В этом случае мы опять упираемся в психологию, ибо критерий достоверности, маленькая цифра, которая стоит перед маленькой греческой буквой, – это в значительной мере именно психология. Правда, опирающаяся на вековой опыт, поскольку критерии надежности вообще установились исторически: в инженерии (включая медицину) – как баланс между упущенной выгодой и потерями при ошибке, в физике – как баланс между упущенной нобелевкой и смешками коллег за спиной.

Здесь наша последовательность моделей разделяется на две: на экспериментальную и чисто наблюдательную. Термин «чисто наблюдательная» употреблен потому, что эксперимент содержит наблюдение как свою часть. Эксперимент дорог или редок, но возможны в каком-то смысле эквивалентные наблюдения. Например, из космоса прилетают частицы с высокой энергией, и наблюдения приносят нам информацию о таких частицах, а кроме того, о Вселенной. Правда, наблюдение таких частиц — сложная проблема, вдобавок информация поступает не та, которую мы получили бы с ускорителя, но дареной частице смотрят не в зубы, а в ШАЛ. То есть «широкий атмосферный ливень», поток вторичных и третичных частиц.

Ситуация № 5 – новая для нас ситуация: только наблюдения, причем тогда, когда эксперимент становится проблемой. В противном случае

наблюдение тоже возможно, но им обычно не ограничиваются. Отличие наблюдения от эксперимента очевидно. Иногда, чтобы подчеркнуть различие, говорят «активный эксперимент», «управляемый эксперимент»; или же вместо «наблюдения» упоминают «пассивный эксперимент». Все это игры в слова, а суть различия очевидна — хоть наблюдение и приносит нам информацию, но на ее основе может быть построено более одной теории, а мы не можем сделать эксперимент, который какую-то конкретную теорию позволит отвергнуть.

Именно поэтому иногда употребляют выражение «физика и астрономия» или числят астрономию отдельным учебным предметом, хотя в ней нет чего-либо, кроме физики. Причем астрономия одноуровневая с остальной физикой, в ней нет специфического объекта и специфических законов. Поэтому включение ее в физику — это не то же самое, когда, обижая химиков, говорят, что химия — это физика, или, обижая биологов, говорят, что биология — это химия. Обиженные называют это редукционизмом; кстати, употребление этого слова как инвективы — тоже примитивная психология, попытка защититься от обсуждения, для которого у говорящих не хватает знаний и желания разобраться.

К счастью, граница между наблюдением и экспериментом не вполне четка — продолжение и уточнение наблюдений, «глубокое наблюдение» может принести новую информацию, которая как раз и позволит отвергнуть какие-то теории и если не принять, то хотя бы «не отвергнуть» другие. В физике это нормальная ситуация, а в космологии она постоянна — и это, хотя бы частично, заменяет эксперимент. По крайней мере, в достаточной мере для того, чтобы космологию все считали физикой; опять же, с учетом того, что с остальной физикой ее объединяют общие основы, базовые физические положения, закономерности, принципы, законы.

Ситуация № 6 — эксперимент не может быть проведен сегодня, но, наверное, со временем... Очень жаль, но пока что нет ускорителей с такой энергией или космических телескопов с такой чувствительностью в данном диапазоне длин волн. Но или строится, или проектируется, или куда же мы денемся. Лет через десять. Или двадцать? Если человечество не займется совсем уж глупостями, мы увидим, что... а вот это уже не факт; можем и не увидеть. Физики обычно высокомерно игнорируют этот невеселый фактор; его мы обсудим немного ниже.

Ситуация № 7 — караул, таких ускорителей не бывает и вообще не может быть! Лед треснул, и мы барахтаемся. Физика это или уже нет? Когда автор честно пишет, что его модель предсказывает поведение чего-то при значении данного параметра таком-то... «и все, в ком квартировала совесть,

потупились» (Бабель реалистично описал поведение физиков — сотрудников профессора Бенциона Крика при обсуждении объединения гравитации с остальными полями). Вам может казаться, что это физика, кому-то — что уже нет; или наоборот. А может, это физика, но, скажем так, пограничная? И что тогда объединяет ее с остальной наукой?

