

«Мы сделаны из вещества того же...»

«Химия и жизнь», 1995, № 3, стр.24--26

Лев Верховский

Информация есть информация, а не материя и не энергия.

Н.Винер

Еще Аристотель заметил, что бытие имеет субстрат (материю) и форму. В самом деле, материя структурирована, «отлита» в небольшое число исходных форм — частиц, ядер, атомов... Если на нижних уровнях организации царствует необходимость, то на более высоких (уже на уровне молекул) — свобода: элементы могут по-разному сочетаться, порождая все великолепное разнообразие природных явлений. Выбор, реализацию определенного варианта из множества возможных, иначе говоря, снятие неопределенности характеризует особое понятие — информация.

Хотя есть веские основания думать, что информация проявляет себя уже в основных физических законах (о чем мы поговорим ниже), исторически это понятие разрабатывалось в рамках кибернетики — как свойство, характеризующее системы, достигшие некоторого минимального уровня сложности.

Системы, которые изучает механика, обычно описывают в терминах действующих сил и энергии. Если они находятся в устойчивом равновесии, то выбора поведения у них нет — будучи выведены из равновесия любыми отклоняющими воздействиями (конечно, в определенных пределах), они снова возвратятся в исходное положение. А вот если системы неустойчивы, метастабильны, то есть обладают запасом энергии, то их реакция — форма высвобождения энергии — может уже зависеть от свойств внешнего воздействия (его величины и места приложения). Значит, у системы появляется выбор, и становится приложимым понятие информации. Так, шарик с горки может скатиться в разные стороны — в зависимости от направления полученного толчка. Или, скажем, «пнули ногой, а сошла лавина» — опять же нужно было знать, где пнуть, то есть иметь информацию.

Далее, к системе может постоянно подводиться энергия, обеспечивая ее сложное и разнообразное поведение, конкретный вид которого определяют слабые управляющие воздействия. Тогда система становится управляемой, кибернетической, и в ее описании понятие информации становится уже одним из основных.

Наконец, у системы может быть специальный блок, в котором на основе очень слабых сигналов отображается функционирование всей системы. Управление ею идет через этот информационный блок, что делает взаимодействие с ней знаковым. Высшее проявление этого принципа — вторая сигнальная система человека.

Очевидно, нужна теория, которая качественно и количественно описывала бы свойства этой самой информации.

ЧИСЛОМ И МЕРОЮ

В 1948 году родилась статистическая теория информации, наиболее полно разработанная американцем К. Шенноном. Он рассмотрел простую ситуацию: проводится некоторый опыт, который имеет конечный набор исходов, причем для каждого известна вероятность его появления. Тогда мера полученной в конкретном опыте информации выражается через эту вероятность — чем исход неожиданней, то есть чем меньше была его вероятность, тем он информативней. Оказалось, что если проводить испытания многократно, то выражение для среднего количества полученной информации совпадает с давно известной из термодинамики формулой для энтропии. Это и неудивительно, так как и там, и здесь они показывают степень неупорядоченности, неопределенности случайного процесса.

Этот подход доказал свою полезность в области телеграфной и другой связи, где есть четкие статистические показатели. Например, каждая буква в русском языке встречается с определенной частотой. Поэтому здесь будут применимы все выводы этой теории, которая позволяет наилучшим образом кодировать сообщения с точки зрения надежности и экономичности, с учетом свойств канала (наличия в нем шума).

И все же применение этих идей ограничено: ведь часто не только нельзя заранее приписать каждому из вариантов определенную вероятность, но даже просто перебрать их. Это связано с эффектом «комбинаторного взрыва»; скажем, количество возможных текстов на русском языке, состоящих из N слов, экспоненциально растет с увеличением N , так что все возможные десятистраничные тексты не сможет обзреть ни один компьютер (см. статью «Мысли о мышлении» в «Химии и жизни», 1989, № 7).

Другой недостаток — полное пренебрежение смыслом сообщения, ценностью его для получателя, или, как говорят, его семантикой и прагматикой. Ясно, что это атрибуты не самих передаваемых сведений, а их отношения к получателю информации.

Принять сообщение — значит изменить свое состояние, свои представления о мире. Поэтому возникла мысль (ее выдвинул кибернетик и философ Ю. А. Шрейдер) оценивать количество информации в сообщении по вызванной им перестройке тезауруса, то есть имеющегося запаса знаний. Также и польза сообщения может определяться тем, в какой степени оно способствует (или препятствует) достижению приемником стоящих перед ним целей.

Еще один подход — алгоритмический — развивали академик А. Н. Колмогоров у нас и Г. Чейтин в США. Они пришли к выводу, что количество информации в объекте или сообщении связано с их сложностью, а она определяется как длина самого короткого описания (алгоритма), еще позволяющего восстановить весь объект. Скажем, чтобы компьютер напечатал последовательность первых ста четных чисел, надо написать совсем короткую программу, а вот если числа выбираются случайно, то вряд ли их удастся задать короче, чем просто написать все подряд. И каждый раз длина этой самой короткой программы служит мерой информации в данном наборе чисел.

