

ВВЕДЕНИЕ

Впервые я познакомился с химией, когда мне было около десяти лет. Я был уже тогда увлечен наукой, особенно астрономией. Однако когда мне подарили набор «Юный химик», я почувствовал, что это — мое будущее. В таком возрасте осознать свое призвание далеко не всем удается, и я понял, что мне очень повезло с таким даром.

Я рос, начал осваивать науку самостоятельно, благодаря моим замечательным родителям, поддержавшим мое увлечение. И в подростковом возрасте у меня уже была крошечная лаборатория, где я наслаждался органическим синтезом и химическими анализами, проводил разные эксперименты, что рождались в моем воображении. Это была эпоха форумов и блогов, YouTube еще не существовал, я часами обсуждал в Интернете с виртуальными собеседниками разнообразные химические задачи, слушал их рассказы об опытах и реакциях.

Это огромное везение — сформулировать свои идеи и увлечения еще в детстве, ведь дети впитывают как губки любую информацию, поступающую извне, и перерабатывают ее на свой собственный манер. Это везение еще и потому, что, изучая науку самостоятельно, учишься перепроверять

утверждения, бороться с предвзятостью, менять свое мнение, много и упорно трудиться: ты должен постичь все сам, в лучшем случае — обсудить вопрос с другими увлеченными, как и ты, товарищами. Этот процесс познания заметно отличается от общепринятого, классического, в котором некий учитель за кафедрой объясняет тебе, в чем суть вещей, — тебе самому приходится искать ответы в книгах, пока ты не найдешь адекватное объяснение, или дискутировать с незнакомцами в Сети, пока в мозгу что-то внезапно не переключится и ты не поймешь, что к тебе пришло понимание. Лично я именно так и учился, месяцами искал доказательства, пока в один прекрасный день в голове не щелкало: вдруг все становилось ясно как день!

Многие думают, что для того чтобы быть ученым, нужен какой-то особый склад ума или выдающиеся дарования, однако на самом деле единственное, что реально необходимо, — это увлеченность. Без страстного интереса слишком трудно было бы заставить себя тратить все свое время на поиск ответов. Если его нет, достаточно поверхностных знаний — для сдачи экзамена или успешного теста. Многие думают, что для химии нужны какие-то особенные способности. «Ну, если ты занимаешься химией, ты гений!» — типичная фраза, которую я слышал постоянно не только в университете, но еще и в школе. Только мои близкие друзья не называли меня «вундеркиндом». Они, наоборот, постоянно напоминали мне, что у меня дырявая голова, потому что я все забывал. Они-то знали, что моя страсть к химии ничем не отличалась от их страсти к футболу и мотоциклам.

К сожалению, тех, кто считает, что для понимания химии (или математики и физики) требуется быть «гением», не так уж мало. В результате, считая себя обычными нормальными людьми, они даже и не пытаются понять и узнать побольше о столь «продвинутых» вещах, считая это выше

своих способностей. Эта идея получила такое широкое распространение, что в нее поверили даже некоторые ученые.

Постепенно в науке появился новый способ распространения знаний — не между равными, а сверху вниз. Что-то вроде: «Вижу, что ты туповат, но так и быть, разъясню тебе химию простыми словами, как для дураков». То есть не объясню тебе ее как она есть, а милостиво направлю тебя к истинам, которые ты должен принять, ибо они исходят от самого Меня, Уважаемого Химика, Сиятельного Профессора, Величайшего Жреца Большой Науки, обладателя Жезла Знаний.

А правда в том, что химия, как и всякая другая наука, принадлежит всем. И это не значит, что научным сотрудником, исследователем стать просто. Это на самом деле трудно, и очень. Но не труднее, чем стать успешным спортсменом, художником, музыкантом, писателем, журналистом, юристом или предпринимателем. Наука точно так же требует терпения и упорства. Конечно, чтобы стать лауреатом Нобелевской премии или футболистом серии А, нужна некая предрасположенность. Но обычный научный сотрудник-химик ничем особо не отличается от любого другого обычного человека, посвятившего себя иной профессии.