С точки зрения психологии — готовность автора раздеться до пояса; в физике это норма поведения. Предсказание экспериментального результата есть? Есть. Так какие претензии? Тем более что, несмотря на очевидную нереальность эксперимента, в некоторых случаях есть возможность некоего подобия эксперимента — «глубокого наблюдения». Более длительного, с большей точностью, с большей чувствительностью, других объектов. Ну и есть объединяющий фактор — общие основы, базовые физические положения, закономерности, принципы, законы и т. д. Если наша модель базируется на них, это сильно увеличивает доверие. Потому что эти базовые положения проверены и подтверждены, как говорят в Интернете, стоицот раз. Но это еще не конец пути, а свет в конце тоннеля может оказаться ужасом — поездом, идущим навстречу. Или даже на встречу... Делим расстояние на сумму модулей скоростей, и все становится ясно.

Здесь нам приходит на помощь выделенная выше ветвь «только наблюдений». Ситуация № 8 — ситуация наблюдений, когда эксперимент невозможен. Сегодняшние ускорители могут сообщать частицам энергию порядка 10^{13} эВ. Нет и не предвидится ускорителей, которые могут сообщать частицам энергию, скажем, на два порядка большую — но из космоса прилетают частицы с энергией, большей на 7 (прописью — семь) порядков. Правда, таких частиц прилетает очень мало, поэтому в данном случае на ветви наблюдений возникает та же проблема, что на ветви экспериментов, — редкие события.

Мы приближаемся к самому страшному, поэтому расслабимся на минуту, сделаем глубокий вдох и выдох и, соответственно, две реплики вбок.

Первая — однажды именно что свет в конце тоннеля оказался не светлым царством коммунистического равенства, а отражением Луны в миске с баландой. И все стало ясно — кому-то сразу, а кому-то через 70 лет. А жаль, идея-то была какая красивая...

Вторая — никакие общие основы и закономерности ничего не доказывают и вообще, не надо гипнотизировать себя и пытаться гипнотизировать других словом «доказано». Это понятие существует только в формальных системах, а в естественных науках доказательств нет. Есть более или менее надежные теории, эксперименты, модели. И даже в

математике... тут Шахерезада испуганно замолкает, заводит собеседника в кабинку в женском туалете (больше от камер спрятаться негде), пишет на клочке бумаги слова «основания математики» и тут же бумажку проглатывает.

Ситуация № 9 – это ужас: автор прямо говорит, что проверка гипотезы невозможна принципиально. Например, в момент возникновения Вселенной из-за неустойчивости поверхности (как при выливании из перевернутой бутылки или как при «кулоновском взрыве» капли натрий-калиевой эвтектики при контакте с водой) сгенерировались отдельные вселенные, и они разлетаются так, что какая-либо связь между ними в будущем невозможна в принципе. Другой пример непроверяемых моделей – это модели с возникновением новой Вселенной после сжатия, типа «многолистной модели» А.Д. Сахарова. Эти модели не проверяемы экспериментально, и даже не потому, что при сжатии-расширении стирается информация, а потому, что это произойдет не скоро. То есть раньше попрем – и не просто мы, а весь этот мир – но физики не всегда об этом помнят... и в этом одна из прелестей физики! Физика – это опять психология – мощное средство от страха смерти. А еще она – решенные уравнения, ледяной восторг озарения и понимания, а через год одобрительные и немного завистливые взгляды коллег на конференции... Переход от уравнения 17 к вот этому... ага, вот-вот... а тут?.. угу, понимаю, понимаю... да-а, нетривиально... весьма нетривиально, коллега.

Модели множественных вселенных очень любят авторы НФ, потому что они в чисто литературном смысле расширяют поле, позволяют показать разные миры. Как и вообще порталы, нуль-транспортировки, пространственно-временные тоннели и т. п. Правда, все эти множественные вселенные оказываются в НФ все-таки связанными. В отличие от честной физики, которая сразу говорит, что ни многотысячного тиража, ни самого кассового сериала вам не будет. Совершенно не связанные вселенные в НФ не юзают. А издатель мог догадаться – связываем две не связанные книги красивой ленточкой и объявляем новым решением. Несвязанными вселенными со скидкой!

Считать или не считать рассуждения этого типа физикой – вопрос личной психологии и внешней ситуации. Если вашему коллеге светит грант за рассуждения про множественные вселенные, то стоит ли называть это нефизикой?! Нехорошо подводить коллег... А если эта придурочная книжка подвигнет скольких-то дитенков вступить, сжав кулачки и мужественно подняв голову, под своды Калтеха или МФТИ – то все оправдано.