Этот подход приложим к описанию процесса мышления, развития системы знаний, ведь построение любой теории — всегда сжатие некоторого множества фактов, их представление наиболее экономным способом.

Как видим, проявления информации столь различны, что, кажется, их не удастся охватить единой количественной теорией. Впрочем, понятие энергии не менее многогранно — какие только виды она не принимает и какие превращения не испытывает! И все же это понятие постепенно выкристаллизовалось, мы научились им пользоваться — измерять и вычислять. Наверняка то же произойдет и с информацией.

МАТЕРИЯ, ЭНЕРГИЯ, ИНФОРМАЦИЯ

Хотя информация всегда имеет какую-то материальную основу, она к ней не сводится: сообщение может быть выражено на разных языках, зафиксировано на бумаге, магнитной ленте или в структуре молекулы. В этом смысле она стоит над материей, ее природа идеальна, «духовна». Уже несколько десятилетий ведутся споры о том, насколько фундаментально понятие информации. Вот несколько доводов в пользу того, что оно, по меньшей мере, столь же первично, как и понятия материи и энергии.

Во-первых, известный французский ученый Л. Бриллюэн обратил внимание на загадочную связь между энергией, массой и частотой: $E = mc^2 = h\nu$. Но ведь, как это давно известно из радиотехники, чем больше частота волн, тем больше сведений в единицу времени они могут переносить. Значит, здесь есть связь и с информацией.

Во-вторых, было замечено, что некоторые важнейшие физические принципы по сути есть ограничения на передачу и получение информации: нельзя передать сообщение со скоростью, большей световой; нельзя одновременно узнать координаты и импульс частицы точнее, чем допускает соотношение Гейзенберга.

Более того, сами квантовые закономерности тоже можно рассматривать как информационные. Это видно из эксперимента по прохождению потока микрочастиц через две щели, в котором проявляется вся парадоксальность квантовой механики. Если мы будем проследивать, через какое отверстие пролетела каждая частица, то на фотопластинке отобразится простое (гауссово) распределение попаданий — такое же, как если бы мы стреляли пулями из ружья. Другими словами, здесь мы наблюдаем корпускулярные свойства материи. А если мы не станем выяснять траектории частиц, то «в награду за эту деликатность» получим сложное чередование светлых и темных полос (интерференцию) — доказательство ее волновых свойств.

Из гауссова распределения нельзя извлечь почти ничего, а вот интерференционная картина позволяет измерить длину волны, а значит, узнать импульс частиц (длина волны L и импульс P связаны между собой: $L = h/P$). Получается, что в обмен на одни сведения (о месте пролета частиц) мы получили другие. Поскольку два дополняющих друг друга представления — корпускулярное и волновое — в целом равноправны, то естественно предположить, что суммарное количество полученной информации в обоих случаях одинаково и существует, так сказать, закон сохранения информации. Но чтобы его четко сформулировать, надо еще научиться измерять информацию, а эта проблема, как мы видели, в общем виде еще не решена.

Отталкиваясь от анализа принципа неопределенности, Ю. А. Шрейдер в своей гипотезе («Химия и жизнь», 1991, №12) рискнул предположить, что в основе всего сущего лежат не просто материальные частицы — уменьшенные аналоги массивных тел (пусть с

учетом корпускулярно-волнового дуализма), а некие «монады», в ограниченной по объему памяти которых записано «слово» — сведения об их физических свойствах. Известный американский физик Дж. Уилер также допускает, что первичен не квант, а бит — «все от бита». И все же органично включить информацию в физическую картину мира пока не удалось.

Мы вступаем в век информации. Ее можно хранить, передавать, преобразовывать, для этого созданы специальные технические средства, все это изучает наука информатика. Энергия исчерпывается, рассеивается, деградирует, а информация — нет: «Слово не уменьшается в нас, когда мы его произносим» (Юстин Философ, II век).

Нам внушали с детства, что была примитивная материя (но откуда? «Почему вообще есть бытие, а не ничто?» — вот главный вопрос, как утверждал Г. Лейбниц), она эволюционировала, усложнялась. На каком-то этапе возникла жизнь, потом сознание. Там, в области сложноорганизованных систем, и начали проявляться информационные свойства.

Но, наверное, не менее правдоподобен и противоположный «миф»: то, что в мире есть разум, память, сознание, информация — это естественно. А вот откуда взялась косная материя, если таковая действительно существует, — быть может, выражаясь словами Шекспира, «мы сделаны из вещества того же, что наши сны»? На этот вопрос науке еще предстоит дать ответ.