Однако если для большинства ученых совершенно нормально быть поклонниками футбола, музыки или театра, то найти пианиста, в свободное от музыки время посвящающего себя химии, гораздо труднее. А с другой стороны, считается, что тот, кто не знает, кто такой Джакомо Леопарди¹, — невежда, а тот, который не знает законов термо-

¹ Джакомо Леопарди (1798–1837) — крупнейший романтический поэт Италии, выразитель беспросветной «мировой скорби»; в Италии его творчество входит в школьную программу. На русский язык стихи Леопарди переводили Анна Ахматова и Анатолий Найман (*прим. пер.*).

динамики, просто «негений». Ну если, конечно, вы не являетесь уже упомянутым Сиятельным Профессором, для которого те, кто не знает, что такое офииология ¹, просто форменные дебилы.

Задача этой книги — постараться не внушить кому-либо мысли о том, что он невежда, а, наоборот, доказать, что, чтобы понять химию, совершенно не обязательно быть «гением». И понять ее вполне можно и без перехода на терминологию уровня дошкольника. Это, конечно, ужасная ересь, но я могу рассказать о химии, не превращая ее в набор сакральных знаний, но показывая, как она работает, на примерах из обычной человеческой деятельности, полной противоречий, сомнений, неуверенности, великих подвигов и серьезных проблем. Я не дам вам готовых решений или указаний. Конечно, в некоторых случаях мой голос будет звучать более уверенно или занимать определенную позицию при выборе аргументов. В этих случаях я буду просто вашим защитником от тех, кто пытается манипулировать наукой в личных интересах, что на самом деле случается нередко и с чем необходимо серьезно бороться. Победить злоумышленников не так-то просто, поскольку трудно уловить разницу между естественными сомнениями в ходе научного поиска и недобросовестными манипуляциями.

Если я сейчас закрою мой ноутбук, смогу ли я обнаружить под подушкой на моей кровати миллион евро наличными? Какая наука смогла бы показать, что это невозможно? Это утверждение, хотя и кажется слишком пафосным, подспудно питает многие антинаучные рассуждения, но распознать его, не обладая специальными глубокими знаниями, весьма непросто. В подобных случаях я буду вынужден

¹ Офииология (греч., от *orphis* — змея, и *lego* — говорю) — наука о змеях, часть естественной истории, рассматривающая змей (*прим. пер.*).

просить вас довериться мне, но постараюсь свести количество подобных ситуаций до минимума. Целью этой книги не станет развенчание: я хочу не разрушать, лишь созидать.

Конечно, я не хочу сказать, что после прочтения книги вы сможете понять всю химию. То, что я представляю на ваш суд, это лишь начало. Воспринимайте ее так же, как вы воспринимаете вводный курс игры на фортепиано или гитаре. Вы не станете новым Бахом или Пино Даниэле¹, но узнаете достаточно, чтобы понимать ноты и спеть популярный шлягер у костра с друзьями.

Я постараюсь приложить все усилия, чтобы показать, что химия — это не тот нудный предмет, который мучил вас в школе, и не формулы для заучивания наизусть. Химия — это язык, на котором рассказывают увлекательные истории о приключениях, язык, посредством которого можно описать мироздание и общество.

Приятного чтения!

¹ Пино Даниэле (Джузеппе Даниэле, 1955–2015) — итальянский автор-исполнитель и гитарист (*прим. пер.*).

Лекция 1

НА КУХНЕ

Химия в тарелке

Лучшее начало разговора о химии — рассказы о ней среди кастрюль и конфорок, где творятся воистину удивительные химические превращения! Когда мы готовим, то бессознательно выполняем множество сложных задач, с которыми исследователь сталкивается в настоящей лаборатории: проверяем чистоту и качество исходных продуктов, взвешиваем, смешиваем, готовим растворы, проводим очистку, проводим химическую реакцию, наблюдаем за ними и контролируем получение нужного результата.

Трудно недооценить важность продуктов питания в нашей повседневной жизни: еда необходима нам не только для поддержания существования, но служит важнейшей основой нашей идентичности и традиций, ежедневных ритуалов и праздничных церемоний. Еда напоминает нам о детстве, успокаивает вкусом и ароматом дома, помогает осознать ход времени и обозначить важнейшие моменты нашей жизни, от первой пиццы до дружеских и романтических ужинов, от уюта горячего шоколада зимой до радости свадебного торта. Наша эмоциональная связь с вкусной едой переходит в растущее осознание важности правильного питания, полезного для

нашего здоровья и необходимого для сохранения природы. За последние несколько десятков лет мы стали внимательнее относиться не только к самому питанию, но и к влиянию сельского хозяйства на экологию, использованию местных продуктов, условиям содержания животных и т. д.