Наши пути – что экспериментальный, что наблюдательный – приходят к следующей ситуации. «Маэстро! Урежьте марш!!... и оркестр, по омерзительному выражению кота, урезал...». Сейчас и нам придется это сделать. В самом начале было сказано, что эксперимент многократен; разумеется, наблюдение тоже. Многократность можно понимать двояко – многократность наблюдений или экспериментов на одном объекте и многократность объектов. В правильном классическом исследовании должны присутствовать обе многократности. Причем важно не только, есть повторяемость или ее нет; если ее нет – важно, какова эта «неповторяемость», несущая важную информацию об объекте. Однако, отступая перед огромностью мира и собственной ненасытностью, физики стали отползать от классической многократности и начали считать поштучно бозоны Хиггса и суперэнергетические частицы, прошивающие галактики навывлет. Но настоящий ужас был впереди.

Ситуация № 10 – это Вселенная, та, которую мы видим вокруг себя, причем видим одну. Это единственный экземпляр объектов «этого класса» – непонятно, существующего ли. Конечно, в ней много звезд, галактик, систем галактик – нитевидных скоплений и «великих стен». Но она – Одна. Физика неминуемо должна была начать задавать вопросы о ней, физика должна была прийти к этой задаче, и на наших глазах она туда пришла. Это единственность повлекла всякие более или менее далекие от физики околофизические рассуждения, например, про так называемый антропный принцип. То есть рассуждения на тему, случайно или закономерно параметры Вселенной таковы, что в ней есть мы. Вдобавок – что мы можем (вроде бы) ее познавать. Во всяком случае, Эйнштейн считал познаваемость удивительным свойством; тут важна эмоция. Анализ же этой фразы предлагается читателям в качестве домашнего упражнения средней сложности.

В качестве некоторого оправдания – но перед лицом Вселенной человечество может гордиться таким достижением: именно нашему поколению выпало сделать первый космологический эксперимент. Полет аппаратов «Пионер-10» и «Пионер-11» показал, что закон всемирного тяготения с высокой точностью действует и за пределами Солнечной системы (в интернете смотреть «парадокс “Пионеров”»). Хотя в какой-то момент были сомнения...

Понятие уникального требует некоторого комментария. Вселенная должна восприниматься нами как уникальная – с момента, когда мы сказали «вся». Но в других случаях понятие уникальности расплывчато. Например, можно сказать, что российское общество уникально (и многие с этим

согласятся), а можно рассматривать его как одно из многих существовавших, существующих и тех, которые будут (или не будут) существовать. В этом случае детский пафос уникальности куда-то девается, зато расширяется возможность анализа. А что касается замечания про «не будут существовать» – это, опять же, благодатный материал для НФ.

Можно попробовать посмотреть со стороны нашей классификации ситуаций и на другие естественные науки. Например, в геологии почти нет эксперимента, хотя вся база у нее общая с физикой и химией. За эксперимент в ней канает лишь сейсмозондирование (нейтринное зондирование пока на уровне туманных идей) и отчасти – исследование химических реакций при соответствующих температурах и давлениях; это слабая отмазка. В социологии ситуация такова: наблюдение вполне возможно (как в астрономии), а с экспериментом проблема – репрезентативные опросы в масштабе страны достаточно дороги для того, чтобы вопрос о повторении, тем более многократном, не возникал. То есть полученные данные часто являются уникальными или копятя очень медленно, как в физике элементарных частиц. Общую базу социология могла бы иметь с психологией, но – пока не сложилось, и позитивного тренда нет. Если объект социологии или экономики – общество в целом, то он так же один, как Вселенная для физики; если мы сравниваем общества или экономики – все в порядке. В самой психологии с экспериментом дела обстоят неплохо, но – реально мешают этические ограничения и так называемая «политкорректность»; она же мешает развитию и социологии. В биологии ситуация разнообразна – ее биохимическая ветвь и зоология экспериментируют непрерывно, насчет эволюционной теории все сложнее, а насчет происхождения жизни – вообще «ужос».

Такова примерно ситуация за нашим общим столом. Не знаю, как отнесутся биологи и социологи к проблемам физиков, но физики относятся к проблемам социологов и биологов с пониманием и сочувствием. Что я, в частности, и хотел показать. Кроме того, физики, даже считающие, что химия — это физика, про биологию (в отличие от химиков) пока молчат.