

## *Слово о моделировании*

Внутренне непротиворечивые построения строгой формальной логики в союзе с опытом обладают исключительным правом быть доказательствами. И все же на трудном пути к знанию почти все испытывают потребность в образе, в зримой картинке, в упрощенной модели. Один из основных компонентов таланта и педагога, и ученого, и учащегося состоит в умении, применительно к случаю, придумывать модели, образы и аналогии, способные разъяснить явление, углубить его понимание.

Творчество физика-теоретика, как правило, начинается с сотворения умозрительной модели изучаемого явления. Ведомый предметным мировосприятием, интуицией, запасом накопленных образов и аналогий, знанием фундаментальных законов природы, теоретик по мысли Я. И. Френкеля, одного из крупнейших советских теоретиков, подходит к явлению так же, как карикатурист к натуре, которую он должен изобразить. Если они, теоретик и карикатурист, талантливы, их творческие приемы оказываются подобными: надо отбросить неосновные признаки явления или природы и безошибочно подчеркнуть те признаки, без которых и явление, и натура немислимы. «Понять — значит упростить!».

Подлинное понимание, как правило, приходит тогда, когда рушатся строительные леса, возведенные из сложных формул и многоступенчатых логических построений, и оголенная истина предстает в своей простоте. У Бориса Пастернака есть мудрое четверостишие:

В родстве со всем, что есть, уверясь  
И знаясь с будущим в быту,  
Нельзя не впасть к концу, как в ересь,  
В неслыханную простоту.

Поэт явно имеет в виду не ту простоту — примитивность, которая предшествует горе сложных формул, трудных, прецизионных экспериментов, ошибочных заключений, случайных озарений, а простоту, находящуюся по ту сторону горы, освобожденную от нагромождений и второстепенностей. Она дается в награду за преодоление горы.

Иной раз модель возникает по аналогии; в новом явлении обнаруживаются черты известного, и наступает ясность, или, точнее, делается шаг на пути к ней. Этот шаг может заключаться в удачно найденном «модельном» слове, роднящем неизвестное с давно известным, привычным, воспринимаемым предметно и образно: лес дислокаций, поле напряжений, упругая волна.

Пожалуй, речь современного ученого-физика не менее богата образами, чем речь поэта. Иной раз кажется, что если бы из речи физика изъять профессиональные термины, она обернулась бы стихами... Впрочем, удивляться нечему, так как мышление и физика, и поэта питает один и тот же источник — природа.

Кроме умозрительных моделей, в науке место и осязаемым упрощенным аналогам реально существующих объектов. Вот примеры: модель кристалла в виде полоски бумаги, которая при растяжении рвется подобно тому, как рвется реальный кристалл, или в виде резинового жгута, который упруг подобно тому, как упруг реальный кристалл.

Слишком разные субстанции — бумага, резиновый жгут и кристалл? Разные! Очень! И все же могут быть усмотрены роднящие их свойства — основания для создания модели.

Какой обязана быть модель? Что у нее можно просить и что от нее нужно требовать? Просить можно о помощи. Требовать нужно наличия хотя бы доли правды о явлении. В жизни к полуправде мы относимся презрительно, а по отношению к модели «полуправда» — высокая похвала.

Говоря о модели, мы воспользовались словом «обязана». Так вот она обязана быть наглядной, не оставляющей сомнений, понятной без утомительных комментариев, и лучше всего, если вообще комментарии излишни, если наглядность настолько очевидна, что почти обретает доказательную силу. Модель должна уметь помочь логике, стремящейся к тому истинному пониманию, которое достойно стать подлинным знанием. Физике известно много выразительных и красивых моделей, физике кристаллов в особенности.

Что нам предстоит моделировать? Реальный кристалл! Что значит «реальный кристалл»? Это значит — огромная совокупность одинаковых атомов или молекул, которые во всех трех измерениях расположены в строгом порядке, образуя кристаллическую решетку. Только в некоторых местах реального кристалла строгий порядок различным образом нарушается, и эти нарушения означают наличие дефектов. И еще одна очень важная характеристика кристалла: образующие его атомы между собой взаимодействуют. О том, как и почему взаимодействуют, — позже, а здесь лишь бесспорное утверждение: взаимодействуют! Потому что, если бы не взаимодействовали, был бы не кристалл, а газ, состоящий из беспорядочно движущихся атомов. А речь идет о кристалле. Наличие в кристалле порядка — прямое следствие взаимодействия между образующими его атомами.

«Мертвая» модель кристалла может быть устроена так: деревянные или глиняные шарики, соединенные друг с другом ровными проволочками. Шарики — атомы, проволочки — символы связей, замороженного взаимодействия между атомами. Замораживание взаимодействия и делает модель мертвой. В такой модели атомы разного сорта — это шарики различных размеров и цветов, атомы на различных расстояниях — проволочки различной длины. Это разумная и очень полезная модель, которая, рассказывая о кристалле далеко не всю правду, говорит о нем только правду, не фальшивит. В ней нет никаких видов движения атомов, зато очень четко отражены и порядок, и нарушение порядка в их расположении. «Мертвая» модель кристалла — великолепный помощник, когда надо зримо представить себе пространственное расположение атомов. Именно такое моделирование — шарики и проволочки — помогло сделать одно из самых крупных открытий XX века — установить структуру молекулы ДНК. Немалая заслуга «мертвого» моделирования, в котором взаимодействие между атомами в истинном смысле слова отсутствует: глиняные шарики безразличны друг другу! И деревянные тоже!

При изучении многих процессов в реальных кристаллах важно уметь моделировать не только взаимное расположение атомов, но и их взаимодействие. Физики научились это делать, моделируя атом в кристалле не глиняным шариком, а... мыльным пузырьком. Этой очень красивой моделью мы будем часто пользоваться.

При создании осязаемых физических моделей годится все, способное облегчить путь к ясности: и глина хороша, и мыльный пузырек хорош. Годятся и листы бумаги, и металлические шарики, и резиновые трубки...

*При підготовці матеріалу використовувалися результати наукових досліджень викладачів кафедри фізики металів, а також фрагменти з науково-популярної літератури:*

1. Бокштейн Б.С. Атомы блуждают по кристаллу. — М.: Наука, 1984. — 208 с.
2. Гегузин Я.Е. Очерки о диффузии в кристаллах. — М.: Наука, 1974. — 255 с.
3. Гегузин Я.Е. Живой кристалл. — М.: Наука, 1987. — 192 с.