Сочетание всех этих факторов делает разговор о питании весьма сложным, прежде всего потому, что неспециалисту трудно разобраться в этом лабиринте альтернативных диет, суперпродуктов, биопродуктов, биодинамического сельского хозяйства, ГМО и различных исследований, демонизирующих или превозносящих то одни пищевые продукты, то другие. Кроме того, если в других темах можно найти более-менее единое мнение экспертов, то в этом случае не только исходные научные данные весьма сложны, но вдобавок их нельзя рассматривать отдельно от общего культурного фона и без учета множества политических и социальных последствий.

Принимая во внимание все эти условия, можно утверждать, что для подробного обсуждения противоречивых научных вопросов, связанных с питанием, пришлось бы написать целую энциклопедию. Тем не менее это вовсе не значит, что любой человек не сможет освоить минимальную базу знаний, которая позволит ему лучше понимать, что находится у него на тарелке и как оно взаимодействует с его телом, и соответственно защищать себя от некоторых веществ.

Химические элементы, атомы и молекулы

Прежде чем мы начнем наше погружение в мир еды, хорошо бы познакомиться с матчастью. Надо всем вместе разобраться с тем, что обозначают некоторые термины, ис-

пользуемые порой абсолютно неправильно, что приводит к великой путанице.

Начнем с самого начала: материя состоит из *атомов*, а для химика фундаментальными составляющими материи служат именно атомы.

Еще в Древней Греции некоторые философы, такие как, например, Демокрит, предполагали, что окружавший их мир был не однородным, то есть бесконечно делимым на всё более мелкие части, и состоял из фундаментальных частиц — атомов.

Термин «атом» происходит от греческого *atomos* и означает «невидимый», и сегодня мы знаем, что и атомы тоже состоят из других, более мелких частиц: *протонов, нейтронов и электронов*.

Подробное изложение структуры атома — задача совсем не простая, она требует погружения в весьма сложные области современной физики, которые вряд ли удастся постичь интуитивно: квантовую механику. На пару с теорией относительности квантовая механика стоит у истоков научной революции XX века, и ее сложность делает решительно невозможным простое, в нескольких словах, объяснение квантовой природы атома, не впадая в вводящие в заблуждение и неприемлемые упрощения. В следующих главах я буду понемногу рассказывать, по мере необходимости, об атомной структуре материи, однако в настоящий момент я ограничусь предупреждением о недопустимости использования прилагательного «квантовый», когда речь идет о чем-либо, отличном от микроструктуры материи. Квантовой медицины и телепатии не существует! Не позволяйте себя обманывать!

Сильно упрощая, мы можем представить себе атом в виде миниатюрной солнечной системы: электроны — отрицательно заряженные частицы, вращающиеся вокруг ядра, которое находится в центре атома и состоит из протонов (положительно заряженных) и нейтронов (не имеющих заряда). Ядро

очень маленькое и очень плотное и составляет основную массу атома, а электроны — легчайшие и носятся на большом расстоянии от ядра. Именно количество протонов отличает атомы разных химических элементов друг от друга: у водорода, например, в ядре всего один-единственный протон, поэтому он самый легкий элемент во Вселенной; атом натрия, который плавает в минеральной воде с низким содержанием минералов, включает в себя 23 протона, а уран — самый тяжелый природный элемент периодической таблицы — может похвастаться 92 протонами.

Всего нам известно 118 химических элементов, если включить в список и искусственно синтезированные: самый тяжелый из них, оганесон, вошел в периодическую таблицу только в 2015 году. Если исключить такие элементы, как технеций, который активно используется в медицине, или плутоний, применяемый в атомной промышленности, у большинства искусственных элементов жизнь весьма коротка. Они обычно живут не дольше нескольких долей секунды внутри мощных ускорителей микрочастиц: совершенно неуловимые элементы!

Наше тело включает в себя около пятидесяти элементов. Некоторые из них составляют основу жизни, такие как кислород, кальций и натрий. Роль других в биологических процессах, таких как барий или алюминий, пока не ясна — они поступают в организм с пищей.

Кислород присутствует в нашем теле в большом количестве, составляет 65 % нашей массы, однако с точки зрения количества атомов его хозяином выступает водород, поскольку 62 % человеческого организма состоит из его соединений. Водород и кислород в нашем организме повсюду, они соединяются в молекулу воды, а также присутствуют во всех биомолекулах.

А теперь пришло время представить вам молекулу, например, воды. Молекула состоит из нескольких атомов, соединенных между собой, и обладает свойствами, совершенно

отличными от свойств атомов, которые ее образуют. В подавляющем большинстве случаев в природе атомы не существуют сами по себе, «отдельно», потому что стремятся либо связаться друг с другом, либо терять или приобретать электроны, чтобы достичь большей стабильности. К примеру, мы дышим кислородом, но молекулярным — его молекула состоит из двух атомов кислорода, соединенных между собой (O_2), а пьем воду, в молекулах которой атом кислорода соединен с двумя атомами водорода (H_2O). В химической формуле нижний индекс указывает количество атомов элемента, содержащихся в молекуле. Например, химическая формула метана (CH_4) показывает, что молекула этого газа состоит из четырех атомов водорода и одного углерода.

Иные атомы, имеющие тенденцию к одиночному существованию, теряют и обретают электроны, что превращает их в химические элементы, именуемые ионами. Например, атом натрия состоит из 23 протонов, заряженных положительно, и 23 электронов, заряженных отрицательно (помимо нейтронов, которые не так интересны нам, химикам). Однако натрий, который находится в минеральной воде, обладает всего 22 электронами и поэтому заряжен положительно — потеряв электрон, он утрачивает и его отрицательный заряд. Это отличие кажется минимальным, но имеет весьма важное значение: чистый натрий обладает высокой взрывоопасностью, поскольку реагирует с водой крайне агрессивно, а вот ионы натрия (Na^+) абсолютно необходимы для нашей жизни. Точно так же и молекулы хлора, состоящие из двух связанных между собой атомов (Cl_2), образуют желтоватый ядовитый газ, чрезвычайно токсичный и опасный. Но если атом хлора обретает лишний электрон, он превращается в ион хлора (Cl^-), без которого не может обойтись практически ни один живой организм. Обычная поваренная соль, хлорид натрия ($NaCl$), состоит

из двух ионов — иона натрия (заряженного положительно) и иона хлора (заряженного отрицательно)!

Хлор обнаруживается и в других соединениях, таких как гипохлорит натрия (NaClO), или обычном отбеливателе, соляной кислоте (HCl), которую используют для прочистки труб, снятия известкового налета, для получения перхлоратов, применяющихся в разных отраслях промышленности.

Аналогичные примеры, в которых один и тот же элемент может проявлять самые разные качества в зависимости от способа соединения с другими элементами, мы встретим в этой книге и далее, но уже сейчас понятно, что на это надо постоянно обращать внимание. Запутаться во всех этих сведениях очень просто, если не разделять химический элемент и его соединения.

Конечно, весьма часто мы используем названия химических элементов, говоря на самом деле об их соединениях. Даже в этой книге я часто упоминаю такие выражения, как «нехватка железа»: но при этом я совсем не предлагаю закусить металлической стружкой, чтобы восполнить запасы железа в организме. Как правило, это распространенная и приемлемая форма упрощения. Главное — это видеть суть и понимать, что стоит за подобными сокращениями при обсуждении острых вопросов.

Щепотка натрия и гималайская соль

— Е-е-е-е-есть тут кто-ни-и-и-и-и-будь?

Герой рекламного ролика — частица натрия, одиноко и безнадежно плавающая в минеральной воде¹, — служит

¹ Реклама минеральной воды Acqua Lete, в которой одинокий ион натрия, плавая в стакане воды, спрашивает, есть ли еще там ему подобные. В Италии этот рекламный ролик стал распространенным мемом: <https://www.youtube.com/watch?v=D9wrpmAwAzM>